

DESARROLLO DE SNACKS EMPLEANDO MEZCLAS DE HARINA DE PAPA
CHINA (*Colocasia esculenta*) Y SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis*) COMO
UNA ALTERNATIVA DE ALIMENTACIÓN SALUDABLE.



Universidad
del Cauca

ANGIE PAOLA SALAS ZAMBRANO
RUBY ARACELY NARVÁEZ CADENA

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO DE AGROINDUSTRIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
POPAYÁN
2022

DESARROLLO DE SNACKS EMPLEANDO MEZCLAS DE HARINA DE PAPA
CHINA (*Colocasia esculenta*) Y SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis*) COMO
UNA ALTERNATIVA DE ALIMENTACIÓN SALUDABLE.

ANGIE PAOLA SALAS ZAMBRANO
RUBY ARACELY NARVÁEZ CADENA

Trabajo de grado modalidad de investigación, como requisito parcial para optar
el título de Ingeniero Agroindustrial.

DIRECTOR:

Mg. JESUS EDUARDO BRAVO GOMEZ
Ph. D. DIEGO FERNANDO ROA ACOSTA

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO DE AGROINDUSTRIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
POPAYÁN
2022

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. MARCO REFERENCIAL	18
1.1 LOCALIZACIÓN	18
1.2 MARCO TEÓRICO	18
1.2.1 Aspectos generales de la papa china	19
1.2.2 Aspectos generales del sachá inchi	20
1.2.3 PRUEBAS PRELIMINARES	21
1.3 MARCO HISTÓRICO	25
2. METODOLOGÍA	28
2.1 MATERIA PRIMA	28
2.1.1 Obtención de harina de Papa china (HPC)	28
2.1.2 Obtención de harina de Sachá inchi	28
2.2 Análisis proximal	29
2.2.1 Análisis microbiológico	31
2.2.2 Actividad antioxidante	32
2.2.3 Análisis reológico	33
2.3 OBTENCIÓN DE LOS SNACKS EXTRUIDOS	35
2.3.1 Obtención de las mezclas extruidas	35

2.3.2	Obtención de snacks expandidos	35
2.4	DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD	36
2.4.1	Propiedades de textura	36
2.4.2	Evaluación de percepción sensorial	36
2.5	DISEÑO EXPERIMENTAL	36
2.6	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS	37
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
3.1	ANÁLISIS PROXIMAL	38
3.1.1	Almendra de Sacha inchi	38
3.1.2	Harina de Sacha inchi	38
3.1.3	Harina de Papa china	40
3.1.4	Capacidad antioxidante	40
3.2	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	41
3.3	ANÁLISIS REOLÓGICO	43
3.3.1	Curvas de empastamiento (Pasting)	43
3.3.2	Perfil de flujo	46
3.3.3	Propiedades viscoelásticas (barrido de temperatura)	49
3.4	OBTENCIÓN DE LOS SNACKS	51
3.4.1	Análisis proximal de los snacks	51
3.4.2	Análisis microbiológico de los snacks	53
3.5	DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD	53

3.5.1	Propiedades de textura	53
3.5.2	Evaluación de percepción sensorial	55
	CONCLUSIONES	56
	RECOMENDACIONES	57
	BIBLIOGRAFÍA	58
	ANEXOS	69

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Papa china (<i>Colocasia esculenta</i>)	69
Figura 2. Sacha inchi (<i>Plukenetia volubilis</i>)	69
Figura 3. Método húmedo y método seco	70
Figura 4. Método desengrasado	70
Figura 5. Determinación de humedad	71
Figura 6. Determinación de cenizas	71
Figura 7. Equipo de destilación	72
Figura 8. Determinación de extracto etéreo	72
Figura 9. Equipo Fiber Test	73
Figura 10. Preparación de agar	73
Figura 11. Positivo para <i>Salmonella</i>	74
Figura 12. Medición de Actividad de agua (a_w)	74
Figura 13. Medición de absorbancia	75
Figura 14. Reómetro	75
Figura 15. Determinación de humedad del snack	76
Figura 16. Pellets obtenidos a partir de la extrusión y paletización	76
Figura 17. Snack a partir de la mezcla 25%SID:75%PCH	77
Figura 18. Snack a partir de la mezcla 50%SID:50%PCH	77
Figura 19. Ausencia de <i>Salmonella</i> al snack desarrollado	78
Figura 20. Medición de propiedades texturales	78
Figura 21. Evaluación de percepción sensorial	79
Figura 22. Aceite de sachá inchi	79

LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1. Diferencias significativas curvas de empastamiento	44
Gráfica 2. Curvas de empastamiento	46
Gráfica 3. Perfil de flujo	47
Gráfica 4. Diferencias significativas de n y K	48
Gráfica 5. Barrido de temperatura, módulos G' y G''	50
Gráfica 6. Propiedades texturales	54
Gráfica 7. Puntaje de la percepción sensorial	55

LISTA DE DIAGRAMAS

	pág.
Diagrama 1. Obtención de PCH	81
Diagrama 2. Obtención de SIH	81
Diagrama 3. Método de MSM	82
Diagrama 4. Desengrasado de SID	82

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Composición proximal de la almendra de Sacha inchi	38
Tabla 2. Composición proximal SIH	39
Tabla 3. Composición proximal SID	39
Tabla 4. Composición proximal PCH	40
Tabla 5. Capacidad antioxidante	41
Tabla 6. Análisis microbiológico	42
Tabla 7. Actividad de agua	43
Tabla 8. Comportamiento punto gel	51
Tabla 9. Composición proximal de las mezclas	52

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A: Registro fotográfico.	69
ANEXO B. Evaluación de percepción sensorial.	80
ANEXO C. Obtención de harinas	69

Nota de aceptación:

Los directores y los Jurados han leído el presente documento, escucharon la sustentación de este por sus autores y lo encuentran satisfactorio.



M. SC JESÚS EDUARDO BRAVO GOMEZ
Director



Ph. D. DIEGO FERNANDO ROA ACOSTA
Director



Presidente del Jurado



Jurado

Popayán, 26 de Octubre de 2022

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico principalmente a Dios por haberme dado la vida, por permitirme llegar hasta aquí y guiarme en este recorrido. También quiero agradecer infinitamente a mis padres por ser el pilar más importante y mi inspiración en mi formación como profesional; Se lo dedico a mi hermana por sus palabras de motivación y apoyo que permitieron que no me rinda; y finalmente a mi sobrino por cada sonrisa y por llenar mi vida de tanta felicidad.

Ruby

En primer lugar, agradezco a Dios porque he puesto en sus manos mi vida y mis anhelos y Él en su infinita sabiduría y amor ha guiado mis pasos para hacer realidad este sueño. Agradezco a mi familia por ayudarme en este proceso, por su constante guía, su amor y oraciones, son mi motivación y una bendición para mi vida. Les doy gracias a mis amigos y personas cercanas que con sus palabras de aliento y consejos, me animaron a cumplir con este propósito.

Paola

“Las cosas más gratificantes de la vida suelen ser las que parece que no se puede hacer”

Arnold Palmer

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, queremos dar gracias a Dios por bendecirnos, guiarnos en este camino, por darnos sabiduría y entendimiento para cumplir con éxito este proyecto.

Gracias a nuestras familias por acompañarnos, por ser nuestro apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad e impulsarnos siempre a seguir adelante.

Expresamos agradecimientos a nuestros directores Diego Fernando Roa y Jesús Eduardo Bravo por compartir sus conocimientos con nosotras, por guiarnos y acompañarnos en este proceso.

A todos los profesores que nos acompañaron aportando sus conocimientos, sus consejos y nos motivaron en la realización de este proyecto.

A nuestros compañeros por brindarnos su amistad incondicional, por sus palabras de motivación formando parte de este objetivo alcanzado.

Agradecemos a la Universidad del Cauca y a la facultad de Ciencias Agrarias por abrirnos sus puertas y acogernos como integrantes de la gran familia Unicaucana.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue desarrollar snacks expandidos a partir de mezclas de harina de papa china (*Colocasia esculenta*) y sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) como una alternativa de alimentación saludable. Para ello, en primer lugar, se obtuvo la harina de papa china (PCH), y para la obtención de harina de sachá inchi, se evaluaron tres métodos: método seco (SMS), método húmedo (SIH), y desengrasado mecánico (SID), de los cuales inicialmente se descartó el método seco. A continuación, las tres harinas obtenidas fueron evaluadas con respecto al análisis proximal, obteniendo como componente mayoritario en el Sachá inchi a la proteína (SIH: 31,54% y SID: 72,62%); para la PCH el componente mayoritario fueron los carbohidratos con un valor de 85,42%. Para el análisis microbiológico hubo presencia de *Salmonella* en la PCH. En cuanto a la actividad acuosa las materias primas no presentaron valores superiores a 0,64. Además, se realizó análisis reológico (curvas de empastamiento, perfil de flujo, y propiedades viscoelásticas (barrido de temperatura)). Respecto a la capacidad antioxidante (método ABTS) y determinación de polifenoles libres (fracción EPP) la PCH obtuvo valores de 2,71 $\mu\text{mol ET/g}$ y 7,47 mg EAG/g respectivamente, superiores a las otras harinas.

Luego, se procede a formular 6 mezclas (25%SID:75%PCH, 50%SID:50%PCH, 75%SID:25%PCH, 25%SIH:75%PCH, 50%SIH:50%PCH, 75%SIH:25%PCH) y se realizó las pruebas reológicas anteriormente mencionadas descartando las mezclas que contenían SIH debido a su bajo contenido de proteína en comparación al SID. Posteriormente, las tres mezclas resultantes fueron sometidas a expansión por presión-cizalla-temperatura en el extrusor y expansión por presión-temperatura para la obtención del snack. De esta última etapa, se descartó la mezcla 75%SID:25%PCH, ya que por su composición se limitaba la formación del snack. A las mezclas resultantes se determinó la composición proximal por balance de materia.

A los snacks obtenidos se les realizó pruebas texturales para determinar su calidad. En esta etapa se descartó la mezcla 50%SID:50%PCH, debido a que formaba snacks más débiles y con mayor susceptibilidad al rompimiento en la máquina. Finalmente, se realizó la evaluación sensorial del snack obtenido a partir de la mezcla restante 25%SID:75%PCH, con el objetivo de determinar la aceptabilidad del producto final por parte del consumidor; obteniendo así, un índice de aceptabilidad del 73,5%. Además, por su alto contenido nutricional es considerado un alimento con excelente fuente de proteína (22,69%) y buena fuente de fibra (3,92%).

PALABRAS CLAVES: Snacks, papa china, sachá inchi, reología, composición proximal, extrusión, expansión, pruebas texturales, evaluación sensorial.

ABSTRACT

The objective of this study was to develop expanded snacks from mixtures of papa china (*Colocasia esculenta*) and sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) flour as a healthy food alternative. For this purpose, first, papa china flour (PCH) was obtained, and for obtaining sacha inchi flour, three methods were evaluated: dry method (SMS), wet method (SIH), and mechanical defatting (SID), of which the dry method was initially discarded. Next, the three flours obtained were evaluated with respect to proximal analysis, obtaining protein as the major component in Sacha inchi (SIH: 31.54% and SID: 72.62%); for PCH the major component was carbohydrates with a value of 85.42%. For the microbiological analysis, Salmonella was present in the PCH. In terms of aqueous activity, the pima materials did not present values higher than 0.64. In addition, rheological analysis was carried out (pasting curves, flow profile, and viscoelastic properties (temperature sweep). Regarding antioxidant capacity (ABTS method) and determination of free polyphenols (EPP fraction), PCH obtained values of 2.71 $\mu\text{mol ET/g}$ and 7.47 mg EAG/g, respectively, higher than the other flours.

Then, 6 mixtures were formulated (25%SID:75%PCH, 50%SID:50%PCH, 75%SID:25%PCH, 25%SIH:75%PCH, 50%SIH:50%PCH, 75%SIH:25%PCH) and the rheological tests mentioned above were carried out, discarding the mixtures containing SIH due to their low protein content compared to SID. Subsequently, the three resulting mixtures were subjected to pressure-shear-temperature expansion in the extruder and pressure-temperature expansion to obtain the snack. From this last stage, the 75%SID:25%PCH mixture was discarded, since its composition limited the formation of the snack. The proximate composition of the resulting mixtures was determined by material balance.

The snacks obtained were subjected to textural tests to determine their quality. At this stage, the 50%SID:50%PCH mixture was discarded because it formed weaker snacks and was more susceptible to breakage in the machine. Finally, the sensory evaluation of the snack obtained from the remaining 25%SID:75%PCH mixture was carried out in order to determine the acceptability of the final product by the consumer, obtaining an acceptability index of 73.5%. In addition, due to its high nutritional content, it is considered a food with an excellent source of protein (22.69%) and a good source of fiber (3.92%).

KEY WORDS: Snacks, Chinese potato, sacha inchi, rheology, proximal composition, extrusion, expansion, textural tests, sensory evaluation.

INTRODUCCIÓN

El Sacha inchi es un alimento autóctono del Amazonas, rico en proteína, omega 3,6 y 9, que además de poseer excelentes beneficios para la salud también es un cultivo potencial para combatir la producción de coca en el departamento del Putumayo, esto debido a que la región se ha caracterizado durante muchos años por la presencia de cultivos ilícitos encontrándose al menos 20.000 hectáreas de coca, según datos de la Oficina de Naciones Unidas contra la Droga y el Delito en 2020. Además, la violencia que generan los grupos armados ilegales que se disputaban el control de la región han afectado el desarrollo territorial (Benavente, 2021). Sin embargo, muchas familias campesinas han decidido dejar atrás la ilegalidad y centrar esfuerzos en nuevas alternativas que permitan generar desarrollo económico y social dentro del territorio, encontrando en el sachá inchi una excelente alternativa.

Por su parte, la papa china es un tubérculo abundante en almidón de los cuales 17-28% es amilasa, y el restante es amilopectina (Quezada Correa et al., 2019). Este almidón al ser de gránulos pequeños hace que sea fácilmente digerible, pudiendo escapar sencillamente de la digestión en el intestino delgado y llegar al tracto gastrointestinal inferior para una digestión lenta, donde se reconoce por su liberación y absorción de glucosa y de otros minerales, por lo que tiene efectos beneficiosos en la regulación del colesterol y la glucemia (Aditika et al., 2021). La papa china también presenta un elevado contenido de carbohidratos, proteínas, y minerales como magnesio, calcio, hierro y zinc, además de vitaminas hidrosolubles como la C y otras vitaminas del complejo B, tales como la B1 y la B3 (Púa et al., 2019). Igualmente, la papa china contiene flavonoides y ácidos fenólicos que poseen propiedades antioxidantes; los flavonoides son el grupo más grande de compuestos fenólicos identificados en las diferentes partes de la planta y se han relacionado con la reducción del riesgo de muchas enfermedades degenerativas (Aditika et al., 2021).

Cabe considerar, por otra parte, que los snacks saludables se refieren a todas aquellas formas de bocadillos que son ricos en vitaminas, bajos en grasas saturadas y bajos en azúcar y sodio; que están compuestos por productos alimenticios con alto contenido de proteína que ofrecen un mayor valor nutricional que los snacks convencionales. Estos snacks han minimizado los efectos adversos sobre la salud humana en comparación con los snacks tradicionales consumidos. Según el estudio Brandessence Market Research 2022, El mercado global de refrigerios saludables está valorado en USD 24,51 mil millones en 2021 y se espera que alcance los USD 34,95 mil millones para 2028 con una CAGR del 5,2% durante el período de pronóstico.

Ahora bien, la elaboración de productos expandidos mediante el empleo de extrusores presenta grandes ventajas, puesto que no utiliza grasa durante la cocción, el producto snack mantiene las propiedades químicas de la materia prima, emplea menor cantidad de materia prima que otros procesos

alternativos y sobre todo es un método rápido (Repo Carrasco et al., 2011). Por lo general, los extruidos disponibles en el mercado tienen un valor nutricional bajo, con concentraciones reducidas de proteínas. Así, el desarrollo de snacks saludables puede combinar la versatilidad y conveniencia de los extruidos con la calidad nutricional de las materias primas utilizadas (Franco Lucas et al., 2018).

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 LOCALIZACIÓN

Este proyecto se ejecutó en la Universidad del Cauca, en la Facultad de Ciencias Agrarias, ubicada en el municipio de Popayán, vereda las Guacas, con coordenadas geográficas 2°27'0.000" latitud Norte, 76°37'0.000" latitud oeste del meridiano de Greenwich, temperatura promedio 18°C y precipitación promedio de 2000 mm/año. Las pruebas para el desarrollo del proyecto se realizaron en la planta piloto, y en los laboratorios de Reología y Biotecnología adscritos a la facultad.

1.2 MARCO TEÓRICO

Un snack se puede definir como un aperitivo que se consume entre comidas comúnmente llamado en Colombia como "pasabocas o mecato" el cual está conformado por frutos secos, alimentos de paquete, cereales en barra, papas fritas, chocolates etc. y no son considerados como una de las comidas principales del día (Ortigoza y Ochoa, 2018). Según Lloyd-Williams et al., (2009) existen dos tipos de snacks los "no saludables" como las papas fritas, chocolates, pasteles, salchichas, entre otros alimentos; estos realizados a base de grasa y azúcar que pueden afectar la salud, principalmente, elevar el colesterol total, la presión arterial y el peso corporal, además de causar factores de riesgo de cardiopatía coronaria, accidente cerebrovascular y diabetes. Sin embargo, en el grupo de los "saludables" encontramos frutos secos, frutas frescas, verduras, semillas y otros alimentos bajos en azúcar y en calorías.

El crecimiento de los bocadillos salados en América Latina mejoró en el 2020 en comparación con el desempeño del año anterior y la tasa de crecimiento anual compuesto (CAGR) del período histórico general. Aunque la pandemia de COVID-19 ha provocado o agravado problemas económicos en la mayoría de los países, estos productos generalmente siguen siendo asequibles para la mayoría de los consumidores. Además, algunos canales de servicios alimentarios y el consumo impulsivo se han trasladado a los hogares de las personas, o al canal minorista, con consumidores encerrados en casa o trabajando/aprendiendo de forma remota. Se espera que las ventas de los snacks experimenten un crecimiento muy constante durante el período 2020-2025, con aumentos anuales del 2.5% (Passport, 2019).

Por su parte, los snacks saludables se convierten en esa alternativa que cumple con lo que el consumidor necesita: una alimentación sana que no requiere de mucho tiempo, debido a que este tipo de alimentos están diseñados para ser consumidos en cualquier momento y lugar, pero que no son la “comida chatarra” que muchos han denominado así, por el impacto negativo que a largo plazo tiene para el consumidor; los snacks saludables son productos libres de grasa, sin gluten, sin ingredientes artificiales e inclusive sin alergénicos.

1.2.1 Aspectos generales de la papa china: La (*Colocasia esculenta*) también conocida como papa china, malanga, ocumo chino o taro, según el lugar donde se encuentre, pertenece a la familia aráceae (Caicedo et al., 2014), es una planta que produce un tipo de bulbo o tubérculo subterráneo llamado “cormo” que es altamente comestible para consumo humano y animal (Lasso Rivas, 2020). Este tubérculo tiene una cáscara gruesa y rugosa, de color marrón casi negro, siendo rodeado por un espeso revestimiento fibroso (raíz), fácilmente removible durante la cosecha. Puede ser esférica o alargada, con un peso que oscila entre los 30 y 450 gramos. El color de su carne suele ser blanco nieve, en algunos tipos puede encontrarse rosado-amarillento e incluso anaranjado, con un sabor parecido al de la patata (Mendoza Maisanche, 2014).

Según el estudio realizado por Púa et al., (2019) los nutrientes que se encuentran en mayor cantidad en la *Colocasia esculenta* son los carbohidratos con un 59.36%, seguido por un 24.99% de proteínas, 7.65% de ceniza, 4.88% de fibra bruta, 0.53% de grasa en base seca y 2.59% de humedad. Con respecto al contenido de minerales se determinó que el mineral presente en mayor cantidad es el magnesio 242.373 mg/kg, seguido del calcio 94.455 mg/kg, hierro 8.351 mg/kg y zinc 6.210 mg/kg, además de vitaminas como la vitamina C 0.188 mg/100 mg, Vitamina B1 0.047 mg/100 mg, y Vitamina B3 0.078 mg/100 mg. En comparación con otros tubérculos como camote, papa, yuca y ñame; la papa china presenta un contenido de proteínas y grasas superior al de estos vegetales.

El Taro contiene metabolitos primarios y secundarios que funcionan como compuestos bioactivos con atributos antioxidantes, anticancerígenos, antidiabéticos, inmunomoduladores y antimicrobianos. Entre estos compuestos se encuentran: el Tarin que tiene un efecto anti metastásico y potencial anticancerígeno, los polisacáridos TPS-1 y TPS-2 con un efecto inmunomodulador, los flavonoides y los ácidos fenólicos con propiedades antioxidantes. La detección del extracto de taro por parte de varios investigadores informa que este tubérculo tiene un efecto anticompulsivo, antihiper glucémico y hepatoprotector. También los fenoles y otros antioxidantes del taro podrían frenar la progresión del cáncer debido a su actividad antiinflamatoria (Aditika et al., 2021).

