



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

**Influencia del cloruro de sodio y tiempo de inmersión sobre el contenido
de compuestos fenólicos durante el acondicionamiento del grano de
Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*).**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera de Industrias Alimentarias

PRESENTADO POR:

Bach. Alberca Alarcón Diana Medaly

Bach. Asalde Chávez Elodia Samantha Carolina

ASESORADO POR:

Ing. Carmen Annabella Campos Salazar

Lambayeque – Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Influencia del cloruro de sodio y tiempo de inmersión sobre el contenido
de compuestos fenólicos durante el acondicionamiento del grano de
Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*).**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTA
Dra. Tarcila A. Cabrera Salazar

SECRETARIO
M.Sc. James Jenner Guerrero Braco

VOCAL
M.Sc. Rodolfo Pastor Tineo Huancas

ASESORADO POR:

Ing. Carmen Annabella Campos Salazar

Lambayeque – Perú

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado en primera instancia a Dios, por acompañarnos en cada momento, por bendecirnos y acompañarnos hasta el final de este proyecto que hoy es una realidad.

A nuestros padres que confiaron en nosotras, por su apoyo incondicional, por su ejemplo de lucha y superación, y sobre todo por su amor infinito. Cada paso logrado es por y para ustedes.

A nuestros hermanos y sobrinos que son una de nuestras razones de motivación, fuerza y constante lucha.

A nuestras familias que de alguna manera u otra siempre mostraron su interés y apoyo hacia nuestras personas. En especial a la familia Asalde Chávez y a la familia Alberca Alarcón.

Gracias por todo, los amamos...

AGRADECIMIENTO

En muestra de nuestra gratitud y cariño queremos expresar nuestro más profundo y sincero agradecimiento:

A nuestra asesora, la Ing. Carmen Campos a quien dejamos nuestra admiración y cariño por su calidad humana y profesional. Gracias por la inmensa confianza, respaldo, comprensión, apoyo constante y amistad brindada a lo largo de la investigación.

Al técnico de laboratorio de Fisicoquímica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias, el Sr. Floriano, por el apoyo y la accesibilidad a las instalaciones para la realización del proyecto.

RESUMEN

En la siguiente investigación se evaluó la influencia del cloruro de sodio en soluciones al 3%, 5% y 7% y tiempo de inmersión de 10, 15 y 20 minutos sobre el contenido de compuestos fenólicos durante el acondicionamiento del grano de Sacha Inchi. Además, se realizó una caracterización físico-química y evaluación sensorial con panelistas semientrenados para evaluar las propiedades antes y después de la operación de acondicionado. El estudio presentó una metodología con enfoque cuantitativo, de diseño experimental, los resultados fueron evaluados con el software SPSS V.25 mediante un diseño completamente al azar. Los tratamientos presentaron diferencias significativas en cuanto a la remoción de taninos, sin embargo, en cuanto a la reducción de saponinas no se evidenció diferencias significativas. Además, el mejor tratamiento en cuanto a la reducción de polifenoles, con repercusión en las características fisicoquímicas y en el análisis sensorial cumpliendo con las normativas peruanas, FAO y CODEX el mejor tratamiento fue con 7% de solución de NaCl por una inmersión 10 minutos. Se redujo en 0.9 % y 0.003% los contenidos de taninos y saponinas respectivamente. Además, que las características sensoriales, tanto para el color y la sapidez mejoraron a medida que la concentración de cloruro de sodio aumentaba.

Palabras Clave: *Plukenetia volubilis* L., sal, compuestos fenólicos, taninos, saponinas.

ABSTRACT

In the following investigation, the influence of sodium chloride in 3%, 5% and 7% solutions and immersion time of 10, 15 and 20 minutes on the content of phenolic compounds during the conditioning of the Sacha Inchi grain was evaluated. In addition, a physical-chemical characterization and sensory evaluation were carried out with semi-trained panelists to evaluate the properties before and after the conditioning operation. The study presented a methodology with a quantitative approach, of experimental design, the results were evaluated with the SPSS V.25 software through a completely randomized design. The treatments presented significant differences in terms of tannin removal, however, in terms of saponin reduction, no significant differences were found. In addition, the best treatment in terms of polyphenol reduction, with an impact on the physicochemical characteristics and sensory analysis, complying with Peruvian, FAO and CODEX regulations, the best treatment was with 7% NaCl solution for a 10-minute immersion. The tannin and saponin contents were reduced by 0.9 % and 0.003%, respectively. In addition, that the sensory characteristics, both for color and taste, improved as the concentration of sodium chloride increased.

Key Words: *Plukenetia volubilis* L., salt, phenolic compounds, tannins, saponins.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO.....	4
RESUMEN	5
ABSTRACT	6
ÍNDICE DE CONTENIDO	7
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS	11
I. INTRODUCCIÓN.....	12
II. ANTECEDENTES Y BASES TEÓRICAS	15
2.1. Antecedentes.....	15
2.2. Base Teórica	16
2.2.1 Sacha Inchi (<i>Plukenetia volubilis</i>)	16
2.2.2 Descripción del fruto de Sacha Inchi <i>P. volubilis</i>	18
2.2.3 Composición química del grano	19
2.2.4 Métodos para la eliminación de compuestos anti nutrientes	25
2.2.5 Evaluación de calidad en el procesamiento.....	28
III. MÉTODOS Y MATERIALES	31
3.1. Lugar de Ejecución	31
3.2. Población y muestra	31
3.2.1 Población	31
3.2.2 Muestra.....	31
3.3. Tipo de investigación	31
3.4. Técnicas, instrumentos, equipos y materiales.....	32
3.4.1 Equipos e instrumentos de laboratorio	32
3.4.2 Materiales de laboratorio	32
3.4.3 Reactivos y Soluciones.....	33

3.4.4 Técnicas de Análisis.....	34
3.4.5 Diseño y análisis de datos.....	39
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1. Caracterización fisicoquímica de la materia prima.....	41
4.2. Evaluación sensorial de la materia prima.....	43
4.3. Caracterización fisicoquímica de los tratamientos de acondicionado.....	43
4.3.1 Índice de acidez.....	43
4.3.2 Índice de peróxidos	49
4.3.3 Taninos (%)	54
4.3.4 Saponinas (%).....	59
4.3.5 Evaluación sensorial de los tratamientos de acondicionado.....	63
4.3.6 Cloruro de sodio residual	71
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
5.1. Conclusiones.....	73
5.2. Recomendaciones	73
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	74
VII. ANEXOS	81

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición química de semilla, cáscara de semilla, hoja y aceite de semilla de sacha inchi.....	19
Tabla 2. Contenido fenólico de las semillas de sacha inchi	20
Tabla 3. Métodos para el análisis composicional de la semilla de Sacha Inchi.....	35
Tabla 4. Métodos de determinación de los índices fisicoquímicos para el aceite de sacha inchi.	35
Tabla 5. Métodos de determinación de compuestos fenólicos en el grano de sacha inchi.....	36
Tabla 6. Escala de valoración para la Sapidez.....	38
Tabla 7. Escala de valoración para el color	38
Tabla 8. Caracterización proximal de los granos de sacha inchi (materia prima).....	41
Tabla 9. Promedios obtenidos de la evaluación sensorial (atributos: color y sabor) a la materia prima	43
Tabla 10. Resultados de Índice de Acidez de los tratamientos de acondicionado	44
Tabla 11. Resultados descriptivos del índice de acidez.....	45
Tabla 12. Prueba de Levene para el índice de acidez.....	46
Tabla 13. Análisis factorial para el índice de acidez	46
Tabla 14. Prueba de tukey – índice de acidez	48
Tabla 15. Resultados de Índice de peróxido de los tratamientos de acondicionado	49
Tabla 16. Resultados descriptivos del índice de peróxido.....	50
Tabla 17. Prueba de Levene para el índice de peróxido	51
Tabla 18. Análisis factorial para el índice de peróxido	51
Tabla 19. Prueba de tukey – índice de peróxido	53
Tabla 20. Resultados del % de taninos.....	54
Tabla 21. Resultados descriptivos del índice de peróxido.....	55
Tabla 22. Prueba de Levene para los taninos.....	56
Tabla 23. Análisis factorial para los taninos.....	56
Tabla 24. Prueba de tukey – taninos.....	57
Tabla 25. % de Saponinas.....	59
Tabla 26. Resultados descriptivos para la saponina	60
Tabla 27. Prueba de Levene para las saponinas	61
Tabla 28. Análisis factorial para las saponinas	61

Tabla 29. Evaluación sensorial en cuanto al color de los tratamientos de 3%, 5% y 7% a 10 minutos.....	63
Tabla 30. Evaluación sensorial en cuanto al sabor de los tratamientos de 3%, 5% y 7% a 10 minutos.....	63
Tabla 31. Evaluación sensorial en cuanto al color de los tratamientos de 3%, 5% y 7% a 15 minutos.....	64
Tabla 32. Evaluación sensorial en cuanto al sabor de los tratamientos de 3%, 5% y 7% a 15 minutos.....	64
Tabla 33. Evaluación sensorial en cuanto al color de los tratamientos de 3%, 5% y 7% a 20 minutos.....	65
Tabla 34. Evaluación sensorial en cuanto al sabor de los tratamientos de 3%, 5% y 7% a 20 minutos.....	65
Tabla 35. Resultados descriptivos del índice de color	66
Tabla 36. Prueba de Levene para el COLOR.....	67
Tabla 37. Análisis factorial para el color.....	67
Tabla 38. Resultados descriptivos del índice de peróxido.....	69
Tabla 39. Prueba de Levene para el COLOR.....	70
Tabla 40. Análisis factorial para el color.....	70
Tabla 41. Tratamiento acondicionado	72
Tabla 42.Requerimiento de solventes para la extracción de polifenoles totales.....	82
Tabla 43. Rubrica de calificación del cuestionario	85
Tabla 44. Test de escala.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Planta y semilla de Sacha Inchi <i>P. volubilis</i>	17
Figura 2. Representación esquemática del fruto Sacha Inchi	18
Figura 3. Semilla de (<i>Plukenetia volubilis</i> L.)	19
Figura 4. Contenido fenólico de las semillas de sacha inchi	20
Figura 5. Estructura química de los taninos.....	23
Figura 6. Estructura química del Ácido Tánico identificado en el sacha inchi.....	24
Figura 7. Metodología sensorial utilizada para la conformación del jurado sensorial de sabor y color en sacha inchi.	37
Figura 8 Diseño experimental.....	40
Figura 9. Gráfico de comparación de medias del Índice de Acidez con la materia prima	47
Figura 10. Comparación de medias del Índice de peróxido.	52
Figura 11. Gráfico de comparación de medias del % de taninos con la materia prima	57
Figura 12. Gráfico de comparación de medias del % de saponinas con la materia prima.....	62
Figura 13. Gráfico de comparación de medias del % en cuanto al COLOR.	68
Figura 14. Gráfico de comparación de medias del % en cuanto al SABOR.....	71
Figura 15. Resultados del cuestionario de selección de candidatos a jueces	85
Figura 16. Resultados de test de escala	88
Figura 17. Materia prima	95
Figura 18. Tratamientos de % de NaCl a los respectivos tiempos.....	96
Figura 19. Control y residuos.....	97
Figura 20. Resultados de los tratamientos con 3% de cloruro de sodio a 10, 15 y 20 minutos	98
Figura 21. Resultados de los tratamientos con 5% de cloruro de sodio a 10, 15 y 20 minutos	98
Figura 22. Resultados de los tratamientos con 7% de cloruro de sodio a 10, 15 y 20 minutos	99
Figura 23. Identificación de sapidez (astringencia) y color, previo a las capacitaciones teórico –prácticas.....	99
Figura 24. Análisis fisicoquímicos.....	100

I. INTRODUCCIÓN

Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) es una planta oleaginosa de la familia Euphorbiaceae, que es ampliamente consumida por la población indígena. La producción de sachá inchi ha tenido un gran progreso en más de 20 países diferentes durante la última década, especialmente en América Latina, y el mayor productor mundial es Perú, cuya producción anual ha alcanzado las 1200 toneladas de semillas (Kittibunchakul et al., 2022).

Sus semillas contienen de 24 a 29 % de proteína, casi 41,4 % de aceite y altos niveles de vitamina A y E, lo que la hace apta para uso dietético. Respecto al contenido de ácidos grasos polinsaturados, según Bomfim y Célio (2018) el aceite de sachá inchi es altamente nutritivo, contiene un 45% de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 (ácido linolénico). Los efectos beneficiosos de estos ácidos grasos incluyen la capacidad de prevenir trastornos cardiovasculares, niveles más bajos de glicéridos y acción antitrombótica.

El grano del sachá inchi cuenta con un perfil de nutrientes impresionantes, el cual se deriva en beneficios potenciales para la salud. Sin embargo, tiene compuestos tóxicos como las saponinas, taninos y el ácido fítico los cuales hacen complicado el consumo de este, es por ello que es importante la evaluación de los aspectos de seguridad y toxicidad del grano, si bien no siempre hacen daño los componentes anti nutricionales, pero pueden tener consecuencias adversas al reducir la absorción efectiva de los micronutrientes inorgánicos de la dieta y la digestión de los macronutrientes. Los taninos pueden inhibir la absorción de hierro no hemo y vitamina B 12, lo que afecta directamente la digestibilidad de los almidones, las proteínas y los lípidos de la dieta. De manera similar, el ácido oxálico y los oxalatos, que pueden ejercer toxicidad renal en altas concentraciones, pueden inducir efectos anti nutricionales en concentraciones más bajas mediante la quelación con el calcio de la dieta (Anis y Kuan, 2022).

Sin embargo, estos compuestos anti nutricionales han hecho que su uso industrial de esta semilla sea limitado por lo que se ve necesario aplicar tratamientos que disminuyan estos compuestos tóxicos para mejorar la asimilación de los nutrientes. No obstante, existen métodos para reducir los compuestos tóxicos, pero no hay estudios suficientes sobre las semillas de sachá inchi por lo que se ve necesario su estudio. Además, los métodos para reducir los anti nutrientes presentes en las semillas generalmente disminuyen la palatabilidad y reducen la digestibilidad de las proteínas y la biodisponibilidad de minerales, lo que limita el valor biológico y la aceptación de las legumbres en la dieta regular. Por lo tanto, las semillas deben procesarse adecuadamente antes del consumo (Yogesh et al., 2021).

Especialmente el método de remojo con una solución de cloruro de sodio para la reducción de compuestos anti nutriciones evidenciaron que puede ser efectivo sobre las semillas haciendo que estas no pierdan su palatabilidad y digestión ya que estudios evidencian ello como Fawale et al. (2017) en su trabajo evaluaron los efectos de la fermentación sobre los compuestos Anti nutricionales. En el que determino que la fermentación de las semillas a base del cloruro de sodio mejora la utilización industrial de este por lo que se redujo los compuestos anti nutricionales. Del mismo modo Tanwar et al. (2018) realizaron un estudio sobre el efecto de la desintoxicación sobre la calidad biológica de la semilla de albaricoque silvestre (*Prunus armeniaca* L.). en el que la solución de cloruro de sodio mejoro la calidad biológica de la semilla porque se redujo los compuestos tóxicos (taninos, flavonoides, inhibidor de tripsina, saponinas, oxalatos, fitatos y ácido cianhídrico).

El método del remojo es un método convencional que implica la inmersión completa de las legumbres en agua con un compuesto salino a una temperatura durante cierto periodo de tiempo. Estos compuestos pueden bicarbonato de sodio, carbonato de sodio, y cloruro de sodio. La reducción inducida por remojo en el nivel de fitato, que puede atribuirse a la activación de la enzima fitasa durante el remojo y la difusión, lo que da como resultado una degradación hidrolítica de fitatos en el grano remojado. También disminuye el contenido de taninos debido a su difusión en el agua durante el remojo y provoca la extracción acuosa de saponinas debido a su alta solubilidad en agua (Yogesh et al., 2021).

Ahora bien, el desecho de este residuo agua con concentraciones de cloruro sodio en el puede ser tóxico y provocar cambios en el comportamiento de los organismos, la letalidad, la homogeneización biótica y la alteración de las redes alimentarias. Por lo que un previo tratamiento sería de gran apoyo al ecosistema (Lawson & Jackson, 2021)

Finalmente, hoy en día, existe un creciente interés de los investigadores en las industrias de las semillas de sachá inchi debido a la alta cantidad de nutrientes y la proporción bien equilibrada de ácidos grasos ω -3: ω -6. Y de cómo utilizar al máximo estas propiedades nutricionales y reducir los compuestos tóxicos sin afectar el medio ambiente. Es de destacar que el aceite de sachá inchi llamó la atención en todo el mundo cuando recibió la medalla de oro por sus excelentes cualidades organolépticas en el concurso World Edible Oil (Goyal et al., 2022).

Debido a la problemática el objetivo general de esta investigación es: Evaluar la influencia del cloruro de sodio y tiempo de inmersión sobre el contenido de compuestos fenólicos durante el acondicionamiento del grano de Sacha Inchi.

Además, como objetivos específicos se tiene: Caracterizar la materia prima fisicoquímica y sensorialmente, determinar los compuestos fenólicos, composición fisicoquímica y el análisis sensorial del grano después de cada tratamiento con cloruro de sodio y determinar el nivel de cloruro de sodio residual en el mejor tratamiento de acondicionado en el grano de Sacha Inchi.

II. ANTECEDENTES Y BASES TEÓRICAS

2.1. Antecedentes

Alipoorfard y Jouki (2020) realizaron la aplicación de pretratamientos de cloruro de sodio y goma de semilla de membrillo para prevenir el pardeamiento enzimático, pérdida de textura, actividad antioxidante y polifenoles de rodajas de pera liofilizadas. Se utilizaron cuatro niveles de concentraciones de goma (0%, 0,25%, 0,5% y 1%) y tres concentraciones de sal (0%, 0,25% y 0,5%) para determinar el mejor tratamiento. En donde los hallazgos de esta investigación recomiendan el uso de un pretratamiento de inmersión con 0,25 % de goma y 0,25 % de cloruro de sodio para evitar el pardeamiento enzimático y preservar los polifenoles conjuntamente con las propiedades de calidad. Conforme incrementa el porcentaje estas propiedades antioxidantes van disminuyendo.

Fawale et al. (2017), evaluaron los efectos de la fermentación natural con cloruro de sodio sobre las propiedades funcionales, la composición química y las propiedades anti nutricionales de las semillas de kariya. El resultado mostró una reducción en las propiedades antinutricionales y una mejora en el contenido de proteína. También se evidencio un aumento en las propiedades de formación de espuma y emulsión con el aumento de la concentración de sal (NaCl) debido a que hay liberación de compuestos anti nutricionales como la saponina. Con base en el resultado de los resultados de este trabajo, se puede confirmar que el proceso de fermentación en este estudio puede mejorar la utilización doméstica e industrial de estas semillas.

Tanwar et al. (2018), evaluaron el efecto de la desintoxicación en la calidad biológica de la dieta suplementada con semilla de albaricoque silvestre (WAK). Para desintoxicar, la harina WAK se remojó en una solución de cloruro de sodio al 25 % durante 24 h, seguido de lavado y secado. Los resultados revelaron que la desintoxicación mejoró significativamente la calidad nutricional al reducir el contenido de antinutrientes (taninos, flavonoides, inhibidor de tripsina, saponinas, oxalatos, fitatos y ácido cianhídrico) del WAK crudo. En conclusión, la desintoxicación mejoró la calidad biológica de la dieta suplementada con WAK. Por lo tanto, la harina de grano detoxificada podría utilizarse como una fuente económica y de calidad de proteína y aceite para la suplementación de productos alimenticios de valor agregado.

Antoine et al. (2022), en su estudio sobre la reducción del contenido antinutricional de las legumbres mediante. Tuvieron como objetivo optimizar el proceso de enlatado de garbanzos y reducir el contenido de antinutrientes. Para lo cual estudiaron diferentes condiciones durante el remojo y escaldado a diferentes concentraciones de sal, como paso previo a la germinación. Además, cuantificaron proteínas, lípidos, fibras, vitamina E, luteína, 5-metil-tetrahidrofolato, magnesio, hierro, fitatos, saponinas y taninos. Bioaccesibilidad y captación intestinal de vitamina D y K se evaluaron usando digestión in vitro y células Caco-2, respectivamente. Sus hallazgos evidenciaron observaron reducciones significativas del contenido de fitato, saponina y tanino (-16 a -44 %), pero también del contenido de folato (hasta -97 %) en condiciones de envasado optimizadas en comparación con el control.

Amin et al. (2017), realizaron un estudio sobre el cloruro de sodio como inhibidor competitivo del polifenol oxidasa. Cuyo objetivo fue el efecto inhibitorio del cloruro de sodio (NaCl) sobre la actividad enzimática de la PPO de papa utilizando catecol como sustrato. La metodología consistió en la mezcla de reacción para medir la actividad de PPO en un volumen total de 5 ml con las concentraciones indicadas de catecol, NaCl y 1 ml de solución enzimática, que se agregó a cada muestra como paso final para iniciar la reacción. Los resultados indicaron un aumento de la concentración de NaCl a la misma concentración de catecol y PPO dio como resultado una disminución gradual de la actividad enzimática, lo que indica que el NaCl es un inhibidor eficaz de la PPO.

2.2. Base Teórica

2.2.1 Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*)

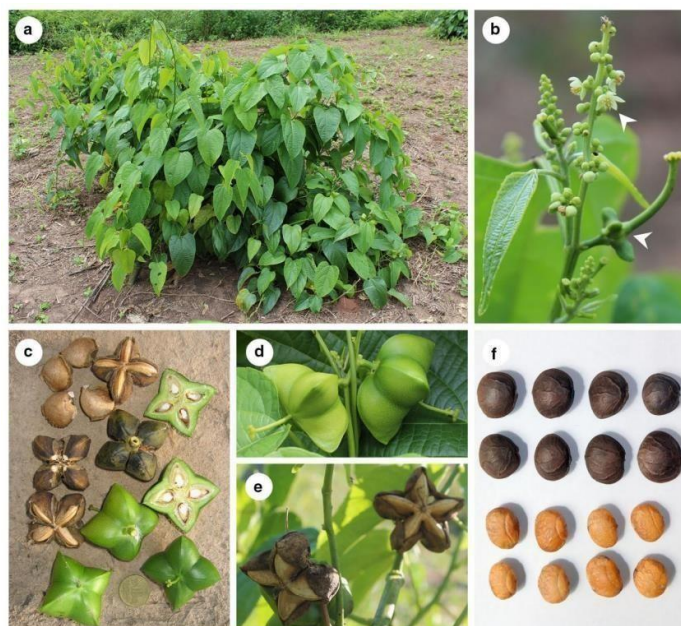
La planta es originaria de la cuenca amazónica y su asociación con el ser humano se conoce desde la época prehispánica. en el dialecto también se usa árbol inchi o árbol inchic. 'Sacha' se traduce aproximadamente como falso, parecido o cuasi, mientras que inchi significa maní. También se conocen otros nombres, pero menos utilizados, como maní de árbol, maní del bosque y maní estrella. Si bien *P. volubilis* se distribuye por toda la cuenca del Amazonas, la mayoría de los registros de uso provienen de Perú, donde la planta se ha encontrado en asentamientos de varios grupos étnicos diferentes. (Kodahl, 2020).

Los hallazgos de representaciones de frutos y enredaderas de *P. volubilis* se encontraron en tumbas incas a lo largo de la costa de Perú incluso indican que pudo haber sido cultivado por los incas desde hace 3000 a 5000 años. El nombre vernáculo más utilizado para *P. volubilis* es el quechua sachá inchi (Kodahl, 2020).

Plukenetia volubilis se reparte a través del margen occidental y norte del valle del Amazonas, por medio de varios países Perú, Colombia, Brasil, Ecuador etc. Por lo general, se encuentra a lo largo de los bordes de los bosques o en áreas perturbadas, típicamente en bosques húmedos o de tierras bajas húmedas por debajo de los 900 m (Kodahl, 2020). Las plantas son enredaderas monáceas, perennes, con hojas cordadas a basalmente truncadas con glándulas basilaminares, y tienen varias flores estaminadas situadas sobre una o pocas flores pistiladas en un tirso racemoso Figura 1 (a, b). Las flores son discretas y apétalas con 4 sépalos de color amarillo verdoso y el fruto es una cápsula carinada de cuatro carpeladas (a menudo cinco carpeladas en cultivo), que contiene 4 a 5 semillas lenticulares, albuminosas con semillas duras, testa moteada figura 2 (b-f). El rango de temperatura de *P. volubilis* es de 10 a 37 °C y la fruta se puede producir hasta altitudes de al menos 1490 m. La antesis generalmente ocurre de 3 a 5 meses posteriormente a la plantación, seguida de la fructificación aproximadamente a los 8 a 9 meses (Kodahl, 2020). En la figura 1 se da una representación de la planta y semilla del *Sachá Inchi P. volubilis*.

Figura 1.

Planta y semilla de Sachá Inchi P. volubilis.



Nota: recuperado de Kodahl, (2020). En su estudio cultivo perdido de los incas a parte de la solución a los desafíos globales.

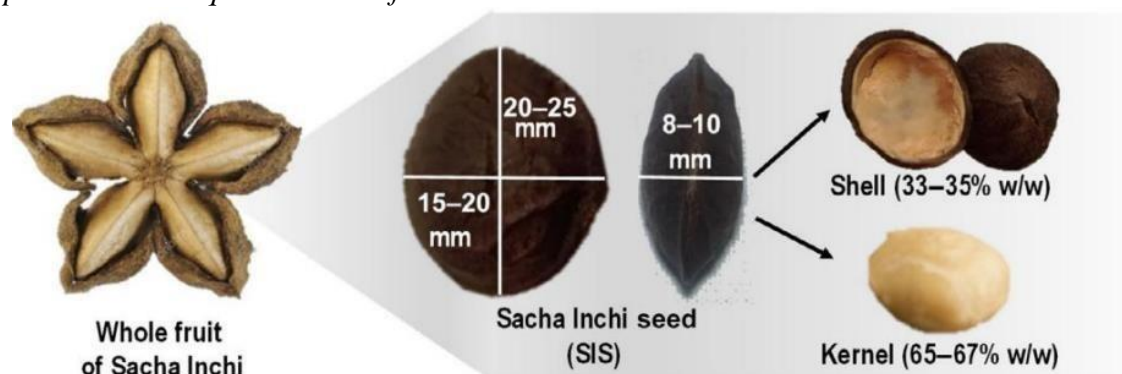
2.2.2 Descripción del fruto de Sacha Inchi *P. volubilis*

El sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) de la familia Euphorbiaceae también es conocido como maní sachá, maní de montaña, nuez del inca o maní del inca. Es nativo de la selva tropical del territorio amazónico de América del Sur que incluye partes de Perú y el noroeste de Brasil. Representantes de otras especies reportadas del género *Plukenetia* incluyen *P. brachybotrya*, *P. polyadenia*, *P. lorentensis* y *P. huayllabambana*. Está desarrollándose por otros continentes como por ejemplo en el continente asiático a causa de su amplia capacidad como labor económica (Wang et al., 2018).

Sacha Inchi tiene una cápsula de fruta en forma de estrella (3–5 cm), como se aprecia en la figura 2. Conforme la fruta madura, el color permuta de verde a marrón negruzco.

Figura 2.

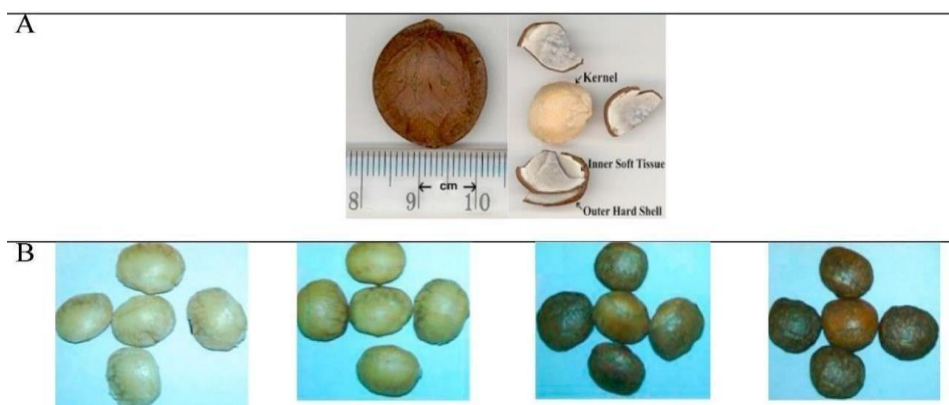
Representación esquemática del fruto Sacha Inchi



Nota: Whole fruit of sha inchi: Fruta entera de sha inchi, Sha inchi seed: semilla de sachá inchi, Shell: Caparazón, kernerl: núcleo. Extraído de Felipe et al., (2019). Efectos del Descascarado de Semillas de Sacha Inchi.

El contenido de la fruta tiene semillas ovaladas comestibles de color marrón oscuro (1,5–2 cm) estas representativamente brotan a una temperatura óptima de 25 a 30 °C (Wang et al., 2018). En la figura 3 se aprecia el color de la semilla cuando este es sometido a tostado.

Figura 3.
Semilla de (*Plukenetia volubilis* L.)



Nota: (A) Semilla entera de sachá Inchi (imagen de la izquierda) y semilla (imagen de la derecha). El grano está empaquetado dentro de una cáscara dura de color marrón oscuro con un revestimiento interior de tejido blanco suave (B) Granos de Sacha Inchi de semillas crudas y tostadas. Recuperado de Wang et al., (2018). En su estudio composición nutricional, actividad biológica y usos del Saha Inchi.

2.2.3 Composición química del grano

Esta semilla contiene predominantemente lípidos (35-60%), representados por ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) como el ácido α -linolénico o ALA (C18:3, ω -3; 47-51%) y ácido linoleico o LA (C18:2, ω -6; 34-37%) (25), además de ácidos grasos monoinsaturados como el ácido oleico (9,5%), ácidos grasos saturados como el palmítico (4,4%) y esteárico (2,7%), proteínas (25-33%) y otros compuestos menores como la vitamina E en sus formas α -tocoferol (50-114 mg/g de aceite) y δ -tocoferol (30-125 mg/g), flavonoides, secoiridoides, lignanos, fenoles, campesterol, estigmasterol, β -sitosterol y minerales (Cárdenas et al., 2021). Sin embargo, la capacidad de Ácidos grasos polinsaturados de sachá Inchi podría ser aún mayor, representando alrededor del 93% de los ácidos grasos. (Cárdenas et al., 2021). En la tabla 1 se evidencia la estructura química de la semilla tanto su composición proximal, tocoferoles y fitoesteroles.

Tabla 1.
Composición química de semilla, cáscara de semilla, hoja y aceite de semilla de sachá inchi.

	Semilla	Cáscara de semilla
Composición proximal (%)		
Humedad	3.3–8.32	8.4
lípidos	33,4–54,3	1.24

Proteína	24,2–27,0	N / A
Carbohidrato	13,4–30,9	N / A
Fibra dietética (% carbohidrato)	72.4	N / A
Ceniza	2.7–6.46	N / A
Tocoferoles (mg/100 g)		
α-tocoferol	1.13–1.27	1.84
β-tocoferol	0,67–0,95	N / A
γ-tocoferol	56,8–81,4	0.57
δ-tocoferol	29,2–67,8	N / A
tocoferoles totales	78,6–137,0	3.06
Fitoesteroles (mg/100 g)		
Campesterol	7.1–8.8	N / A
Estigmasterol	21,2–26,9	N / A
β-sitosterol	45,2–53,2	N / A

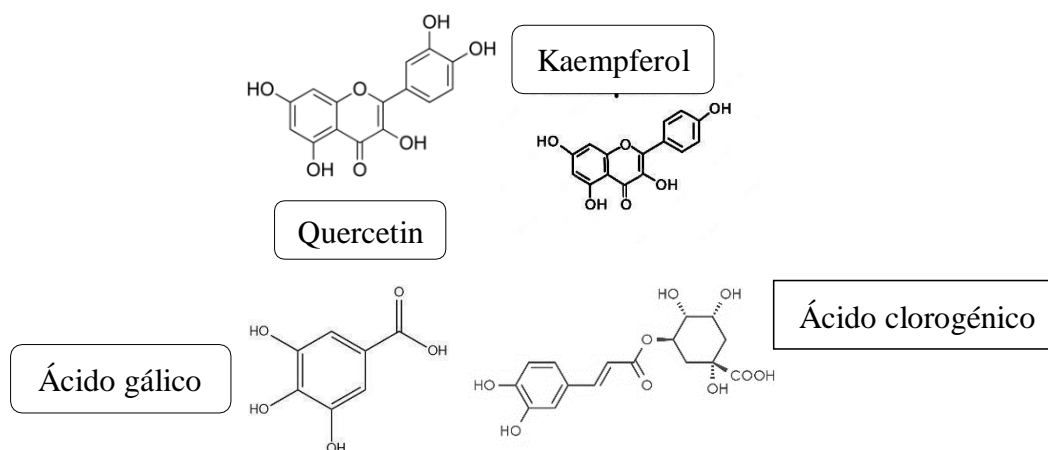
Nota: Extraída de Wang et al., (2018)

Tabla 2.
Contenido fenólico de las semillas de sachá inchi

Fenólicos (mg/100 g)	Semilla
Flavonoides	
Quercetina	1,72 ± 0,06
Kaempferol	0,27 ± 0,01
Isorhamnet	0,27 ± 0,01
Ácidos fenólicos	
ácido gálico	2,51 ± 0,09
Ácido 4-hidroxibenzoico	2,28 ± 0,13
Ácido clorogénico	2,16 ± 0,12
ácido cafeico	4,44 ± 0,04
Ácido p-cumárico	2,51 ± 0,15
Ácido ferúlico	0,56 ± 0,04
ácido sinápico	0,92 ± 0,03

Nota: Extraída de Kittibunchakul, 2022.

Figura 4.
Contenido fenólico de las semillas de sachá inchi



Nota: Estructura de los compuestos fenólicos principales del Sacha Inchi

2.2.3.1 Proteína

El contenido de proteína de las semillas desgrasadas oscila entre 27 y 59,1 % (base seca). Proteínas de la semilla de sachá inchi son de virtuosa calidad nutricional y pueden desarrollarse para la nutrición humana, especialmente en el creciente mercado de alimentos sin gluten (Wang et al., 2018).

2.2.3.2 Carbohidrato

La cantidad de carbohidratos de las semillas de sachá inchi oscila entre 13,4 y 30,9 %. La información sobre los carbohidratos de las semillas es muy limitada. Queda por estudiar la composición de la fibra y la existencia de almidón en las semillas (Wang et al., 2018).

2.2.3.3 Tocoferol, carotenoide y fitoesteroles

El contenido total de tocoferoles de las semillas de sachá inchi oscila entre 78,6 y 137,0 mg/100 g de semilla. El contenido total de carotenoides de las semillas de 17 cultivares de sachá inchi tiene un rango de 0,07 a 0,09 mg de β -caroteno equivalente por 100 g de semilla. El sitosterol (45,2–53,3 mg/100 g de semilla) es el fitosterol predominante en las semillas, seguido del estigmasterol (21,2–26,9 mg/100 g de semilla) y campesterol (7,1–8,8 mg/100 g de semilla). La agrupación de estos 3 fitoesteroles osciló entre 73,5 y 89 mg/100 g de semilla (Wang et al., 2018).

2.2.3.4 Polifenoles

El contenido fenólico total (TPC) de estas semillas cambian en un extenso rango (64,6–80,0 mg de equivalente de ácido gálico (GAE)/100 g de semilla, base húmeda). Se han identificado fenoles de alcohol fenílico, flavonoides, secoridoides y lignanos en el aceite de semilla de sachá inchi (Wang et al., 2018).

2.2.3.5 Mineral

En estas semillas de Colombia, el potasio (5563,5 mg/kg) fue el mineral más dominante, seguido del magnesio (3210 mg/kg), calcio (2406 mg/kg), hierro (103,5 mg/kg), zinc (49,0 mg/kg). mg/kg), sodio (15,4 mg/kg) y cobre (12,9 mg/kg) La semilla de cártamo tiene un nivel de calcio similar (2140 mg/kg) a la semilla de sachá inchi (Wang et al., 2018).

2.2.3.6 Efectos fisiológicos

El fruto del sachá inchi tiene gran potencial agroindustrial ya que contiene ácidos grasos ω -3, -6 y -9, lo que le confiere un alto valor nutricional. Esta planta es un biorecurso que se consigue localizar en diversas secciones de mercado como complementos dietéticos, alimentos funcionales, cosmética y cuidado personal, así como en medicina, no solo por el contenido de ácidos grasos sino por sus demás componentes bioactivos (Cárdenas et al., 2021).

2.2.3.7 Actividad antioxidante

Consistente con su capacidad para proteger contra el daño oxidativo, así como una mayor inhibición del peróxido de hidrógeno y una marcada reducción en la actividad de iones férrico a ferroso en comparación con la catenina. La capacidad antioxidante total, expresada en equivalentes de ácido ascórbico (EAA), fue de 83,42, 89,21 y 97,76 g en los extractos de hexano, cloroformo y metanol, respectivamente. Las capacidades antioxidantes hidrofílicas y lipofílicas se correlacionaron con los contenidos de fenoles totales y carotenoides totales, respectivamente (Cárdenas et al., 2021).

2.2.3.8 Actividad antitumoral

El análisis del producto del consumo de un suplemento de ácidos grasos de sachá inchi (constituido por una mezcla de ácidos grasos, principalmente ácido α -linoleico, ω -3 al 54,5%), en el contexto del control antineoplásico ha arrojado resultados interesantes, por la reducción de hasta 2,3 y 3 veces de la masa tumoral y la proliferación de células Walker 256 en un modelo murino de cáncer de mama, respectivamente, en concordancia con los datos obtenidos tras la dieta con aceite de pescado, junto con la disminución de TNF- α , IL-6 y triacilglicéridos en 65, 62,5 y 50% en plasma, respectivamente (Cárdenas et al., 2021).

2.2.3.9 Componentes Anti nutricionales del fruto de Sacha Inchi

Las semillas de sachá inchi se utilizan normalmente para la extracción de aceite debido a su alto contenido de aceite. El principal subproducto de la semilla es el aceite es el residuo o harina de semillas, que es altamente nutritivo. Sin embargo, la presencia de fenómenos naturales como los factores antinutricionales (ANF), limitan la utilización de semillas de sachá inchi (Suwanangul et al., 2021). A continuación, se presentan los compuestos antioxidantes del sachá inchi:

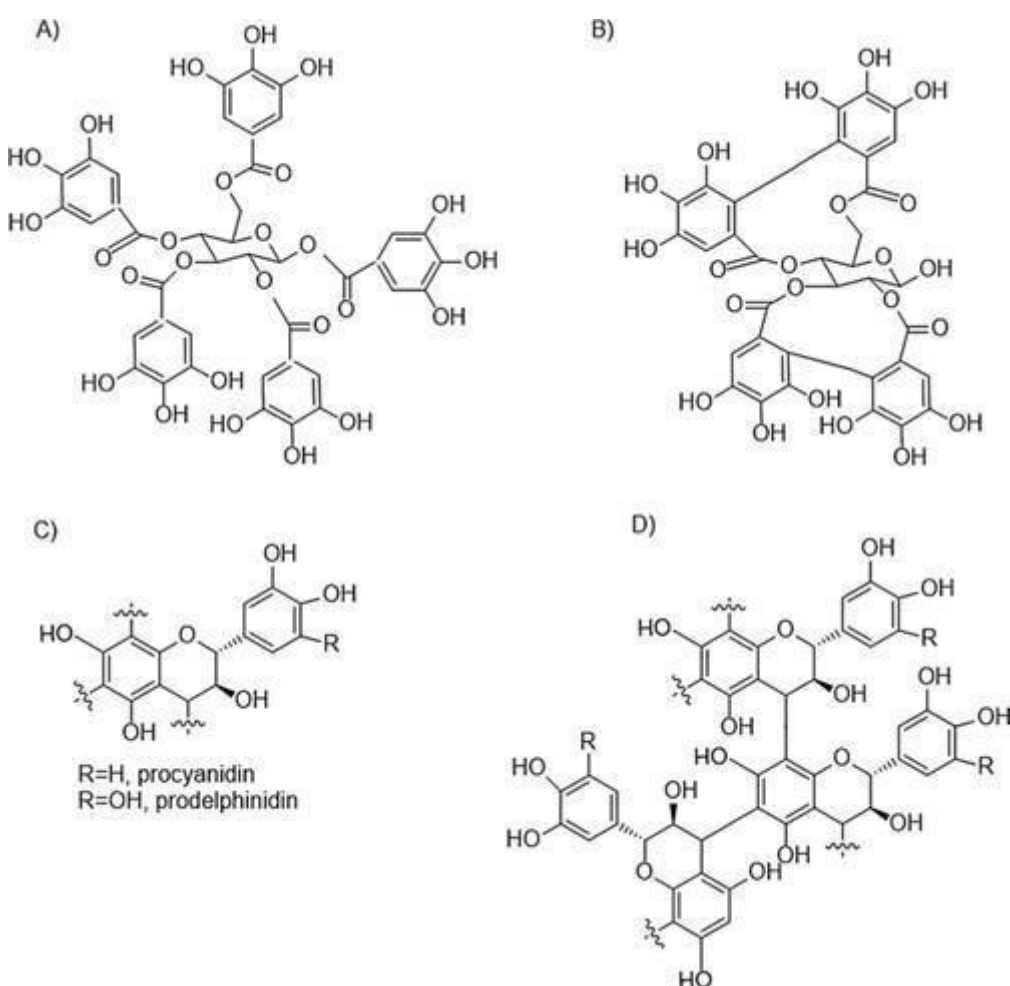
Taninos

Los taninos son elementos polifenólicos solubles en agua y tienen tendencia a unirse a proteínas. Las estructuras de los taninos contienen varios enlaces éster que se escinden fácilmente a temperaturas más altas (Suwanangul et al., 2021).

Los taninos son otro grupo de componentes antinutritivos que pueden perjudicar la digestión de las proteínas, las actividades de las enzimas (lipasa, tripsina o amilasa) o la absorción de minerales (hierro) (Stoleru et al., 2022).

Figura 5.

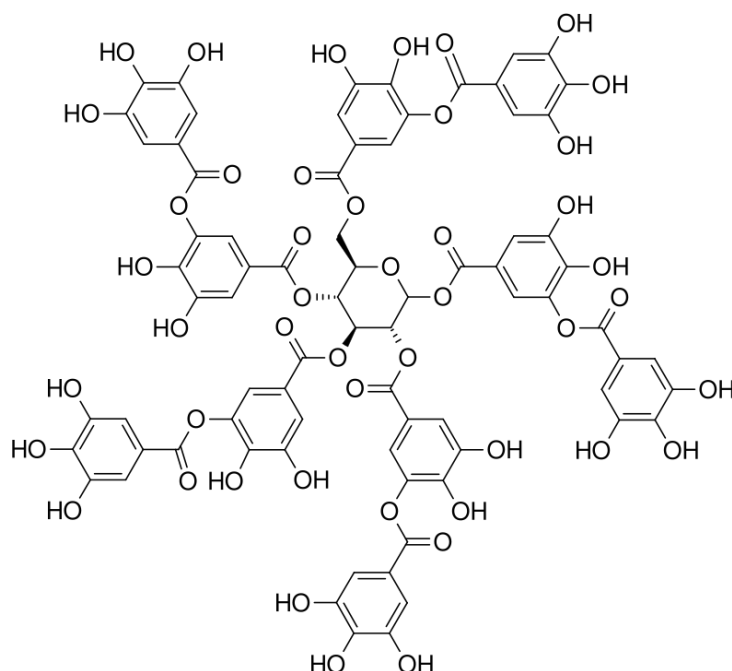
Estructura química de los taninos



Nota: A) galotanino simple, B) elagitanino simple, C) unidad básica de taninos condensados, y D) trímero de taninos condensados. Extraído de Adamczyk et al., 2017.

Figura 6.

Estructura química del Ácido Tánico identificado en el sachá inchi



Nota: Estructura química del Ácido Tánico identificado en *Plukenetia volubilis* L.
Extraída de Ruiz et al., 2018.

Ácido fítico

El ácido fítico (AP) es la principal reserva de fósforo en cereales y leguminosas que satisface las necesidades de biosíntesis de los tejidos en crecimiento durante la germinación. En general, se considera que es un factor antinutricional que se encuentra en los granos porque puede unirse a minerales, proteínas y almidón, lo que limita su biodisponibilidad (Ehsan et al., 2021)

Saponinas

Las saponinas también pueden unirse al hierro y reducir su absorción. Las saponinas son fitoquímicos estructuralmente complejos compuestos de fracciones de glicona y aglicona. Las saponinas se clasifican como esteroides, alcaloides esteroideos y triterpenoidales según el esqueleto de carbono de las agliconas. Las saponinas muestran una enorme variedad de bioactividades, como antimicrobianas, antifúngicas, alelopáticas, insecticidas, pesticidas, molusquicidas, hipocolesterolémicas, anticancerígenas, antiinflamatorias, y antiviral, ginsenósidos). Las saponinas esteroideas (derivados de espirostanol o furostanol) y los alcaloides esteroideos (tipo

espirosolano y solanidano) se derivan del cicloartenol principal esteroideal C-3. En ocasiones puede dar además un sabor amargo a los alimentos (Sumit, 2020).

2.2.4 Métodos para la eliminación de compuestos anti nutrientes

2.2.4.1 Separación por molienda

La molienda es el procedimiento más común para disgregar la capa de salvado de los granos. Es un proceso por el cual los granos se muelen en harina. Este método de trituración elimina los anti nutrientes (ácido fítico, lectinas, taninos), que residen en el salvado de los cereales, sin embargo, este método tiene el importante inconveniente de que además se elimina minerales fundamentales (Gupta et al., 2015). Por ejemplo, la investigación sobre la molienda del mijo informó que la composición química del mijo perla cambió debido al proceso de molienda. Por otro lado, no se observaron muchos cambios en la harina de mijo perla cuando se procesó mediante horneado (Samtiya et al., 2020). Sin embargo, el proceso de molienda y calentamiento durante la elaboración del chapati redujo los contenidos de ácido fítico y polifenoles además de mejoras significativas en la digestión del almidón y las proteínas (Samtiya et al., 2020). En otra investigación, de Suma y Urooj (2014) mencionan que se utilizaron dos variedades de mijo perla para evaluar sus nutrientes, anti nutrientes y biodisponibilidad mineral después de molerlos en harina integral, segmento rico en salvado y harina semirrefinada. Los resultados de composición de nutrientes mostraron que no se encontró diferencia en la harina semirrefinada y la harina integral excepto en el contenido de grasa que fue de 1.3%. Sin embargo, se encontró que los contenidos de fitato y oxalato eran bajos en la harina semirrefinada en comparación con la harina integral, debido a la eliminación de la fracción de salvado (Samtiya et al., 2020).