La papa china es originaria de la región Indo-malaya desde donde se dispersó al Este y Sudeste de Asia, Islas del Pacífico y África, para luego ser llevada al Caribe y América (Lasso Rivas, 2020). En Colombia la papa china crece en zonas cálidas y húmedas, ya que se caracteriza por su alto requerimiento de humedad. Esta es una planta esencialmente tropical, requiere altas precipitaciones y bien distribuidas (1800 a 2500 mm) para obtener los mejores rendimientos. Cuando la lluvia es baja el rendimiento del cormo se reduce. Además, por ser un cultivo de clima cálido requiere temperaturas entre 25°C y 35 °C y buena luminosidad. No se desarrolla bien en condiciones de bajas temperaturas (Villamil Vergara, 2013).

Cuando los tubérculos u hojas de este cultivo se consumen en estado natural, producen irritación y sensación de ardor en la boca y en la garganta, debido a que contienen cristales de oxalato (Caicedo et al., 2014), estos son considerados factores anti nutricionales entre los que se encuentran los oxalatos de potasio, sodio, amonio y calcio, siendo este último insoluble; estos puede promover la formación de depósitos de oxalato de calcio en los tejidos y órganos del cuerpo, generando con el tiempo cálculos renales. Por esta razón se somete la papa china a diferentes procesos antes de su consumo tales como el remojo, secado al sol, cocción y fermentación, que pueden reducir el contenido de oxalato hasta niveles seguros (Chong et al., 2019).

Este tubérculo es consumido comúnmente mediante la cocción en preparaciones como sopas y guisados, también asados, fritos, o en puré. También su harina sirve como insumo para la elaboración de pan, galletas y demás preparaciones de panadería y repostería en las que se sustituye parcial o completamente la harina de trigo. Desde el punto de vista nutricional es superior a la papa, ya que contienen una mayor porción de proteínas, calcio y fósforo y el contenido de vitamina B es equivalente al de la Col y al doble al de la papa, además su almidón presenta granos muy finos que lo hacen fácilmente digerible siendo utilizado en la industria de alimentos para elaboración de comidas para bebe, igualmente se emplea este almidón como ingrediente en la elaboración de pastas y productos cárnicos como salchichas. Los productos a base de papa china pueden ser consumidos por personas con problemas celíacos ya que esta no contiene gluten (Lasso Rivas, 2020).

1.2.2 Aspectos generales del sacha inchi: El Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*), conocido también como, maní silvestre, maní del Inca, maní sachá o montaña maní, es una planta oleaginosa que pertenece a la familia Euphorbiaceae. En un principio y hasta la actualidad ha sido cultivado en las tierras bajas de la Amazonía peruana, y ha sido plantado durante siglos por la población indígena (Valdiviezo et al., 2019). Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en el 2019, a nivel nacional, la producción supera las 2.400 toneladas de semilla de Sacha Inchi. El departamento del Putumayo se consolida como el mayor productor de sacha inchi con 282 hectáreas sembradas, seguido por el Valle del Cauca, Caquetá y Antioquia.

Los frutos de sacha inchi tienen forma de estrella con número variable de lóbulos que pueden ir desde cuatro hasta ocho, con diámetros entre 6 a 7 cm y espesor de 3 a 4 cm. Dentro de los lóbulos, se encuentran las semillas que son de color marrón, corrugadas y venadas, de forma lenticular con diámetro de 1.5 a 2 cm y peso promedio de 1 g. El 40% corresponde a la cáscara y 60% a la almendra. Las almendras son de sabor amargo debido a que poseen sustancias termolábiles, además de un alto valor proteico y apreciable contenido de ácidos grasos poliinsaturados (Amaya Ortiz, 2016).

Se considera el sacha inchi una planta promisoriosa e industrializable gracias a su contenido de ácidos grasos esenciales insaturados como el omega 3, en forma de ácido alfa-linoleico con 47.7% a 51.9% y el omega 9 en forma de ácido oleico con 7.9 a 8.9% en peso del aceite, además posee 27.4% de proteína, 4% de cenizas y alrededor de 50% de aceite (Vásquez Osorio et al., 2017).

Una propiedad fisicoquímica de importancia para el aprovechamiento agroindustrial del subproducto es el punto isoeléctrico, ya que permite identificar el pH donde las proteínas presentes tienen carga cero, por tanto, son poco solubles y precipitan, dato útil para la obtención de hidrolizados de proteína que se constituyen en productos de valor agregado (Vásquez Osorio et al., 2017). Su alto índice de proteína lo resalta como producto para completar dietas que sustituyen las proteínas tradicionales.

1.2.3 Pruebas preliminares

Análisis proximal: Implica la caracterización de los alimentos desde el punto de vista fisicoquímico, haciendo énfasis en la determinación de su composición química, es decir, aquellas sustancias que están presentes en un alimento (humedad, proteína cruda (nitrógeno total), fibra cruda, lípidos, etc.) y en qué cantidades estos compuestos se encuentran, con el fin de determinar su valor nutricional (Zumbado Fernández, 2008).

Análisis microbiológico: Los alimentos son sistemas complejos de gran riqueza nutritiva y por tanto sensibles al ataque y posterior desarrollo de microorganismos (bacterias, hongos y levaduras). En todos los alimentos hay siempre una determinada carga microbiana, pero esta debe ser controlada y no debe sobrepasar ciertos límites, a partir de los cuales comienza a producirse el deterioro del producto con la consecuente pérdida de su calidad y aptitud para el consumo. El análisis microbiológico, se realiza entonces con vistas a determinar y cuantificar los microorganismos presentes en un producto, así como también constituye una poderosa herramienta en la determinación de la calidad higiénico-sanitaria de un proceso de elaboración de alimentos, lo que permite identificar aquellas etapas del proceso que puedan favorecer la contaminación del producto (Zumbado Fernández, 2008).

Actividad acuosa: La actividad de agua corresponde al contenido de agua libre, es decir, el agua disponible para los microorganismos (Ellner, 2000). En la práctica, los valores de la actividad del agua afectan con fuerza a la tendencia de un alimento a sufrir alteraciones de origen microbiano, enzimático o químico. Los niveles de a_w que contribuyen a la alteración del alimento varían de acuerdo con el tipo de alimento, la concentración de solutos, temperatura, pH, presencia de aditivos humectantes y otros muchos factores (Gutiérrez, 2000).

Análisis reológico: El término Reología fue inventado por el profesor Bingham Lafayette. Significa “el estudio de la deformación y el comportamiento de flujo de la materia”. Otra de las definiciones dadas y una de las más completas es: “La reología es la ciencia que estudia la deformación entre el esfuerzo y la deformación a través de relaciones matemáticas constitutivas reológicas de estado” (Moreno Botella, 2005).

La definición aceptada por la IUPAC es la siguiente: “Reología: Estudio de flujo y deformación de la materia bajo la influencia de una fuerza mecánica. Se refiere, especialmente, al comportamiento del material que no puede describirse por los modelos lineales simples de la hidrodinámica y elasticidad. Algunas de estas desviaciones son debidas a la presencia de partículas coloidales o a la influencia de superficies” (Moreno Botella, 2005).

Según Webster: “Es el estudio de los cambios en forma y flujo de la materia abarcando elasticidad, viscosidad, y plasticidad”; así se encuentra también que la reología, o ciencia de la deformación de la materia se ocupa preferentemente de la deformación de los cuerpos aparentemente continuos y coherentes. Pero con frecuencia trata también entre la fricción entre sólidos del flujo de polvos e incluso de la reducción de partículas (Méndez Montealvo et al., 2001).

Actividad antioxidante: Existen diversos métodos para evaluar la actividad antioxidante, ya sea in vitro o in vivo. Una de las estrategias más aplicadas en las medidas in vitro de la capacidad antioxidante total de un compuesto, mezcla o alimento, consiste en determinar la actividad del antioxidante frente a sustancias cromógenas de naturaleza radical; la pérdida de color ocurre de forma proporcional con la concentración. No obstante, las determinaciones de la capacidad antioxidante realizadas in vitro nos dan tan sólo una idea aproximada de lo que ocurre en situaciones complejas in vivo (Kuskoski et al., 2005).

Método ABTS: En este método los antioxidantes se añaden previamente a la generación del radical ABTS, un cromógeno que presenta color azul/verde con máximo de absorción a 342 nm, y se determina la inhibición en la formación del radical (Aillon Rojas.,2014). Los antioxidantes se añaden una vez formado el radical ABTS, y se determina la disminución de la absorbancia debida a la reducción del radical (decoloración). Este método se fundamenta en la

capacidad de un antioxidante para estabilizar el catión coloreado ABTS•+, el cual es formado previamente por la oxidación del ABTS (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico)) por metamioglobina y peróxido de hidrógeno. Alguna de las ventajas de este método es que puede ser usado en un amplio rango de pH y fuerza iónica, además de que el ABTS•+ es soluble tanto en medio acuoso como orgánico y permite la evaluación de antioxidantes hidrofílicos y lipofílicos (Castro Paz et al., 2016).

Polifenoles Libres: Los polifenoles suprimen la generación de radicales libres, reduciendo así la tasa de oxidación al inhibir la formación o desactivación de las especies activas y los precursores de radicales libres. Con mayor frecuencia, actúan como captadores de radicales directos de las reacciones en cadena de la peroxidación lipídica (interruptores de cadena). Los polifenoles tienen en su estructura uno o varios anillos aromáticos con al menos un grupo hidroxilo el cual es fundamental para el mecanismo antioxidante que generan, ya que donan un electrón al radical libre, neutralizando los radicales y convirtiéndose en radicales estables (menos reactivos), deteniendo así las reacciones en cadena (Tsao., 2010).

Extrusión: Desde el punto de vista tecnológico, podemos definir extrusión como el proceso que consiste en dar forma a un producto, forzándolo a través de una abertura con diseño específico. Se trata de un proceso continuo que involucra el trabajo y la compresión para formar una masa semisólida, que abarca una serie de operaciones unitarias que se combinan entre sí: mezclado, amasado, cizallamiento, calentamiento, enfriamiento, conformación, texturización y deshidratación de alimentos (Barallat García, 2017).

El proceso de extrusión ofrece un amplio rango de aplicaciones, como las siguientes: alimentos precocidos o preformados, cereales instantáneos para el desayuno, botanas, golosinas, alimentos para bebé, sopas instantáneas, proteínas vegetales texturizadas, sustitutos de carne, harinas compuestas y enriquecidas, sustitutos lácteos, productos de panificación, almidones modificados y gelatinizados, productos de confitería, pastas para sopas, espaguetis y macarrones, alimentos para animales y aditivos de uso industrial (Gómez Lopez et al., 2013).

Snacks Expandidos: La elaboración de productos expandidos mediante el empleo de extrusores presenta grandes ventajas, puesto que no utiliza grasa durante la cocción, el producto snack mantiene las propiedades químicas de la materia prima, emplea menor cantidad de materia prima que otros procesos alternativos y sobre todo es un método rápido. Además de obtener un producto de buena calidad y de bajo costo (Repo Carrasco et al., 2011).

Perfil nutricional de los snacks: El concepto de perfil nutricional se refiere a la composición de nutrientes de un alimento o dieta. La elaboración de un perfil nutricional es la clasificación de los alimentos con un objetivo determinado a partir de su composición de nutrientes. El perfil nutricional del conjunto de la dieta (habitual) es un importante determinante de la salud y el perfil nutricional de una dieta “equilibrada” se define mediante recomendaciones con base científica de ingesta energética y de nutrientes (Moran y Hernández, s. f.).

Propiedades Texturales: La textura es la combinación de propiedades de los materiales alimentarios que están relacionadas con la respuesta de la estructura de los alimentos a las fuerzas aplicadas y los sentidos fisiológicos involucrados, como la visión, la kinestésica y la audición. Las propiedades texturales, como la dureza, la resistencia al corte, la resistencia a la rotura, la frescura o la textura crujiente, son muy importantes para el control de las operaciones de procesamiento para obtener los atributos de calidad deseados del producto terminado y la aceptabilidad de los consumidores (Khanna et al., 2019).

Durante este análisis se determinan las siguientes propiedades: la dureza, que es definida como la cantidad de fuerza máxima requerida durante la primera compresión para prensar el alimento. La dureza simula la fuerza necesaria para comprimir el alimento entre los molares o entre la lengua y el paladar imitando el primer mordisco (Rodríguez Manrique et al., 2018). El trabajo de crocantez (W_c), que puede interpretarse como el parámetro sensorial de fracturabilidad y describe el trabajo requerido para fracturar un poro o un grupo de poros. La frecuencia espacial de rupturas (N_{sr}) describe el número de eventos de fractura durante la punción, y la fuerza de aplastamiento (F_{cr}) que se produce inicialmente en la superficie de contacto de dos cuerpos distintos, es decir se trata de un esfuerzo de compresión entre dos áreas (Igual et al., 2021; García Díaz., 2004)

Calidad. La calidad del producto es un concepto variable basado en atributos, y determinada por el grado de adecuación para usos y consumos. En concordancia con la Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standardization, ISO), se puede definir la calidad como la capacidad de un producto o servicio de satisfacer las necesidades declaradas o implícitas del consumidor a través de sus características o propiedades (Gallego Picó, 2013).

Propiedades sensoriales: El análisis sensorial es el examen de las propiedades organolépticas de un producto realizable con los sentidos humanos. Dicho de otro modo, es la evaluación de la apariencia, olor, aroma, textura y sabor de un alimento o materia prima. Este tipo de análisis comprende un conjunto de técnicas para la medida precisa de las respuestas humanas a los alimentos y minimiza los potenciales efectos de desviación que la identidad

de la marca y otras informaciones pueden ejercer sobre el juicio del consumidor (García Ahued, 2014).

1.3 MARCO HISTÓRICO

Se han llevado a cabo varias investigaciones para determinar el potencial de la papa china y el sachá inchi en la alimentación humana; a continuación, se resumen algunas de ellas.

En la investigación realizada por Quezada Correa et al., (2019) se evaluó el efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de papa china (*Colocasia esculenta*) para la elaboración de galletas dulces, para lo cual se realizó 3 formulaciones con sustituciones de 20%, 25% y 30% de harina de papa china y se sometieron a análisis proximal y reológico. Los resultados obtenidos en la muestra de harina de papa china fueron de 10% humedad, 81% hidratos de carbono, proteínas de 4,15%, fibra cruda 6,12%, cenizas 2% y la grasa resultó indetectable, además las pruebas reológicas y fonográficas mostraron que hasta un 25% de sustitución no mostraba diferencias en relación con las masas tradicionales, concluyendo que las galletas elaboradas con sustitución parcial de harina de papa china poseen elevado valor nutricional, buena aceptabilidad y calidad microbiológica.

Aguinda Pizango, (2019) elaboró una compota infantil como una alternativa de uso de la papa china (*Colocasia esculenta*) y de la zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza Bancr*), para esta investigación se realizaron tres tratamientos diferentes, T1 (75% de papa china y 25% de zanahoria blanca), T2 (50% de papa china y 50% de zanahoria blanca) y T3 (75% de zanahoria blanca y 25% de papa china), además fue necesario trabajar sobre una base dulce (manzana y miel de abeja) para mejorar la aceptabilidad del producto. Las pruebas sensoriales realizadas a 20 jueces arrojaron que el T2 (50% de papa china y 50% de zanahoria blanca) era el más aprobado por su color sabor, olor, textura y aceptabilidad general.

Chong et al., (2019) analizaron el efecto de los métodos de cocción por fritura en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de chips de taro (*Colocasia esculenta*). En este estudio se elaboraron chips de taro mediante dos métodos de cocción, freído convencional y freído con aire forzado. El chip elaborado por el método convencional mostró una mayor crujencia (208.95 gf), alto contenido de grasa (32.53%), menor concentración de oxalato 0.40 mg/100 g muestra y mayor preferencia (87%) por parte del consumidor en comparación con el chip elaborado con la freidora de aire (21.53% de grasa, 2.48 mg oxalato/100 g muestra y dureza 40908 gf). Concluyendo que, se logró elaborar chips de taro con características nutricionales importantes como es el contenido de carbohidratos, y que el método de freído por aire puede ser una alternativa

saludable que reduce significativamente el contenido de grasa y presenta características sensoriales aceptables en productos fritos.

Torres Rapelo et al., (2014) evaluaron el efecto de la sustitución de harina de trigo por almidón de malanga (*Colocasia esculenta*) de las variedades blanca y morada sobre las pérdidas por cocción y aceptabilidad de salchichas Frankfurt. Se prepararon tres formulaciones, donde se sustituyó la harina de trigo, en un 50, 75 y 100% por almidón de malanga y un control. Se empleó un panel de degustación conformado por 50 jueces no entrenados para valorar la aceptabilidad de los productos. Los resultados mostraron que todos los tratamientos con almidón de malanga presentaron menores pérdidas por cocción que el producto control, sin afectar la aceptabilidad del producto cárnico. Finalmente se concluyó que es factible incorporar almidón de malanga en la industria cárnica como sustancia de relleno y ligante en emulsiones cárnicas tipo salchichas.

Pensamiento Niño et al., (2018) realizaron una optimización y caracterización de un snack extruido elaborado con harina de malanga y pulpa de mango. Utilizaron un diseño experimental central compuesto por tres variables: proporción de pulpa de mango (MPP = 0–10 g/100 g) en harina de taro, contenido de humedad del alimento (FMC = 16–30 g/100 g) y temperatura de extrusión ($T = 80\text{--}150\text{ }^{\circ}\text{C}$), utilizaron una extrusora de un solo tornillo con una relación de tornillo de compresión de 3:1. En este estudio se determinó que las condiciones óptimas de extrusión son $T = 135,81\text{ }^{\circ}\text{C}$, $FMC = 18,84\text{ g/100 g}$ y $MPP = 7,97\text{ g/100 g}$, con un valor de deseabilidad de 0,772, para obtener un snack con $EI = 1,52$, $BD = 0,66\text{ g/cm}^3$, dureza = 24,48 N, contenido de β -caroteno = 99,1 $\mu\text{g/g}$ y $SME = 428,54\text{ J/g}$. además, se concluyó que el aumento del contenido de humedad en la alimentación disminuye el torque, la presión, la energía mecánica específica, el índice de expansión, el índice de solubilidad en agua y el pH y aumenta el tiempo de residencia, la densidad aparente, la dureza y la diferencia de color total. El aumento de la temperatura conduce a una disminución en el torque, la presión, la densidad aparente y la dureza, mientras que un aumento en la proporción de pulpa de mango provoca un aumento significativo en la dureza y el contenido de betacaroteno y una disminución en la presión.

Por su parte el Sacha inchi también ha sido motivo de investigación ya que, debido a sus características nutricionales, se busca incluirlo en la alimentación humana por medio de diversos productos. A continuación, se resumen algunas de las investigaciones.

En el estudio realizado por Vásquez et al., (2017) se evaluaron tres formulaciones de colada elaborados con harina de sachá inchi producida a partir de la torta residual de la extracción del aceite (HTSI). Se sustituyó el almidón de maíz al 0%, 25% y 50%. Las formulaciones fueron evaluadas fisicoquímica, microbiológica, reológica y sensorialmente con panelistas mayores de 45 años. La investigación determinó que la HTSI es buena fuente de proteína, calcio y ácidos grasos omega 3, las formulaciones de colada

presentaron buena calidad microbiológica y fueron aceptadas sensorialmente. La formulación con sustitución del 50% de almidón de maíz por HTSI aportó 90,7% más proteína que una porción del producto tradicional, por lo que se pudo concluir que este tipo de colada es un producto con alto contenido de proteína de alta digestibilidad y podría ser incluida en la dieta como complemento nutricional.

Vásquez Osorio et al., (2017) utilizaron la harina de sachá inchi en el desarrollo de galletas de mantequilla con coco. En cuya investigación caracterizaron fisicoquímicamente la torta, la harina y las galletas empleando metodologías AOAC y determinaron el punto isoeléctrico de la proteína de sachá inchi. Realizaron cuatro formulaciones de galleta sustituyendo en tres de ellas porcentualmente la harina de trigo por harina de sachá inchi; 50%, 75% y 100%. La galleta con mejor aceptación en la evaluación sensorial fue la de 50% de harina de sachá inchi, que presentó 28.8% grasa, 18.3% proteína y 48.7% carbohidratos frente al blanco muestra que tuvo 26.9% grasa, 8.9% proteína y 61% carbohidratos. Concluyendo que la harina de sachá inchi es una alternativa en la industria alimentaria para incrementar el valor nutricional de las formulaciones en cuanto al porcentaje de proteína.

Báez Pazmiño y Borja Armijos, (2013) realizaron un estudio para la elaboración de una barra energética a base de Sachá Inchi, como fuente de fibra, proteína, omega 3 y 6. Para la cual se realizó un diseño completamente al azar de la fase 3 de elaboración de la barra energética (fase 1: galleta, fase 2: mermelada y fase 3: cobertura de cereales y frutos secos), se realizó la combinación de 2 factores con 3 niveles cada uno (Sachá Inchi: 7%, 14% y 21% y glucosa: 15%, 20% y 25%). La formulación con 21% de Sachá Inchi y 15% de glucosa, cumplió con los requisitos esperados en cuanto a mayor contenido de grasa y proteína, humedad y penetrabilidad de acuerdo con parámetros del patrón, además fue el tratamiento más aceptado por los jueces.