2.2.4.2 Remojo o inmersión

El remojo es un método atractivo para eliminar el contenido de anti nutrientes de los alimentos porque también reduce el tiempo de cocción. El remojo también mejora la liberación de enzimas (fitasas endógenas), que están presentes en los alimentos vegetales como las almendras y otros frutos secos y cereales (Samtiya et al., 2020). El remojo generalmente proporciona condiciones de humedad esenciales, que son necesarias para su germinación y las reducciones asociadas en el nivel de inhibidores

de enzimas, así como otros antinutrientes para mejorar la digestibilidad y el valor nutricional (Samtiya et al., 2020). El remojo también se requiere comúnmente para la fermentación, que también se puede usar para reducir el nivel de varios antinutrientes en los alimentos. Muchos de los antinutrientes son de naturaleza soluble en agua, lo que mejora su eliminación de los alimentos a través de la lixiviación (Samtiya et al., 2020). Un estudio previo realizado por Mohapatra et al. (2019), indicó que 6 h de remojo redujeron 27.9% y 24 h de remojo redujeron 36.0% de ácido fítico a temperatura ambiente en *Mucuna flagellipes*.

El remojo con cloruro de sodio en algunos alimentos puede mostrar cualidades específicas que definen la calidad de fabricación y del producto final (Beck et al., 2012). La solución salina puede reducir la concentración de compuestos tóxicos depende del medio de remojo utilizado (agua, solución salina o solución de bicarbonato) y del tiempo de remojo. Estas soluciones pueden ser NaHCO_3 , Na_2CO_3 y NaCl . (Yogesh et al., 2021)

2.2.4.3 Autoclave y cocción

Autoclave es una aplicación que generalmente se usa para tratamientos térmicos. Cuando esta aplicación se usa en cereales y otros alimentos de origen vegetal, activa la enzima fitasa y aumenta la acidez. La mayoría de los alimentos mostraron beneficios para la salud cuando se consumieron después de la autoclave. Por ejemplo, la ebullición de granos alimenticios redujo el contenido de antinutrientes, lo que mejoró su valor nutricional. El remojo y la cocción también redujeron en gran medida el contenido fítico en los granos de leguminosas. Las legumbres alimenticias en general se hacen hervir con una olla a presión precedentemente antes de su consumo. Informes previos también dieron a conocer que este procedimiento enriquecía en gran medida el valor nutricional de los alimentos al reducir su contenido anti nutricional (por ejemplo, taninos e inhibidores de tripsina) (Samtiya et al., 2020).

2.2.4.4 Germinación

La germinación también se considera un método muy adecuado para reducir los componentes antinutrientes de los alimentos de origen vegetal. La germinación de las semillas generalmente activa la enzima fitasa, que degrada el fitato y conduce a un decrecimiento de la concentración de ácido fítico en las muestras. La germinación

cambia comúnmente el nivel nutricional, la propiedad bioquímica y las características físicas de los alimentos. Para la reducción del contenido antinutricional de los cereales, este método se utiliza con mayor frecuencia (Samtiya et al., 2020).

Keawkim et al. (2021), Las condiciones de germinación de sachu inchi podrían reducir los taninos y otros componentes antinutricionales y mejorar la calidad nutricional de las semillas. La germinación comienza con la imbibición de agua, la movilización de reservas de alimentos, la síntesis de proteínas y la consiguiente protrusión de la radícula, la principal reserva de alimentos para el desarrollo de las plántulas.

2.2.4.5 Fermentación

La fermentación puede ser una estrategia útil para reducir la contaminación bacteriana de los alimentos. Este es un proceso metabólico en el que los azúcares se oxidan para producir energía; también mejora la absorción de minerales de los alimentos de origen vegetal (Samtiya et al., 2020). La fermentación es uno de los métodos de procesamiento que se da para que los cultivos de cereales sean comestibles (eliminación de compuestos tóxicos) y también para aumentar la calidad nutricional y los aspectos de seguridad de estos alimentos, ya que los cereales no se consumen fácilmente en su forma natural cruda (Samtiya et al., 2020). En los cereales, el ácido fítico normalmente forma complejos con los cationes metálicos que incluyen hierro, zinc, calcio y proteínas. Estos complejos generalmente son degradados por enzimas, que requieren un pH óptimo mantenido por fermentación (Mohapatra et al, 2019). Por lo tanto, este tipo de degradación disminuye el contenido de ácido fítico y libera hierro, zinc y calcio solubles, que mejoran el nivel nutricional de los cereales. Se ha informado que la fermentación de cereales por bacterias del ácido láctico (LAB) aumenta los aminoácidos libres y sus derivados por proteólisis y síntesis metabólica. Se ha demostrado que la fermentación mejora el valor nutricional de los cereales al aumentar el contenido de aminoácidos esenciales como la lisina, la metionina y el triptófano. La fermentación se puede dar con mezclas salinas (Mohapatra et al, 2019).

2.2.4.6 Tostado

Viegas (2018) menciona que aparte de las saponinas, el tostado redujo el contenido de todos los antinutrientes evaluados. Las semillas de sachu inchi tostadas al horno a 160 °C durante 15 min redujeron significativamente el contenido general de

antinutrientes y mejoraron la actividad antioxidante. Los cambios relacionados con la oxidación que ocurrieron como consecuencia del tostado estuvieron dentro de los límites de calidad del aceite generalmente aceptados. El tostado demostró ser un procedimiento simple y efectivo que puede reducir el potencial antinutricional de las semillas de sachá inchi. Se pueden aplicar tratamientos de tostado para minimizar el potencial antinutriente en las semillas de sachá inchi (Cisneros et al., 2014).

2.2.5 Evaluación de calidad en el procesamiento

2.2.5.1 Índice de Acidez

Este análisis es una medida del ácido graso libre de hidróxido de potasio contenido en la unidad de masa (g) de una sustancia química. Es la propiedad que indica la calidad de o tasa de degradación cuando se almacena durante algún tiempo, con inferencia a la estabilidad y la vida útil (Onu y Mbohwa, 2021). Se utiliza para la medida de la proporción de ácidos grasos libres vigentes en grasa o aceite. Se enuncia por el número de miligramos de hidróxido potásico indispensables para equilibrar la acidez que hay en un gramo de aceite o grasa (Onu y Mbohwa, 2021). La acidez, mencionada como ácido oleico, es el conjunto del porcentaje de ácidos grasos libres en el aceite, esto está estrechamente relacionado con su pureza (Onu y Mbohwa, 2021). Un pequeño valor de acidez precisa un desarrollo de extracción del aceite realizado seguidamente luego de la cocción del grano y con métodos naturales. Similarmente como los ácidos grasos se rompen, los ácidos grasos libres se convierten cuando incrementa la acidez del aceite y disminuyen su calidad original (Onu y Mbohwa, 2021).

Según el CODEX y FAO (2018) el índice de acidez para que sea el aceite de calidad no debe exceder los 10,0 mg KOH/g aceite. Del mismo modo según INFORME N° 010.2019-INACAL. Informa que este no debe superar los 10,0 mg KOH/g aceite si este supera se debe eliminar el producto.

2.2.5.2 Índice de Peróxido

El índice de peróxido (IP) se usa comúnmente para evaluar la oxidación inicial. El método estándar para la determinación de IP se basa en una titulación que mide el yodo liberado del yoduro de potasio debido a la reacción con los hidroperóxidos presentes en las muestras de aceite (Souza y Silva, 2022). A una cantidad conocida de aceite se le aumenta una demasía de yoduro de potasio, que reacciona con los

hidroperóxidos de la muestra (Souza y Silva, 2022). El yodo liberado se titula con tiosulfato de sodio, utilizando almidón como indicador. La cantidad calculada de yoduro de potasio requerida para reaccionar con los hidroperóxidos y convertirlos en yodo se usa para determinar el IP. No obstante, la exactitud de esta técnica precisa del momento exacto de protección de la mezcla de la luz y puede ser subjetiva debido a la experiencia variable del analista en la detección del punto final (Souza y Silva, 2022).

Según el CODEX y FAO (2018) el índice de peróxido admisible para aceites es hasta 10 miliequivalentes de oxígeno activo/kg de aceite. Del mismo modo indican las NTP si este supera los 10 mEq. se debe eliminar el producto.

2.2.5.3 Otros métodos

Índice de yodo

El índice de yodo es una medida del grado relativo de instauración de los componentes del aceite, determinado por la absorción de halógeno. Debido a que el punto de fusión y la estabilidad oxidativa están relacionados con el grado de instauración. Cuanto mayor es el índice de yodo, mayor es la insaturación y la susceptibilidad a la oxidación (Lingyi, 2019).

De acuerdo al reglamento sanitario de aceites y grasas de Bogotá resolución 2154 los rangos yodo deben estar entre 104 como mínimo y 120 como máximo. Y de acuerdo a las normas técnicas mediante el artículo 527 el rango de índice de yodo debe estar entre 102 a 118.

Índice de saponificación

El índice de saponificación corresponde a la masa en mg de hidróxido de potasio (KOH, comúnmente conocida como potasa) necesaria para neutralizar los ácidos grasos libres y saponificar los ésteres contenidos en un gramo de material (Mohan et al, 2019). Cuanto mayor sea el valor de saponificación, menor será el peso molecular de todos los ácidos grasos (Mohan et al, 2019). De acuerdo al reglamento argentino artículo 527 resolución 19.10.84 el índice de saponificación debe estar entre 192 como mínimo y máximo de 198.

Sin embargo, para determinar el grado de calidad del Sacha Inchi se hará uso de los métodos más conocidos y estipulados en las normas técnicas peruanas (índice de acidez e índice de peróxido) en estas se encuentran los rangos máximos permisibles o aceptados para el consumo humano.

2.2.5.4 Propiedades fisicoquímicas

Los cambios fisicoquímicos y estructurales en los alimentos durante el procesamiento dependen del tipo de alimento que se procesa (sólido o fluido) o de sus componentes. Existen numerosas propiedades fisicoquímicas de los alimentos, por ejemplo, propiedades de hidratación (actividad del agua, cabida de absorción de agua, cabida de conservación de agua, higroscopicidad, dispensabilidad, solubilidad, etc.), comportamiento reológico de fluidos, propiedades mecánicas, propiedades ópticas (color, sapidez, etc.) y propiedades térmicas. Sin embargo, cada tipo de alimento necesita ser caracterizado mediante el estudio de ciertas propiedades fisicoquímicas específicas. La elección de las propiedades fisicoquímicas más adecuadas en cada caso es muy importante en la investigación de alimentos (Igual y Martínez, 2022).

Los cambios físicos y químicos en cada componente e ingrediente son el resultado de las operaciones de procesamiento y, a menudo, conducen a cambios físicos, sensoriales y nutricionales en los alimentos y, por lo tanto, en la calidad (Igual y Martínez, 2022).

III. MÉTODOS Y MATERIALES

3.1. Lugar de Ejecución

El estudio se llevó a cabo en los laboratorios de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (UNPRG), Lambayeque – Perú:

- Laboratorio de Análisis Físico Químico de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias donde se ejecutó los análisis organolépticos y ensayos de los diversos tratamientos propuestos.
- Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Biología, donde se realizó la caracterización de la materia prima, índice de acidez, índice de peróxidos, taninos y saponinas.

3.2. Población y muestra

3.2.1 Población

La población de estudio fue compuesta por 100 kg de semillas de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) pertenecientes a la región San Martín, Perú. El cual fue proporcionada por AGROMANA una compañía destinada a la investigación, desplegar y vender productos alimenticios novedosos con alto contenido nutricional, de carácter natural, en la región Lambayeque. Estas se recogieron a través de un muestreo aleatorio en lotes llegados la primera semana de octubre del 2019.

3.2.2 Muestra

La muestra fue compuesta por 5kg de granos de Sacha Inchi, estas constituyeron la materia prima utilizada como objeto de evaluación.

3.3. Tipo de investigación

El enfoque se orientó a ser cuantitativo por lo que los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente. Además, según Ñaupas et al., (2018) indica que este tipo de enfoque demanda una indagación numérica en forma de variables. Estas son una forma de encontrar alguna característica que varíe o tengan alguna tendencia. El tipo de investigación fue aplicada de acuerdo a lo que señala Ñaupas et al., (2018) aquella que está orientada a la aplicación práctica de la ciencia para resolver problemas prácticos con métodos ya existentes.

El nivel de la investigación es explicativo, este tipo de investigación según Arias y Mitsuo, (2021) posee la cualidad de instaurar una relación causalidad y efecto a través de sus variables, son más centradas y constituidas a diferencia de los efectos previos. Por lo que entre estas variables se planifican una relación de causa para el planteamiento de las hipótesis. El trabajo tuvo un diseño experimental, dado que según Arias y Mitsuo, (2021) los métodos de diseño experimental permiten al experimentador comprender mejor y evaluar los factores que influyen en un sistema particular por medio de enfoques estadísticos. Dichos enfoques combinan el conocimiento teórico de los diseños experimentales y el conocimiento práctico de los factores particulares a estudiar. Aunque la elección de un diseño experimental depende en última instancia de los objetivos del experimento y del número de factores a investigar, la planificación experimental inicial (Arias y Mitsuo, 2021).

3.4. Técnicas, instrumentos, equipos y materiales

3.4.1 Equipos e instrumentos de laboratorio

- Balanza analítica, marca OHAUS, modelo AP210S, cap 0 – 210 g. USA.
- Balanza digital marca Metler. Cap. 5 kg.
- Estufa, marca Memmert 30 – 120 °C
- Cocina de digestión, marca Adams.
- Mufla, marca Labor 0 – 600 °C
- Equipo de destilación Kjeldahl los materiales de vidrio fueron de marca Pyrex.
- Extractor Soxhlet (Balón de 300 cc., cuerpo soxhlet, refrigerante)
- Agitador magnético con calentamiento, marca Kossodo 0 – 100 °C.
- Desecador, marca Fisher.
- Molino de mano, marca Corona
- Espectrofotómetro, marca Único /Modelo: SQ4802E
- Centrifugadora, marca PowerSpin
- Termómetros, Marca Pyrex.

3.4.2 Materiales de laboratorio

- Fiola de 250 ml
- Buretas de 25 y 50 mL c/u.
- Matraces de 100, 250 y 500 mL c/u.

- Pipetas de 0,1; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10 mL c/u.
- Probetas de 10, 100 y 250 mL c/u.
- Vasos de precipitación de 50, 100, 250, 600 y 1000 mL c/u.
- Picetas.
- Baguetas
- Tubos de ebullición
- Cápsulas de cerámica
- Embudos de vidrio y porcelana
- Papel filtro rápido
- Soporte universal

3.4.3 Reactivos y Soluciones

- Hidróxido de sodio 0,1N, marca Carlo Erba
- Hidróxido de potasio 0.1N
- Alcohol etílico 95% marca Merck
- Indicador de Fenolftaleína 1%
- Agua destilada
- Ácido acético glacial, marca J. T. Barker
- Cloroformo, marca Fermi-nt
- Tiosulfato de sodio
- Solvente orgánico (éter de petróleo, hexano)
- Sulfato de cobre
- Sulfato potásico
- Ácido sulfúrico concentrado
- Selenio en polvo o SeO_2
- Disolución de hidróxido sódico al 40%
- Disolución de ácido bórico al 4%
- Indicador de Tsiro-Taschiro: 2g rojo de metilo y 1 g de azul de metileno en 1 L de etanol 96%
- Ácido nítrico, marca Merck
- Sulfato férrico amónico
- Nitrato de plata, marca Merck

- Tiocianato de potasio, marca J. T. Baker
- Ácido clorhídrico 1N, marca Merck
- Reactivo de Folin-Ciocalteu (tungstato de sodio + molibdato de sodio + agua destilada)
- Ácido tánico
- Ácido fosfórico
- Solución acuosa de acetona al 70%
- Tetracloruro de carbono, marca Riedel de Haen
- Yoduro de potasio, marca R&S Química
- Solución de Almidón, marca Fisher

3.4.4 Técnicas de Análisis

En la materia prima se realizó una evaluación químico proximal (humedad, grasa, fibra, proteína, ceniza, carbohidratos), índice de acidez e índice de peróxido y determinación de compuestos fenólicos (saponinas y taninos), además de una evaluación organoléptica (color, sabor).

3.4.4.1 Análisis Fisicoquímico

La metodología empleada para cada análisis correspondió a protocolos oficiales, tanto para humedad, ceniza, extracto etéreo, proteína bruta, fibra, índice de acidez e índice de peróxido y se describe a continuación en las Tablas 2, 3 y

Tabla 3.*Métodos para el análisis composicional de la semilla de Sacha Inchi*

DETERMINACIÓN	MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Humedad	A.O.A.C. 950.43	Deshidratación: Dsecación a 100 - 105°C en estufa a presión constante hasta peso constante por 3 horas
Ceniza	A.O.A.C. 920.53	Calcinación a 550°C, por 4 horas
Extracto etéreo	A.O.A.C. 991.36	Extracción Soxhlet, por 4 horas
Proteína bruta	A.O.A.C. 968.06	Kjeldahl: Digestión ácida y destilación de nitrógeno
Fibra bruta	A.O.A.C. 985.29	Weende: Digestión ácido-base y calcinación
Extracto no nitrogenado	-	Por diferencia

Nota: Elaboración propia**Tabla 4.***Métodos de determinación de los índices fisicoquímicos para el aceite de sachá inchi.*

DETERMINACIÓN	MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Índice de acidez	A.O.A.C. 940.28	Cantidad de KOH que reacciona con ácidos grasos libres
Índice de peróxidos	A.O.A.C. 965.33	Cantidad de yodo absorbido en relación al oxígeno activo de un aceite

Nota: Elaboración propia

Tabla 5.

Métodos de determinación de compuestos fenólicos en el grano de sachá inchi.

DETERMINACIÓN	MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Saponinas	Afrosimétrico	Método físico o método de la espuma, basado en su propiedad tensoactiva (Bacigalupo y Tapia, 2000). Fundado en la respuesta de los compuestos fenólicos con el reactivo de Folin (tungsto-fosfomolibdico; Na_2CO_3 al 20%), el que ocasiona un complejo de color azul, cuya extinción es medida a 700 nm, determinando el contenido total
Taninos	Espectrofotométrico	de fenoles. Posteriormente se utiliza una solución de gelatina para garantizar el secuestro de los taninos, obteniéndose de la diferencia de ambas determinaciones el porcentaje de taninos reportados como ácido tánico (Lastra <i>et al.</i> , 2000).

Nota: Elaboración propia

Para el mejor tratamiento se determinó % cloruro de sodio mediante el Método de Volhard.

FOLIN CIOCALTEU

El método espectrofotométrico se basa en la reacción de compuestos fenólicos formando un complejo coloreado con las respectivas soluciones, cuya extinción es medida a una longitud de onda de 650 y 700 nm. La evaluación de la longitud de

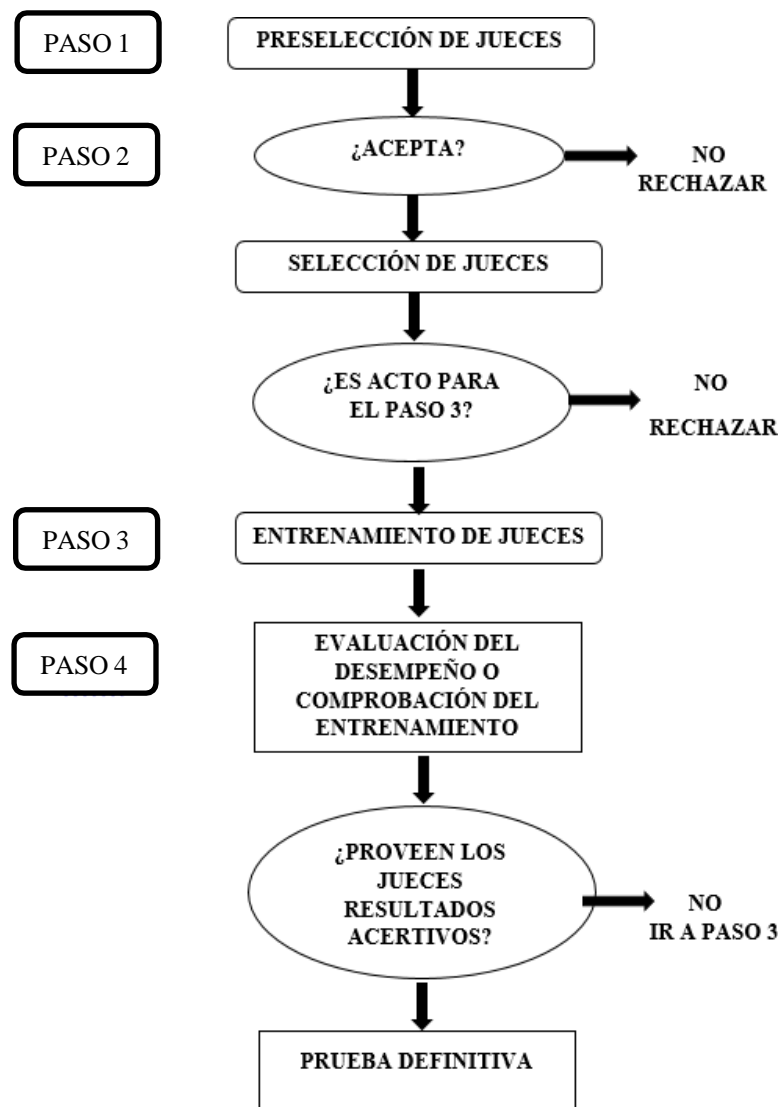
onda de polifenoles totales va depender del tipo de metodología y el tipo de polifenol (ORELLANA, 2007).

3.4.4.2 Análisis sensorial

Fue evaluado por un panel semi entrenado de 8 jueces, mediante un test de escala. Se sirvió la muestra de manera estandarizada a cada panelista. Entre la degustación de una muestra y otra, los panelistas se enjuagaron con una solución de ácido cítrico al 0.1% y posteriormente ingirieron agua, con el fin de eliminar sabores residuales del paladar. A continuación, se muestra en la figura 7 los pasos para la conformación de los jueces para la evaluación del análisis sensorial

Figura 7.

Metodología sensorial utilizada para la conformación del jurado sensorial de sabor y color en Sacha Inchi.



Nota: Elaboración propia

Para la calificación de las muestras, se aplicó la ficha de escala hedónica de ochopuntos para sapidez y la ficha de escala hedónica de cuatro puntos para color, para la realización del análisis estadístico, se le asignó un número del 1 al 8 y del 1 al 4 en escala de satisfacción, respectivamente como se muestra en la tabla 6 y 7.

Tabla 6.
Escala de valoración para la Sapidez

Escala	Calificativo
1	Ausente
2	Muy débil
3	Débil
4	Ligeramente
5	Moderado
6	Fuerte
7	Muy fuerte
8	Extremadamente fuerte

Nota: Elaboración propia

La escala de mediación para la sapidez tiene la escala más baja con el número 1 con el significativo ausente y el más alto con el número 8 con el significativo extremadamente fuerte. Dado ello cuanto menor sea la valoración este será mejor.

Tabla 7.
Escala de valoración para el color

Escala	Calificativo
1	Grano opaco, oscuro
2	Grano amarillo
3	Grano ligeramente amarillo
4	Grano ligeramente blanco

Nota: Elaboración propia

En la tabla 7 se muestra la escala del color donde 1 es grano oscuro y el más alto esta con el 4 que es el grano ligeramente blanco. Lo que se requiere es que esta valoración sea más alta pues así, este dará a conocer un buen color.

3.4.5 Diseño y análisis de datos

3.4.5.1 Diseño experimental

El diseño que se empleo fue un diseño completamente al azar (DCA). Los datos obtenidos fueron ordenados y presentados en tablas y gráficos; para establecer, mediante la caracterización fisicoquímica (índice de acidez, índice de peróxidos y concentración de compuestos fenólicos), la variación de las propiedades antes y después de la operación de acondicionado, mediante un diseño factorial de 3^2 (9 tratamientos y por cada uno 3 repeticiones, obteniéndose así 27 resultados), el cual nos permite llegar al mejor y al que cumpla con los objetivos propuestos. Los datos de evaluación sensorial (color y sabor) se acondicionan al mismo diseño.

Modelo aditivo lineal de la investigación

$$y_{ij} = u + r_i + e_{ij}$$

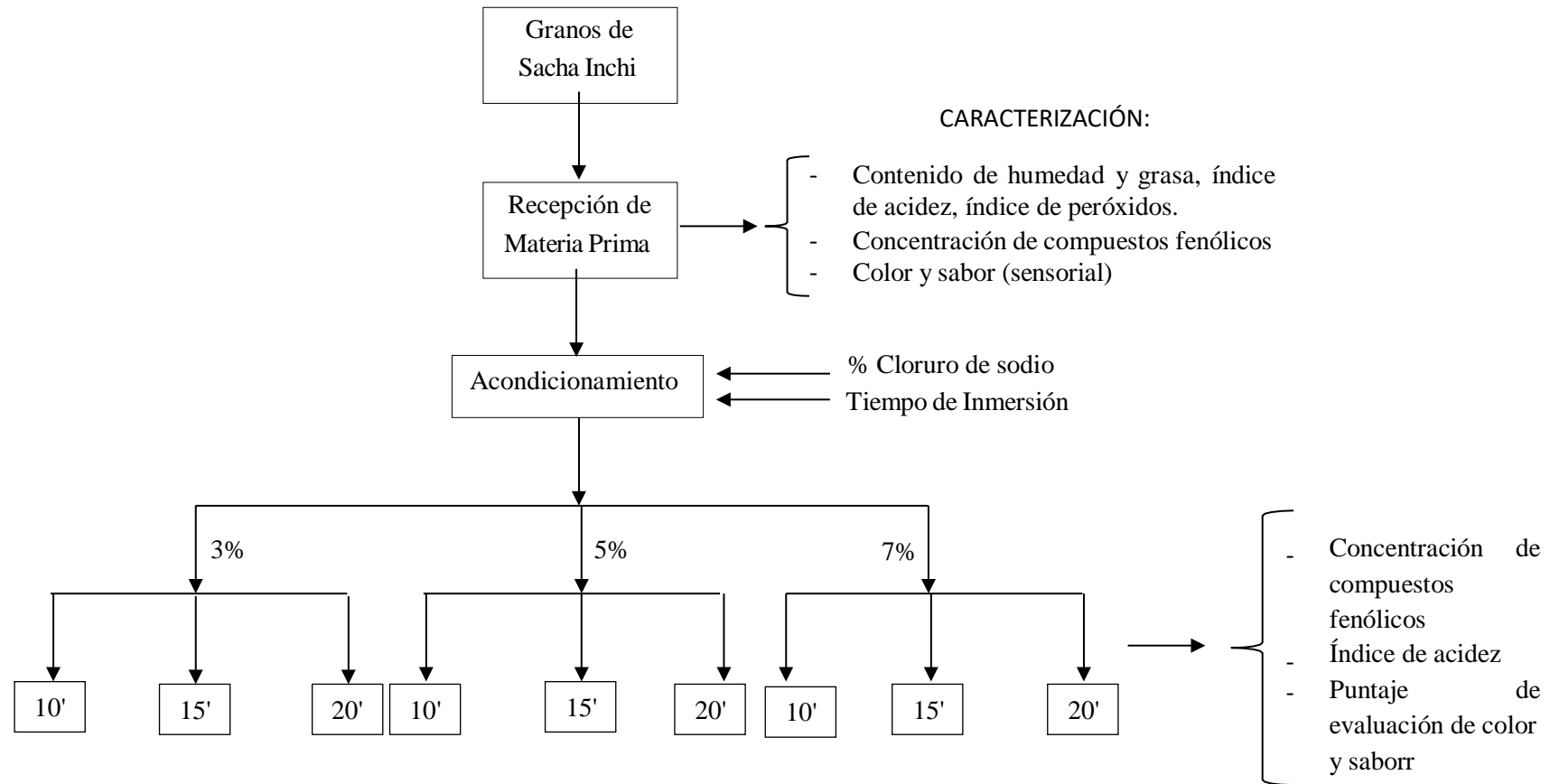
Donde:

- $i = 1, 2, \dots$ (Tratamientos)
- $j = 1, 2, \dots$ (Repeticiones)
- Y_{ij} = respuesta observada en el tratamiento i en el bloque j
- u = efecto medio verdadero
- r_i = es el efecto de la i -ésimo tratamiento
- e_{ij} = es el efecto del ij -ésimo error experimental.

3.4.5.2 Análisis estadístico de los datos

Los resultados del análisis proximal de la materia prima serán determinados mediante la media, la desviación estándar y el coeficiente de variabilidad. Los resultados de los tratamientos del diseño se analizarán mediante un ANOVA a un nivel de significancia del 95% ($p < 0.05$) para establecer la presencia de diferencias significativas entre los 9 tratamientos experimentales propuestos. Si el ANOVA resulta significativo se usará la prueba de diferencias de medias de Tukey. Para el desarrollo de los procesos estadísticos se manejará el programa estadístico SPSS versión 25 en entorno MS-Windows 11.

Figura 8.
Diseño experimental



Nota: Elaboración propia

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización fisicoquímica de la materia prima

Tabla 8.

Caracterización proximal de los granos de sachá inchi (materia prima)

COMPONENTE	ENSAYOS	PROMEDIO \pm Desviación estándar
Humedad (%)	3.9	3.8 ± 0.08
	3.7	
	3.8	
Grasa (%)	49.3	49.3 ± 0.16
	49.5	
	49.1	
Ceniza (%)	2.1	2.1 ± 0.08
	2.2	
	2.0	
Proteína (%)	33.52	33.52 ± 0.03
	33.48	
	33.55	
Fibra (%)	1.75	1.72 ± 0.02
	1.70	
	1.72	
Carbohidratos (%)	9.43	9.56 ± 0.19
	9.42	
	9.83	
Índice de Acidez (mg KOH/g aceite)	0.67	0.70 ± 0.02
	0.73	
	0.70	
Índice de Peróxido (meq. O ₂ /kg aceite)	6.8	6.4 ± 0.33
	6.0	
	6.4	
Saponinas (%)	0.053	0.050 ± 0.004
	0.044	
	0.053	
Taninos (%)	3.79	3.78 ± 0.01
	3.77	
	3.77	

Nota: Elaboración propia

Según lo hallazgos de encontró un contenido de humedad en base humedad $3.8\% \pm 0.08$, otros estudios como el de Romero et al. (2019), reporto un contenido de humedad de 6.75% en base húmeda, Bueno et al. (2018), por medio de su estudio sobre los efectos del tostado sobre los anti nutrientes dio a conocer un contenido de humedad de la semilla de sachá inchi de 5.54 % base seca equivalente a 5.86 % en base humedad. Para Jitpinit et al. (2022), en su trabajo sobre el contenido de omega 3 en aceite de semilla de sachá inchi, dio a conocer una humedad del 4.38 ± 0.08 %. Los resultados mostraron contenido de la grasa de $49.3\% \pm 0.16$. en cambio, según Romero et al. (2019), en su estudio sobre la caracterización del aceite de la semilla de sachá inchi, da a conocer un resultado de $42.03\% \pm 0.2$, Bueno et al. (2018), obtuvo 57.85 ± 0.3 %. Con respecto a la ceniza se obtuvo 2.1 ± 0.08 %, según lo reportado por Bueno et al. (2018), quien menciona que el sachá inchi tiene alrededor de 3.07 ± 0.1 % de ceniza, Jitpinit et al. (2022), en su estudio da a conocer un valor de $2.9\% \pm 0.2$ de ceniza. El porcentaje de proteína fue de 35.09 ± 0.03 %, por el contrario, Jitpinit et al. (2022), da a conocer que es de 29.78 ± 1.6 %. La fibra fue de 1.72 ± 0.02 %. Para Rodríguez et al. (2018), dieron a conocer que el porcentaje de fibra del sachá inchi es de $6.60\% \pm 0.10$. Del mismo modo Bueno et al. (2018), da a conocer un porcentaje de fibra de 6.98%. El % de carbohidrato fue 9.56 ± 0.19 %. Según bueno et al. (2018), quien menciona un 6.97% de carbohidratos de sacaha inchi.

Con respecto a la comparación de los hallazgos de lo diversos estudios con los resultados obtenidos se evidencia que estos no son semejantes a lo reportado esto puede ser debido a los distintos factores que desarrollo de la semilla entre los cuales podría ser el lugar de procedencia de las semillas, el clima, la composición de las tierras, la metodología de determinación, entre otros. Haciendo que los resultados varíen por la disposición de estos factores.

Concerniente al índice de acidez se reportó un valor de 0.70 ± 0.02 (mg KOH/g aceite) y para el índice del peróxido se obtuvo un resultado de 6.4 ± 0.33 meq. O₂/kg aceite. Según Romero et al. (2019), quienes reportan un índice de acidez de 0.38 (mg KOH/g aceite) y un índice de peróxido de 5.81 ± 0.5 meq. O₂/kg aceite. Estos resultados pueden estar variando por el tipo de metodología, los factores de crecimiento y lugar de procedencia.

Referente a las saponinas se obtuvo un % de 0.050 ± 0.004 y en los taninos se obtuvo un % de 3.78 ± 0.01 según Bueno et al. (2018), este porcentaje de saponinas fue de 7.02 ± 0.2 . y para los taninos el porcentaje fue de 0.19 ± 0.0 al igual que los anteriores al no ser

semejantes los resultados, se entiende que estos pueden variar por los factores de crecimiento, metodología y factores ambientales.

4.2. Evaluación sensorial de la materia prima

En la Tabla 9 se detallan los promedios obtenidos de los atributos evaluados (color y sabor, respectivamente) de los 8 panelistas semientrenados; donde se evidencia que la materia prima tiene astringencia extremadamente fuerte y color opaco.

Tabla 9.

Promedios obtenidos de la evaluación sensorial (atributos: color y sabor) a la materia prima

ATRIBUTO	PANELISTAS							
	A	B	C	D	E	F	G	H
COLOR	1	1	1	1	1	1	1	1
SABOR (astringencia)	8	8	8	8	8	8	8	8

Nota: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 9 se evidencia para el color que todos los panelistas indicaron que el grano de Sacha Inchi poseen un color opaco y oscuro. Y de acuerdo a la evaluación del sabor los panelistas dieron el calificativo más alto en conjunto el que es extremadamente fuerte.

Según iPerú, (2022) menciona que el grano de sacha inchi tiene un color marrón oscuro y un sabor astringente por lo que coincide con los resultados obtenidos además el grado de color y sabor puede variar por los factores que afectan el crecimiento.

4.3. Caracterización fisicoquímica de los tratamientos de acondicionado

Los resultados fisicoquímicos de los tratamientos de acondicionado, fueron analizados estadísticamente obteniéndose los resultados que se detallan a continuación:

4.3.1 Índice de acidez

En la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos en el estudio a los diferentes tratamientos propuestos para el índice de acidez

Tabla 10.*Resultados de Índice de Acidez de los tratamientos de acondicionado*

%NaCl/ tiempo de inmersión	IND. ACIDEZ (mg KOH/g aceite)	PROMEDIO ± Desviación estándar
	Materia prima	0.70 ± 0.02
3% / 10 min	0.67	0.66 ± 0.01
	0.65	
	0.65	
3% / 15 min	0.66	0.66 ± 0.005
	0.66	
	0.65	
3% / 20 min	0.67	0.67 ± 0.005
	0.67	
	0.66	
5% / 10 min	0.68	0.68 ± 0.005
	0.67	
	0.68	
5% / 15 min	0.70	0.69 ± 0.01
	0.70	
	0.68	
5% / 20 min	0.72	0.71 ± 0.01
	0.70	
	0.72	
7% / 10 min	0.73	0.73 ± 0.005
	0.72	
	0.73	
7% / 15 min	0.74	0.74 ± 0.005
	0.74	
	0.73	
7% / 20 min	0.76	0.75 ± 0.01
	0.74	
	0.76	

Nota: Elaboración propia

4.3.1.1 Análisis descriptivo

En la siguiente tabla se describe la media, la desviación típica, valores mínimos y máximos

Tabla 11.
Resultados descriptivos del índice de acidez

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
3% NaCl/10min	3	,6567	,01155	,00667	,6280	,6854	,65	,67
3% NaCl/15min	3	,6567	,00577	,00333	,6423	,6710	,65	,66
3% NaCl/20min	3	,6667	,00577	,00333	,6523	,6810	,66	,67
5% NaCl/10min	3	,6767	,00577	,00333	,6623	,6910	,67	,68
5% NaCl/15min	3	,6933	,01155	,00667	,6646	,7220	,68	,70
5% NaCl/20min	3	,7133	,01155	,00667	,6846	,7420	,70	,72
7% NaCl/10min	3	,7267	,00577	,00333	,7123	,7410	,72	,73
7% NaCl/15min	3	,7367	,00577	,00333	,7223	,7510	,73	,74
7% NaCl/20min	3	,7533	,01155	,00667	,7246	,7820	,74	,76
Total	27	,6978	,03555	,00684	,6837	,7118	,65	,76

Nota: Elaboración propia

4.3.1.2 Prueba de homogeneidad de varianza

Para determinar las diferencias de las medias con ANOVA este tiene que cumplir el supuesto de la homogeneidad de las varianzas y este se dará con las siguientes hipótesis:

Ho: La varianza entre los grupos es igual.

Ha: La varianza de los grupos es diferentes.

Si: Sig > 0.05 se acepta la Ho, Sig ≤ 0.05 se acepta la Ha

Tabla 12.*Prueba de Levene para el índice de acidez*

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,905	8	18	,122

Nota: Elaboración propia

Por medio de la tabla 12 se puede apreciar que la significancia es superior a los 0.05, donde indica que los datos son compactos el cual menciona que los grupos tienen igualdad de varianzas.

4.3.1.3 ANOVA de un factor

Para ello se plantea las siguientes hipótesis:

H0: Las medias de los tratamientos de índice de acidez son Iguales.

H1: Las medias de los tratamientos de índice de acidez no son Iguales.

Donde:

- Sig > 0.05 se acepta la H₀
- Sig ≤ 0.05 se acepta la H_a

Tabla 13.*Análisis factorial para el índice de acidez*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P valor o Sig.
Inter grupos	,031	8	,004	50,571	,000
Intragrupo	,001	18	,000		
Total	,033	26			

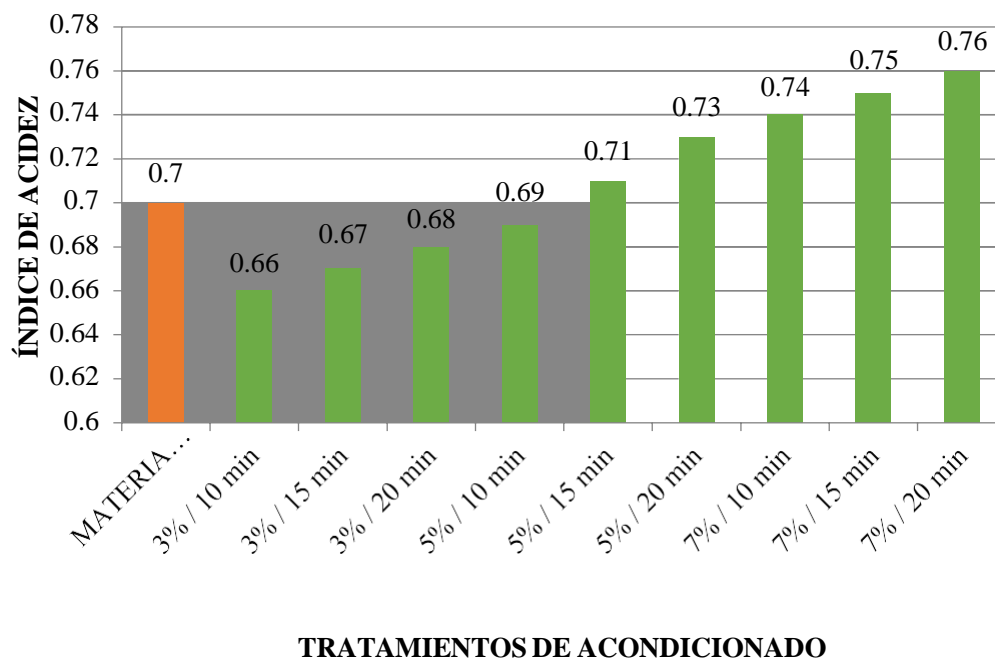
Nota: Elaboración propia

Interpretación: acorde al valor p donde este es menor a 0.05 se concluye que las medias o promedios del índice de acidez en los nueve tratamientos son diferentes. Por lo que se procede a realizar una prueba post hoc para determinar las diferencias entre las pruebas.

En la figura 9 se evidencia de que conforme aumente la concentración y el tiempo el índice de acidez aumenta el mayor índice de acidez esta con el tratamiento de 7% a 20 minutos y el menor índice de acidez de muestra en un 3% de NaCl a 10 minutos.

Figura 9.

Gráfico de comparación de medias del Índice de Acidez con la materia prima



Nota: Elaboración propia

4.3.1.4 Pruebas post hoc de HSD de Tukey

En la tabla 14 se da a conocer las comparaciones de los tratamientos en el cual se evidencian como es el comportamiento de estos sobre el índice de acidez.

Tabla 14.

Prueba de tukey – índice de acidez

TRATAMIENTO	N	<u>Subconjunto para alfa = 0.05</u>				
		1	2	3	4	5
T1: 3% NaCl/10min	3	,6567				
T2: 3% NaCl/15min	3	,6567				
T3: 3% NaCl/20min	3	,6667				
T4: 5% NaCl/10min	3	,6767	,6767			
T5: 5% NaCl/15min	3		,6933	,6933		
T6: 5% NaCl/20min	3			,7133	,7133	
T7: 7% NaCl/10min	3				,7267	
T8: 7% NaCl/15min	3				,7367	,7367
T9: 7% NaCl/20min	3					,7533
Sig.		,189	,383	,189	,083	,383

Nota: Elaboración propia

Interpretaciones

- Los tratamientos de T1, T2, T3 y T4 pertenecen a un mismo grupo por lo que son iguales.
- Los tratamientos T4 y T5 pertenecen a un mismo grupo por lo que son iguales.
- Los tratamientos T5 y T6 pertenecen a un mismo grupo por lo que son iguales
- Los tratamientos T6 y T7 son iguales.
- Los tratamientos T8 y T9 son iguales.
- El mejor tratamiento es T1 con 3% NaCl/10min por lo que el índice de acidez es más bajo.

Según el CODEX y FAO (2018) el índice de acidez para que sea el aceite de calidad no debe exceder los 10,0 mg KOH/g aceite. Del mismo modo según INFORME N° 010.2019-INACAL. Informa que este no debe superar los 10,0 mg KOH/g aceite si este supera se debe eliminar el producto. Lo que evidencia lo resultados dan a conocer que todos los tratamientos dieron índices de acidez por debajo de lo permitido según las

normativas. Sin embargo, el que reporto el menor índice de acidez fue el tratamiento de 3% NaCl/10min con ,6567 y el mayor porcentaje fue con el tratamiento de 7% NaCl/20min con 0.7533 mg KOH/g aceite está en el rango permitido.

4.3.2 Índice de peróxidos

En la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos en el estudio a los diferentes tratamientos propuestos para el índice de peróxido

Tabla 15.

Resultados de Índice de peróxido de los tratamientos de acondicionado

%NaCl / tiempo de inmersión	IND. PERÓXIDOS (meq. O ₂ /kg aceite)	PROMEDIO ± Desviación estándar
	Materia prima	6.4 ± 0.33
3% / 10 min	6.0	6.1 ± 0.1
	6.2	
	6.2	
3% / 15 min	6.4	6.3 ± 0.1
	6.2	
	6.4	
3% / 20 min	6.8	6.7 ± 0.1
	6.8	
	6.6	
5% / 10 min	7.0	7.1 ± 0.1
	7.2	
	7.0	
5% / 15 min	8.4	8.1 ± 0.2
	8.0	
	8.0	
5% / 20 min	9.0	9.1 ± 0.1
	9.0	
	9.2	
7% / 10 min	9.4	9.5 ± 0.1
	9.6	
	9.4	
7% / 15 min	10.0	10.2 ± 0.16
	10.4	
	10.2	
7% / 20 min	10.6	10.5 ± 0.1
	10.4	
	10.4	

Nota: Elaboración propia

4.3.2.1 Estadístico descriptivo

En la siguiente tabla 16 se describe la media, la desviación típica, valores mínimos y máximos obtenidos de los resultados del índice de peróxido.

Tabla 16.
Resultados descriptivos del índice de peróxido.

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
3% NaCl/10min	3	6,1333	,11547	,06667	5,8465	6,4202	6,00	6,20
3% NaCl/15min	3	6,3333	,11547	,06667	6,0465	6,6202	6,20	6,40
3% NaCl/20min	3	6,7333	,11547	,06667	6,4465	7,0202	6,60	6,80
5% NaCl/10min	3	7,0667	,11547	,06667	6,7798	7,3535	7,00	7,20
5% NaCl/15min	3	8,1333	,23094	,13333	7,5596	8,7070	8,00	8,40
5% NaCl/20min	3	9,0667	,11547	,06667	8,7798	9,3535	9,00	9,20
7% NaCl/10min	3	9,4667	,11547	,06667	9,1798	9,7535	9,40	9,60
7% NaCl/15min	3	10,2000	,20000	,11547	9,7032	10,6968	10,00	10,40
7% NaCl/20min	3	10,4667	,11547	,06667	10,1798	10,7535	10,40	10,60
Total	27	8,1778	1,62228	,31221	7,5360	8,8195	6,00	10,60

Nota: Elaboración propia.