Jiapong y Ruttarattanamongkol, (2021) desarrollaron snacks expandidos con alto contenido de proteína directamente fortificados con harina de semilla de sachá inchi, en este estudio utilizaron una extrusora de doble tornillo gira rotatorio y mezclas compuestas de diversas cantidades de harina de semilla de Sachá inchi (20-60%), y harina de arroz (40-80%), se prepararon para la cocción por extrusión al 10-15% de humedad en el barril, con una velocidad de alimentación de 10,88-15,14 kg/h. y 400 rpm de velocidad del tornillo. Se evaluaron propiedades físicas (color, textura, densidad, relación de expansión, índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua, composiciones proximales, sensoriales, digestibilidad in vitro y actividades antioxidantes, respectivamente). El producto más aceptable fue la botana fortificada con 40% de harina de semillas de sachá inchi, esta tenía el mayor contenido de proteína (24,94±0,07%) con aproximadamente 1,79±0,16% de fibra, 2,09±0,00% de grasa, 3,42±0,02% de ceniza, 5,61±0,14% de humedad y 62,27±0,11% de carbohidratos, respectivamente, demostrando ser mucho más saludable que varios productos de snack disponibles comercialmente.

2. METODOLOGÍA

1.4 MATERIA PRIMA

Los tubérculos de papa china fueron adquiridos en el Municipio de Orito Putumayo, localizado a los 0° 38' de Latitud Norte y 76° 37' de Latitud Oeste de Greenwich. Temperatura media de 25 °C y Humedad relativa de 88% (Alcaldía Municipal de Orito, 2016).

Por su parte las almendras frescas de Sacha inchi fueron suministradas por la empresa Fruty Amazónicas S.A.S ubicada en la vereda la Concordia del Municipio Valle del Guamuez, localizado a 00° 25" de latitud norte y 76° 54" de longitud oeste. Con temperaturas entre 27 °C y 40 °C (Alcaldía de Valle de Guamuez - Putumayo, s. f.).

1.4.1 Obtención de harina de Papa china (HPC): Se pesó la materia prima y se le retiró la cáscara, se sometió a un lavado para eliminar impurezas, y posteriormente a un troceado de la parte comestible en rodajas para facilitar su deshidratación; en seguida se realizó el secado en un horno rotatorio (ORVES, Colombia) a una temperatura de 60 °C por 5 horas para eliminar el exceso de humedad. Luego las rodajas secas pasaron al proceso de molienda en un molino eléctrico (Quaker City Mill, modelo 4-e, Filadelfia) y posteriormente, por un sistema de tamices por la malla N°30, esto con la finalidad de lograr homogeneidad en el tamaño de las partículas de la harina (Quezada Correa et al., 2019). Por último, se empacó en bolsas de polietileno con cierre hermético, ver ANEXO C Diagrama 1.

1.4.2 Obtención de harina de Sacha inchi: Las semillas de sachá inchi fueron recepcionadas en almendra blanca, es decir sin cascara ni cascarilla. La harina se obtuvo por 3 métodos a continuación descritos:

Método húmedo (SIH): Se realizó la molienda húmeda en una licuadora (Oster, BLST 4655, Colombia) de 1,25 L, a la cual se adicionó el sachá inchi y agua en una relación 1:3 p/v, esto, con el fin de desintegrar el grano. Obteniendo una suspensión lechosa y homogénea. Con el propósito de separar el extracto insoluble (torta) del hidrosoluble (leche) se utilizó un filtro de tela y posteriormente, se secó la torta en el horno a una temperatura de 65 °C por 3 horas. Una vez deshidratada se empacó inmediatamente en una bolsa de polietileno con cierre hermético (Valles Ramírez., 2012), ver ANEXO C Diagrama 2.

Método seco (SMS): Se realizó un proceso de cocción por 5 min; a continuación, se deshidrató en un horno a 130°C por 90 minutos, posteriormente se tostaron las almendras durante 30 minutos a una temperatura de aproximadamente 210°C. Seguidamente fueron sometidas a un proceso de reducción de tamaño en el molino eléctrico (Amaya Ortiz., 2017) y una vez obtenida, se empacó en una bolsa de polietileno con cierre hermético. ver ANEXO C Diagrama 3.

Método desengrasado mecánico (SID): Se dispuso la almendra de Sacha inchi en la tolva de la prensa extractora de aceite automática táctil (CGLDENWALL, K28, Shanghai China) store modelo K28, se empleó una temperatura de 124 °C. La prensa utilizó el tornillo, que empujó el material dentro del del cilindro principal de prensado, el paso del tornillo y la profundidad de la espiral se fueron reduciendo, disminuyendo el volumen disponible en la cámara, y el material al ser sometido a elevada presión acompañado por el roce contra la pared inferior cerrada del cilindro produjo la extracción del aceite. El aceite fluye a continuación a través de los orificios que existen en el cilindro. El material restante sale por el sistema de prensado y la boquilla de salida de torta (INDUCAM., 2012), ver ANEXO C Diagrama 4.

1.5 Análisis proximal

Determinación de humedad: Inicialmente se secó tres cajas de Petri vacías junto con su tapa por cada materia prima en el horno a 100 °C durante 3 horas, enseguida se llevaron al desecador para que se enfríe hasta temperatura ambiente. A continuación, se pesó cada caja de petri y se registró el valor. Posteriormente, se pesó 5 g de muestra en cada una y se registró el valor. Enseguida se introdujeron las cajas en el horno a 130 °C por 6 horas; terminado este tiempo se llevaron al desecador, se dejó enfriar y se pesó (Restrepo Buesaquillo., 2021e).

Determinación de cenizas: Se secaron los crisoles de porcelana vacíos en el horno a 100 °C durante 3 horas, enseguida se trasladaron al desecador hasta que se enfríen, a continuación, se pesó cada crisol y se registró el valor. Posteriormente se pesó 1 gramos de muestra seca en cada crisol de porcelana y se llevó a calcinar a 500-550 °C durante 3 horas en la mufla, pasado este tiempo se llevaron al desecador, se dejó enfriar y se pesó (Restrepo Buesaquillo., 2021d).

Determinación de proteínas: En papel libre de nitrógeno (hoja calco) se pesó 0,25 g de muestra más 2 g de catalizador kjeldahl, se llevó a tubos de digestión

y se agregó 10 mL de ácido sulfúrico. A continuación, se inició con un calentamiento suavemente y se procedió a digerir en el equipo (Raypa, MBC-6/M, Barcelona) las muestras hasta que estuvieron completamente claras y translúcidas libres de materia orgánica. Posteriormente se dejó enfriar a temperatura ambiente y se llevó el tubo con la muestra a la unidad de destilación (Raypa, DNP-1500-MP, Barcelona) donde cada tubo se colocó en el equipo de destilación con su respectivo Erlenmeyer. Después de cada destilación de muestra se seleccionó el programa de lavado y se efectuó 1 lavado. Se procedió a realizar la titulación de cada muestra con bureta, la cual contenía HCl 0,1 N (Restrepo Buesaquillo., 2021c).

Determinación de extracto etéreo: Inicialmente se realizó una purga de los cartuchos de extracción con Éter de petróleo durante 15 minutos; finalizado el tiempo se llevó los cartuchos a un desecador para que se volatilice el solvente en su totalidad por un tiempo de 1 hora. Se pesó 1 g de muestra en los cartuchos de extracción y se dejaron en la gradilla con sus respectivos soportes. A continuación, se pesó los cazos metálicos y se llevaron a la gradilla hasta la cámara de extracción para la adición de 80 mL de éter de petróleo, y se trasladó la gradilla al equipo soxhlet. (Raypa, SX-6-MP, Barcelona). Se llevaron cada uno de los cartuchos con muestra y se introdujeron en el imán, se ajustaron los cazos metálicos y se bajó la palanca para que quedaran en posición. En el panel de control se ajustó la temperatura y el tiempo de las fases Boiling, rinsing y recuperación; a continuación, se pone en marcha el programa presionando la tecla (start/stop) durante 1 segundo. Se dejó en extracción por 8 horas. Finalizado el tiempo de extracción y recuperación de solvente, se llevaron los cazos metálicos a un horno a 60 °C durante 1 hora para la eliminación del remanente de éter. Posteriormente se trasladaron los cazos al desecador durante 6 horas. Por último, se pesó los cazos metálicos y se calculó el porcentaje de extracto etéreo de la muestra (Restrepo Buesaquillo., 2021b).

Determinación de fibra: Se transfirió cuantitativamente 1 g de muestra a los crisoles de fibra del equipo Fiber Test (Raypa, F-6, Barcelona), y se insertaron las pinzas del manipulador en los crisoles. Se bajó la palanca de cierre hasta su tope y se ubicó la tapa reflectora delante de los crisoles fijándose en los ganchos delanteros. A continuación, se colocaron las válvulas de 3 vías en la posición de cerrado. Se calentó en un Erlenmeyer 150 mL de H₂SO₄ 0,255 N, una vez en ebullición se vertió por la parte superior del refrigerante, y cuando inició la ebullición, se ajustó el mando de calefacción en un punto 3 para que mantenga una ebullición suave por 30 minutos. A continuación, se filtró y se lavó con agua destilada introduciéndose por la parte superior del refrigerante y succionándola, se repitió la operación por 3 veces utilizando 30 mL de agua cada vez. Seguidamente, por la parte superior del refrigerante se introdujo 150 mL de la solución de hidróxido de sodio precalentado a 90°C; Se llevó a ebullición manteniéndola por otro periodo de 30 minutos. Una vez finalizado, se filtró y lavó 3 veces con agua en ebullición y se procede a retirar los crisoles de

la unidad. Inmediatamente se trasladaron los crisoles a un horno a una temperatura de 110 °C por 2 horas. Pasado este tiempo, se trasladaron los crisoles a la mufla por 20 minutos a 550 °C. Por último, se colocaron los crisoles en el desecador y se dejó enfriamiento temperatura ambiente para pesarlos (Restrepo Buesaquillo, 2021a).

Determinación de carbohidratos: Los carbohidratos presentes en la materia prima se determinaron por diferencia, restando de 100 la suma de los porcentajes de agua, proteína bruta, cenizas, extracto etéreo y fibra bruta.

1.5.1 Análisis microbiológico

Identificación de Mesófilos NTC 4519: El agar se preparó según especificaciones de la ficha técnica del recipiente. Usando una micropipeta, se transfirió 1000 µL de muestra de la primera dilución decimal (10^{-1}) a la siguiente (10^{-2}); se repitió el procedimiento descrito con las diluciones adicionales, usando una punta diferente para cada dilución decimal. Luego se tomó una alícuota de 1000 µL de las diluciones y se depositaron en las cajas de Petri acordadas para repeticiones, enseguida se agregaron 15 mL de agar PCA en cada caja de petri. Cuidadosamente se mezcló el inóculo con el medio y se dejó solidificar. Las cajas de petri solidificadas se vertieron y empacaron en vinipel y se llevaron a incubación a 30 °C ± °C durante 72 h ± 3h (ICONTEC., 2009b).

Identificación de *Staphylococcus aureus* NTC 4779: El agar se preparó según especificaciones de la ficha técnica del recipiente. Usando una micropipeta, se transfirió 1000 µL de muestra de la primera dilución decimal (10^{-1}) a la siguiente (10^{-2}); se repitió el procedimiento descrito con las diluciones adicionales, usando una punta diferente para cada dilución decimal.

Se Vertió el agar Baird Parker en cajas Petri para que se gelifique, una vez culminada la gelificación, se tomó una alícuota de 100 µL de las diluciones y se depositó en las cajas de petri acordadas para repeticiones, con ayuda de perlas de vidrio se agitó vigorosamente en la caja de petri. Se repitió el proceso con cada una de las repeticiones. Las cajas de petri solidificadas se vertieron y empacaron en vinipel y se llevaron a incubación a 35 °C y 24 h. Se realizó el seguimiento durante la incubación del microorganismo (ICONTEC., 2007d).

Identificación de Hongos y levaduras NTC 5698-2: El agar se preparó según especificaciones de la ficha técnica del recipiente. Usando una micropipeta, se transfirió 1000 µL de muestra de la primera dilución decimal (10^{-1}) a la siguiente (10^{-2}); se repitió el procedimiento descrito con las diluciones adicionales,

usando una punta diferente para cada dilución decimal. Se vertió agar PDA en cajas petri para que se gelifique, una vez culminada la gelificación, se tomó una alícuota de 100 μL de las diluciones y se depositó en las cajas de Petri acordadas para repeticiones, con ayuda de perlas de vidrio se agitó vigorosamente en la caja de petri, se repitió el proceso con cada una de las repeticiones. Las cajas de petri solidificadas se vertieron y empacaron en vinipel y se llevaron a incubación a $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm$ de 24 a 72 h. Se realizó seguimiento durante la incubación de los hongos y levaduras (ICONTEC., 2009a).

Identificación de coliformes totales NTC 4458: El agar se preparó según especificaciones de la ficha técnica del recipiente. Usando una micropipeta se transfirió 1000 μL de muestra de la primera dilución decimal (10^{-1}); se repitió el procedimiento descrito con las diluciones adicionales, usando una micropipeta para cada dilución decimal. Posteriormente se agregaron 15 mL de medio específico en cada caja de petri. Cuidadosamente se mezcló el inóculo con el medio y se dejó solidificar. Se vertieron las cajas preparadas y se incubaron a $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm$ $^{\circ}\text{C}$ durante $24\text{ h} \pm 2\text{ h}$ (ICONTEC., 2007c)

Salmonella NTC 4574: Se tomaron 25 g de harina por duplicado, después fueron diluidos en 225 mL de agua peptonada tamponada y mezclados a 150 rpm durante 10 min en shaker (MaxQ 4450 orbital Thermo Fisher Scientific USA), una vez culminado este tiempo se dejaron en incubación a 37°C durante 18 h, al cabo de las cuales se inoculó 100 μL en 10 mL de caldo Rappaport Vassiliadis verde malaquita (medio RVS) a 41.5°C durante 24 h y 1000 μL en 10 mL de caldo Tetratrate Mueller Kauffmann (MKTTn medio) a 37°C durante 24 h, transcurrido este tiempo se sembró mediante un asa la superficie de una caja de petri que contenga agar XLD medio selectivo con el fin de determinar colonias aisladas, seguidamente se realizó el mismo procedimiento para determinar Salmonella Shiguella agar, y se incubaron a 34°C durante 24 h (ICONTEC., 2007b).

Medición de Actividad de agua: Para determinar la a_w de las materias primas se utilizó un medidor de actividad de agua portátil Pawkit marca Decagon. Para realizar la medida, se levantó la tapa del sensor, a continuación, se dispone la materia prima en el porta muestras y el medidor sobre las cápsulas porta muestras, y se realizó la medición.

1.5.2 Actividad antioxidante

Determinación de actividad antioxidante por el método ABTS: En un tubo de ensayo con tapa forrado previamente con papel aluminio se adicionó 4 mL de solución ABTS y para iniciar la reacción 135 μL solución estándar y se agitó

en vórtex durante 5 segundos. Se llevó un blanco de reactivos con 4 mL de buffer acetato 4,5 y 135 μ L de etanol, el punto 0 se preparó adicionando 4 mL de solución de ABTS y 135 μ L de etanol. Por último, se tapó el tubo y se esperó 30 minutos exactos para medir la absorbancia en el espectrofotómetro (Thermo scientific, Genesys 10S UV VIS) a una longitud de onda de 729,7 nm (Restrepo Buesaquillo, 2021f).

Determinación de polifenoles libres, fracción EPP. Se pesó 2 gramos de muestra y se los instaló en un tubo falcon de 50 mL. La primera fracción se le adicionó a la muestra 8 mL de solución con 80% de etanol y 20% de agua y 1% de ácido fórmico (80 mL etanol + 20 mL de agua + 1 mL ácido fórmico). Se agitó las muestras por 25 minutos en shaker (agitador) a 200 RPM a temperatura ambiente. A continuación, se centrifugó las muestras a 3500 rpm por 5 minutos a temperatura ambiente. Posteriormente, se tomó el sobrenadante en un nuevo tubo falcon (50 mL) y seguidamente se adicionó al sobrenadante 40 microlitros de EDTA 2%.

Para realizar la segunda extracción se adicionó en el pellet de la primera extracción 8 mL de acetona al 70% Con 1% de ácido fórmico (70 mL acetona + 30 mL de agua + 1 mL de ácido fórmico). Se agitó el pellet en solución por 25 minutos en el shaker (agitador) a 200 RPM a temperatura ambiente. Posteriormente se centrifugó las muestras a 3500 rpm por 5 minutos a temperatura ambiente y se prosiguió a verter el segundo sobrenadante en el primero y se mezcló. Por último, se aforó la mezcla de sobrenadantes a 20 mL usando agua destilada y se procedió a medir la absorbancia en el espectrofotómetro (Thermo scientific, Genesys 10S UV VIS)(Restrepo Buesaquillo, 2021g).

1.5.3 Análisis reológico

Curvas de empastamiento (Pasting): Las propiedades reológicas de cada dispersión se determinaron mediante un reómetro (TA INSTRUMENTS, AR 1500, New Castel, EE. UU.), equipado con una celda starch pasting. A continuación, se preparó una suspensión de harina en agua con una concentración del 12% (p/p) en 25 g, exponiéndose a calentamiento y enfriamiento. Se realizó el análisis a las siguientes muestras: 100% PCH, 100%SID, 100%SIH, 25%SID:75%PCH, 50%SID:75%PCH, 75%SID:25%PCH, 25%SIH:75%PCH, 50%SIH:75%PCH, 75%SIH:25%PCH. La velocidad de cizalla se mantuvo constante a $16,75 \text{ s}^{-1}$, en todo el rango de calentamiento y enfriamiento ($25^\circ\text{C} - 95^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}$) mientras que la velocidad de calentamiento fue de $10^\circ\text{C}/\text{min}$. El PV es la viscosidad máxima [Pa.s]; TV es Viscosidad mínima [Pa.s]; BD es la viscosidad de ruptura [$^\circ\text{C}$] y SB es la viscosidad de retroceso [Pa.s]. Por último, mediante la función de Savistky-Golay se suavizaron los datos en el programa GraphPad Prism 8.0.1.(Polo et al.,2021; Ortiz Gómez, 2022).

Perfil de flujo: Las propiedades de flujo de cada dispersión se determinaron mediante un reómetro (TA INSTRUMENTS, AR 1500, New Castel, EE. UU.), equipado con una geometría de cilindro concéntrico. La velocidad de cizallamiento se incrementó de 0 a 200 s⁻¹ durante 5 minutos. La viscosidad aparente media se determinó entre 180 y 200 s⁻¹, evitando la zona de transición por efecto de la velocidad de corte. Se obtuvieron curvas de flujo (esfuerzo cortante versus velocidad de corte) y se ajustaron al modelo de ley de potencia.

$$t=K*(Y)^n \quad \text{Eq. (1)}$$

Donde:

t es el esfuerzo cortante (Pa)

Y es la velocidad de corte (s⁻¹)

K es el coeficiente de consistencia (Pa. s⁻¹)

n es el índice de comportamiento del flujo.

El índice de comportamiento de flujo indica un comportamiento de flujo newtoniano (n = 1), de adelgazamiento por cizallamiento (pseudoplástico, n<1) y de espesamiento por cizallamiento (dilatante, n>1). La consistencia y la fluencia se determinaron antes y después de la del calentamiento con el fin de determinar el efecto del procesamiento térmico sobre estos parámetros. Finalmente, los datos fueron suavizados empleando la función de Savitsky-Golay en el programa GraphPad Prism versión 8.1.0 (Polo et al., 2021).

Determinación de propiedades viscoelásticas (barrido de temperatura):

Las propiedades viscoelásticas se determinaron mediante ensayos oscilatorios realizados en un reómetro (TA INSTRUMENTS, AR 1500, New Castel, EE. UU.) Utilizando un sistema de platos planos paralelos, PP 40s de 40 mm de diámetro y 1500 μm de distancia entre platos. Los bordes de los platos se sellaron con aceite extra virgen previamente extraído de la almendra de sachá inchi, con el propósito de controlar la evaporación y evitar variaciones de concentraciones de las suspensiones acuosas empleadas.

Las muestras se sometieron a un ciclo de calentamiento dinámico (25-85°C), estabilización (85°C durante 2 minutos) y enfriamiento (85-25°C) a 10°C/min, siendo la frecuencia de 0,5 Hz y la deformación de 0,5%. Se registraron mediante el software del equipo los perfiles de los módulos viscoelásticos en función de la temperatura (Roa et al., 2017).

1.6 OBTENCIÓN DE LOS SNACKS EXTRUIDOS

1.6.1 Obtención de las mezclas extruidas: Las mezclas están compuestas de diversas cantidades de harina de semillas de sachá inchi obtenida por los diferentes métodos (húmedo, seco y desengrasado mecánico) en porcentajes de 25, 50 y 75% y harina de Papa china en un 75, 50 y 25%.

las harinas fueron humectadas hasta alcanzar una humedad en mezcla del 30%, para esto se hace uso de una balanza de humedad (modelo XM 10 SE), de una batidora industrial (KitchenAid, K45SSWH, USA) que operó a velocidad media durante cinco minutos, en este tiempo se agregó el agua necesaria para humectar cada muestra con ayuda de un atomizador. Una vez humectadas se almacenaron en bolsas plásticas de cierre hermético por 24 horas luego de las cuales se llevaron al extrusor.