4.3.2.2 Prueba de homogeneidad de varianza

Para determinar las diferencias de las medias con ANOVA este tiene que cumplir el supuesto de la homogeneidad de las varianzas y este se dará con las siguientes hipótesis:

Ho: Los datos presentan precisión o varianzas iguales.

Ha: Los datos no presentan precisión o tienen varianzas diferentes.

Si: Sig > 0.05 se acepta la Ho, Sig ≤ 0.05 se acepta la Ha

Tabla 17.*Prueba de Levene para el índice de peróxido*

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
,900	8	18	,537

Nota: Elaboración propia

Mediante la tabla 17 el valor de la sig. supera los 0.05 de modo que los datos tienen consistencia entre ellos por lo que los grupos tienen igualdad de varianzas.

4.3.2.3 ANOVA de un factor

Para ello se plantea las siguientes hipótesis:

- H0: Las medias de los tratamientos de índice de peróxido son Iguales.
- H1: Las medias de los tratamientos de índice de peróxido no son Iguales.

Donde:

- Sig. > 0.05 se acepta la Ho
- Sig. <= 0.05 se acepta la Ha

Tabla 18.*Análisis factorial para el índice de peróxido*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter grupos	68,053	8	8,507	410,143	,000
Intra grupos	,373	18	,021		
Total	68,427	26			

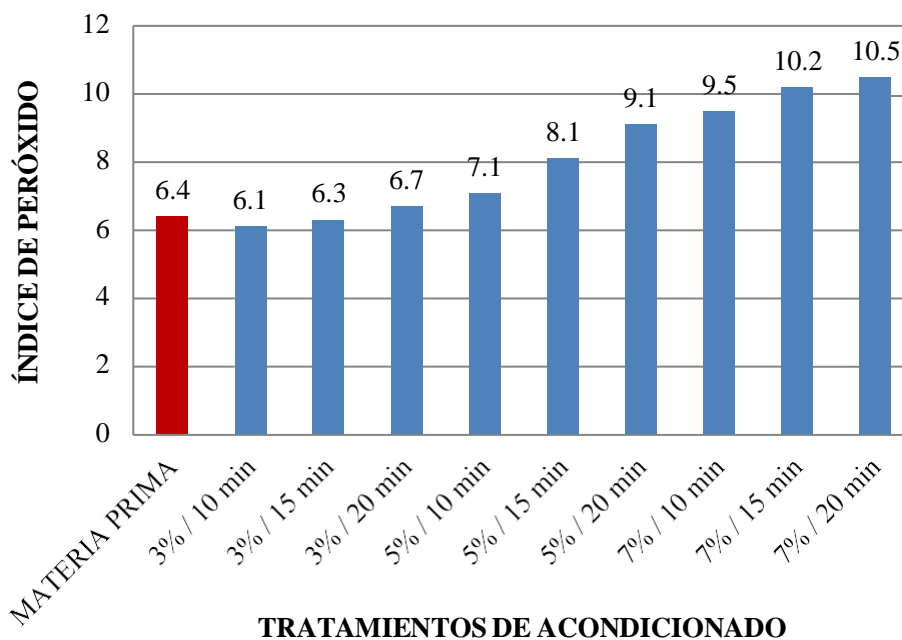
Nota: Elaboración propia

Según la tabla 18 como el nivel de significancia es menor que el 5%, entonces se rechaza Ho por lo tanto se concluye que el índice de peróxido de los tratamientos es diferente. Por lo que se procede a realizar una prueba post hoc para determinar las diferencias entre las pruebas.

En la figura 10 se muestran las comparaciones del índice de peróxido de los tratamientos

Figura 10.

Comparación de medias del Índice de peróxido.



Nota: Elaboración propia

Por medio del grafico se evidencia de que conforme aumente la concentración y el tiempo el índice de peróxido aumenta el mayor índice de peróxido esta con el tratamiento de 7% a 20 minutos y el menor índice de peróxidos se da en el tratamiento de 3% de NaCl a 10 minutos.

4.3.2.4 Pruebas post hoc de HSD de Tukey

Tabla 19.

Prueba de Tukey – índice de peróxido

TRATAMIENTO	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
T1: 3% NaCl/10min	3	6,1333					
T2: 3% NaCl/15min	3	6,3333	6,3333				
T3: 3% NaCl/20min	3		6,7333	6,7333			
T4: 5% NaCl/10min	3			7,0667			
T5: 5% NaCl/15min	3				8,1333		
T6: 5% NaCl/20min	3					9,0667	
T7: 7% NaCl/10min	3					9,4667	
T8: 7% NaCl/15min	3						10,2000
T9: 7% NaCl/20min	3						10,4667
Sig.		,739	,061	,172	1,000	,061	,408

Nota: Elaboración propia

Interpretaciones

- Los tratamientos de T1 y T2 pertenecen a un mismo grupo por lo que son iguales.
- Los tratamientos T2 y T3 pertenecen a un mismo grupo por lo que son iguales.
- Los tratamientos T3 y T4 pertenecen a un mismo grupo por lo que son iguales
- Los tratamientos T6 y T7 son iguales.
- Los tratamientos T8 y T9 son iguales.
- El mejor tratamiento es T1 con 3% NaCl/10min por lo que el índice de peróxido es más bajo.

Según el CODEX y FAO (2018) el índice de peróxido admisible para aceites es hasta 10 miliequivalentes de oxígeno activo/kg de aceite. Del mismo modo indican las NTP si este supera los 10 mEq. se debe eliminar el producto. De acuerdo a los resultados el tratamiento 8 y 9 que son 7% NaCl/15min y 7% NaCl/20min respectivamente sobrepasan el límite permitido por la normativa, solo son aceptables los demás tratamientos siendo el mejor tratamiento el T1 con 3% NaCl/10min con el que se obtiene 6,1333 miliequivalentes de oxígeno activo/kg de aceite el mayor aceptable es el tratamiento T7 con 7% NaCl/10min obteniéndose un 9,4667 miliequivalente de oxígeno activo/kg de aceite.

4.3.3 Taninos (%)

En la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos en el estudio a los diferentes tratamientos propuestos en cuanto al porcentaje de taninos

Tabla 20.

Resultados del % de taninos

%NaCl / tiempo de inmersión	% TANINOS	PROMEDIO ± Desviación estándar
	Materia prima	3.78 ± 0.01
3% / 10 min	2.93	2.92 ± 0.01
	2.91	
	2.93	
3% / 15 min	2.99	2.99 ± 0.008
	3.0	
	2.98	
3% / 20 min	3.74	3.75 ± 0.01
	3.75	
	3.77	
5% / 10 min	3.01	2.99 ± 0.01
	2.99	
	2.99	
5% / 15 min	2.91	2.93 ± 0.03
	2.97	
	2.91	
5% / 20 min	2.93	2.92 ± 0.008
	2.92	
	2.91	
7% / 10 min	2.87	2.88 ± 0.005
	2.88	
	2.88	
7% / 15 min	2.97	2.96 ± 0.008
	2.95	
	2.96	
7% / 20 min	2.74	2.73 ± 0.008
	2.72	
	2.73	

Nota: Elaboración propia.

4.3.3.1 Estadístico descriptivo

En la siguiente tabla se describe la media, la desviación típica, valores mínimos y máximos obtenidos de los resultados para los taninos.

Tabla 21.
Resultados descriptivos del índice de peróxido.

	N	Medi a	Desviaci ón típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Míni mo	Máxi mo
					Límite inferior	Límite superior		
3% NaCl/10min	3	2,923 3	,01155	,00667	2,8946	2,9520	2,91	2,93
3% NaCl/15min	3	2,990 0	,01000	,00577	2,9652	3,0148	2,98	3,00
3% NaCl/20min	3	3,753 3	,01528	,00882	3,7154	3,7913	3,74	3,77
5% NaCl/10min	3	2,996 7	,01155	,00667	2,9680	3,0254	2,99	3,01
5% NaCl/15min	3	2,930 0	,03464	,02000	2,8439	3,0161	2,91	2,97
5% NaCl/20min	3	2,920 0	,01000	,00577	2,8952	2,9448	2,91	2,93
7% NaCl/10min	3	2,876 7	,00577	,00333	2,8623	2,8910	2,87	2,88
7% NaCl/15min	3	2,960 0	,01000	,00577	2,9352	2,9848	2,95	2,97
7% NaCl/20min	3	2,730 0	,01000	,00577	2,7052	2,7548	2,72	2,74
Total	27	3,008 9	,27912	,05372	2,8985	3,1193	2,72	3,77

Nota: Elaboración propia.

4.3.3.2 Prueba de homogeneidad de varianza

Para determinar las diferencias de las medias con ANOVA este tiene que cumplir el supuesto de la homogeneidad de las varianzas y este se dará con las siguientes hipótesis:

Ho: La varianza entre los grupos es igual.

Ha: La varianza de los grupos es diferentes.

Si: Sig. > 0.05 se acepta la Ho, Sig.<= 0.05 se acepta la Ha

Tabla 22.*Prueba de Levene para los taninos*

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
3,447	8	18	,14

Nota: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 22 la significancia es mayor a 0.05 por lo que se acepta la hipótesis nula, el cual menciona que los grupos tienen igualdad de varianzas. Por lo que se procede a realizar la prueba del ANOVA.

4.3.3.3 ANOVA de un factor

Para ello se plantea las siguientes hipótesis

- H0: Las medias de los tratamientos para los taninos son Iguales.
- H1: Las medias de los tratamientos para los taninos no son Iguales.

Donde:

- Sig. > 0.05 se acepta la Ho
- Sig. <= 0.05 se acepta la Ha

Tabla 23.*Análisis factorial para los taninos*

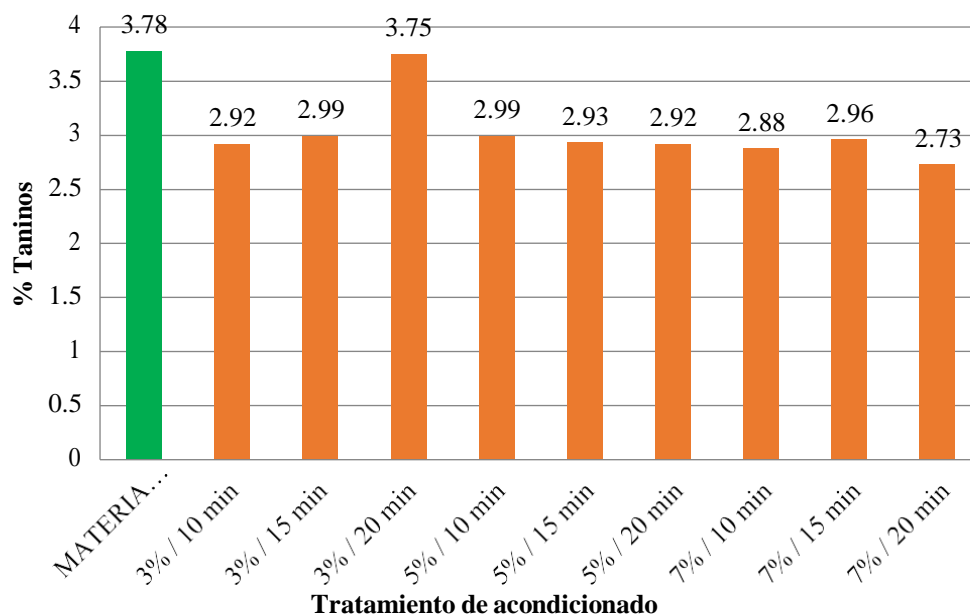
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter grupos	2,021	8	,253	1065,973	,000
Intragrupo	,004	18	,000		
Total	2,026	26			

Nota: Elaboración propia.

Como el nivel de significancia es menor que el 5%, entonces se rechaza Ho por lo tanto se concluye que las medias de los tratamientos para los taninos son diferentes. Por lo que se procede a realizar una prueba post hoc para determinar las diferencias entre las pruebas. En la figura 8 se puede evidenciar en comparación con el control (materia prima) este porcentaje de taninos se reduce con los tratamientos, el menor de todos es de 2.73% a 20 minutos con 7% de NaCl y el mayor se dio con 3% con 20 minutos de inmersión de NaCl.

Figura 11.

Gráfico de comparación de medias del % de taninos con la materia prima.



Nota: Elaboración propia.

4.3.3.4 Pruebas post hoc de HSD de Tukey

En la tabla 24 se muestra las comparaciones múltiples de los tratamientos

Tabla 24.

Prueba de Tukey – taninos

TRATAMIENTO	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
T1: 7% NaCl/20min	3	2,7300				
T2: 7% NaCl/10min	3		2,8767			
T3: 5% NaCl/20min	3		2,9200	2,9200		
T4: 3% NaCl/10min	3			2,9233		
T5: 5% NaCl/15min	3			2,9300		
T6: 7% NaCl/15min	3			2,9600	2,9600	
T7: 3% NaCl/15min	3				2,9900	
T8: 5% NaCl/10min	3				2,9967	
T9: 3% NaCl/20min	3					3,7533
Sig.		1,000	,056	,092	,149	1,000

Nota: Elaboración propia.

Interpretaciones

- Los tratamientos de T2 y T3 pertenecen a un mismo grupo por lo que son iguales.
- Los tratamientos T3, T4, T5 y T6 pertenecen a un mismo grupo por lo que son iguales.
- Los tratamientos T6, T7 y T8 pertenecen a un mismo grupo por lo que son iguales
- El mejor tratamiento es T7 con 7% NaCl/20min por lo que el % de taninos es el menor.

De acuerdo a los resultados el mejor tratamiento lo evidencio el 7% con 20 min. A este tratamiento se evidencia menor cantidad de taninos 2,730%. Como muestra la tabla en todos los casos se evidencia una reducción de taninos. Por lo que la utilización del NaCl para el pretratamiento del sachá inchi si reduce los taninos. Estos resultados son contrastados por Fawale et al. (2017), quienes mencionan que el proceso de fermentación con NaCl puede mejorar la utilización doméstica e industrial de estas semillas el cual disminuye los anti nutrientes como los taninos y saponinas. Alipoorfard y Jouki (2020) recomiendan el uso de un pretratamiento de inmersión con 0,25 % de cloruro de sodio para evitar el pardeamiento enzimático y preservar los polifenoles conjuntamente con las propiedades de calidad. Conforme incrementa el porcentaje estas propiedades antioxidantes van disminuyendo.

4.3.4 Saponinas (%)

Tabla 25.
% de Saponinas

%NaCl / tiempo de inmersión	% SAPONINAS	PROMEDIO \pm Desviación estándar
	Materia prima	0.050 \pm 0.004
3% / 10 min	0.053	0.050 \pm 0.004
	0.044	
	0.053	
3% / 15 min	0.044	0.050 \pm 0.004
	0.053	
	0.053	
3% / 20 min	0.044	0.047 \pm 0.004
	0.044	
	0.053	
5% / 10 min	0.053	0.050 \pm 0.004
	0.053	
	0.044	
5% / 15 min	0.053	0.050 \pm 0.004
	0.044	
	0.053	
5% / 20 min	0.053	0.050 \pm 0.004
	0.053	
	0.044	
7% / 10 min	0.053	0.047 \pm 0.004
	0.044	
	0.044	
7% / 15 min	0.044	0.047 \pm 0.004
	0.053	
	0.044	
7% / 20 min	0.044	0.041 \pm 0.004
	0.035	
	0.044	

Nota: Elaboración propia.

4.3.4.1 Estadístico descriptivo

En la siguiente tabla se describe la media, la desviación típica, valores mínimos y máximos obtenidos de los resultados para cada tratamiento en la obtención de saponinas.

Tabla 26.
Resultados descriptivos para la saponina

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
3% NaCl/10min	3	,0500	,00520	,00300	,0371	,0629	,04	,05
3% NaCl/15min	3	,0500	,00520	,00300	,0371	,0629	,04	,05
3% NaCl/20min	3	,0470	,00520	,00300	,0341	,0599	,04	,05
5% NaCl/10min	3	,0500	,00520	,00300	,0371	,0629	,04	,05
5% NaCl/15min	3	,0500	,00520	,00300	,0371	,0629	,04	,05
5% NaCl/20min	3	,0500	,00520	,00300	,0371	,0629	,04	,05
7% NaCl/10min	3	,0470	,00520	,00300	,0341	,0599	,04	,05
7% NaCl/15min	3	,0470	,00520	,00300	,0341	,0599	,04	,05
7% NaCl/20min	3	,0410	,00520	,00300	,0281	,0539	,04	,04
Total	27	,0480	,00520	,00100	,0459	,0501	,04	,05

Nota: Elaboración propia.

4.3.4.2 Prueba de homogeneidad de varianza

Para determinar las diferencias de las medias con ANOVA este tiene que cumplir el supuesto de la homogeneidad de las varianzas y este se dará con las siguientes hipótesis:

Ho: La varianza entre los grupos es igual.

Ha: La varianza de los grupos es diferentes.

Si: $\text{Sig} > 0.05$ se acepta la Ho,

$\text{Sig} \leq 0.05$ se acepta la Ha

Tabla 27.*Prueba de Levene para las saponinas*

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
,000	8	18	1,000

Nota: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 27 la significancia es mayor a 0.05 por lo que se acepta la hipótesis nula, el cual menciona que los grupos tienen igualdad de varianzas. Por lo que se procede a realizar la prueba del ANOVA.

4.3.4.3 ANOVA de un factor

Para ello se plantea las siguientes hipótesis

- H0: Las medias de los tratamientos para las saponinas son Iguales.
- H1: Las medias de los tratamientos para las saponinas no son Iguales.

Donde:

- Sig > 0.05 se acepta la Ho
- Sig ≤ 0.05 se acepta la Ha

Tabla 28.*Análisis factorial para las saponinas*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,000	8	,000	1,000	,469
Intra-grupos	,000	18	,000		
Total	,001	26			

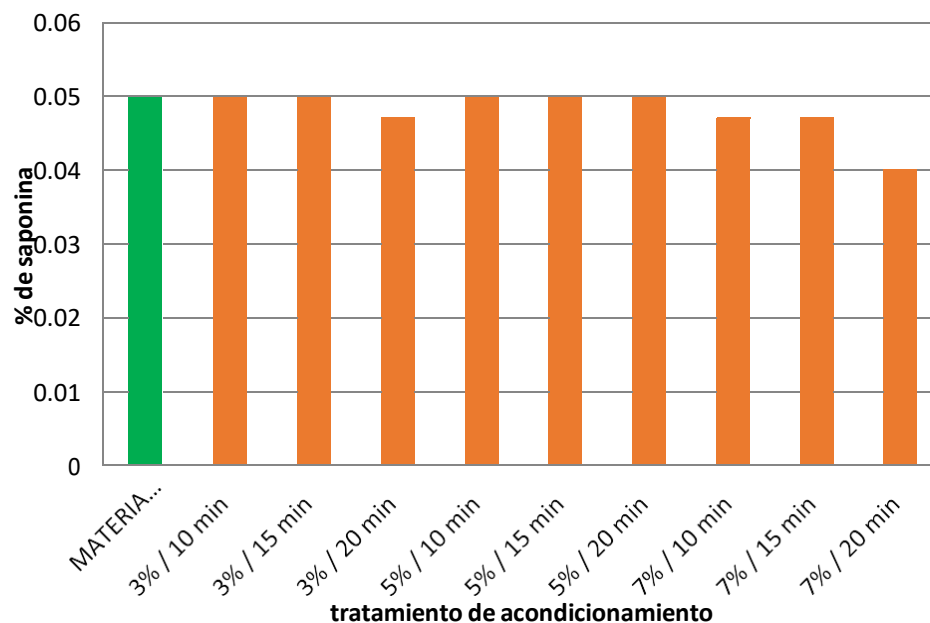
Nota: Elaboración propia.

Como el nivel de significancia es mayor que a 0.05, entonces se acepta la Ho por lo tanto se concluye que las medias de los tratamientos para las saponinas son iguales. Por lo que no se realiza una prueba de comparaciones múltiples debido a que los tratamientos son iguales.

En la figura 12 se puede evidenciar en comparación con el control (materia prima) este porcentaje de saponinas no varía mucho en cuanto a los tratamientos.

Figura 12.

Gráfico de comparación de medias del % de saponinas con la materia prima.



Nota: Elaboración propia.

Estadísticamente se muestra que los tratamientos son iguales, sin embargo para fines de decisión del mejor tratamiento en relación a los compuestos polifónicos se puede deducir que el que redujo algo de saponinas lo presentó el tratamiento de 7% de NaCl con 20 minutos de inmersión, Sin embargo, cuando este porcentaje aumente de NaCl la significancia puede variar dado que Alipoorfard y Jouki (2020) mencionan que conforme incrementa el porcentaje estas propiedades anti nutricionales van disminuyendo.

4.3.5 Evaluación sensorial de los tratamientos de acondicionado

Tabla 29.

Evaluación sensorial en cuanto al color de los tratamientos de 3%, 5% y 7% a 10 minutos.

PANELISTAS								
COLOR	A	B	C	D	E	F	G	H
3% / 10 min	1	1	1	1	1	1	1	1
5% / 10 min	1	1	1	1	1	1	1	1
7% / 10 min	2	2	2	2	2	2	2	2

Nota: Elaboración propia.

Las panelitas para este tratamiento realizado en una inmersión de 10 minutos, dieron a las semillas de sachu inchi para 3% de NaCl una valoración en conjunto de 1 el cual indica que es un grano opaco, oscuro. Para el 5% de NaCl de igual forma grano de color opaco y oscuro. Sin embargo, para el tratamiento del 7% esta valoración fue de 2 el cual indica que es un grano amarillo.

Tabla 30.

Evaluación sensorial en cuanto al sabor de los tratamientos de 3%, 5% y 7% a 10 minutos

PANELISTAS								
SABOR	A	B	C	D	E	F	G	H
3% / 10 min	7	7	7	7	7	7	7	7
5% / 10 min	6	6	6	6	6	6	6	6
7% / 10 min	5	5	5	5	5	5	5	5

Nota: Elaboración propia.

En cuanto al sabor para el grano de sachu inchi a 10 minutos en 3% de inmersión dieron una valoración de 7 el cual tiene el calificativo de sabor muy fuerte. En cuanto a al 5% de NaCl la valoración fue de 6 con el calificativo de fuerte. Y finalmente al 7% fue de 5 con el calificativo de moderado. El cual evidencia de que a medida aumente el porcentaje de NaCl el sabor en cuanto a la sapidez disminuye.

Tabla 31.

Evaluación sensorial en cuanto al color de los tratamientos de 3%, 5% y 7% a 15 minutos

PANELISTAS								
COLOR	A	B	C	D	E	F	G	H
3% / 15 min	1	1	1	1	1	1	1	1
5% / 15 min	2	2	2	2	2	2	2	2
7% / 15 min	2	2	2	2	2	2	2	2

Nota: Elaboración propia.

Para 15 minutos de inmersión de las semillas de sachá inchi para un 3% de NaCl se obtuvo una valoración en conjunto de todos los panelistas de 1 el cual indica que es un grano opaco, oscuro. Para el 5% de NaCl de igual forma grano de color opaco y oscuro. Sin embargo, para el tratamiento del 7% esta valoración fue de 2 el cual indica que es un grano amarillo. Estas valoraciones son iguales con lo que respecta al tratamiento de 10 minutos de inmersión.

Tabla 32.

Evaluación sensorial en cuanto al sabor de los tratamientos de 3%, 5% y 7% a 15 minutos

PANELISTAS								
SABOR	A	B	C	D	E	F	G	H
3% / 15 min	6	6	6	6	6	6	6	6
5% / 15 min	5	5	5	5	5	5	5	5
7% / 15 min	4	4	4	4	4	4	4	4

Nota: Elaboración propia.

Para 15 minutos de inmersión de las semillas de sachá inchi en cuanto al sabor (sapidez) a un 3% de NaCl se obtuvo una valoración en conjunto de todos los panelistas de 6 el cual indica que tiene un sabor fuerte. Para el 5% de NaCl una valoración de 5 con el calificativo de sabor moderado. Sin embargo, para el tratamiento del 7% esta valoración fue de 4 con el calificativo de sapidez ligera. Se evidencia que la sapidez disminuye en cuanto el porcentaje de NaCl aumenta.

Tabla 33.

Evaluación sensorial en cuanto al color de los tratamientos de 3%, 5% y 7% a 20 minutos

PANELISTAS								
COLOR	A	B	C	D	E	F	G	H
3% / 20 min	2	2	2	2	2	2	2	2
5% / 20 min	2	2	2	2	2	2	2	2
7% / 20 min	3	3	3	3	3	3	3	3

Nota: Elaboración propia.

Para 20 minutos de inmersión de las semillas de sachá inchi para un 3% de NaCl se obtuvo una valoración en conjunto de todos los panelistas de 2 el cual indica que es un grano amarillo. Para el 5% de NaCl de igual forma grano amarillo. Sin embargo, para el tratamiento del 7% esta valoración fue de 3 el cual indica que es un grano de color ligeramente amarillo. De los cuales a medida que aumenta la concentración de NaCl el color se va aclarando.

Tabla 34.

Evaluación sensorial en cuanto al sabor de los tratamientos de 3%, 5% y 7% a 20 minutos

PANELISTAS								
SABOR	A	B	C	D	E	F	G	H
3% / 20 min	5	5	5	5	5	5	5	5
5% / 20 min	4	4	4	4	4	4	4	4
7% / 20 min	3	3	3	3	3	3	3	3

Nota: Elaboración propia.

Para 20 minutos de inmersión de las semillas de sachá inchi en cuanto al sabor (sapidez) a un 3% de NaCl se obtuvo una valoración en conjunto de todos los panelistas de 6 el cual indica que tiene un sabor fuerte. Para el 5% de NaCl una valoración de 5 con el calificativo de sabor moderado. Sin embargo, para el tratamiento del 7% esta valoración fue de 4 con el calificativo de sapidez ligera. Se evidencia que la sapidez disminuye en cuanto el porcentaje de NaCl aumenta.

4.3.5.1 Estadístico descriptivo color

En la siguiente tabla se describe la media, la desviación típica, valores mínimos y máximos obtenidos de los resultados para de la evaluación sensorial en cuanto al color.

Tabla 35.
Resultados descriptivos del color

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
3% NaCl/10min	9	1,0000	,00000	,00000	1,0000	1,0000	1,00	1,00
3% NaCl/15min	9	1,0000	,00000	,00000	1,0000	1,0000	1,00	1,00
3% NaCl/20min	9	2,0000	,00000	,00000	2,0000	2,0000	2,00	2,00
5% NaCl/10min	9	1,0000	,00000	,00000	1,0000	1,0000	1,00	1,00
5% NaCl/15min	9	2,0000	,00000	,00000	2,0000	2,0000	2,00	2,00
5% NaCl/20min	9	2,0000	,00000	,00000	2,0000	2,0000	2,00	2,00
7% NaCl/10min	9	2,0000	,00000	,00000	2,0000	2,0000	2,00	2,00
7% NaCl/15min	9	2,0000	,00000	,00000	2,0000	2,0000	2,00	2,00
7% NaCl/20min	9	3,0000	,00000	,00000	3,0000	3,0000	3,00	3,00
Total	81	1,7778	,63246	,07027	1,6379	1,9176	1,00	3,00

Fuente: Elaboración propia.

4.3.5.2 Prueba de homogeneidad de varianza

Para determinar las diferencias de las medias con ANOVA este tiene que cumplir el supuesto de la homogeneidad de las varianzas y este se dará con las siguientes hipótesis:

Ho: La varianza entre los grupos es igual.

Ha: La varianza de los grupos es diferentes.

Si:

$\text{Sig} > 0.05$ se acepta la Ho.

$\text{Sig} \leq 0.05$ se acepta la Ha.

Tabla 36.*Prueba de Levene para el COLOR*

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0	8	0	1,000

Nota: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 36 la significancia es mayor a 0.05 por lo que se acepta la hipótesis nula, el cual menciona que los grupos tienen igualdad de varianzas. Por lo que se procede a realizar la prueba del ANOVA.

4.3.5.3 ANOVA de un factor

Para ello se plantea las siguientes hipótesis

H0: Las medias de los tratamientos para el color son Iguales.

H1: Las medias de los tratamientos para el color no son Iguales.

Donde:

Sig > 0.05 se acepta la Ho

Sig ≤ 0.05 se acepta la Ha

Tabla 37.*Análisis factorial para el color*

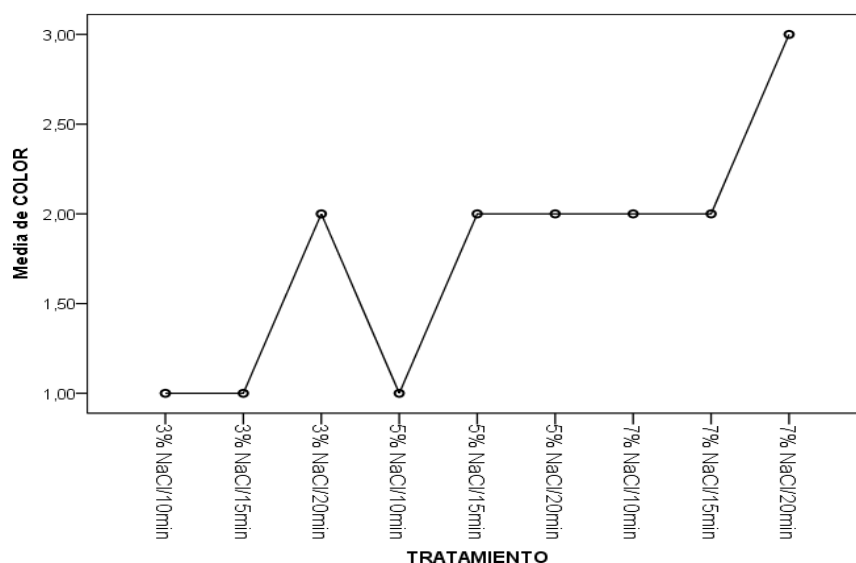
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	32,000	8	4,000	*	*
Intra-grupos	,000	72	,000		
Total	32,000	80			

Nota: Elaboración propia.

Debido a que el nivel de significancia no está definido se entiende que es menor a 0,05 por lo que se acepta la hipótesis alterna el cual indica que las medias de los tratamientos para el color son diferentes. Del cual el mejor tratamiento es de 7% de NaCl con 20 minutos de inmersión con el calificativo de color amarillo.

Figura 13.

Gráfico de comparación de medias del % en cuanto al COLOR.



Nota: Elaboración propia.

En la figura 13 se puede evidenciar conforme aumenta el porcentaje de NaCl el color mejora. Para un tratamiento de 3% este tiene una valoración máxima de 2 al igual que el tratamiento para 5%. Sin embargo, el de 7% fue superior con una valoración de 3.

4.3.5.4 Estadístico descriptivo sabor

En la siguiente tabla se describe la media, la desviación típica, valores mínimos y máximos obtenidos de los resultados para de la evaluación sensorial en cuanto al color.

Tabla 38.
Resultados descriptivos del SABOR

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
3% NaCl/10 min	9	7,0000	,00000	,00000	7,0000	7,0000	7,00	7,00
3% NaCl/15 min	9	6,0000	,00000	,00000	6,0000	6,0000	6,00	6,00
3% NaCl/20 min	9	5,0000	,00000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00
5% NaCl/10 min	9	6,0000	,00000	,00000	6,0000	6,0000	6,00	6,00
5% NaCl/15 min	9	5,0000	,00000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00
5% NaCl/20 min	9	4,0000	,00000	,00000	4,0000	4,0000	4,00	4,00
7% NaCl/10 min	9	5,0000	,00000	,00000	5,0000	5,0000	5,00	5,00
7% NaCl/15 min	9	4,0000	,00000	,00000	4,0000	4,0000	4,00	4,00
7% NaCl/20 min	9	3,0000	,00000	,00000	3,0000	3,0000	3,00	3,00
Total	81	5,0000	1,16190	,12910	4,7431	5,2569	3,00	7,00

Fuente: Elaboración propia.

4.3.5.5 Prueba de homogeneidad de varianza

Para determinar las diferencias de las medias con ANOVA este tiene que cumplir el supuesto de la homogeneidad de las varianzas y este se dará con las siguientes hipótesis:

Ho: La varianza entre los grupos es igual.

Ha: La varianza de los grupos es diferentes.

Si:

Sig > 0.05 se acepta la Ho.

Sig ≤ 0.05 se acepta la Ha.

Tabla 39.

Prueba de Levene para el SABOR

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0	8	0	1,000

Nota: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 39 la significancia es mayor a 0.05 por lo que se acepta la hipótesis nula, el cual menciona que los grupos tienen igualdad de varianzas. Por lo que se procede a realizar la prueba del ANOVA.

4.3.5.6 ANOVA de un factor

Para ello se plantea las siguientes hipótesis

H0: Las medias de los tratamientos para el sabor son Iguales.

H1: Las medias de los tratamientos para el sabor no son Iguales.

Donde:

Sig > 0.05 se acepta la Ho

Sig ≤ 0.05 se acepta la Ha

Tabla 40.

Análisis factorial para el sabor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter grupos	108,000	8	13,500	*	*
Intragrupo	,000	72	,000		
Total	108,000	80			

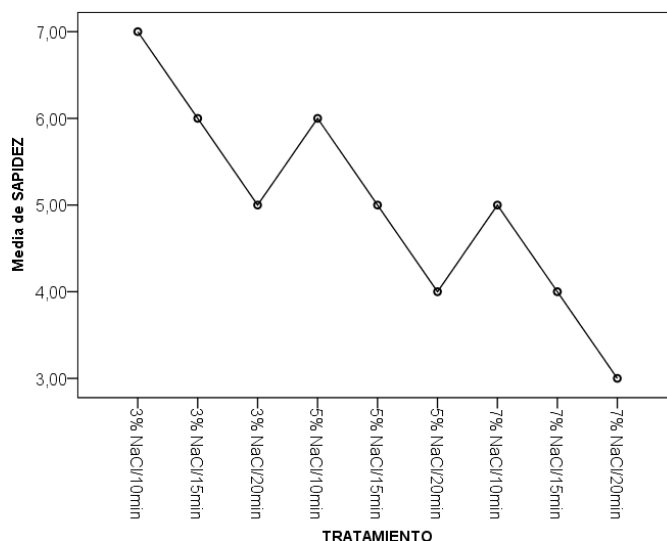
Nota: Elaboración propia

Se entiende que la significancia es muy pequeña por lo que este es menor a 0.05 el cual indica que las medias de los tratamientos son diferentes. Del cual el mejor

tratamiento es de 7% de NaCl con 20 minutos de inmersión con el calificativo de sabor débil.

Figura 14.

Gráfico de comparación de medias del % en cuanto al SABOR.



Nota: Elaboración propia

En la figura 14 se puede evidenciar conforme aumenta el porcentaje de NaCl el sabor mejora. Para un tratamiento de 3% este tiene una valoración máxima de 7 con sabor muy fuerte, sin embargo, para un tratamiento de 7% este tiene un sabor débil.

Según Alipoorfard y Jouki (2020) las concentraciones de cloruro de sodio podrían mejorar las características sensoriales conforme aumente la concentración de sal. De igual forma Chen et al.(2019), da a conocer en su estudio sobre los efectos del cloruro de sodio en la eliminación de sabores desagradables. Indican que una concentración alta de NaCl podría mejorar el sabor desagradable del alimento y mejorar en cierto grado el color. Por lo que estos estudios respaldan el análisis sensorial ya que a medida aumente el cloruro de sodio el sabor y color fue mejorando.

4.3.6 Cloruro de sodio residual

El tratamiento que mejor comportamiento tuvo de acuerdo a la valoración del panelista fue el de 7% de NaCl a 10 minutos de inmersión el cual presento mejores características sensoriales en cuanto al color y sabor. por lo que se procedió a realzar la prueba de cloruro de sodio residual

Tabla 41.*Tratamiento acondicionado*

TRATAMIENTO DE ACONDICIONADO	%NaCl
7% / 10 min	0.47

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al resultado obtenido este porcentaje de cloruro de sodio residual en la semilla fue mínimo (0.47%).

En función a los resultados se evidencia que la para los análisis fisicoquímicos, el mejor tratamiento lo presento el tratamiento a 3% de NaCl/10min. Sin embargo, para los análisis de polifenoles y evaluación sensorial el que mejor comportamiento evidencio fue el tratamiento de 7% solución de NaCl por 20 minutos. De modo que se presenta una relación inversa en cuanto a los resultados de lo polifenoles con el análisis fisicoquímico. Sin embargo, de acuerdo al análisis el tratamiento que presenta mejor reducción de polifenoles, mejor evaluación sensorial y las características fisicoquímicas que están dentro del rango establecido por las normas es el de 7% con 10 minutos de inmersión.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Referente a la reducción de taninos los tratamientos presentaron diferencias significativas, sin embargo, para la remoción de saponinas los tratamientos no evidenciaron diferencias significativas. Además, el mejor tratamiento en cuanto a la reducción de polifenoles, con repercusión en las características fisicoquímicas y en el análisis sensorial cumpliendo con las normativas peruanas, FAO y CODEX el mejor tratamiento fue con 7% de solución de NaCl por una inmersión 10 minutos. Se redujo en 0.9 % y 0.003% los contenidos de taninos y saponinas respectivamente.
- La caracterización de la materia prima permitió conocer el análisis proximal el cual evidencio una humedad de $3.8\% \pm 0.08$, grasa $49.3\% \pm 0.16$, ceniza $2.1\% \pm 0.08$, proteína $33.52\% \pm 0.03$, fibra $1.72\% \pm 0.02$, carbohidratos $9.56\% \pm 0.19$. Un índice de acidez de $0.7 \text{ mg KOH/g aceite} \pm 0.02$, índice de peróxido $6.4 \text{ meq O}_2/\text{kg aceite} \pm 0.1$. En los polifenoles se obtuvo $0.050\% \pm 0.004$ de saponinas y taninos $3.78\% \pm 0.01$. Y finalmente en análisis sensorial, las semillas evidenciaron un color opaco - oscuro y el sabor fue extremadamente fuerte.
- Después de la evaluación de los tratamientos el mejor tratamiento presento $0.73 \pm 0.001 \text{ mg KOH/g aceite}$ de índice de acidez, $9.5 \pm 0.1 \text{ meq O}_2/\text{kg aceite}$ de índice de peróxido, $2.88 \pm 0.001 \%$ de taninos, $0.047 \pm 0.004 \%$ de saponinas y en cuanto al color fue color ligeramente amarillo y el sabor moderado.
- El porcentaje de cloruro de sodio residual en el mejor tratamiento sensorial presento 0.47% de NaCl.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar estudios con otros granos oleaginosos para verificar si existe la misma relación entre datos sensoriales y los análisis fisicoquímicos.
- Se recomienda incluir para estudios posteriores el parámetro del pH para ver el comportamiento de este.
- Se recomienda realizar un estudio de la vida útil después de la inmersión con el cloruro de sodio para identificar la viabilidad de este.
- Se recomienda hacer un estudio sobre el impacto ambiental que puede generar las soluciones de cloruro de sodio.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Adamczyk, B., Simón, J., Kitunen, V., Adamczyk, S., & Smolander, A. (2017). Los taninos y su compleja interacción con diferentes compuestos orgánicos nitrogenados y enzimas: viejos paradigmas frente a avances recientes. *Química Abierta*, 6(5), 610-614. <https://chemistry-europe.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/open.201700113>
- Alipoorfarid, F., & Jouki, M. T. (2020). Aplicación de pretratamientos de cloruro de sodio y goma de semilla de membrillo para prevenir el pardeamiento enzimático, pérdida de textura y actividad antioxidante de rodajas de pera liofilizadas. *Tecnología J Food Sci*, 57(9), 3165 –3175. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7374678/>
- Amin, M., Sternberg, G., Vallejo, L., Maxey, R., & Hei, W. W. (2017). Sodium Chloride Is a Competitive Inhibitor of Polyphenol Oxidase. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(9). http://www.food.actapol.net/pub/4_1_2020.pdf
- Anis, R. M., & Kuan, L. L. (2022). Sacha Inchi (Plukenetia Volubilis L.): perspectiva reciente sobre fitoquímica, farmacología, organoléptica, seguridad y toxicidad. *Bioquímica, Biología Molecular y Celular*, 8(9). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844022018606>
- Antoine, T., George, S., Leca, A., Desmarchelier, C., Halimia, C., & Marcono, G. (2022). La reducción del contenido "antinutricional" de las legumbres mediante la optimización del proceso de enlatado de legumbres es insuficiente para mejorar la biodisponibilidad de las vitaminas liposolubles. *Química de Alimentos*, 370, 1- 9. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814621020276>
- Arias, G. J., & Mitsuo, C. G. (2021). *Diseño y metodología de investigación*. Arequipa. ENFOQUES CONSULTING EIRL.
- Bacigalupo, A., & Tapia, M. (2000). Agroindustria. In Cultivos andinos subexplotados y. *Gegra S.A*, 112–150.
- Beck, m., Jekle, M., & Becker, T. (2012). Cloruro de sodio: impacto sensorial, conservante y tecnológico en productos con levadura. *Revista internacional de ciencia y tecnología de los alimentos*, 47(9), 1798 - 1807. <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.2012.03048.x>

- Bomfim, A.-D. T., & Célio, M. C. (2018). Seeds of sacha inchi (*Plukenetia volubilis*, Euphorbiaceae) as a feed ingredient for juvenile tambaqui, *Colossoma macropomum*, and *matrinxã*, *ACTA AMAZONICA*. https://www.researchgate.net/publication/322798444_Seeds_of_sacha_inchi_Plukenetia_volubilis_Euphorbiaceae_as_a_feed_ingredient_for_juvenile_tambaqui_Colossoma_macropomum_and_matrinxa_Brycon_amazonicus_Characidae
- Bueno, B. L., Aurélio, S. M., Carreño, G. C., Vilela, S. S., Viegas, R. P., & Bismara, R.-d. M. (2018). Semillas de sacha inchi de cultivo subtropical: efectos del tostado sobre antinutrientes, capacidad antioxidante y estabilidad oxidativa. *Tecnología J Food Sci*, 55(10). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6133840/>
- Cárdenas, D. M., Gómez, R. L., & Andrés, S. J. (2021). Actividad Biológica de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo) y Usos Potenciales en Salud Humana: Una Revisión. *Tecnología y biotecnología de los alimentos*, 59(3). <https://hrcak.srce.hr/261864>
- Chen, W., Karangwa, E., & Zhang, X. (2019). El efecto de la concentración de cloruro de sodio en la eliminación de sabores desagradables se correlaciona con la degradación de glucosinolatos y la estabilidad de las antocianinas del rábano rojo. *Tecnología J Food Sci*. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6400745/#_ffn_sectitle
- Cisneros, F., Paredes, D., Arana, A., & Cisneros, Z. L. (2014). Composición química, estabilidad oxidativa y antioxidante capacidad de aceite extraído de semillas tostadas de sacha-inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *J Agric Food Chem*, 81(1), 5191-5197.
- CODEX, & FAO. (2018). *PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS COMITÉ DEL CODEX SOBRE GRASAS Y ACEITES*. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/tr/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-709-26%252FWorking%2Bdocuments%252Ffo26_15s.pdf
- Ehsan, F., Sadat, M. R., Zoghi, A., Zijlstra, R. T., Roopesh, M., & Vasanthan, T. (2021). Revisión de las cualidades beneficiosas y antinutricionales del ácido fítico y procedimientos para eliminarlo de los productos alimenticios. *Investigación Internacional de Alimentos*, 143. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996921001836>

- FAO. (2018). *PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS COMITÉ DEL CODEX SOBRE GRASAS Y ACEITES*. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/tr/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-709-26%252FWorking%2Bdocuments%252Ffo26_15s.pdf
- Fawale, O. S., Gbadamos, S. O., Ige, M. M., & Kadiri, O. (2017). Effects of cooking and fermentation on the chemical composition, functional, and antinutritional properties of kariya (*Hildergardia barteri*) seeds. *Food Science y Nutrition*, 5, 1106 - 1115. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/fsn3.501>
- Felipe, G. L., Sanchez, R. Z., & Quiñones, S. Y. (2019). Efectos del Descascarado de Semillas de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) Sobre las Propiedades Fisicoquímicas y Sensoriales de los Aceites Extraídos por Prensado en Frío. *Revista de la Sociedad Estadounidense de Químicos del Petróleo*, 96(11), 1187 - 1195. <https://aocs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/aocs.12270>
- Goyal, A., Tanwar, B., Kumar, S. M., & Sharma, V. (2022). Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): una fuente emergente de nutrientes, ácidos grasos omega-3 y fitoquímicos. *Química de Alimentos*, 373.
- Grzelak, K. C., & Klewicki, R. (2020). EL EFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA SOBRE EL CONTENIDO DE POLIFENOLES EN LA CEBOLLA. *Tecnología de Alimento*, 19(1), 37 - 45. http://www.food.actapol.net/pub/4_1_2020.pdf
- Gupta, R., Gangoliya, S., & Singh, N. (2015). Reducción del ácido fítico y mejora de los micronutrientes biodisponibles en los cereales alimentarios. *Revista de ciencia y tecnología de los alimentos*, 52(2), 676-684.
- Igual, M., & Martínez, M. J. (2022). Propiedades fisicoquímicas y cambios en la estructura de los productos alimenticios durante el procesamiento. 11(15). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9368395/>
- iPerú. (2022). *El Sacha Inchi*. <https://iperu.pe/superalimentos/sacha-inchi/>
- Jitpinit, S., Siraworakun, C., Sookklay, Y., & Nuithitikul, K. (2022). Mejora del contenido de omega-3 en aceite de semilla de sachá inchi extraído con dióxido de carbono