Para la obtención de los extruidos, se empleó un extrusor de doble tornillo bajo los siguientes parámetros: perfil de temperaturas de 70, 70, 70, 75, 80 y 50 °C, velocidad de alimentación manual, velocidad de tornillo: 139 rpm y diámetro de boquilla 3 mm. Previamente a la extrusión, el pellet obtenido fue de 0,5 cm. Después del proceso de extrusión, los extruidos pasaron por un proceso de secado a 30 °C por 20 horas en un horno de convección forzada marca Binder. Posteriormente se colocaron en bolsas plásticas de cierre hermético hasta que se llevaron a expansión.

1.6.2 Obtención de snacks expandidos: Una vez extruidas y peletizadas las harinas, estas pasaron al proceso de expansión donde se hidrataron las mezclas hasta alcanzar una humedad del 16%, para esto se hace uso de una balanza de humedad (modelo XM 10 SE), de una batidora industrial marca KitchenAid que operó a velocidad media durante cinco minutos, en este tiempo se agregó el agua necesaria para humectar cada muestra con ayuda de un atomizador, una vez humectadas se almacenaron en bolsas plásticas de cierre hermético por 3 horas, luego de las cuales se llevaron a la máquina Rice Popper sinyoung mechanics SPY4006, que operó bajo los siguientes parámetros presión 110 bares, temperatura 230 °C, grosor 0,0, core 1,0, velocidad 4,7 s por ciclo (6 unidades). Una vez finalizada la expansión se almacenaron los snacks en bolsas de aluminio Doy Pack con zipper.

1.7 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD

1.7.1 Propiedades de textura: Las propiedades mecánicas de los extruidos se analizaron usando un analizador de textura (Shimadzu EZ TEST SM, modelo 500N-168, Japón). Las muestras se comprimieron perpendicularmente a la dirección de la máquina de moldeo al 30% de su diámetro original, utilizando un punzón de compresión de 5 mm a una velocidad de prueba de 2.0 mm / min. El área bajo la curva (S; N.mm) y el número de picos (n) superiores a 1.5 N se obtuvieron de las curvas fuerza-deformación y se utilizaron para calcular la frecuencia espacial de rupturas (Nsr), fuerza de aplastamiento promedio (Fcr) y trabajo de crocantez (Wcr) (Muñoz Pabón et al., 2022).

1.7.2 Evaluación de percepción sensorial: Se evaluó el nivel de aceptabilidad de los snacks mediante un panel sensorial no capacitado, compuesto por 15 adultos de ambos sexos. Se realizó una prueba de aceptación con dos repeticiones, donde se evaluaron los atributos sensoriales de color, aroma, sabor, textura, apariencia y aceptación general de los snacks. Se utilizó una escala hedónica de cinco puntos, donde 1 corresponde a la calificación de “me disgusta extremadamente” y 5 “me gusta extremadamente” (García González, 200). La prueba se realizó en un espacio adecuado, higiénico y con buena iluminación. Además, se recomendó al grupo que conformó el panel sensorial que una hora antes no hubiese consumido ningún tipo de alimento.

El índice de aceptabilidad (IA) se calculó según la Ecuación (3) , donde X es la media de los puntajes obtenidos para la aceptación general (Franco Lucas et al., 2018).

$$IA (\%) = (X/6) \times 100 \quad \text{Eq (2)}$$

1.8 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se empleo un diseño completamente al azar para evaluar las propiedades reológicas de las harinas nativas y formuladas. El diseño se basó en el tipo de harina y sus niveles de inclusión en las harinas formuladas. Los tres niveles de inclusión fueron 25%, 50%, 75%. Las variables de respuestas fueron, la viscosidad en función de la temperatura-velocidad de corte y los módulos viscoelásticos (G' y G'').

Según los resultados, se descartó las formulaciones que tenían SIH para el proceso de extrusión debido al bajo contenido de proteína en comparación a SID. Para los procesos de expansión se empleó el diseño completamente al azar y solo se evaluó dos niveles de inclusión de harinas formuladas,

manteniendo constante la humedad y las condiciones de proceso. Las variables de respuestas fueron propiedades texturales y sensoriales.

1.9 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

Se realizó un análisis de comparación múltiple para los diferentes resultados mediante las pruebas de tukey y sidak según sea el caso. Se asumió para el análisis de comparación un comportamiento paramétrico y no paramétrico con el fin de observar diferencias entre las muestras. El programa empleado fue GraphPad Prism versión 8.1.0.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.10 ANÁLISIS PROXIMAL

1.10.1 Almendra de Sacha inchi: Los resultados del análisis proximal para la semilla de *Plukenetia volubilis* en base seca se presentan en la Tabla 1 donde se destaca su alto contenido de grasa (52,84%) comparado con semillas oleaginosas como la soja (16,61 - 24,71%) y con valores muy similares al de la almendra (*Prunus dulcis*) y el maní (*Arachis hypogaea*) cuyos valores varían alrededor del 50%, (Shokunbi et al., 2012; Malavé et al., 2018; Barreca et al., 2020).

Tabla 1. Composición proximal de la almendra de Sacha inchi

Componente	Presente estudio	Literatura (Rango)	
% Proteína	33,73 ± 0,01	17,53 - 31,41	Superior
% Cenizas	3,05 ± 0,001	2,7 - 3,22	En el rango
% Extracto etéreo	52,84 ± 0,62	36,52 - 54,7	En el rango
% Fibra cruda	3,71 ± 0,18	3,06 - 9,22	En el rango
% Carbohidratos	6,67	6,59 - 34,03	En el rango

Fuente: Propia y Ruiz et al., 2013; Benítez et al., 2018; Bueno Borges et al., 2018; Bardales Arévalo et al., 2019

Los resultados de extracto etéreo de este estudio están dentro del rango de valores consultados en la literatura (Ruiz et al., 2013; Benítez et al., 2018; Bueno Borges et al., 2018; Bardales Arévalo et al., 2019). El contenido de proteínas (33,73%) es superior al rango, pero cercano al valor reportado por Benítez et al., (2018) con un valor de 31,41%. En cuanto a las cenizas, el valor fue de 3,05%, de fibra cruda 3,71% y carbohidratos 6,67%, estando estos tres valores dentro de los rangos consultados en la literatura. Con relación a la humedad, la semilla de sachá inchi presentó un 6,62%, cercano al valor reportado por Bardales Arévalo et al., (2019) con un 6,28%.

1.10.2 Harina de Sacha inchi: Para la obtención de harina de sachá inchi se utilizaron tres métodos: método seco, método húmedo y desengrasado mecánico.

Método húmedo: La harina obtenida mediante el método húmedo presentó un contenido de aceite del 8,87% y de proteína de 31,54% como se presenta en la Tabla 2, presentando una relación proteína/grasa de 3,56 por lo cual al hacer la

reducción de tamaño en el molino se generaba una pasta emulsionada, por ende, se trabajó con el tamaño resultante del proceso de licuado.

Tabla 2. Composición proximal SIH

Componente	Presente estudio
% Proteína	31,54 ± 0,04
% Cenizas	2,56 ± 0,06
% Extracto etéreo	8,87 ± 0,27
% Fibra cruda	19,42 ± 0,32
% Carbohidratos	37,61

Fuente: Propia

Método seco: A este método no fue posible realizar el análisis proximal ya que no se logró por medio de él obtener harina, esto debido a que el aceite liberado en la trituración se mantuvo en suspensión generando una pasta junto a los sólidos presentes en la almendra, con una consistencia parecida a la mantequilla de maní tal como se observa en el ANEXO A Figura 3.

Método desengrasado mecánico: Respecto a la harina sachá inchi obtenida mediante el método de desengrasado mecánico se obtiene que el mayor componente en base seca son las proteínas con un valor de 72,62%, estando por encima del rango de valores reportados en la literatura (Ruiz et al., 2013; Hurtado Ordoñez, 2013; Gonzales Linares et al., 2017; Rodríguez et al., 2018; Alcívar et al., 2020; Díaz Céspedes et al., 2021) los cuales varían entre 41,49 y 65,6% tal como se presenta en la Tabla 3. Las cenizas por su parte tienen un valor de 6,79% cercano al reportado por Rodríguez et al., (2018) (6,18%), en cuanto al extracto etéreo, este reportó un valor de 9,84%, siendo superior a los valores reportados en la literatura y cuya diferencia se debe al proceso de desengrasado utilizados en los diferentes estudios.

Tabla 3. Composición proximal SID

Componente	Presente estudio	Literatura (Rango)	
		Rango	Comparación
% Proteína	72,62 ± 0,10	65,6 - 41,49	Superior
% Cenizas	6,79 ± 0,0004	4,8 - 6,18	Superior
% Extracto etéreo	9,84 ± 0,24	5,07 - 9,1	Superior
% Fibra cruda	7,71 ± 0,01	4,5 - 17,5	En el rango
% Carbohidratos	3,04	11,25 - 36,94	Inferior

Fuente: Propia y Ruiz et al., 2013; Hurtado Ordoñez.,2013; Gonzales Linares et al., 2017; Rodríguez et al., 2018; Alcívar et al., 2020; Díaz Céspedes et al., 2021.

La fibra cruda tiene un valor de 7,71%, está dentro del rango reportado en la literatura (4,5 y 17,5%) y el contenido de carbohidratos es de 3,04%, un valor muy inferior comparado con el de otros estudios, siendo el más cercano al reportado por Gonzales Linares et al., (2017) con un valor de 11,25%. Esta diferencia se debe a el método de extracción de aceite, el cual presenta sólidos en suspensión, esto debido a que durante el proceso de extrusión ciertas partículas de material sólido son retenidas. ANEXO A Figura 22.

Comparando los dos métodos de obtención de harina de Sacha inchi (SID y SIH) fue posible determinar que el método que presentó mayor contenido de proteína fue el SID con un 72,62% en comparación a un valor de 31,55% del SIH. En cuanto extracto etéreo los valores fueron cercanos, 9.84% para el primero y 8,87% para el SIH. En cuanto a la fibra, el SIH presentó valores más altos (19,42%) en comparación con el SID (7,71%).

1.10.3 Harina de Papa china: Tal como se muestra en la Tabla 4 el mayor componente de la papa china son los carbohidratos con un valor del 85,42% estando dentro del rango de la literatura consultada (Palomino et al., 2010; Alflen et al., 2016; Madrigal Ambriz et al., 2018; Quezada Correa et al., 2019; Calle et al., 2021), al igual que los valores de proteína (6,05%), cenizas (5,18%) y extracto etéreo (0,70 %). La fibra cruda es el único dato por debajo del rango consultado con un valor de 2,65%, siendo el valor más cercano el reportado por Calle et al., (2021) con el valor de 4,38%.

Tabla 4. Composición proximal PCH

Componente	Presente estudio	Literatura (Rango)	
% Proteína	6,05 ± 0,13	4,57 - 11,08	En el rango
% Cenizas	5,18 ± 0,01	2,22 - 5,65	En el rango
% Extracto etéreo	0,70 ± 0,05	0,41 - 1,25	En el rango
% Fibra cruda	2,65 ± 0,16	4,38 - 12,08	Inferior
% Carbohidratos	85,42	77,27 - 86,37	En el rango

Fuente: Propia y Palomino et al., 2010; Alflen et al., 2016; Madrigal Ambriz et al., 2018; Quezada Correa et al., 2019; Calle et al., 2021

1.10.4 Capacidad antioxidante: Los polifenoles obtenidos en la harina de papa china como se muestra en la Tabla 5 son similares a los reportados por Eleazu et al., (2014) con valores de 7,50 ± 1,73 mg EAG/ g, y presentan un mayor valor en comparación con diferentes tipos de harinas como la de trigo, cuyos valores están entre 0,35 y 0,53 mg EAG/g, harina de papa (0,16 mg EAG/g, la harina de quinua (3,75 EAG/ g) y la harina de plátano verde (5.93 ± 0.43 mg EAG/ g) (Sánchez Rivera et al., 2020; Diaz Céspedes et al., 2021).

La harina de sachá inchi desengrasada obtuvo un valor de $3,37 \pm 0,16$ mg EAG/ g harina, siendo superior al valor reportado por Jáuregui, et al., (2013) con un valor de 0,067 mg EAG/ g. En cuanto a la actividad antioxidante medida por el método ABTS, se dio como resultado que de las tres harinas analizadas la que obtuvo mayor actividad antioxidante es la harina de PCH, con $2,71 \pm 0,02$ $\mu\text{mol ET/ g}$, en comparación con SID ($0,49 \pm 0,02$ $\mu\text{mol ET/ g}$) y SIH ($0,71 \pm 0,04$ $\mu\text{mol ET/ g}$). los valores de ABTS para la harina PCH realizadas en este estudio ($2,71$ $\mu\text{mol ET/ g}$) están por debajo de los reportados por Aybar León, (2021) para harina de *colocasia esculenta* ($34,55$ $\mu\text{mol ET/ g}$). Esta diferencia se debe a los métodos utilizados para la obtención de la harina, ya que, en Aybar León, (2021) se realiza un proceso de extrusión a la harina de papa china, mientras que en este estudio la harina fue obtenida solo por proceso de secado. Por ello, este proceso de extrusión puede liberar compuestos antioxidantes aumentando el valor de la actividad antioxidante.

En comparación con otras harinas, la PCH sigue estando por debajo, tal es el caso de la harina de plátano, donde según Díaz Osorio (2019) presenta una actividad antioxidante de $13,96 \pm 0,04$ $\mu\text{mol ET/ g}$.

En cuanto a las harinas de sachá inchi, su baja capacidad antioxidante medida en $\mu\text{mol ET/ g}$; se puede atribuir según Franco Quino et al., (2016) a la ausencia de metabolitos secundarios (fenólicos y flavonoides) responsables de la capacidad antioxidante los cuales se encuentran principalmente en las hojas de la planta.

Tabla 5. Capacidad antioxidante

Materia prima	Polifenoles libres "fracción EPP" (mg EAG / g muestra)	ABTS ($\mu\text{mol ET / g muestra}$)
PCH	$7,47 \pm 0,27$	$2,71 \pm 0,02$
SIH	$2,68 \pm 0,26$	$0,49 \pm 0,02$
SID	$3,37 \pm 0,16$	$0,71 \pm 0,04$

*Las siglas (PCH) hace referencia a harina de papa china; (SIH) harina de sachá inchi por método húmedo y (SID) harina de sachá inchi por método desengrasado.

Fuente: Propia

1.11 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

A continuación, en la Tabla 6 se detalla los resultados del análisis microbiológico realizado en los tres tipos de materia prima que son: harina de papa china, harina de sachá inchi obtenida por método desengrasado y harina de sachá inchi obtenida por método húmedo.

Tabla 6. Análisis microbiológico

ANÁLISIS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS (log UFC/g)		
		PCH	SID	SIH
Recuento total de Aerobios mesófilos U	200,000(m) - 300,000(M)	4,21 ± 0,09	4,32 ± 0,09	3,94 ± 0,05
Recuento de <i>Staphylococos</i>	<100	2,38 ± 0,09	1,52 ± 0,10	2,44 ± 0,08
Recuento de Mohos	3,000(m) - 5,000(M)	1,51 ± 0,10	1,60 ± 0,08	2,02 ± 0,06
Recuento de Levaduras	3,000(m) - 5,000(M)	1,51 ± 0,10	1,60 ± 0,08	2,02 ± 0,06
Recuento de <i>Escherichia Coli</i>	<10	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA
Recuento de <i>Salmonella</i> en 25g	AUSENCIA	PRESENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA

*Las siglas (PCH) hace referencia a harina de papa china; (SIH) harina de sachá inchi por método húmedo y (SID) harina de sachá inchi por método desengrasado.

Fuente: Propia

Para el análisis microbiológico se tuvo en cuenta la norma NTC 6069 para harinas de quinua y NTC 267 para harina de trigo; teniendo en cuenta que las materias primas utilizadas no tienen una norma técnica propia para su respectivo análisis (ICONTEC., 2014; ICONTEC., 2007a).

Al comparar cada materia prima con las especificaciones de la norma, resulta que las tres harinas anteriormente mencionadas, cumplen con los requisitos microbiológicos establecidos para el recuento de cada microorganismo, los valores obtenidos están por debajo del límite máximo permitido, a excepción de la harina de papa china la cual dió positivo para *Salmonella*. Cabe destacar que se repitió esta prueba tomando las medidas necesarias con el fin de descartar posible contaminación y falsos positivos en los resultados.

En alimentos como la harina de sachá inchi y papa china donde la a_w es inferior a 0.85 como se muestra en la Tabla 7 la *Salmonella* y otras bacterias patógenas pueden sobrevivir en un estado viable pero no cultivable durante largos períodos de tiempo debido al aumento de la resistencia a procesos térmicos (Subedi et al., 2020). Aunque el crecimiento de los microorganismos no se mantiene con una actividad de agua baja, las bacterias y los hongos transmitidos por los alimentos pueden contaminar fácilmente la harina y sobrevivir durante largos periodos de tiempo con una baja tasa de reproducción (Muñoz Pabón et al., 2022a).

La actividad de agua tiene un impacto directo en el crecimiento de microorganismos, sin embargo, como se muestra en la Tabla 7 se obtuvieron valores intermedios que pueden superar los 0,70 si no se cumple con buenas condiciones de almacenamiento, esto causando inestabilidad microbiana posibilitando el crecimiento de micotoxinas, ya que, según Tapia, (2020) la a_w

mínima para el crecimiento es siempre igual o menor que la a_w mínima para la producción de toxina.

Tabla 7. Actividad de agua

Materia prima	a_w
PCH	0,61
SID	0,64
SIH	0,54

*Las siglas (PCH) hace referencia a harina de papa china; (SIH) harina de sacha inchi por método húmedo y (SID) harina de sacha inchi por método desengrasado.

Fuente: Propia

1.12 ANÁLISIS REOLÓGICO

1.12.1 Curvas de empastamiento (Pasting): El perfil de viscosidad se realizó para determinar la evolución de la viscosidad durante la fase de calentamiento y enfriamiento en las materias primas y cada una de las mezclas (ver Gráfica 1). Además, en la Gráfica 2 se muestra el comportamiento de las harinas y sus mezclas en cuanto a curvas de empastamiento.

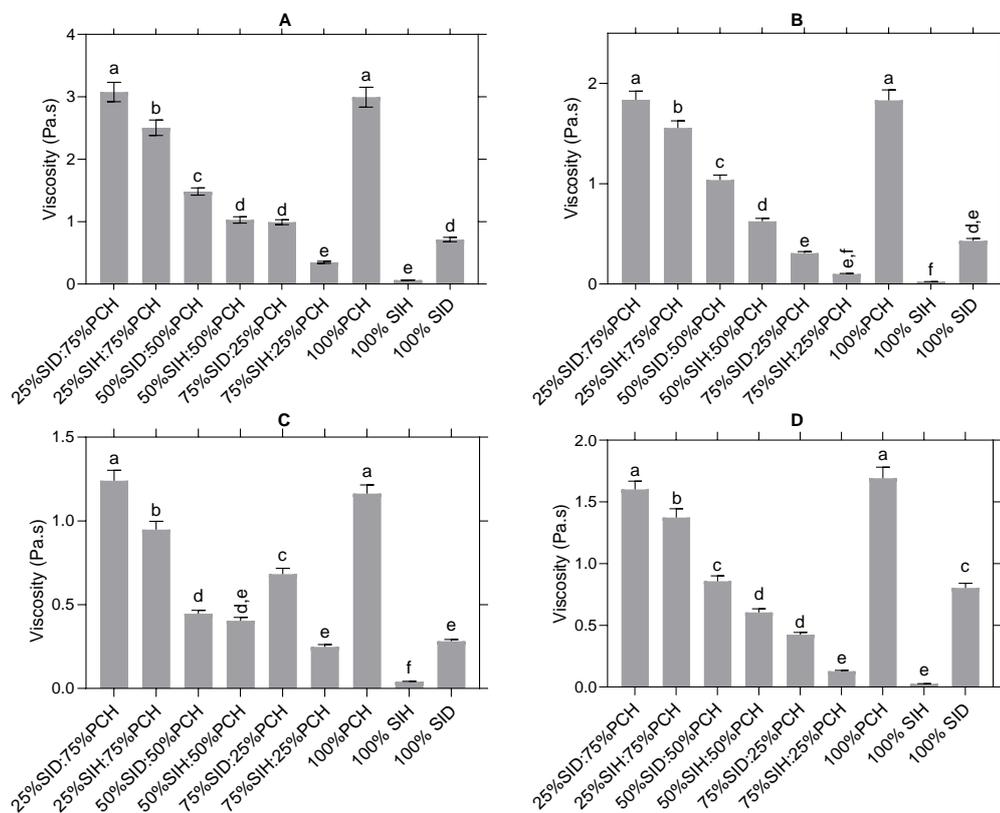
La Gráfica 1.A muestra las diferencias significativas que existen entre las mezclas en el pico de viscosidad, donde se observa la existencia de cinco grupos diferentes identificados con letras desde la “a” hasta la “e”. En el grupo “a” se encuentran las muestras que presentaron mayor viscosidad (25%SID:75%PCH y 100%PCH), y en el grupo “e” las muestras que presentaron menor valor de viscosidad (75%SIH:25%PCH y 100%SIH).