- supercrítico en proceso semicontinuo. *Artículo de investigación*, 8(1).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844022000688>
- Keawkim, K., Lorjaroenphon, Y., & Vangnai, K. N. (2021). Cambios en el perfil de sabor de metabolitos, contenido fenólico y actividad antioxidante en semillas de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) durante la germinación. *Alimentos*, 10(10).
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8535363/>
- Kittibunchakul, S., Hudthagosol, C., Sanporkha, P., Sapwarobol, S., Temviriyankul, P., & Suttisansanee, U. (2022). Evaluación de subproductos de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) como fuentes valiosas y sostenibles de beneficios para la salud. *Horticulturae*, 1(1), 2 - 12. <https://www.mdpi.com/2311-7524/8/4/344>
- Kodahl, N. (2020). Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.)—from lost crop of the Incas to part of the solution to global challenges? *Department of Plant and Environmental Sciences, University*, 251(80). <https://link.springer.com/article/10.1007/s00425-020-03377-3>
- Lastra, V. H., Eduardo, R. L., & Ponce de León, R. H. (2000). Método analítico para la cuantificación de taninos en el extracto acuoso de romerillo. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962000000100005
- Lawson, L., & Jackson, D. A. (2021). Arroyos salados de verano: cuencas hidrográficas contaminadas con sal del camino y estimaciones de la proporción de especies afectadas. *Canadian Science Publishing*, 6(1), 317 - 333.
<https://www.facetsjournal.com/doi/10.1139/facets-2020-0068>
- Lingyi, L. (2019). Salvado de arroz y aceite de salvado de arroz. *Química, Procesamiento y Utilización*, 169-181.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012812828200007X>
- LOÄ, P. F., DURAÄ, Q. M., ROMERO, C., & RODRIGUEZ, G. M. (2007). Effect of Storage Process on the Sugars, Polyphenols, Color and Microbiological Changes in Cracked Manzanilla-Aloren~ a Table Olives. *Agricultural and food chemistry*, 55(18).
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17663565/>

- Mohan, S. V., Rohit, M., & Subhash, G. V. (2019). Algal oils as biodiesel. *Biofuels from Algae* (Second Edition), 287-323.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444641922000123>
- Mohapatra, D., Patel, A., Kar, A., Deshpande, S., & Tripathi, M. (2019). Efecto de diferentes condiciones de procesamiento en la composición proximal, antioxidantes, antinutrientes y perfil de aminoácidos del sorgo en grano. *Química de los alimentos*, 129 - 135.
- Morilloa, A. C., Manjarres, E. H., & Moraa, M. S. (2022). Método afrosimétrico para la cuantificación de saponinas en *Chenopodium Quinoa Willd.* *Revista Brasileña de Biología*, 82(1), 1 - 7.
<https://www.scielo.br/j/bjb/a/PvdpNrx4g8YmNw3cwydymbpF/?format=pdf&lang=en>
- Ñaupas, P. H., Valdivia, D. M., Palacios, V. J., & Romero, D. H. (2018). *Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Ediciones de la U.
- Onu, p., & Mbohwa, C. (2021). Nuevo enfoque y perspectivas de conversión de recursos de residuos agrícolas para el desempeño y desarrollo de sistemas energéticos. *Cuestiones de diversidad y sostenibilidad de los residuos agrícolas*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323854023000073>
- ORELLANA, C. M. (2007). *DETERMINACION CUANTITATIVA DE TANINOS EN EXTRACTO HIDROALCOHOLICO DE HOJAS DE Fragaria vesca L. (FRESA) POR ESPECTROFOTOMETRIA ULTRAVIOLETA / VISIBLE*.
<https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4898/1/16100177.pdf>
- Rodríguez, G., Avellaneda, S., Pardo, R., Villanueva, E., & Aguirre, E. (2018). Pan de molde enriquecido con torta extruida de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Química, reología, textura y aceptabilidad. *Scientia Agropecuaria*, 9(2), 199 - 208.
<http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v9n2/a04v9n2.pdf>
- Romero, H. L., Jefferson, V. R., & Bonilla, B. S. (2019). CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE SACHA INCHI (*plukenetia volubilis*) DEL CANTÓN SAN VICENTE, MANABÍ, ECUADOR, OBTENIDA MEDIANTE PROCESOS NO TÉRMICOS DE EXTRUSIÓN. *Ciencias de la vida*, 30(2), 77 - 87.
<http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/lgr/v30n2/1390-3799-lgr-30-02-00077.pdf>

- Romero, H. L., Valdiviezo, R. C., & Bonilla, B. S. (2019). Caracterización del aceite de la semilla de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) del cantón San Vicente, Manabí, Ecuador, obtenida mediante procesos no térmicos de extrusión. *30*(2). <https://www.redalyc.org/journal/4760/476060341007/html/>
- Saldaña, E. F. (2018). *CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE COMPUESTOS ANTINUTRICIONALES EN ACEITE DE SACHA INCHI (Plukenetia)*. UNALM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3573/salda%c3%b1a-espinoza-fabiola-beatriz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Samtiya, M., Rotimi, E. A., & Dhewa, T. (2020). Factores antinutricionales de los alimentos vegetales y sus estrategias de reducción: una visión general. *Producción, Procesamiento y Nutrición de Alimentos*, *2*(6). <https://fppn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s43014-020-0020-5>
- Souza, A. A., & Silva, B. N. (2022). Determinación del índice de peróxido en aceites comestibles basado en colorimetría de imagen digital. *Revista de composición y análisis de alimentos*, *113*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157522003428>
- Stoleru, V., Jacobsen, S. E., Vitanescu, M., Jitareanu, G., Butnariu, M., Munteanu, N., & Stan, T. (2022). Nutritional and antinutritional compounds in leaves of quinoa. *Biociencia alimentaria*, *45*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212429221006192>
- Sumit, G. s. (2020). triterpenoides: diversidad estructural, vía biosintética y bioactividad. *Estudios en Química de Productos Naturales*, *67*, 411 - 461. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128194836000126>
- Suwanangul, S., Nitipong, J., & Ruttarattanamongkol, K. (2021). EFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS Y LA REDUCCIÓN DE LOS FACTORES ANTINUTRICIONALES DE LA HARINA DE SACHA INCHI (*PLUKENETIA VOLUBILIS* L.). *Science and Technolog*, *29*(3). <https://www.journal.nu.ac.th/NUJST/article/view/Vol-29-No-3-2021-43-55/1873>

- Tanwar, B., Modgil, R., & Goyal, A. (2018). Effect of Detoxification on Biological Quality of Wild Apricot (*Prunus*). *Department of Food Science, Nutrition and Technology*, 1-42. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.9209>
- Viegas, R. P. (2018). Semillas de sachá inchi de cultivo subtropical: efectos del tostado sobre antinutrientes, capacidad antioxidante y estabilidad oxidativa. *J Food Sci Technol*, 55(1). https://www.researchgate.net/publication/326570439_Sacha_inchi_seeds_from_sub-tropical_cultivation_effects_of_roasting_on_antinutrients_antioxidant_capacity_and_oxidative_stability
- Wang, S., Zhu, V., & Kakudac, Y. (2018). Sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.): composición nutricional, actividad biológica y usos. *Química de Alimentos*, 265(1), 316 - 328. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814618308525>
- Yogesh, K. S., Gosvami, D., Devi, M., Shanker, S. U., & Kumar, V. R. (2021). Compuestos antinutricionales en legumbres: Implicaciones y métodos de alivio. *Ciencia de las legumbres*, 4(2). <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/leg3.111>
- ZHANG, K. (2017). *Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Master of Science in the Graduate School of The Ohio State University*. https://etd.ohiolink.edu/apexprod/rws_etd/send_file/send?accession=osu1492612442758859&disposition=inline

VII. ANEXOS

Anexo 1. Metodología para determinar las saponinas

Método afrosimétrico estándar (MAE)

Para esta metodología se pesaron 0,5 g de semillas, las cuales se agregaron a una probeta de 15 cm de largo y 15 mm de diámetro, junto con 5 ml de agua destilada. El tubo se tapó y se agitó vigorosamente durante 30 segundos, dejándose en reposo durante 30 minutos. Luego se volvió a agitar por 20 segundos y se dejó reposar por 30 minutos más, se volvió a agitar por 30 segundos con fuerte agitación y se dejó en reposo por 5 minutos. La altura de la espuma se midió utilizando una regla con una precisión de 0,1 cm (Morilloa et al., 2022). (Morilloa y otros, 2022).

$$\% \text{ saponina} = \frac{0,646 * (h) - 0.104}{w * 10}$$

Donde:

H: altura de la columna de espuma (cm)

W: peso de la muestra en gramos (g)

Anexo 2. Metodología para determinar taninos

La cuantificación de taninos se realizó mediante el método espectrofotométrico: basado en la reacción de los compuestos fenólicos con el reactivo de Folin (tungstato-fosfomolibdico; carbonato de sodio al 20 %), el cual produce un complejo de color azul, cuya extinción es medida a 700 nm, determinando el contenido total de fenoles. Posteriormente se utilizó solución de gelatina al 25 % para garantizar el secuestro de los taninos, obteniéndose de la diferencia de ambas determinaciones el porcentaje de taninos presente en la almendra de mango, reportados como ácido tánico (g de ácido tánico/100 g de muestra). La aplicación del método se realizó en dos etapas: A y B (Lastra et al., 2000).

A: Extracción de polifenoles totales:

Para la extracción o maceración se pesaron 10,0 g de almendra molida, seca y se trataron con 200 ml de agua, etanol y metanol (se usó recipientes opacos con tapa para evitar oxidación) de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 42. Requerimiento de solventes para la extracción de polifenoles totales

Solventes	Extractos	
	Tiempos	
Agua en ebullición	30 minutos	60 minutos
Etanol de 96°	48 horas	72 horas
Metanol QP	48 horas	72 horas

Se midió 4ml de los extractos obtenidos y se colocaron en una fiola de color ámbar de 50 ml, se añadió 5ml de agua destilada y 1 ml de reactivo de Folin Ciocalteau. Se agitó por 5 minutos, se dejó reposar y se filtró; para la cuantificación se midió 1ml del filtrado y se llevó al espectrofotómetro a 700 nm para la lectura correspondiente.

B: Determinación de polifenoles y taninos

A 5 ml de los extractos se le adicionó 5ml de gelatina al 25%, 5 ml solución saturada de NaCl y alumbre para separar el ácido tánico, más 6 ml de agua. De esta solución se tomó 1,0 ml y se colocó en un tubo de ensayo de 15 ml se les adicionó 1 ml de reactivo de Folin Ciocalteau más 1 ml de solución de carbonato de sodio, se agitó y se completó a 12 ml con agua destilada. Posteriormente fue necesario centrifugarlo debido a que se forma un precipitado. Se tomó 1ml y se llevó al espectrofotómetro a 700 nm. Finalmente, se tomó la lectura en el espectrofotómetro UV a 700 nm, y se procedió a realizar los cálculos.

Anexo 3. Formato de encuesta para selección de candidatos jueces

NOMBRE: _____ **FECHA:** _____

EDAD: _____ **SEXO:** _____ **NIVEL ACADÉMICO:** _____

SALUD: Enfermedad que pueda afectar sus sentidos:

FRECUENCIA:

¿Es daltónico? NO _____ SI _____

¿Padece de alguna intolerancia a algún alimento?

NO _____ SI _____

¿Cuál(es)?

Hábitos: ¿Fuma? NO _____ SI _____

¿Cuántos cigarrillos al día? _____

Horario de Alimentos:

Desayuno: _____

Almuerzo: _____

Cena: _____

¿Estaría usted dispuesto a participar en degustaciones de alimentos?

NO _____ SI _____

¿Ha escuchado hablar del grano: ¿Sacha Inchi?

NO _____ SI _____

Anexo 4: Rubrica y resultados de la encuesta

Fecha:

Tabla 43.

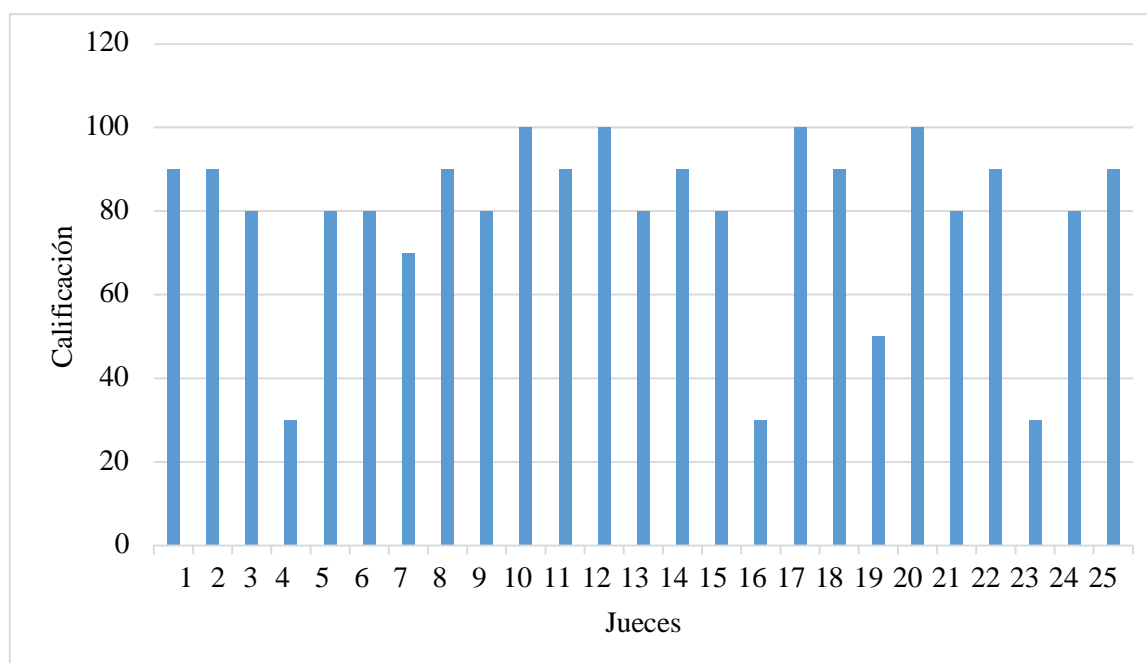
Rubrica de calificación del cuestionario

Calificación del cuestionario	Puntaje
1. Salud: Enfermedad que pueda afectar sus sentidos ¿Padece de alguna intolerancia a algún alimento?	10
2. Hábitos: ¿Fuma?	20
3. ¿Estaría usted dispuesto a participar en degustaciones de alimentos?	50
4. ¿ha escuchado hablar del grano sachu inchi?	20
TOTAL	100

Fuente: Propia

Figura 15.

Resultados del cuestionario de selección de candidatos a jueces



Fuente: Elaboración propia

Se consideraron como candidatos a jueces a 25 personas (entre ellas estudiantes de los últimos ciclos de Ing. en Industrias Alimentarias y egresados de la misma carrera). A los 25 candidatos se les aplicó el cuestionario del Anexo 1, calificándose éste en base a cuatro criterios importantes: salud de los participantes, número de cigarrillos que fuma al día, disposición para

recibir el entrenamiento y formar parte del panel, y finalmente si conoce o no el grano sachachi. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura

De los 25 pretendientes a jueces, 12 de estos lograron el 80% del puntaje mínimo. Los cuales fueron elegidos aptos como jueces para la siguiente etapa. Esta fue de suma importancia ya que admite separar entre los pretendientes, separando a aquellos que no pongan de su parte, ni disponibilidad de tiempo (Watts et al., 1992; Anzaldúa-Morales, 1994; citado por Cáceres, 2016).

En la etapa previa se contó con 25 candidatos. Los reclutados fueron veinte y se eligió esta cantidad ya que, según Wittig (2001) señala que se debe contar con un mínimo de 18 candidatos.

Anexo 5: Formato para test de escala

NOMBRE: _____

FECHA: _____

- Frente a usted tiene cinco muestras diferentes, de ellas favor de marcar con un aspa (x), de acuerdo a la sapidez percibida(astringencia), previa capacitación del tema; en una escala del 1 al 5.

Tabla 44.

Test de escala

PUNTUACIÓN					
MUESTRA	1	2	3	4	5
hhh					
vvv					
ppp					
PPP					
sss					

Fuente: Propia

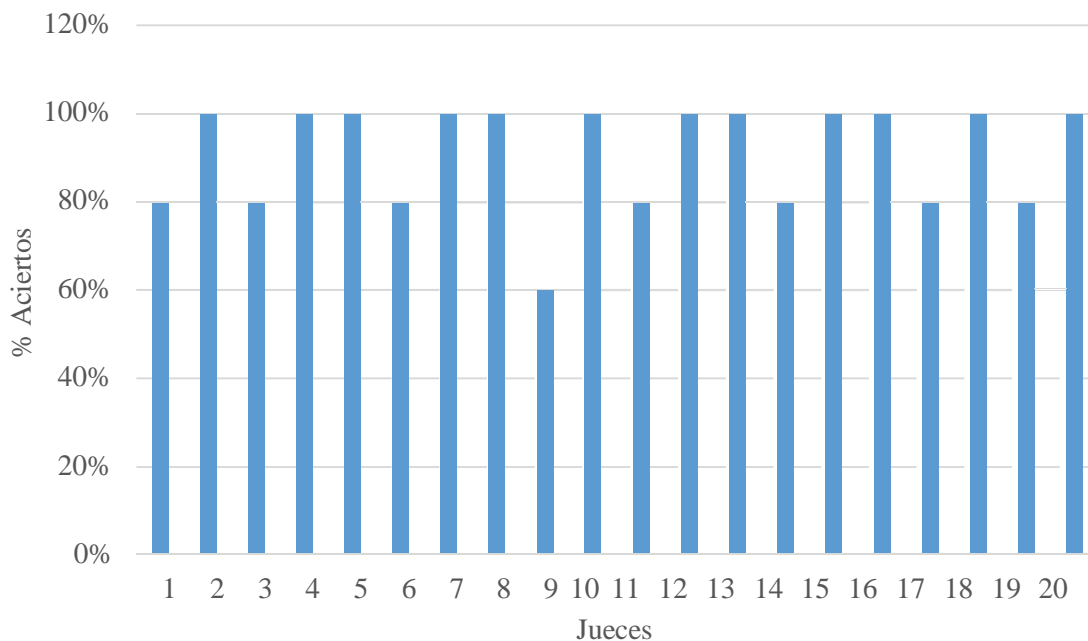
COMENTARIOS:

Estos candidatos (20) elegidos tomaron una capacitación teórico práctica la cual estuvo a cargo de las responsables del proyecto donde se les dio a conocer los aspectos importantes en evaluación sensorial tales como: los sentidos y propiedades sensoriales, objetivos de las pruebas sensoriales, forma de cómo deben actuar en las pruebas sensoriales, importancia de la participación del juez.

Para iniciar con la parte práctica, donde nos enfocamos en la identificación de la sapidez (astringencia), se les presentó 5 muestras diferentes, éstas fueron harina de plátano (hhh), vino seco (vvv), plátano semimaduro (ppp), plátano verde (PPP) y grano de sachá inchi (sss), donde debían diferenciar la intensidad de sapidez entre muestra y muestra en una escala del 1 – 5. Se realizaron varios ensayos de este test, donde los jueces aptos para continuar con el entrenamiento fueron aquellos que consiguieron el 95% de aciertos correctos como mínimo. Solo 12 jueces de los 20 pasaron a la siguiente prueba.

En la Figura 15 se muestran los resultados obtenidos del test de escala aplicado después de la capacitación teórico práctica

Figura 16.
Resultados de test de escala



Fuente: Propia

Anexo 6: Formato para prueba triangular

NOMBRE: _____ FECHA: _____

MUESTRA EVALUADA: _____ HORA: _____

Examine las tres muestras e indique la clave de la muestra que usted considere diferente. Es indispensable que señale una de las tres. Podrá probar repetidas veces las muestras si lo cree necesario.

Enjuáguese la boca con el agua acidificada y después con agua pura, para posteriormente probar cada muestra.

Realizar el mismo procedimiento para los tres ensayos.

Primer Ensayo

Muestras	Muestra diferente
_____	_____
_____	_____

Segundo Ensayo

Muestras	Muestra diferente
_____	_____
_____	_____

Tercer Ensayo

Muestras	Muestra diferente
_____	_____
_____	_____

Anexo 7: Formato para prueba Dúo - Trío

NOMBRE: _____ FECHA: _____

MUESTRA EVALUADA: _____ HORA: _____

Pruebe la muestra de referencia identificada con “R”. Luego deguste las otras dos muestras y anote la clave de la muestra idéntica a la de la referencia.

Enjuáguese la boca con el agua acidificada y después con agua pura, para posteriormente probar cada muestra.

Realizar el mismo procedimiento para los tres ensayos.

Primer Ensayo

Muestras	Igual a “R”

Segundo Ensayo

Muestras	Igual a “R”

Tercer Ensayo

Muestras	Igual a “R”

Anexo 8: Formato para prueba de ordenamientos

NOMBRE: _____ FECHA: _____

MUESTRA EVALUADA: _____ HORA: _____

Se le han dado a usted 3 muestras de sachá inchi.

Pruebe las muestras y ordénelas de menor a mayor intensidad de color y sabor (sapidez) anotando la clave en orden creciente según la intensidad percibida.

NOTA: Enjuáguese la boca con la solución acidificada, posteriormente ingiera agua pura; después de probar cada muestra.

NO INGERIR LAS MUESTRAS

COLOR

Indique las claves de las muestras de menor a mayor intensidad

SAPIDEZ

Indique las claves de las muestras de menor a mayor intensidad

COMENTARIOS:

Anexo 9: Formato de Prueba Definitiva para Evaluación Sensorial

NOMBRE: _____ FECHA: _____

Se le han presentado a usted 3 muestras de sachá inchi y 3 imágenes.

Pruebe las muestras y observe las imágenes, evalúelas considerando las siguientes escalas que se muestran a continuación (del 1 – 8 para sapidez y del 1 – 4 para color).

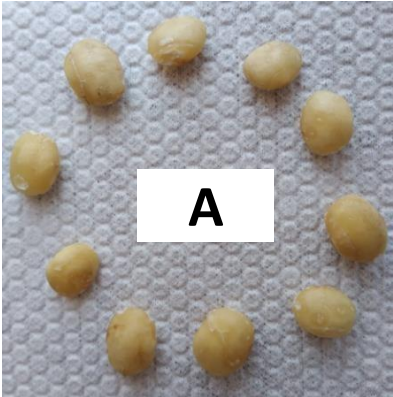
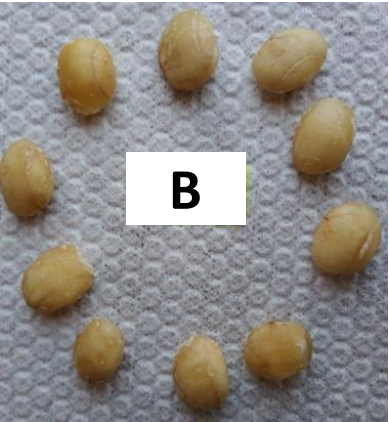
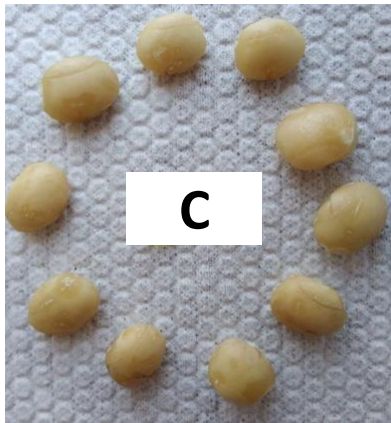
NOTA: Enjuáguese la boca con la solución acidificada, posteriormente ingiera agua pura; después de probar cada muestra. **NO INGERIR LAS MUESTRAS**

SAPIDEZ

1	Ausente
2	Muy débil
3	Débil
4	Ligeramente
5	Moderado
6	Fuerte
7	Muy fuerte
8	Extremadamente fuerte

COLOR

1	Grano opaco, oscuro
2	Grano amarillo
3	Grano ligeramente amarillo
4	Grano ligeramente blanco

MUESTRA	COLOR	SABOR
		
		
		

Nota: Se muestra un ejemplo de evaluación sensorial para 20 minutos de inmersión en el que
A: tratamiento con 3%, B: tratamiento con 5%, C: tratamiento con 7%.