Se evidencia que las muestras con mayor contenido de PCH presentan los picos de viscosidad más altos, esto debido principalmente al contenido de almidón que presentan las muestras, dado que la papa china según el presente estudio contiene 85,42% de carbohidratos de los cuales según Rodríguez miranda et al., (2011) el 65,46% es almidón. Los gránulos de almidón no son solubles en agua fría, esta insolubilidad se debe a los fuertes enlaces de hidrógeno que sostienen las cadenas de almidón. Sin embargo, cuando el almidón se calienta en exceso de agua y por encima de la temperatura de empastado, sufre una transición de fase orden-desorden llamada gelatinización. Esta transición está asociada con la difusión de agua en el gránulo, la captación de agua por la región amorfa, la hidratación y el hinchamiento radial de los gránulos de almidón que da lugar a un aumento de viscosidad (Rodríguez, 2019). Cabe destacar, en cuanto al Sacha inchi por método desengrasado (SID) y Sacha inchi por método húmedo (SIH) que este

primero aporta una mayor viscosidad. Según Gómez et al., (2022) este aumento de la viscosidad puede estar asociado a la interacción del agua con las proteínas y el almidón, aportando un valor de proteína de $72,62\% \pm 0,10$ el SID y un $31,54\% \pm 0,049$ para el SIH.

Se puede atribuir que la menor viscosidad de la harina de sachu inchi obtenida por el método húmedo se debe al gran tamaño de partícula de la harina, ya que debido a su contenido de aceite como se muestra en Tabla 2 no fue posible realizar una reducción de tamaño y se trabajó con los gránulos resultantes del proceso de licuado y posterior secado; por ello, se asume que los lípidos presentes en los gránulos forman una especie de capa protectora al aglomerado de carbohidratos y proteína evitando la absorción de agua y posterior hinchamiento del almidón.

Gráfica 1. Diferencias significativas curvas de empastamiento



*Los datos representan las diferencias significativas de los valores de: (A) viscosidad máxima [Pa.s]; (B) Viscosidad mínima [Pa.s]; (C) viscosidad de ruptura [°C] y (D) viscosidad de retroceso [Pa.s].

En la Gráfica 1.B se muestran las diferencias significativas en el comportamiento de las muestras antes del comienzo de la retrogradación

(Trough o Viscosidad de caída), que se produce al final del tramo de temperatura constante, antes de que comience el enfriamiento. En este análisis se observa la existencia de seis grupos diferentes, identificados con letras desde la “a” hasta la “f”, donde en el grupo “a” se encuentran las muestras con el valor de trough más alto (25%SID: 75%PCH y 100%PCH), y en el grupo “f” las muestras que presentaron el menor valor de trough (75%SIH:25%PCH y 100%SIH). Con ello, se evidencia que las muestras que presentaron una caída de viscosidad mayor son las muestras con mayor contenido de PCH, esto debido a que la estructura cristalina (amilopectina) que conforma los gránulos se alterada, provocando un aumento en el tamaño de los gránulos y la solubilización parcial del almidón fundamentalmente amilosa; durante el mantenimiento de la temperatura, los gránulos residuales explotan y su contenido se difunde fuera del gránulo pasando a formar parte de la disolución, provocando la disminución de la viscosidad (Rodríguez, 2019).

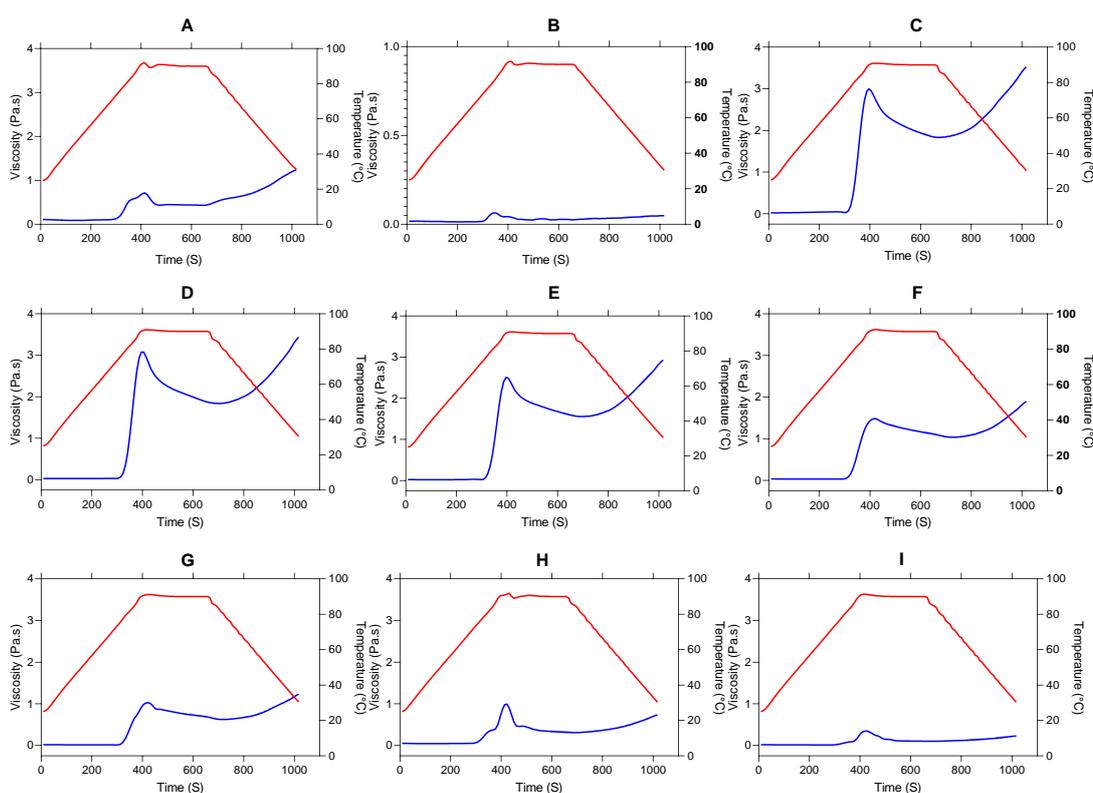
En la Gráfica 1.C se muestran las diferencias significativas en el comportamiento de las muestras en la etapa de breakdown. Según Macías., (2013), el Breackdown o Estabilidad es la diferencia entre el pico de viscosidad y el trough que se produce en el tramo de temperatura constante, entre mayor sea la diferencia menor será la estabilidad de la muestra frente al tratamiento térmico. En este análisis se observa la existencia de seis grupos diferentes, identificados con letras desde la “a” hasta la “f”. En el grupo “a” se encuentran las muestras con el mayor valor de breakdown (25%SID:75%PCH y 100%PCH) y en el grupo “f” la muestra que presenta el menor valor (100%SIH). En este análisis, se evidenció que las muestras con escaso contenido de almidón presentan una mayor estabilidad, mientras que las muestras con mayor contenido de almidón son aquellas que tiene menor capacidad para soportar la viscosidad durante un calentamiento prolongado; esto debido al comportamiento del almidón, en el que la amilosa de bajo peso molecular se separa del gránulo de almidón, los cuales a temperatura constante comienzan a colapsar hasta que la parte amorfa se solubiliza por completo, disminuyendo así la viscosidad (Kaur et al., 2016).

En el caso de la muestra 75%SID:25%PCH, su capacidad de retener la viscosidad disminuye debido al comportamiento del almidón y en parte al rompimiento de las redes tipo gel formadas entre la proteína desnaturizada y el agua durante el calentamiento.

La Gráfica 1.D muestra las diferencias significativas que existen entre las mezclas en el parámetro setback, donde se observa la existencia de cinco grupos diferentes, identificados con letras desde la “a” hasta la “e”. En el grupo “a” se encuentran las muestras que presentaron mayor setback

(25%SID:75%PCH y 100%PCH), y en el grupo “e” las muestras que presentaron menor valor (75%SIH:25%PCH y 100%SIH). La variable reorganización o setback, que define la reabsorción de los polímeros de almidones solubles y los fragmentos granulares insolubles durante la fase de enfriamiento, se asocia a la retrogradación. El incremento gradual de la viscosidad durante el periodo de enfriamiento se debe al restablecimiento de los puentes de hidrógeno entre las moléculas de amilosa y amilopectina dando lugar a la consistencia tipo gel, esto debido a la pérdida de calor en el sistema y al proceso de retrogradación que se genera (Lucas y Quintero, 2014).

Gráfica 2. Curvas de empastamiento



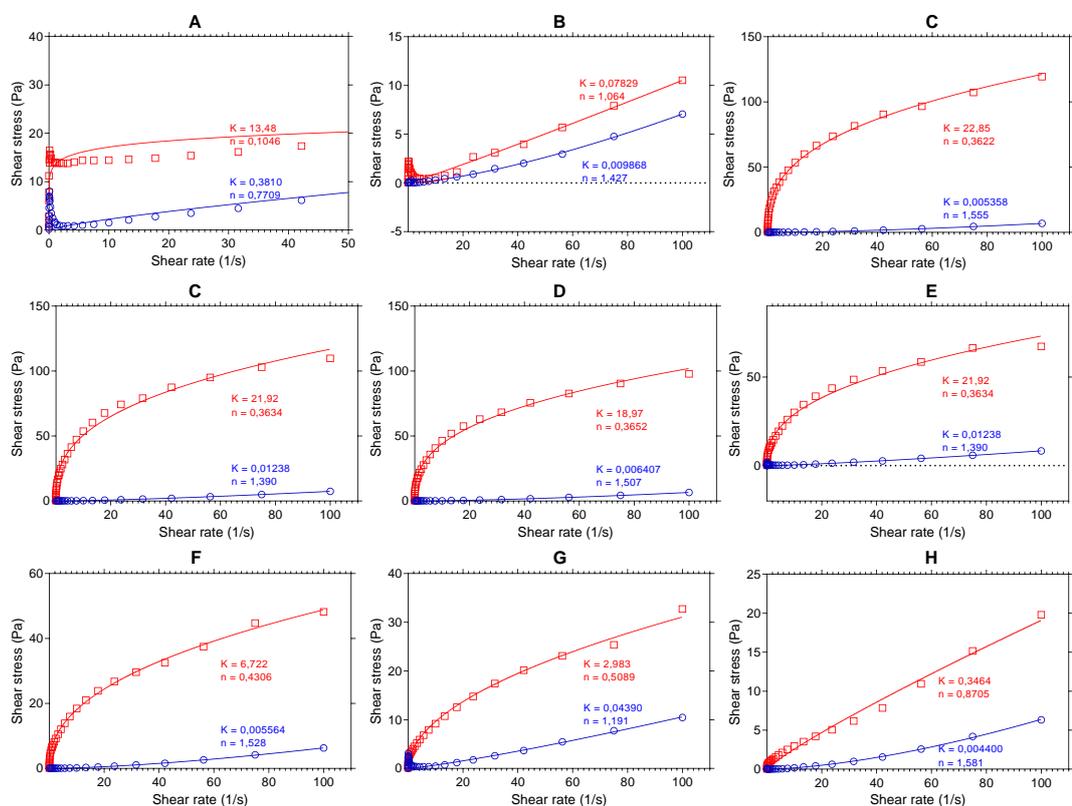
*Las gráficas presentan el comportamiento de las curvas de emplastamiento de: (A) SID; (B) SIH; (C) PCH;(D) 25%SID:75%PCH; (E) 25%SIH:75%PCH; (F) 50%SID:50%PCH; (G) 50%SIH:50%PCH; (H) 75%SID:25%PCH; (I) 75%SIH:25%PCH.

1.12.2 Perfil de flujo

En la Gráfica 3 se muestran los resultados del análisis de flujo, donde se presenta el comportamiento de la viscosidad antes del calentamiento (línea azul) y después del calentamiento (línea roja) como se puede observar esto

bajo condiciones de estrés (esfuerzo de corte, Pa) y velocidad de cizalla (s^{-1}) (Polo et al., 2021). Además, muestra los coeficientes obtenidos por regresión del modelo de la potencia donde “n” es el índice de flujo y “K” el índice de consistencia. En la Gráfica 4. se muestra las diferencias significativas para n y k tanto antes y después del calentamiento. Como se muestra en la Gráfica 4.A para el índice de fluidez antes del calentamiento se evidencia la existencia de 3 grupos diferentes identificados con letras desde la “a” hasta la “c” y para el índice de fluidez después del calentamiento (Gráfica 4.B) se evidencian 5 grupos diferentes nombrados desde “a” hasta “e”, además para el índice de consistencia antes del calentamiento (Gráfica 4.C) se reporta 3 grupos diferentes desde “a” hasta la “c” y después de calentamiento (Gráfica 4.D) 6 grupos nombrados de “a” hasta la “f”. Respecto al índice de fluidez se puede evidenciar que el comportamiento de las muestras con mayor contenido de almidón (PCH) fueron aquellas que presentaron mayor cambio en “n”, disminuyendo su índice de fluidez debido a la ganancia de viscosidad atribuida al comportamiento del almidón.

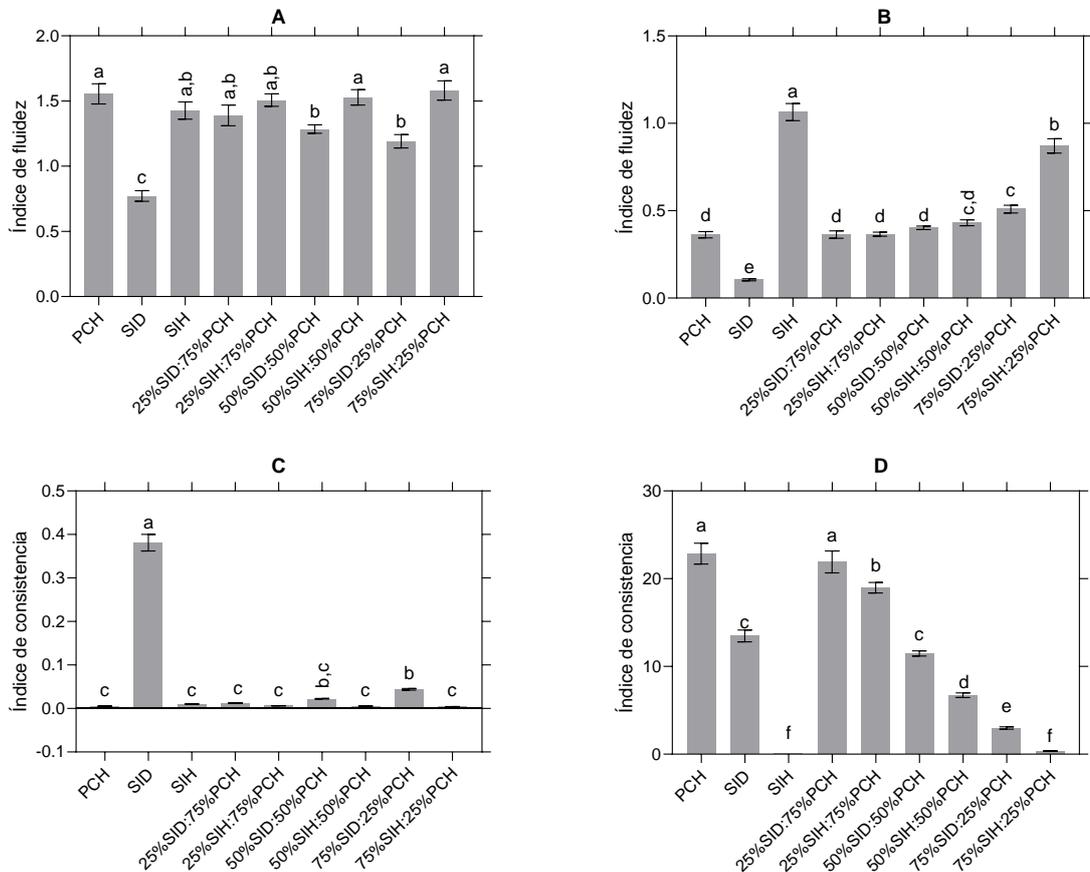
Gráfica 3. Perfil de flujo



*Las gráficas presentan el comportamiento del perfil de flujo de: (A) SID; (B) SIH; (C) PCH; (D) 25%SID:75%PCH; (E) 25%SIH:75%PCH; (F) 50%SID:50%PCH; (G) 50%SIH:50%PCH; (H) 75%SID:25%PCH; (I) 75%SIH:25%PCH.

De acuerdo con índice de consistencia fue posible observar que “K” aumenta considerablemente en todas las muestras excepto el SIH, las muestras aumentan su consistencia debido a la ganancia de viscosidad, siendo estos dos parámetros “n” y “K” inversamente proporcionales. Para el caso del SIH es posible notar que no hubo variación de su consistencia debido a su comportamiento relacionado con el tamaño de partícula de la harina anteriormente explicado en el ensayo de perfil de viscosidad.

Gráfica 4. Diferencias significativas de n y K



*Los datos representan las diferencias significativas de los valores de: (A) índice de fluidez antes del calentamiento; (B) índice de fluidez después del calentamiento (C) índice de consistencia antes del calentamiento y (D) índice de consistencia después del calentamiento.

En las gráficas de índice de flujo se puede analizar que todas las gráficas exceptuando al SID presentan un valor de $n > 1$ antes del calentamiento, lo que indica que poseen un comportamiento de fluido dilatante. En las suspensiones de agua y de almidón de los alimentos, el comportamiento dilatante o de espesamiento por cizallamiento se ha relacionado con la rigidez inicial de los gránulos de almidón para resistir el cizallamiento y con una alta concentración de sólidos que da como resultado el hinchamiento de partículas (García Parra

et al., 2022). Para el caso del SID presentó un n de 0,7709 demostrando un comportamiento de un fluido pseudoplástico.

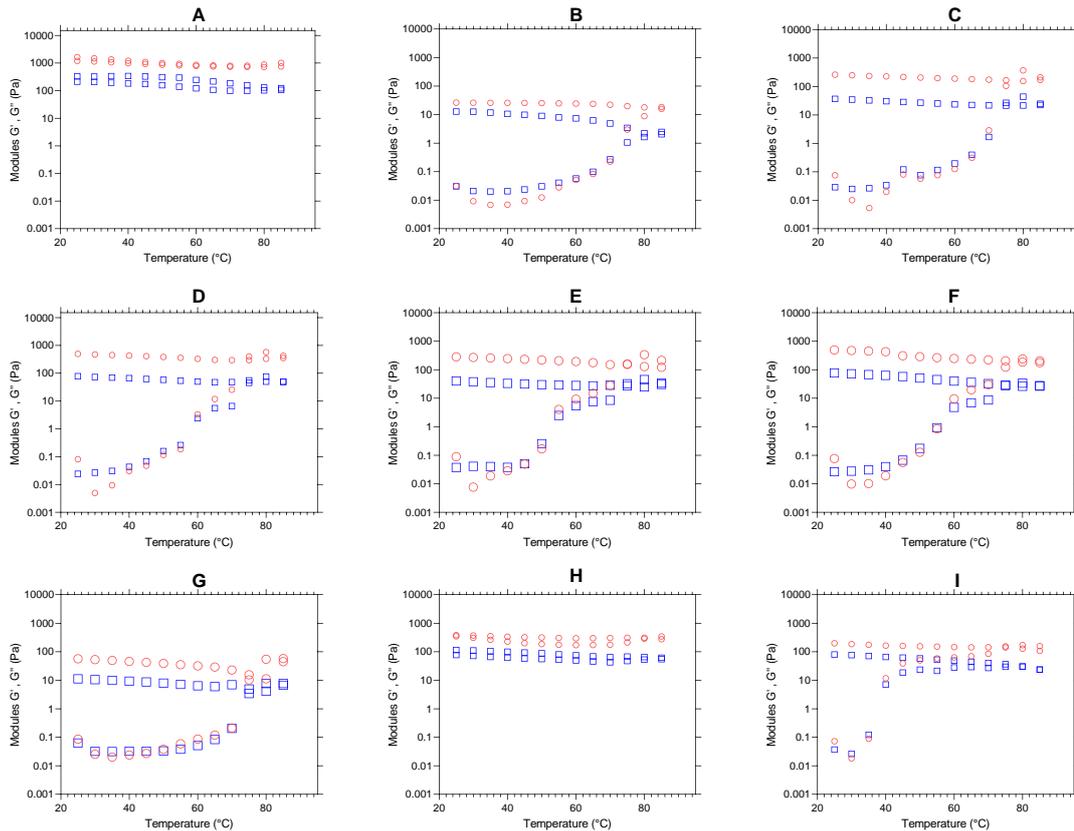
Para el comportamiento de las mezclas después del calentamiento se evidenció que todas a excepción del SIH presentaron un $n < 1$ demostrando un comportamiento de un fluido pseudoplástico, es decir, que los cambios en la temperatura afectan el comportamiento de este tipo de mezclas. Este comportamiento se debe a que en el proceso de gelatinización los gránulos de almidón se rompen, liberando amilosa al medio acuoso y luego en el enfriamiento estas cadenas de amilosa se alinean formando redes que hace que se forman geles o suspensiones viscosas (Polo et al., 2021). Por otra parte, los valores de n para el SIH se redujeron a valores de 1,064 teniendo un comportamiento de tipo newtoniano. El flujo de tipo newtoniano indica que la viscosidad es independiente de la velocidad de cizallamiento, por lo que, según García Parra et al., (2022) reportan que este tipo de harinas podrían ser adecuadas para la formulación de cierto tipo de productos como bebidas, donde se requiere mejorar el contenido nutricional sin afectar su viscosidad durante el cizallamiento.

1.12.3 Propiedades viscoelásticas (barrido de temperatura)

En la Gráfica 5 se han presentado los módulos G' (color rojo) y G'' (color azul) en función de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$). En cada una de ellas se puede ver el comportamiento de los módulos elástico y viscoso para cada muestra, donde se evidencia un incremento de los módulos conforme se realizan los barridos de temperatura. Para las gráficas en general, exceptuando la gráfica "a" y "h" el comportamiento de las mezclas durante el calentamiento es similar, ya que los dos módulos incrementan su valor simultáneamente disminuyendo la diferencia entre ellos y consiguiendo un entrecruzamiento, donde el material deja de tener un carácter viscoso, es decir deja de ser líquido y pasa a tener propiedades elásticas características de un sólido. Este comportamiento es característico de los materiales que sufren transformaciones de fase líquido-sólido. Cuando las moléculas ganan peso molecular, en este caso, cuando los gránulos de almidón se entrelazan el módulo de pérdida G'' disminuye y el módulo de almacenamiento G' incrementa llegando a un punto de equilibrio que representa el cambio de naturaleza del material, es decir su solidificación (Quintero y Ramírez, 2013).

En los gránulos hinchados hay una progresiva exudación de la amilosa hacia afuera, donde eventualmente se forman conexiones tipo gel. El efecto de la amilosa de aumentar la firmeza de los geles durante el enfriamiento ha sido reportado por algunos investigadores como una de las causas iniciales de la firmeza del gel, por ello, durante la etapa de enfriamiento los módulos se mantienen constantes predominando así el módulo elástico (Glorio Paulet et al., 2009).

Gráfica 5. Barrido de temperatura, módulos G' y G''



*Las gráficas presentan los módulos de pérdida G'' y almacenamiento G' para: (A) SID; (B) SIH; (C) PCH; (D) 25%SID:75%PCH; (E) 25%SIH:75%PCH; (F) 50%SID:50%PCH; (G) 50%SIH:50%PCH; (H) 75%SID:25%PCH; (I) 75%SIH:25%PCH.

Por otra parte, el comportamiento de las mezclas de harina en la Gráfica 5.A y Gráfica 5.H pertenecientes a 100%SID y 75%SID:25%PCH respectivamente, se puede evidenciar como los módulos G' y G'' se mantienen constantes tanto en el aumento de temperatura como en su posterior enfriamiento, presentando así una mayor estabilidad a las variaciones de temperatura; este comportamiento se debe al bajo contenido de almidón que presenta estas muestras, ya que el almidón es indispensable para el comportamiento viscoelástico de las harinas, debido a la interacción que hace con el agua generando absorción e hinchamiento del gránulo y por ende mayor viscoelasticidad. Por ello, a partir de los datos obtenidos en la Tabla 8 es posible observar que tanto la mezcla SID y 75%SID:25%PCH no presentaron punto gel, sin embargo, las otras mezclas restantes si presentaron un comportamiento tipo gel, destacando que las mezclas 50%SID:50%PCH y 25%SID:50%PCH presentaron el gel más elástico a una temperatura de gel de 60°C en los dos casos, mostrando similares características viscoelásticas. Según esto, se evidenció que hay un nivel óptimo de inclusión de proteína donde aumenta la consistencia, valores que radican entre 25% y 50% de inclusión SID. Valores por encima de este rango, no presentan punto gel,

mientras que valores por debajo de este nivel de inclusión tendrá un comportamiento más almidonoso.

Tabla 8. Comportamiento punto gel

Mezcla	Fase de Calentamiento			Fase de enfriamiento		
	G'	G''	T Punto Gel (°C)	G' (25°C)	G''(25°C)	Δ
SID	NP	NP	NP	NP	NP	NP
SIH	2,984	1,052	75	26,4	12,82	13,58
PCH	2,878	1,675	70	261,1	36,51	224,59
25%SID:75%PCH	3,314	2,413	60	495,5	77,94	417,56
25%SIH:75%PCH	4,052	2,49	55	282	40,29	241,71
50%SID:50%PCH	9,539	4,799	60	495,5	76,87	418,63
50%SIH:50%PCH	0,03771	0,03355	50	56,34	11,21	45,13
75%SID:25%PCH	NP	NP	NP	NP	NP	NP
75%SIH:25%PCH	11,76	7,111	40	197,1	80,32	116,78

*Las siglas (PCH) hace referencia a harina de papa china; (SIH) harina de sacha inchi por método húmedo y (SID) harina de sacha inchi por método desengrasado.

Fuente. Propia

1.13 OBTENCIÓN DE LOS SNACKS

A partir de las tres mezclas estudiadas, se procedió a realizar el snack 1 con mezclas de 25%SID:75%PCH y el snack 2 a partir de la mezcla 50%SID:50% PCH. Cabe destacar, que no se tuvo en cuenta la mezcla 75%SID:25% PCH, ya que por su bajo contenido de almidón se dificultó la obtención del producto final, principalmente en la fase de expansión de los snacks.

En el ANEXO A. Figura 17. se puede evidenciar que a partir de la mezcla con mayor contenido de almidón (25%SID:75%PCH) se obtuvieron snacks mejor formados, más homogéneos y con mayor resistencia a fracturas/rompimiento en la máquina. Sin embargo, conforme se disminuyó la cantidad de almidón (PCH) en la mezcla los snacks obtenidos fueron más débiles y con mayor susceptibilidad al rompimiento, además de ser menos homogéneos, como se muestra en el ANEXO A Figura 18.

1.13.1 Análisis proximal de los snacks

Una vez realizado el snack se procedió a efectuar un balance para determinar la composición nutricional de los snacks desarrollados a partir de las mezclas 25%SID:75%PCH y 50%SID:50%PCH, tal como se presentan en la Tabla 9.

Los resultados de proteína y carbohidratos de la mezcla 25%SID:75%PCH tuvieron valores de 22,69% y 64,83% respectivamente, estos fueron cercanos a los reportados según Jiapong y Ruttarattanamongkol, (2021) para snacks expandidos con alto contenido de proteína fortificados con harina de semilla de sachá inchi, cuyo contenido de proteína y carbohidratos fue 24,94% y 62,27%. Además, al comparar con productos comerciales tipo snacks altos en proteína con inclusión de sachá inchi como lo son los Puffs de frijol elaborados por Kibofoods del grupo Nutresa (proteína 13%) (Kibo Foods., 2022). Se evidenció que los snacks obtenidos en este trabajo presentan valores superiores de proteína (22,69%).

Tabla 9. Composición proximal de las mezclas

Componente	25%SID 75%PCH	50%SID 50%PCH
% Proteína	22,69	39,34
%Cenizas	5,58	5,99
%Extracto Etéreo	2,99	5,27
%Fibra Cruda	3,92	5,18
%Carbohidratos	64,83	44,23

*Las siglas (PCH) hace referencia a harina de papa china; (SIH) harina de sachá inchi por método húmedo y (SID) harina de sachá inchi por método desengrasado.

Fuente: Propia

Según la resolución 810 del 2021, en el artículo 19 se establece los términos descriptores permitidos para las declaraciones de propiedades relacionadas con el contenido de nutrientes: (excelente fuente, buena fuente, libre de, bajo, muy bajo, magro, extra magro y fortificado) donde al comparar con los datos obtenidos en cada mezcla con la tabla de condiciones para el descriptor “excelente fuente” fue posible nombrar el snack como un alimento con excelente fuente de proteína (20% de Valor de referencia de nutrientes (VRN) por porción de alimento) y snack con buena fuente de fibra (3 g por 100g).

Por su parte, las propiedades de la fibra incluyen su capacidad de fermentabilidad (que conduce a una producción de ácidos grasos de cadena corta como el butirato, principal sustrato energético de las células de la mucosa intestinal y que contribuye a reducir el tránsito intestinal, así como a suprimir la inflamación del colon), viscosidad, capacidad de retención de agua y la estimulación de la proliferación de bacterias beneficiosas. También ayuda a disminuir la absorción de grasa en el intestino o puede inhibir la formación de grasa por parte del hígado, lo que ayuda a mantener el colesterol en niveles saludables (Hernández García., 2020). También las proteínas juegan un papel importante en la dieta, ya que contribuyen a la formación de células, tejidos, órganos internos, piel, huesos, músculos y sangre; son las responsables del crecimiento y mantenimiento del cuerpo, así mismo de la producción de

hormonas, enzimas y anticuerpos (Instituto Colombiano de bienestar familiar., 2015) .

1.13.2 Análisis microbiológico de los snacks

Después de la obtención del snack se procedió a realizar pruebas para determinar ausencia o presencia de *Salmonella*, ya que como se había mencionado anteriormente en la Tabla 6 hubo presencia de *Salmonella* en la harina de papa china; sin embargo, después del análisis realizado a los snacks, estos no mostraron presencia de estas bacterias como se evidencia en el ANEXO A Figura 19, se asume que la ausencia de la salmonella en el producto final se debe a los tratamientos de extrusión y expansión utilizados para la obtención de snacks, ya que en la extrusión se utilizó temperaturas de 80° C y en la expansión 230°C/4 segundos. Concretamente esta alta temperatura destruye este microorganismo, porque según Alfaro Mora, (2018) esta bacteria se elimina totalmente con temperaturas superiores a 70°C.

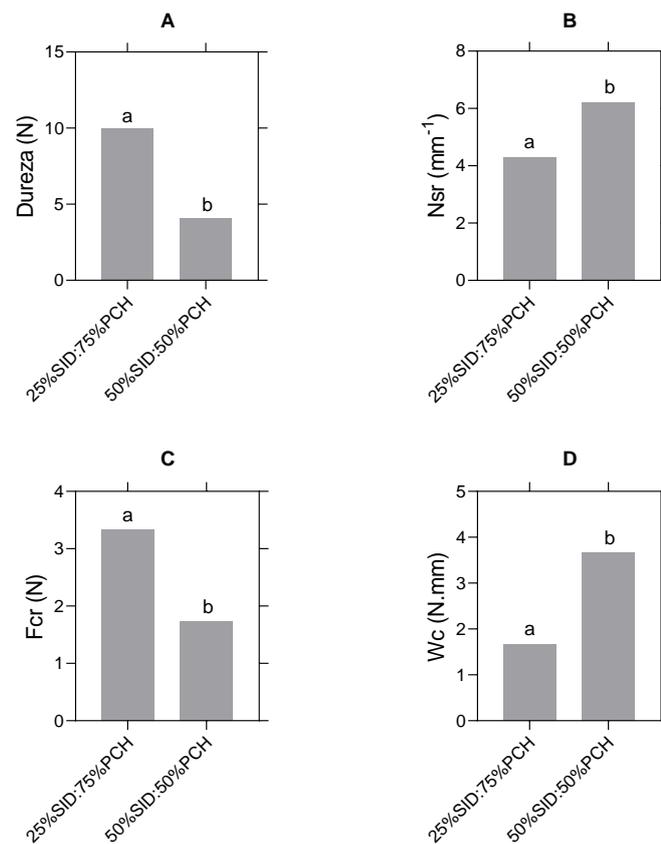
Cabe destacar que fue la única prueba que se realizó, ya que como se explicó anteriormente, las tres harinas (PCH, SID, SIH), cumplen con los requisitos microbiológicos establecidos por la norma NTC 6069 para harinas de quinua y NTC 267 para harina de trigo para el recuento de UFC de cada microorganismo.

1.14 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD

1.14.1 Propiedades de textura: La Gráfica 6 se muestra las propiedades texturales de los snacks extruidos a partir de las mezclas 25%SID:75%PCH y 50%SID:50%PCH, donde es posible notar la diferencia significativa en cada parámetro a analizar, detallando que la mezcla 25%SID:75%PCH conduce a valores más altos en dureza respecto a la segunda mezcla; es decir, la fuerza requerida para deformar el alimento. Así mismo los extruidos a partir de esta mezcla necesitan mayor fuerza de aplastamiento promedio (Fcr), esto puede estar atribuido al porcentaje de carbohidratos más alto, específicamente al almidón, siendo este aproximadamente un 42,43% de la muestra, esto según la relación carbohidratos-almidón en el estudio realizado por Rodríguez miranda et al., (2011). en comparación con la mezcla 50%SID:50%PCH, esta solo tiene un contenido aproximado de 28,95% de almidón. Por ello, según González et al., (2016) este comportamiento (Mayor dureza y Fcr) está relacionado con una mayor absorción de agua, disminución de la estabilidad, actividad de amilasa y gelificación del almidón, considerándose así, el ingrediente más importante en la formación de la estructura del snack.

Sin embargo, tanto la frecuencia espacial de ruptura (Nsr) como el trabajo de crocantez (Wc) incrementa conforme disminuye el almidón de la muestra y aumenta el contenido de proteína y fibra, generando snacks más débiles y con mayor susceptibilidad al rompimiento en la máquina, como se evidencia en el ANEXO A Figura 18. Es así como, a pesar de las buenas propiedades nutricionales que la adición proteína y fibra conlleva, su influencia y repercusión en la expansión del extrudido no es favorable, ya que la fibra y la proteína reducen la expansión debido a la competitividad que tienen con el almidón por el agua (Murillo Gonzáles., 2020).

Gráfica 6. Propiedades texturales

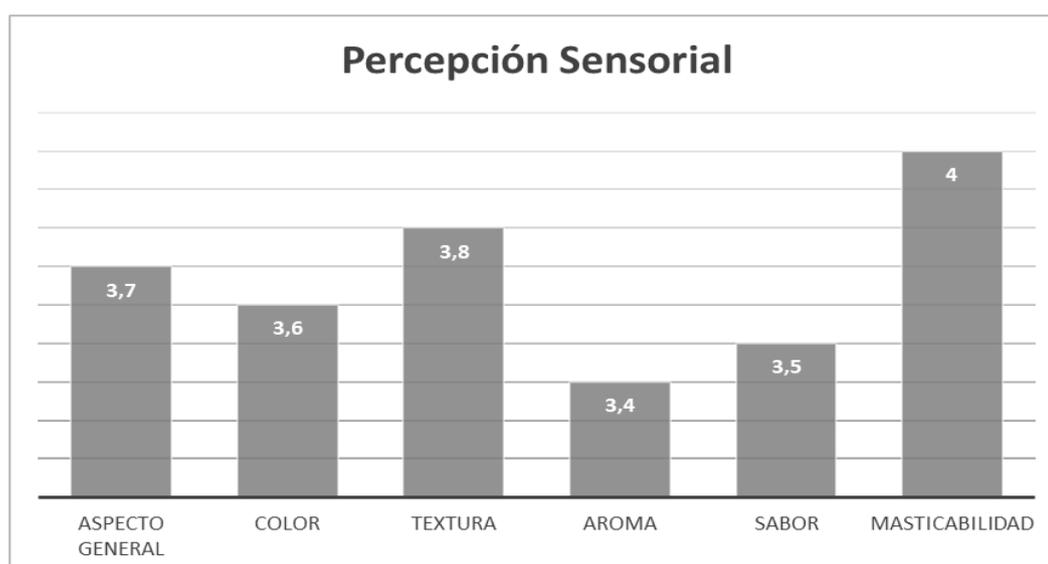


*Las gráficas representan las diferencias significativas de los valores de (A) dureza; (B) frecuencia espacial de rupturas (Nsr); (C) fuerza de aplastamiento promedio (Fcr); y (D) trabajo de crocantez (Wc).

1.14.2 Evaluación de percepción sensorial: La evaluación sensorial es indispensable para determinar la aceptabilidad del producto por parte del consumidor final y también del mercado. Para el análisis estadístico se tuvo en cuenta 6 parámetros a evaluar (aspecto general, color, textura, aroma, sabor, masticabilidad) reportando en general, que los snacks recibieron puntuaciones entre 3 (No me gusta ni me disgusta) y 5 (me gusta extremadamente) como se muestra en la Gráfica 7.

Los resultados de la evaluación sensorial evidenciaron que el parámetro con mejor aceptabilidad fue la Masticabilidad con una puntuación de 4, y el más bajo fue el aroma con un puntaje de 3,4 como se muestra en la Gráfica 7. El índice de aceptabilidad para el snack final realizado con la mezcla 25%SID:75%PCH es de 73,55%, este valor se considera alto, ya que, según Franco Lucas et al., (2018) para que un producto sea aceptado respecto a sus características sensoriales, es necesario un índice de aceptación superior al 70%, lo cual es consistente con nuestros resultados. Sin embargo, cabe destacar, que las muestras no contienen ningún tipo de saborizante natural o artificial, por tanto, su sabor característico corresponde a las harinas de papa china y sachá inchi utilizadas. Por ende, se puede considerar que la inclusión de saborizantes naturales elevaría su nivel de aceptabilidad.

Gráfica 7. Puntaje de la percepción sensorial



Fuente: Propia

4. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos y analizados fue posible concluir que:

El método que concentra mejor la proteína es el desengrasado mecánico con un valor de 73%, en comparación al obtenido por método húmedo que aportó 31%.

Con el estudio reológico mediante el análisis de viscoelasticidad (Barrido de temperatura) fue posible evidenciar que hay un nivel óptimo de inclusión de SID, valores que radican entre 25 y 50%. Valores por encima de este rango no presentan punto gel, es decir, no hay cambio en su comportamiento ($G' > G''$).

La evaluación de perfil de viscosidad se determinó que el almidón es un carbohidrato que aporta buenas características de viscosidad, siendo este un ingrediente muy importante para el desarrollo de los snacks.

Se asume que la ausencia de la Salmonella en el producto final se debe a las temperaturas manejadas en los tratamientos de extrusión (80°C) y expansión (230°C/4seg) utilizados para la obtención del snack.

De las formulaciones desarrolladas a partir de las mezclas fue posible determinar que 25%SID:75%PCH, es la mezcla que mejor se adapta a los parámetros texturales evaluados, esto debido a mayor inclusión de carbohidratos y menor inclusión de proteína y fibra, en comparación con la mezcla 50%SID:50%PCH, donde este último generaba snacks más débiles y con mayor susceptibilidad al rompimiento.

Según el índice de aceptabilidad (74%) el snack desarrollado 25%SID:75%PCH tuvo una buena aceptación por los panelistas, a pesar de no contener ningún tipo de saborizante natural o artificial.

Desarrollar snacks utilizando materias primas como el sachá inchi y la papa china pueden ser una buena alternativa para ofrecerle al consumidor productos libre de gluten, excelente fuente de proteína y alto contenido de fibra.

5. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos y analizados se recomienda:

Realizar el análisis de digestibilidad de la proteína y determinar si existe presencia de antinutrientes en el producto final.

Evaluar diferentes tipos de saborizantes naturales para mejorar la aceptación del consumidor.

Buscar una máquina descarilladora de la almendra de Sacha inchi, que facilite el proceso.

Evaluar diferentes parámetros en el proceso que contribuyan a la obtención de un producto final con mayor inclusión de proteína y fibra.

La harina 100%SIH Presenta un comportamiento de un fluido newtoniano, por lo que podría ser adecuada para la formulación de bebidas, donde se requiera mejorar el contenido nutricional sin afectar su viscosidad durante el cizallamiento

6. BIBLIOGRAFÍA

ADITIKA, et al. Taro (*Colocasia esculenta*); Zero wastage orphan food crop for food and nutritional security. En: *South African Journal of Botany*. Septiembre, 2021. ISSN 0254-6299

AGUINDA PIZANGO, Jhony. Elaboración de una compota infantil como una alternativa de uso de la papa china (*Colocasia esculenta*) y de la zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*). Trabajo de grado Ingeniería agroindustrial. Puyo (Ecuador): Universidad Estatal Amazónica, 2019. 47 p.

AILLÓN ROJAS, Cristina Lorena. Provenientes de dos plantas medicinales ecuatorianas: extractos hidroalcohólicos de mashua (*tropaeolum tuberosum* (RUÍZ y PAVÓN) *tropaeolaceae*) y aceite esencial de congona (*peperomia inaequalifolia* (RUÍZ y PAVÓN) *piperaceae*). Trabajo de grado en Ingeniería en biotecnología de los recursos naturales. Quito: Universidad Politécnica Salesiana, 2014. 136 p.

ALCALDÍA DE VALLE DE GUAMUEZ - PUTUMAYO. Información del Municipio: "Valleguamuenses somos todos", s. f. Colombia: Valle del Guamuez. ALCALDÍA MUNICIPAL DE ORITO. Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019: "Orito necesita quien lo quiera", 2016. Colombia: Orito.

ALCÍVAR, J. L., et al. technical note on physical-chemical composition of Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) cake. En: *Cuban Journal of Agricultural Science*. 2020. vol. 54, no. 1, p. 6. ISSN 0864-0408.