Anexo 10 Formato de asistencia a cursos de capacitación

CURSO DE CAPACITACIÓN

SISTEMA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

FECHA: _____

HORA: _____

LUGAR: _____

TEMA: _____ DURACIÓN: _____

PONENTES: _____

Nº	Nombres y Apellidos	Firma

FIRMA DE PONENTE 1

FIRMA DE PONENTE 2

Anexo 11: Galería de imágenes

Figura 17.
Materia prima



Nota: **A:** Granos de sachá anchi (materia prima), **B:** Tamaño de muestra para tratamiento, **C:** Peso de muestra para tratamiento, **E:** Preparación de solución salina, **F:** Tamaños de muestra de sal para los diversos tratamientos, **G:** Adición de solución salina a cada tratamiento.

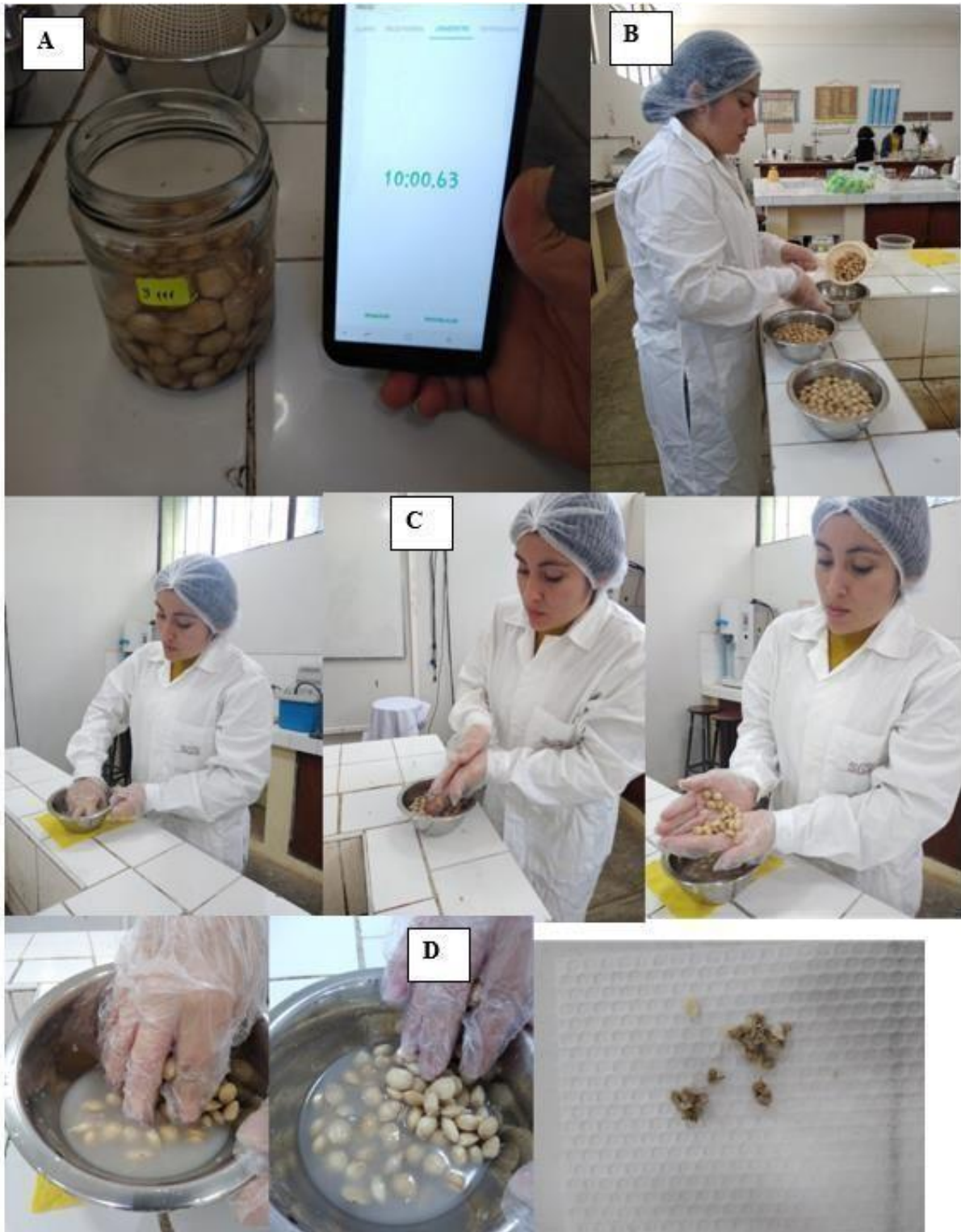
Figura 18.

Tratamientos de % de NaCl a los respectivos tiempos



Nota: Tratamientos para 10 minutos (A:3%NaCl, B: 5%NaCl, B: 5%NaCl), Tratamientos para 15 minutos (C:3%NaCl, D: 5%NaCl, E: 5%NaCl) y para 20 minutos (F:3%NaCl, G: 5%NaCl, H: 5%NaCl).

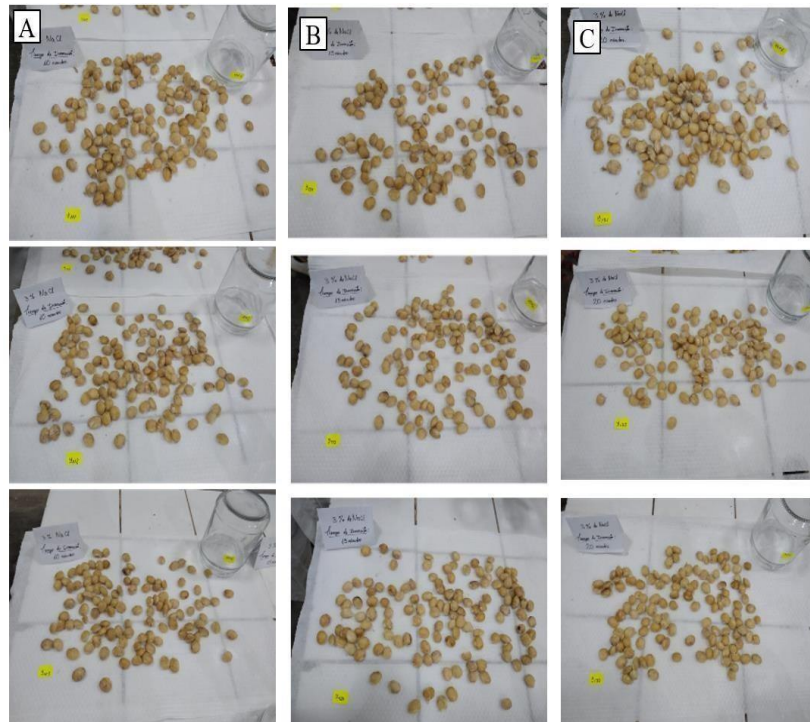
Figura 19.
Control y residuos



Nota: A: Control de tiempo acondicionado, B: retiro de la muestra de la solución salina, C: Lavado, enjuague y remoción del tegumento áspero que recubre al grano de sachu inchi, D: Residuos del tegumento retirado de los granos

Figura 20.

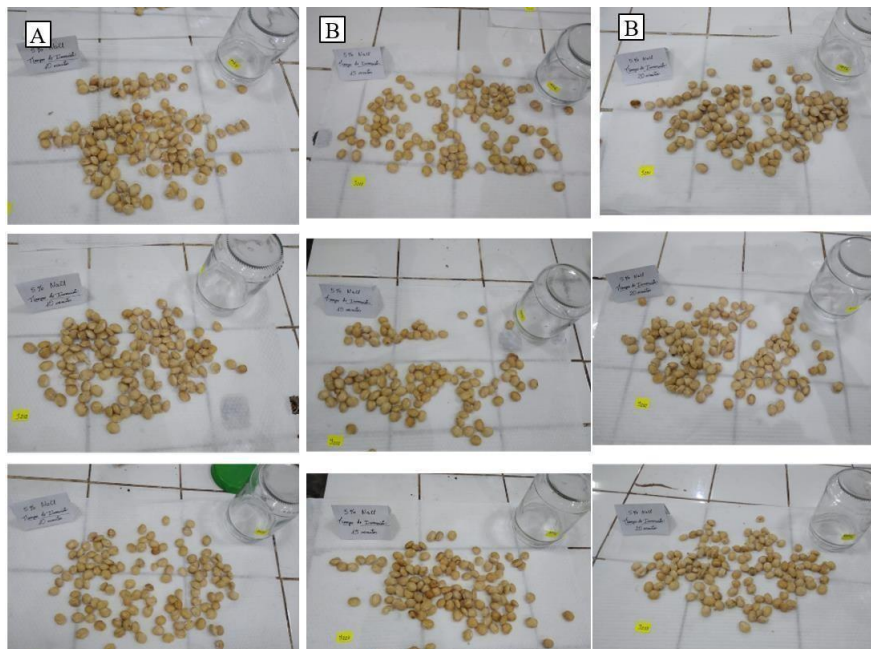
Resultados de los tratamientos con 3% de cloruro de sodio a 10, 15 y 20 minutos



Nota: A: 3% NaCl a 10 minutos con repeticiones, B: 3% NaCl a 15 minutos con repeticiones, C: 3% NaCl a 20 minutos con repeticiones.

Figura 21.

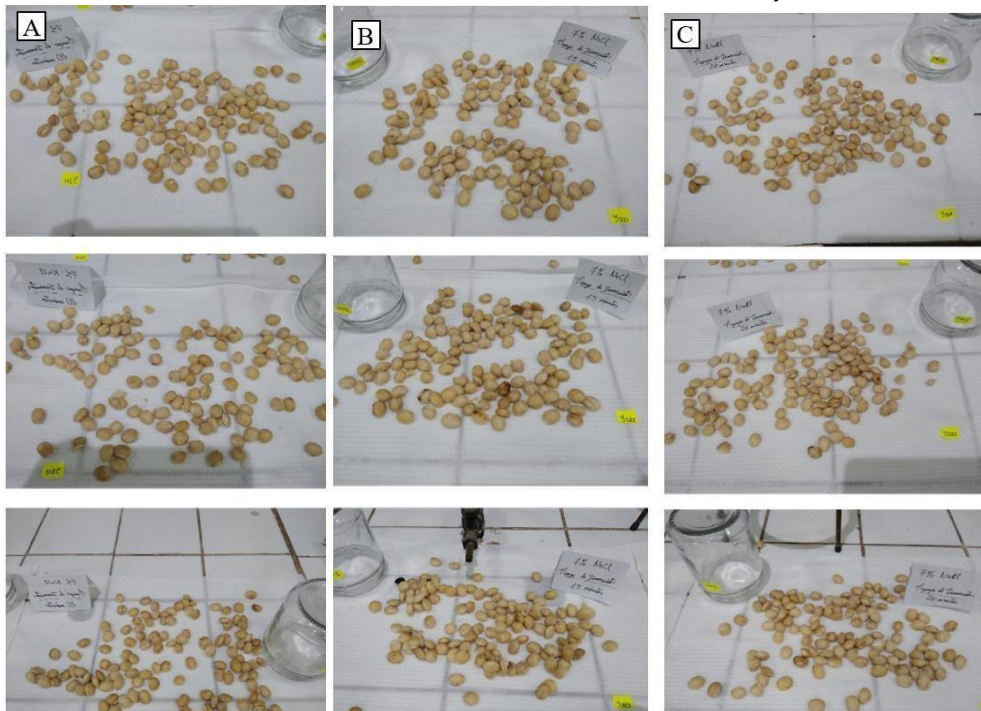
Resultados de los tratamientos con 5% de cloruro de sodio a 10, 15 y 20 minutos



Nota: A: 5% NaCl a 10 minutos con repeticiones, B: 5% NaCl a 15 minutos con repeticiones, C: 5% NaCl a 20 minutos con repeticiones.

Figura 22.

Resultados de los tratamientos con 5% de cloruro de sodio a 10, 15 y 20 minutos



Nota: A: 7% NaCl a 10 minutos con repeticiones, B: 7% NaCl a 15 minutos con repeticiones, C: 7% NaCl a 20 minutos con repeticiones.

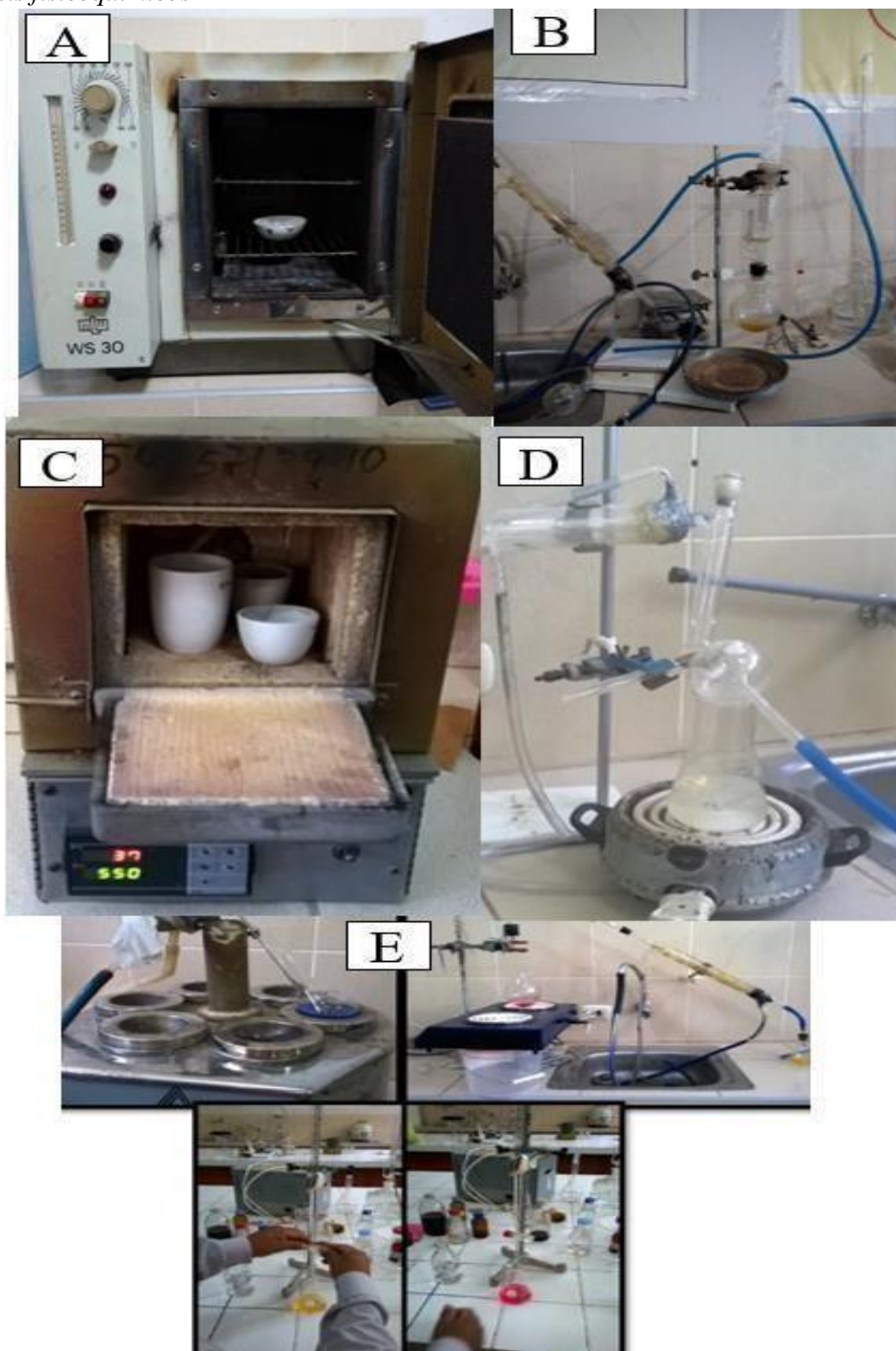
Figura 23.

Identificación de sapidez (astringencia) y color, previo a las capacitaciones teórico – prácticas.



Nota: A, B identificación de sapidez, C, D: identificación del color

Figura 24.
Análisis fisicoquímicos



Nota: A: Determinación de humedad, B: Determinación de grasa, C: Determinación de cenizas, D: Determinación de fibra, E: Determinación de proteínas.



ACTA DE SUSTENTACIÓN - 2023

Siendo la 1:00 pm del día 16 de junio del 2023, se reunieron en la sala de sustentación de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias los miembros del jurado evaluador de la Tesis Titulada: ***"Influencia del cloruro de sodio y tiempo de inmersión sobre el contenido de compuestos fenólicos durante el acondicionamiento del grano de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*)"***, designados por Res. N°104-2022-D-FIQIA de fecha 22 de marzo del 2022, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformados por los siguientes docentes:

- Dra. Tarcila Amelia Cabrera Salazar – Presidente
- M.Sc. James Jenner Guerrero Braco – Secretario
- M.Sc. Rodolfo Pastor Tineo Huancas – Vocal.

La tesis fue asesorada por el Ing. Carmen Annabella Campos Salazar, nombrado por Decreto N°063-2018-UIINV-FIQIA de fecha 14 de setiembre del 2018. El acto de sustentación autorizado Res. N°117-2023-D-FIQIA-VIRTUAL de fecha 05 de junio del 2023.

La Tesis fue presentada y sustentada por las Bachilleres: **ALBERCA ALARCÓN DIANA MEDALY y ASALDE CHAVEZ ELODIA SAMANTHA** y tuvo una duración de 3.00 minutos.


Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el calificativo de 18. (Dieciocho.....) en la escala vigesimal, mención MUY BUENO


Por lo que quedan APTO (s) para obtener el Título Profesional de INGENIERA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 14:00 se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

Firmas


.....
Presidente
Dra. TARCILA AMELIA CABRERA SALAZAR


.....
Vocal
MSc. RODOLFO PASTOR TINEO HUANCAS


.....
Secretario
M.Sc. JAMES JENNER GUERRERO BRACO


.....
Asesor
ING. CARMEN ANNABELLA CAMPOS SALAZAR

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Carmen Annabella Campos Salazar, asesora de tesis del trabajo de investigación, de las
bachilleres

- ASALDE CHÁVEZ ELODIA SAMANTHA CAROLINA
- ALBERCA ALARCÓN DIANA MEDALY

Titulada:

**Influencia del cloruro de sodio y tiempo de inmersión sobre el contenido de compuestos
fenólicos durante el acondicionamiento del grano de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*)**

Después de la revisión exhaustiva del documento, se verifica que la misma tiene un índice de similitud de **12%** como consigna el reporte de similitud empleando el programa Turnitin.

Se realizó una revisión y análisis de las coincidencias detectadas, por lo que se da fe que no constituyen plagio. En base al conocimiento de la ética sobre trabajos de investigación y la supervisión realizada a la ejecución de la presente tesis, declaro que cumple con las normas de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Lambayeque, 21 de marzo del 2023



Carmen Annabella Campos Salazar

Asesora de tesis

Tesis final para entrega

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%	9%	7%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	fppn.biomedcentral.com	1%
	Fuente de Internet	
2	link.springer.com	1%
	Fuente de Internet	
3	Sunan Wang, Fan Zhu, Yukio Kakuda. "Sacha inchi (Plukenetia volubilis L.): Nutritional composition, biological activity, and uses", Food Chemistry, 2018	1%
	Publicación	
4	hrcak.srce.hr	1%
	Fuente de Internet	
5	libjournals.unca.edu	1%
	Fuente de Internet	
6	www.scielo.br	1%
	Fuente de Internet	
7	Nur Anis Raihana Mhd Rodzi, Lai Kuan Lee. "Sacha Inchi (Plukenetia Volubilis L.): recent insight on phytochemistry, pharmacology,	1%

Carmen Annabella Campos Salazar
Asesora de tesis

organoleptic, safety and toxicity
perspectives", Heliyon, 2022

Publicación

8

www.ncbi.nlm.nih.gov

Fuente de Internet

<1 %

9

Amanda Carolina Souza Andrada Anconi,
Nathália Cristina Silva Brito, Cleiton Antônio
Nunes. "Determination of peroxide value in
edible oils based on Digital Image
Colorimetry", Journal of Food Composition
and Analysis, 2022

Publicación

<1 %

10

pure.roehampton.ac.uk

Fuente de Internet

<1 %

11

www.sciencedirect.com

Fuente de Internet

<1 %

12

www.researchgate.net

Fuente de Internet

<1 %

13

www.mdpi.com

Fuente de Internet

<1 %

14

Roland Barret. "Importance and Evaluation of
Lipophilicity", Elsevier BV, 2018

Publicación

<1 %

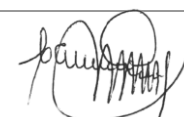
15

journal.ipmafa.ac.id

Fuente de Internet

<1 %

ifst.pericles-prod.literatumonline.com



Carmen Annabella Campos Salazar

16

<1 %

17

Submitted to University of West London

Trabajo del estudiante

<1 %

18

"Food and Agricultural Byproducts as Important Source of Valuable Nutraceuticals", Springer Science and Business Media LLC, 2022

Publicación

<1 %

19

www.leco.co.jp

Fuente de Internet

<1 %

20

www.ssbfn.net.com

Fuente de Internet

<1 %

21

Submitted to Blackwood High School

Trabajo del estudiante

<1 %

22

Submitted to Coventry University

Trabajo del estudiante

<1 %

23

Peter Onu, Charles Mbohwa. "New approach and prospects of agrowaste resources conversion for energy systems performance and development", Elsevier BV, 2021

Publicación

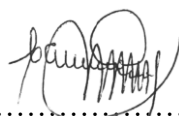
<1 %

24

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %



Carmen Annabella Campos Salazar



Asesora de tesis



Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Diana Alberca Samantha
Título del ejercicio: Revisión borrador de tesis
Título de la entrega: Tesis final para entrega
Nombre del archivo: RNITIN_FINAL_TESIS_COMPLETA_ALBERCA_Y_ASALDE_UNPR...
Tamaño del archivo: 3.57M
Total páginas: 107
Total de palabras: 20,323
Total de caracteres: 106,945
Fecha de entrega: 21-mar.-2023 11:12a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2042756501



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Influencia del cloruro de sodio y tiempo de inmersión sobre el contenido de compuestos fenólicos durante el acondicionamiento del grano de Sacha Inchi (*Plukenetia velutibilis*).

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero de Industrias Alimentarias

PRESENTADO POR:
BACH. ALBERCA ALARCÓN DIANA MEDALY
BACH. ASALDE CHÁVEZ ELODIA SAMANTHA CAROLINA

ASESORADO POR:

Lambayeque – Perú
2023

Carmen Annabella Campos Salazar
Asesora de Tesis

Carmen Annabella Campos Salazar