ALFARO MORA, Ramsés. Aspectos Relevantes Sobre Salmonella Sp En Humanos. En: *Revista Cubana de Medicina General Integral*. 18, julio, 2018. vol. 34, no. 3, p. 110-122.

ALFLEN, Taize Anne, et al. Partial substitution of wheat flour with taro (*Colocasia esculenta*) flour on cookie quality. En: *Revista Ciencias Exactas e Naturais*. 2016. vol. 18, no. 2. ISSN 1518-0352

AMAYA ORTIZ, Angela Marlen. Elaboración de una bebida láctea fermentada enriquecida naturalmente con ácidos grasos esenciales. Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2016. 57 p.

AYBAR LEÓN, Xiomara Astrid. Caracterización fisicoquímica y funcional de harina precocida de dos variedades de pituca (*colocasia esculenta*) obtenida por extrusión. Trabajo de grado - Pregrado. Tingo María - Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva, 2021. 103 p

AZZOLLINI, D., et al. Effects of formulation and process conditions on microstructure, texture, and digestibility of extruded insect-riched snacks. En: Innovative Food Science & Emerging Technologies. Febrero, 2018. vol. 45, p. 344-353. ISSN 1466-8564.

BÁEZ PAZMIÑO, Lizeth Loren y BORJA ARMIJOS, Ana Karina. Elaboración de una barra energética a base de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) como fuente de Omega 3 y 6. Tesis de grado en Ingeniería en Alimentos. Quito: Universidad San Francisco de Quito, 2013. 117 p

BARALLAT GARCÍA, Isabel. Harinas extraídas en la industria alimentaria. Trabajo de grado. [s.l.]: Universidad Complutense, 2017. 20 p

BARDALES ARÉVALO, Jak, et al. Composición nutricional y capacidad antioxidante de tres especies de sachá inchi *Plukenetia* spp. de la amazonía peruana. En: Folia Amazónica. 18, octubre, 2019. vol. 28, no. 1, p. 65-74. ISSN 2410-1184.

BARRECA, Davide, et al. Almonds (*Prunus Dulcis* Mill. D. A. Webb): A Source of Nutrients and Health-Promoting Compounds. En: Nutrients. 1, marzo, 2020. vol. 12, no. 3, p. 672. ISSN 2072-6643.

BENAVENTE, Lucia. Sacha inchi: la 'súper semilla' que busca cultivar la paz en Colombia. En: Noticias ONU. 21, octubre, 2021.

BENITEZ, Ricardo; CORONELL, Carolina y MARTIN, Jaime. Chemical Characterization Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis*) Seed: Oleaginosa Promising from the Colombian Amazon. En: International journal of current science research and review. 2018. vol. 1, no. 1, p. 11-22. ISSN 2581-8341

BRANDESSENCE MARKET RESEARCH. Healthy snack market size, share & trends analysis report by product (meat snacks, nuts, and seeds snacks, dried fruits, trail mix snacks, cereal and granola bars) by distribution channel (supermarkets, online retail, specialty stores, convenience stores) based on region, and segment forecasts. 2022.

BUENO BORGES, Larissa Braga, et al. Sacha inchi seeds from sub-tropical cultivation: effects of roasting on antinutrients, antioxidant capacity and oxidative stability. En: Journal of Food Science and Technology. 23, julio, 2018. vol. 55, no. 10, p. 4159-4166. ISSN 0975-8402.

CAICEDO, Q.; RODRÍGUEZ, B. y VALLE, R. Una reseña sobre el uso de tubérculos de papa china *Colocasia esculenta* conservados en forma de ensilaje para alimentar cerdos. En: REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria. 2014. vol. 15, no. 1, p. 1-10.

CALLE, Jehannara; BENAVENT-GIL, Yaiza y ROSELL, Cristina M. Use of flour from cormels of *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott and *Colocasia esculenta* (L.) Schott to develop pastes foods: Physico-chemical, functional and nutritional characterization. En: *Food Chemistry*. 2021. vol. 344, p. 128666. ISSN 0308-8146.

CASTRO PAZ, Gustavo Adolfo.; ORELLANA NORIEGA, Pedro Eleazar y PAJARES HERNANDEZ, Yemsy Aly Comparación de dos métodos para la evaluación de la capacidad reductora del hierro, de diez especies nativas de mesoamérica, con potencial antioxidante. Seminario de Investigación. Guatemala: Universidad De San Carlos De Guatemala, 2016. 105 p.

CHONG, Melissa; MAZZITELLI, Gina y QUINTERO, Rosa Quintero. Efecto de los métodos de cocción por fritura en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de chips de taro (*Colocasia esculenta*). En: *RIDTEC*. 2019. vol. 15, no. 1, p. 30-37.

DÍAZ CÉSPEDES, M., et al. Digestibilidad, energía digestible y metabolizable del sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L) peletizado y extruido en cuyes (*Cavia porcellus*). En: *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 27, octubre, 2021. vol. 32, no. 5, p. 13. ISSN 1682-3419

DÍAZ OSORIO, Alejandra, et al. Índice Glucémico in vitro, Contenido fenólico y Actividad Antioxidante de Snacks Elaborados con Harinas de Plátano (*Musa paradisiaca*) y Yacón (*Smallanthus sonchifolius*). En: *Información tecnológica*. Octubre, 2019. vol. 30, no. 5, p. 111-120. ISSN 0718-0764

ELEAZU, Chinedum Ogbonnaya; OKAFOR, Polycarp Nnaecheta y IFEOMA, Ijeh. Biochemical basis of the use of cocoyam (*Colocassia esculenta* L.) in the dietary management of diabetes and its complications in streptozotocin induced diabetes in rats. En: *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*. Septiembre, 2014. vol. 4, p. 705-711. ISSN 2222-1808.

ELLNER, Richard. Preguntas y respuestas sobre la microbiología de la leche y los productos lácteos. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2000. 144 p. ISBN 8479784415.

FRANCO LUCAS, Bárbara, et al. Spirulina for snack enrichment: Nutritional, physical and sensory evaluations. En: *LWT*. Abril, 2018. vol. 90, p. 270-276. ISSN 0023-6438.

FRANCO QUINO, César, et al. Características fitoquímicas y capacidad antioxidante in vitro de Aloe vera, *Plukenetia volubilis*, *Caiophora carduifolia*, *Cecropia membranacea*. En: *Anales de la Facultad de Medicina*. 12, abril, 2016. vol. 77, no. 1, p. 9. ISSN 1609-9419.

GALLEGO PICÓ, Alejandrina. Características de los alimentos y control de calidad. En: Aldaba: revista del Centro Asociado a la UNED de Melilla. vol. 36, no. 2013, p. 13-34. ISSN 0213-7925.

GARCÍA AHUED, Maricela. Análisis sensorial de alimentos. En: PÄDI Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI. 5, julio, 2014. vol. 2, no. 3. ISSN 2007-6363.

GARCÍA DÍAZ, Marco Antonio. Guía práctica para el curso: resistencia de materiales 1. Trabajo de grado en Ingeniería civil. Guatemala: Universidad De San Carlos De Guatemala, 2004. 224 p.

GARCÍA GONZÁLEZ, José Francisco. Determinación de los parámetros técnicos y evaluación sensorial en la deshidratación de mango (*Mangifera indica*) variedad Haden y champiñón (*Agaricus bisporus*) en la Escuela Agrícola Panamericana. Trabajo de grado Ingeniería agroindustrial. Honduras: Universidad Zamorano, 2005. 52 p.

GARCÍA PARRA, Miguel, et al. Physicochemical, rheological and structural properties of flours from six quinoa cultivars grown in Colombia. En: Frontiers in Sustainable Food Systems. 22, julio, 2022. vol. 6. ISSN 2571-581X.

GLORIO PAULET, Patricia, et al. Características Viscoelásticas y estimaciones de masas moleculares en almidón de oca (*Oxalis tuberosum*). En: Rev Soc Quím Perú. 2009. vol. 75, no. 2, p. 266-276.

GÓMEZ LÓPEZ, Paulette, et al. Los alimentos extraídos están por todos lados. En: Revista de divulgación científica y tecnológica de la universidad Veracruzana. 2013. vol. XXVI, no. 1.

GONZÁLEZ, L., et al. Análisis de perfil de textura en masas de semola de trigo adicionadas con harina de chayotextle (*sechium edule*). En: Investigación y desarrollo en ciencia y tecnología de alimentos. 2016. vol. 1, no. 1, p. 31-35.

GONZÁLEZ LINARES, Jairo I., et al. Desarrollo de películas comestibles a partir de proteínas extraídas de la torta de sacha inchi (*plukenetia volubilis* L.). En: Información tecnológica. 2017. vol. 28, no. 5, p. 115-130. ISSN 0718-0764.

GUTIERREZ, José Bello. Ciencia bromatológica: principios generales de los alimentos. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2000, 596 p. ISBN 8479784474

HERNÁNDEZ GARCÍA, Brenda. La fibra y su papel en la prevención de enfermedades. En: Gaceta Hidalguense de Investigación en Salud. 2020. vol. 8, no. 2, p. 6-8

HURTADO ORDOÑEZ, Zully Adriana. Análisis composicional de la torta y aceite de semillas de sacha inchi (*plukenetia volubilis*) cultivada en Colombia.

Trabajo de grado-maestría en ciencias biológicas. Palmira: Universidad Nacional de Colombia, 2013. 87 p.

ICONTEC. Harina de trigo. NTC 267, 2007a.

ICONTEC. Microbiología de alimentos y alimentos para animales. Método horizontal para la detección de salmonella spp. NTC 4574, 2007b

ICONTEC. Microbiología de alimentos y de alimentos para animales. Método horizontal para el recuento de coliformes y escherichia coli o ambos. Técnica de recuento de colonias utilizando medios fluorogénicos o cromogénicos. NTC 4458, 2007c.

ICONTEC. Microbiología de alimentos y de alimentos para animales método horizontal para el recuento de estafilococos coagulasa-positiva (staphylococcus aureus y otras especies). NTC 4779, 2007d.

ICONTEC. Microbiología de alimentos y productos de alimentación animal. Método horizontal para la enumeración de mohos y levaduras. parte 2: técnica de recuento de colonias en productos con actividad acuosa (a_w) inferior o igual a 0,95. NTC 5698-2, 2009a..

ICONTEC. Microbiología de los alimentos para consumo humano y animal. Método horizontal para el recuento de microorganismos. Técnica de recuento de colonias a 30 °c. NTC 4519, 2009b.

ICONTEC. Productos de molinería. harina de quinua. requisitos. Instituto colombiano de normas técnicas y certificación. NTC 6069, 2014.

IGUAL, Marta, et al. Effect of Medicago sativa Addition on Physicochemical, Nutritional and Functional Characteristics of Corn Extrudates. En: Foods. 23, abril, 2021. vol. 10, no. 5, p. 928. ISSN 2304-8158.

INDUCAM. Manual de operación: prensa extractora de aceite vegetal. 2012.

INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR. Manual para facilitadores; Guías Alimentarias Basadas en Alimentos para la población colombiana mayor de 2 años. 2015.

JÁUREGUI, Ana, et al. Estudio de polifenoles, taninos y métodos químicos para determinar la actividad antioxidante de la semilla de Sacha Inchi (Plukenetia volubilis L). En: Revista Horizonte Médico. 2013. vol. 13, no. 1, p. 11-18.

JIAPONG, Sutharut y RUTTARATTANAMONGKOL, Khanitta. Development of direct expanded high protein snack products fortified with sachu inchi seed meal. En: Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences. 1, febrero, 2021. vol. 10, no. 4, p. 680-684. ISSN 1338-5178.

KAUR, Amritpal, et al. Physicochemical and rheological properties of starch and flour from different durum wheat varieties and their relationships with noodle quality. En: Journal of Food Science and Technology. Abril, 2016. vol. 53, no. 4, p. 2127-2138. ISSN 0975-8402.

KHANNA, Nidhi; SINGH, Mohan y JAIN, Priti. Effect of Extrusion Cooking on Textural Properties of Extrudates A Review. En: Chemical Science Review and Letters. 2019. vol. 8, no. 30, p. 276-279. ISSN 2278-6783.

KIBO FOODS. Kibo Puffs Paquetón Original - Producto - Kibo. Kibo [página web]. (2022)

KUSKOSKI, E. Marta, et al. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. En: Ciência e Tecnologia de Alimentos. Diciembre, 2005. vol. 25, no. 4, p. 726-732. ISSN 0101-2061.

LASSO RIVAS, Nilsen. La papa china: un cormo con potencial en el Pacífico colombiano. En: Revista científica Unipacífico. 2020. FichaTecnicaPA-001.

LLOYD WILLIAMS, Ffion, et al. Small changes in snacking behaviour: the potential impact on CVD mortality. En: Public Health Nutrition. Junio, 2009. vol. 12, no. 6, p. 871-876. ISSN 1475-2727.

LUCAS AGUIRRE, Juan Carlos y QUINTERO CASTAÑO, Víctor Dumar. Caracterización reológica de almidón y evaluación morfológica de 20 variedades de musáceas (*Musa sp.*), del banco de germoplasma Fedeplátano, Chinchiná - Caldas, Colombia. En: Acta Agronómica. 19, enero, 2016. vol. 65, no. 3, p. 218-225. ISSN 2323-0118

MACÍAS, Ana. Propiedades del comportamiento de hidrocoloides en harina nativa y harina extrusionada de trigo. Máster en desarrollo, calidad e innovación de alimentos. Palencia: Universidad de Valladolid, 2013. 25 p.

MADRIGAL AMBRIZ, Laura, et al. Caracterización física y nutricional de harina del tubérculo de "Malanga" (*Colocasia esculenta* L. Schott) de Actopan, Veracruz, México. En: Archivos latinoamericanos de nutrición. 2018. vol. 68, no. 2, p. 175-183.

MALAVÉ, Auristela; RONDÓN, LUIS y MÉNDEZ NATERA, JESÚS RAFAEL. Composición nutricional en granos de cultivares de soya (*glycine max* [L.] merrill) adaptados a Venezuela. En: Saber: Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación. 2018. vol. 30, p. 568-576. ISSN 1315-0162.

MARTÍNEZ, P., et al. Functional characterization on native starch of Peruvian native potatoes (*Solanum phureja*). En: Scientia agropecuaria. 31, diciembre, 2015. p. 291-301. ISSN 2306-6741.

MÉNDEZ MONTEALVO, María Guadalupe. Introducción a la reología. México: Instituto Politécnico Nacional, 2001. 110 p. ISBN 9781449227159.

MENDOZA MAISANCHE, Ángel Daniel. Elaboración de harina de papa china (*Colocasia esculenta*) y banano (*Musa x paradisiaca*) como suplemento nutricional para alimentación animal. Tesis de Pregrado - Ingeniería Agroindustrial. Quevedo (Ecuador): Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 2014. 84 p.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Cadena de Sacha Inchi, 2019.

MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. Resolución 810. (16, junio, 2021). Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos de etiquetado para los alimentos envasados.

MONDELÉZ INTERNATIONAL. Global Consumer Snacking Trends Study. Mondelez International, Inc. Mondelez International, Inc. [página web]. (2020).
MORAN REY, Javier y HERNÁNDEZ CABRIA, Marta. Perfiles nutricionales y dieta. En: Food Consulting.

MORENO BOTELLA, Rodrigo. Reología de suspensiones cerámicas [en línea]. Madrid: Editorial CSIC Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 328 p. ISBN 9788400091194.

MUÑOS PABÓN, Karen Sofia, et al. Caracterización microbiológica de la harina hiperproteica de quinua obtenida en molino de abrasión. En: working Papers-ECBTI. 2022a

MUÑOZ PABON, Karen Sofia, et al. Physical and paste properties comparison of four snacks produced by high protein quinoa flour extrusion cooking. En: Frontiers in Sustainable Food Systems. 3, marzo, 2022b. vol. 6. ISSN 2571-581X.

MURILLO GONZÁLES, Raquel. Aplicación de la tecnología de extrusión en productos con alto contenido de proteína. Trabajo final de grado en ciencia y tecnología de alimentos. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2020. 35p

ORTIGOZA MICOLTA, Aura Marcela y OCHOA MORENO, Juan Esteban. Factores que influyen en la decisión de compra de snacks saludables en Santiago de cali. Trabajo de grado - Pregrado. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente, 2018. 82 p

ORTIZ GÓMEZ, Vicente, et al. Preliminary characterization of structural and rheological behavior of the quinoa hyperprotein-defatted flour. En: Frontiers in Sustainable Food Systems. 11, mayo, 2022. vol. 6. ISSN 2571-581X.

PALOMINO, Carolina; MOLINA, Yulimar y PÉREZ, Elevina. Physical and chemical characterization of flour and starches of tubers of *Colocasia esculenta* (L.) Schott and *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott. En: Revista de la Facultad de Agronomía. 2010. vol. 36, no. 2, p. 58-66

PASSPORT. Packaged food: Savoury Snacks in Latin America. Euromonitor International. 2019

PENSAMIENTO NIÑO, C. A., et al. Optimization and characterization of an extruded snack based on taro flour (*Colocasia esculenta* L.) enriched with mango pulp (*Mangifera indica* L.). En: Journal of Food Science and Technology. 27, agosto, 2018. vol. 55, no. 10, p. 4244-4255. ISSN 0975-8402.

POLO, María P.; ROA, Diego F. y BRAVO, Jesús E. Propiedades reológicas de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) obtenidas mediante molienda abrasiva y tratamiento térmico. En: Información tecnológica. Diciembre, 2021. vol. 32, no. 6, p. 53-64. ISSN 0718-0764.

PÚA, Amparo L., et al. Análisis de Nutrientes de la Raíz de la Malanga (*Colocasia esculenta* Schott) en el Trópico Seco de Colombia. En: Información tecnológica. Agosto, 2019. vol. 30, no. 4, p. 69-76. ISSN 0718-0764.

QUEZADA CORREA, Lady, et al. Efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de papa china (*Colocasia esculenta*) sobre las propiedades reológicas de la masa y sensoriales de galletas dulces. En: Revista Alimentos Hoy. 2019. vol. 27, no. 47, p. 49-63.

QUINTERO NOVOA, Daniel Felipe y RAMÍREZ RUEDA, Jeferson Armando. Estudio del mecanismo de gelatinización del almidón de yuca. Trabajo de grado Ingeniería química. Bogotá: Universidad de Los Andes, 2013. 21 p.

REPO CARRASCO, Ritva; PILCO, Juan Julio y ENCINA-ZELADA, Christian René. Desarrollo y elaboración de un snack extruido a partir de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y maíz (*Zea mays* L.). En: Ingeniería Industrial. 11, marzo, 2011. no. 029.p. 207. ISSN 1025-9929.

RESTREPO BUESAQUILLO, Lina Fernanda. Código de guía 001: Determinación de fibra. En: Grupo de investigación: CYTBIA; ASUBAGROIN; GIPA. Universidad del Cauca. 2021a.

RESTREPO BUESAQUILLO, Lina Fernanda. Código de guía 002: Determinación de extracto etéreo. En: Grupo de investigación: CYTBIA; ASUBAGROIN; GIPA. Universidad del Cauca. 2021b.

RESTREPO BUESAQUILLO, Lina Fernanda. Código de guía 003: Determinación de nitrógeno. En: Grupo de investigación: CYTBIA; ASUBAGROIN; GIPA. Universidad del Cauca. 2021c.

RESTREPO BUESAQUILLO, Lina Fernanda. Código de guía 004: Determinación de cenizas. En: Grupo de investigación: CYTBIA; ASUBAGROIN; GIPA. Universidad del Cauca. 2021d.

RESTREPO BUESAQUILLO, Lina Fernanda. Código de guía 005: Determinación de humedad. En: Grupo de investigación: CYTBIA; ASUBAGROIN; GIPA. Universidad del Cauca. 2021e.

RESTREPO BUESAQUILLO, Lina Fernanda. Código de guía 000: Determinación de Actividad antioxidante por el método ABTS. En: Grupo de investigación: CYTBIA; ASUBAGROIN; GIPA. Universidad del Cauca. 2021f.

RESTREPO BUESAQUILLO, Lina Fernanda. Código de guía 001: Determinación de polifenoles libres, fracción EPP. En: Grupo de investigación: CYTBIA; ASUBAGROIN; GIPA. Universidad del Cauca. 2021g.

ROA, Diego; ORTIZ, Vicente y TOLABA, Marcela. Comportamiento reológico de la fracción proteica del grano de amaranto extraída mediante molienda húmedo-ácida. En: Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 2017. vol. 15, no. 1, p. 123. ISSN 1909-9959.

RODRÍGUEZ MANRIQUE, Jhonatan A.; ALVIS BERMUDEZ, Armando y COHEN MANRIQUE, Carlos S. Análisis de Perfil de Textura de Ahuyama (Cucurbita maxima) sometida a Freído Atmosférico por Inmersión. En: Información tecnológica. Agosto, 2018. vol. 29, no. 4, p. 55-64. ISSN 0718-0764.

RODRÍGUEZ MIRANDA, Jesús, et al. Caracterización fisicoquímica, funcional y contenido fenólico de harina de malanga (Colocasia esculenta) cultivada en la región de Tuxtepec, Oaxaca, México. En: Ciencia y Mar. 2011. vol. 15, no. 43, p. 37-47.

RODRÍGUEZ, Gilbert, et al. Bread leaf enriched with extruded cake from sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Chemistry, rheology, texture and acceptability. En: Scientia Agropecuaria. 29, junio, 2018. vol. 9, no. 2, p. 199-208. ISSN 2306-6741.

RODRÍGUEZ, Sarabel. Aplicaciones De Harinas Tratadas Por Microondas En La Elaboración De Panes Sin Gluten. Tesis de maestría en Calidad, Desarrollo e Innovación de Alimentos. Palencia: Universidad de Valladolid, 2019. 30 p

RUIZ, Candy, et al. Análisis proximal, antinutrientes, perfil de ácidos grasos y de aminoácidos de semillas y tortas de 2 especies de sacha inchi (*plukenetia volubilis* y *plukenetia huayllabambana*). En: Revista de la sociedad química del Perú. 2013. vol. 79, no. 1, p. 29-36. ISSN 1810-634X.

SALAZAR LIZARAZO, Laura. Desarrollo de un snack saludable para la población senior joven. Trabajo Fin De Máster. Palencia: Universidad de Valladolid, 2018. 35 p.

SÁNCHEZ RIVERA, M.; BELLO PÉREZ, L. y PATIÑO RODRÍGUEZ, O. Capacidad antioxidante de harina de fruto completo de plátano con potencial para elaborar productos nutraceuticos. En: Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. 2020. vol. 5, p. 414-419. ISSN 414-419

SHOKUNBI, O. S., et al. Nutrient composition of five varieties of commonly consumed Nigerian groundnut (*Arachis hypogaea* L.). En: Grasas y Aceites. 23, enero, 2012. vol. 63, no. 1, p. 14-18. ISSN 1988-4214.

SUBEDI, Samir, et al. Inactivation of Salmonella and quality changes in wheat flour after pulsed light-emitting diode (LED) treatments. En: Food and Bioproducts Processing. Mayo, 2020. vol. 121, p. 166-177. ISSN 0960-3085.

TAPIA, María Soledad. Contribución al concepto de actividad del agua (a_w) y su aplicación en la ciencia y tecnología de alimentos en latinoamérica y venezuela. En: Boletín de la academia de ciencias físicas, matemáticas y naturales. 2020. vol. LXXX, no. 2, p. 18-40.

TORRES RAPELO, Alberto; MONTERO CASTILLO, Piedad y JULIO GONZÁLEZ, Lesbia. Utilización de almidón de malanga (*Colocasia esculenta* L.) en la elaboración de salchichas tipo frankfurt. En: Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustria. 2014. vol. 12, no. 2, p. 97-105.

TSAO, Rong. Chemistry and Biochemistry of Dietary Polyphenols. En: Nutrients. 10, diciembre, 2010. vol. 2, no. 12, p. 1231-1246. ISSN 2072-6643.

VALDIVIEZO, Carlos Jefferson; ROMERO HIDALGO, Luis Eduardo y BONILLA BERMEJO, Stefanie Michelle. Caracterización del aceite de la semilla de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) del cantón San Vicente, Manabí, Ecuador, obtenida mediante procesos no térmicos de extrusión. En: LA GRANJA: Revista de Ciencias de la Vida. 2019. vol. 30, no. 2, p. 77-87.

VALLES RAMIREZ, Silvia Marisol. Obtención de "leche" de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo). Trabajo de grado Ingeniería agroindustrial. Tarapoto (Peru): Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, 2012. 78 p.

VÁSQUEZ OSORIO, Diana Carolina, et al. Desarrollo de galletas empleando harina de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) obtenida de la torta residual. En: UGCiencia. 2017. vol. 23, no. 1, p. 101-113.

VÁSQUEZ, Diana, et al. Formulación de una colada empleando harina de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) proveniente del proceso de obtención de aceite. En: Perspectivas en Nutrición Humana. 15, agosto, 2017. vol. 19, no. 2, p. 167-179. ISSN 0124-4108.

VILLAMIL VERGARA, Diana Milena. Siembra y transformación de papa china como alternativa para mejorar los ingresos y el abastecimiento alimentario de la comunidad de zacarías ubicada en la zona rural de Buenaventura. Especialización en Gestión de Proyectos. Buenaventura: Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, 2013. 99 p.

ZUMBADO FERNÁNDEZ, Héctor. Análisis químico de los alimentos: métodos clásicos. La Habana-Cuba: Editorial Universitaria, 2008. 438 p.

7. ANEXOS

ANEXO A: Registro fotográfico.

Figura 1. Papa china (*Colocasia esculenta*)



Figura 2. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*)



Figura 3. Método húmedo y método seco



Figura 4. Método desengrasado



Figura 5. Determinación de humedad



Figura 6. Determinación de cenizas



Figura 7. Equipo de destilación



Figura 8. Determinación de extracto etéreo

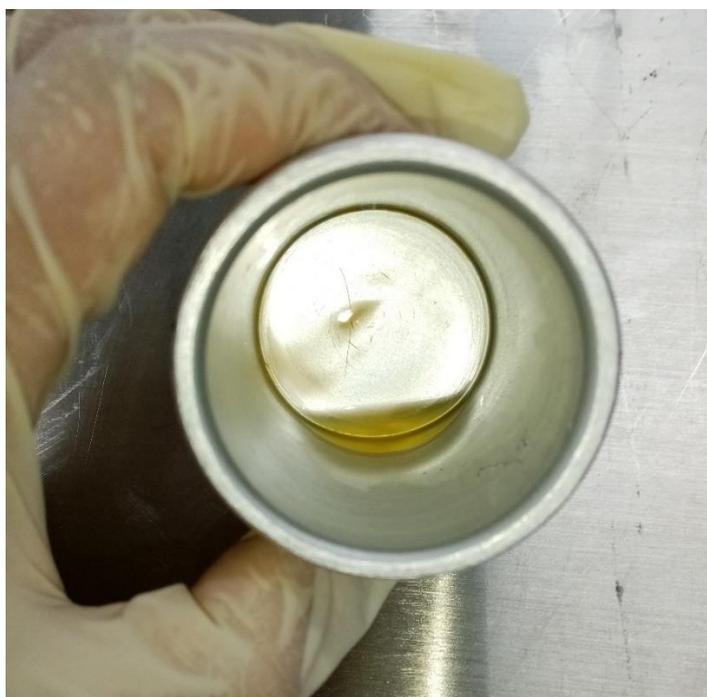


Figura 9. Equipo Fiber Test

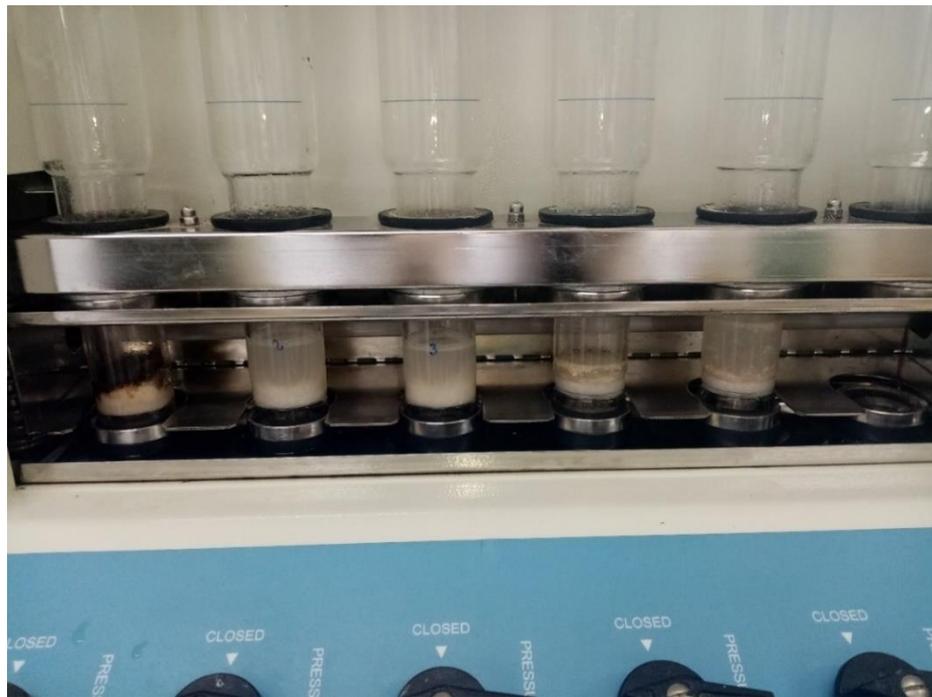


Figura 10. Preparación de agar

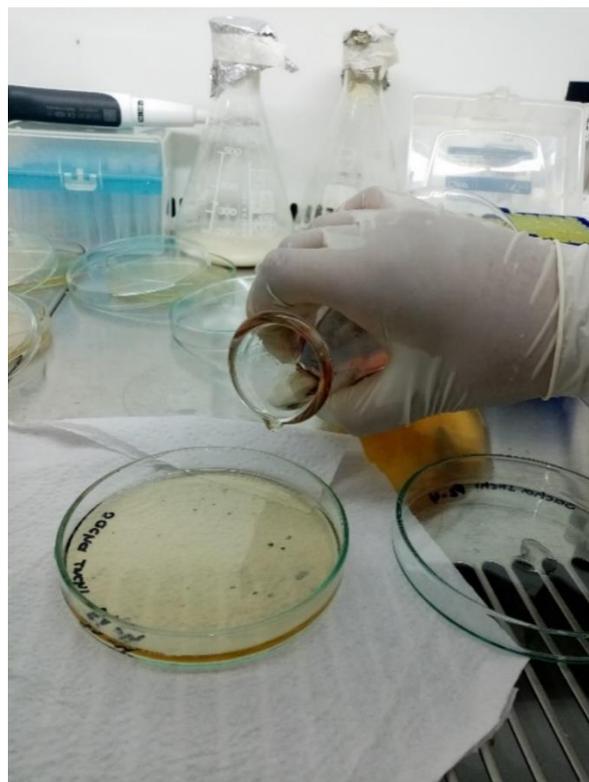


Figura 11. Positivo para *Salmonella*

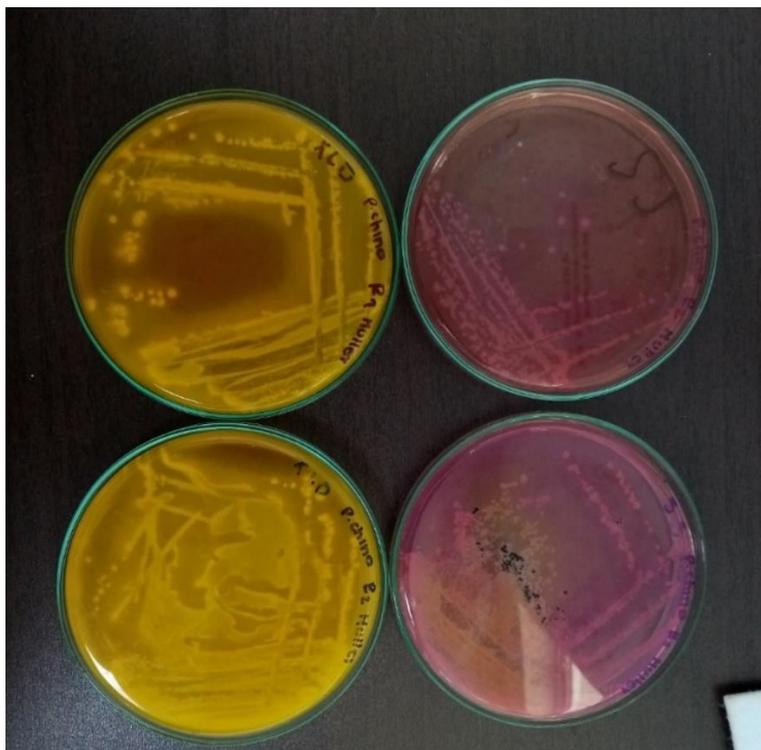


Figura 12. Medición de Actividad de agua (a_w)



Figura 13. Medición de absorbancia



Figura 14. Reómetro



Figura 15. Determinación de humedad del snack

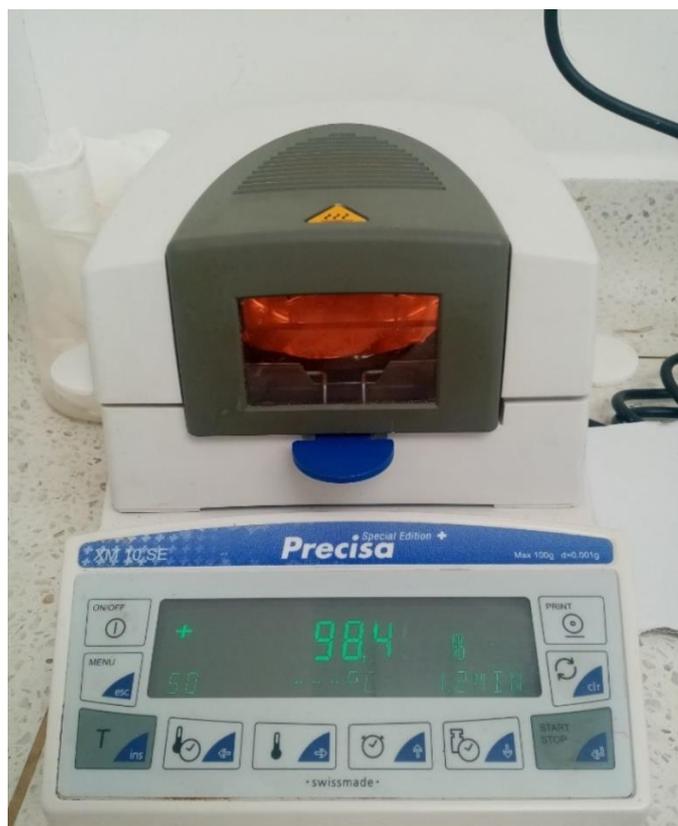


Figura 16. Pellets obtenidos a partir de la extrusión y paletización



Figura 17. Snack a partir de la mezcla 25%SID:75%PCH



Figura 18. Snack a partir de la mezcla 50%SID:50%PCH



Figura 19. Ausencia de Salmonella al snack desarrollado

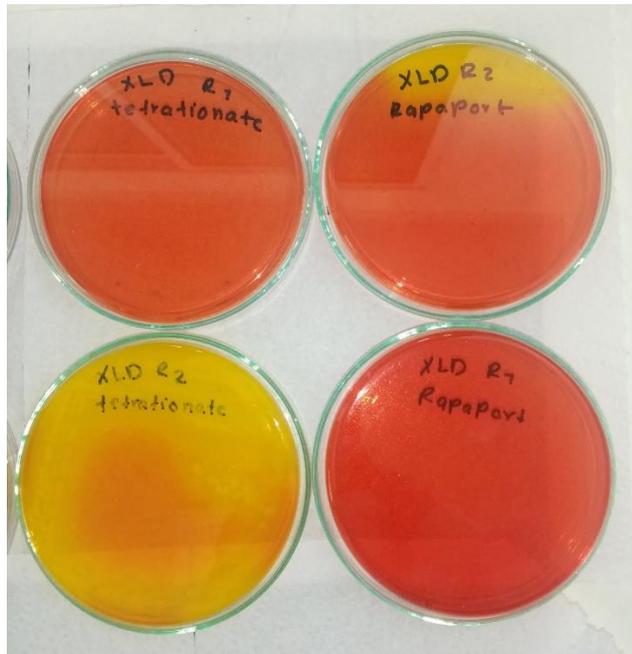


Figura 20. Medición de propiedades texturales

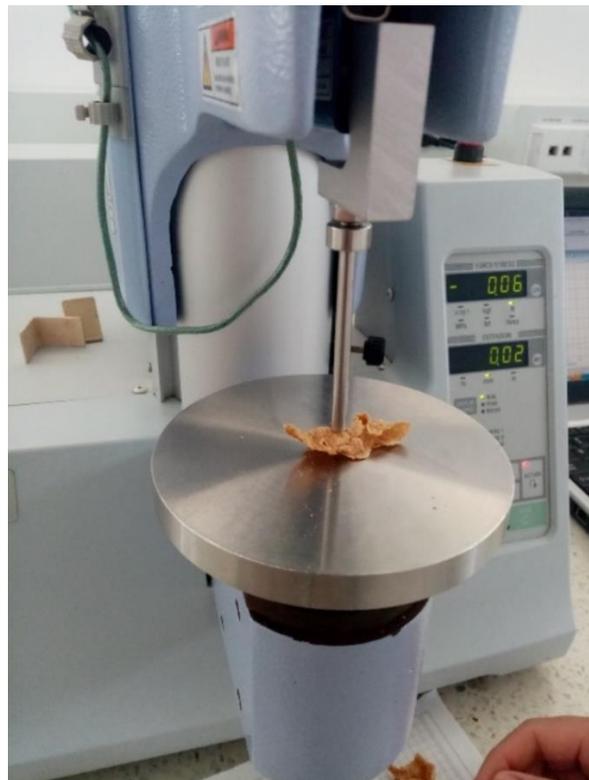


Figura 21. Evaluación de percepción sensorial



Figura 22. Aceite de sachá inchi



ANEXO B. Evaluación de percepción sensorial.

Fecha:

INSTRUCCIONES:

Usted recibirá 1 muestra del snack desarrollado. Por favor, observe y pruebe. A continuación, Indique el grado en el que le gusta o le disgusta en cada parámetro de la muestra de acuerdo con el puntaje/categoría, escribiendo el número correspondiente en cada espacio. **Las muestras no contienen ningún tipo de saborizante natural o artificial, por tanto, su sabor característico corresponde a las harinas de Papa china y Sacha inchi utilizadas.**

PUNTAJE	CATEGORÍA
5	Me gusta extremadamente
4	Me gusta Moderadamente
3	No me gusta ni me disgusta
2	Me disgusta moderadamente
1	Me disgusta extremadamente

Criterios para evaluar					
Aspecto general	Color	Textura	Aroma	Sabor	Masticabilidad

ANEXO C. Obtención de las harinas.

Diagrama 1. Obtención de PCH

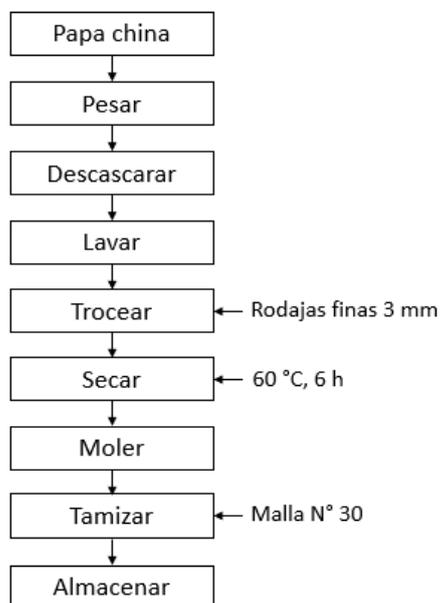


Diagrama 2. Obtención de SIH

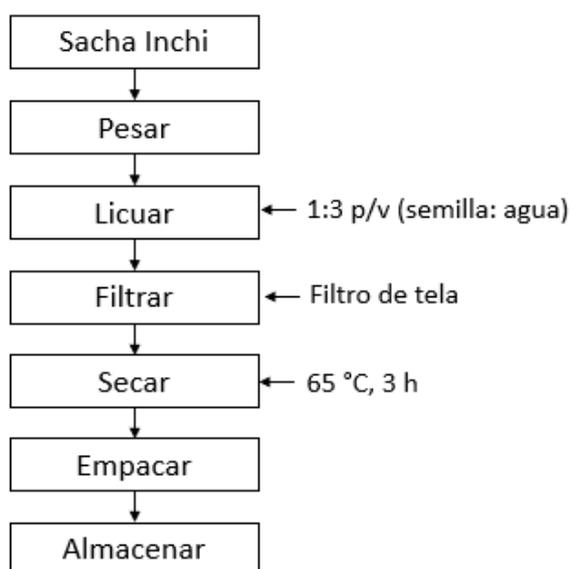


Diagrama 3. Método de SMS

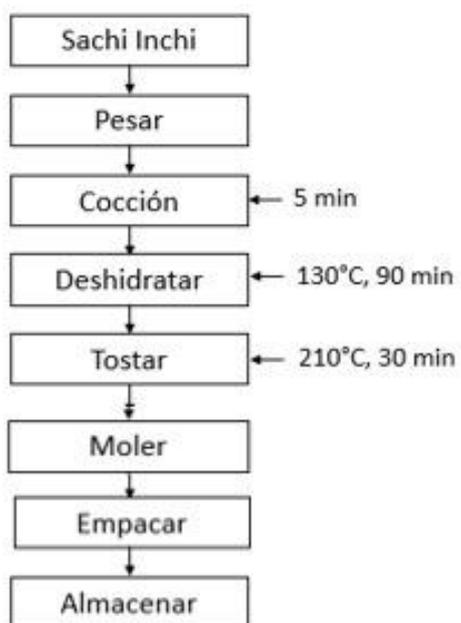


Diagrama 4. Desengrasado de SID

