

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE NEGOCIOS

AGRONÓMICOS Y FORESTALES



TESIS

Evaluación de la fermentación natural y láctica para la extracción de aceite de coco (*Cocos nucifera* L.) en Huanta, 2025

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero de Negocios Agronómicos y Forestales

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Negocios, Administración

PRESENTADO POR:

Barbarán Fernández, John

ASESORA:

Mtra. Mary Amelia Cárdenas Bustamante

HUANTA - AYACUCHO

2026

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

IEVALUACIÓN DE LA FERMENTACIÓN NATURAL Y LÁCTICA PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE COCO (Cocos nucifera L.) EN HUANTA, 2025

AUTOR

John Barbarán Fernández

RECuento DE PALABRAS

14516 Words

RECuento DE CARACTERES

84301 Characters

RECuento DE PÁGINAS

77 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.5MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 31, 2026 1:29 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 31, 2026 1:32 AM GMT-5

● **9% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA**
Mary Amelia Cárdenas Bustamante
Coordinadora de la Oficina de Registro y Seguimiento de la Investigación Científica



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

Creada por Ley N° 29658

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE NEGOCIOS AGRONÓMICOS Y FORESTALES

En la ciudad de Huanta, en el Aula 01 de Estudios Generales de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, ubicado en el Jr. Miguel Lazón N° 370 – cinco esquinas, a los 06 días del mes de octubre de 2026, siendo las 11: 20 horas, se dio inicio al acto académico de sustentación de tesis con la presencia de los miembros del jurado calificador:

Mtro. Giancarlo Joel Pérez Mejía

Mtro. Eloy Robles Carrión

Mtra. Mary Amelia Cardenas Bustamante

Mtro. Alfredo Ozejo López

Miembro Titular 1 (Presidente)

Miembro titular 2

Miembro titular 3

Miembro Suplente

Acto seguido se procedió a dar lectura a la Resolución de Vicepresidencia Académica N° 189-2026-CO-UNAH, en la que señala fecha, hora y designación de jurado evaluador para la sustentación de tesis del **Bach. John Barbarán Fernández**, con la tesis titulada: **"Evaluación de la fermentación natural y láctica para la extracción de aceite de coco (*Cocos nucifera* L.) en Huanta, 2025"**. asesorado por la Mtra. Mary Amelia Cardenas Bustamante para optar el Título profesional de: Ingeniero de Negocios Agronómicos y Forestales.

Observaciones:

NINGUNO

Terminada la sustentación se procedió a la formulación de preguntas por los miembros del jurado evaluadores, los mismos que fueron defendidos y absueltos por el tesista. Acto seguido se procedió a calificar con el resultado siguiente:

Aprobado Regular	()
Aprobado Bueno	()
Aprobado Muy Bueno	(x)
Aprobado Excelente	()

Con la calificación de **DIECISIETE** (17)

Siendo las ... **12:45 PM** ... se da por finalizada el acto académico de sustentación de tesis pasando a firmar los miembros del jurado evaluador.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

Mg. Giancarlo Joel Pérez Mejía

DOCENTE

Mtro. Giancarlo Joel Pérez Mejía

Miembro Titular 1 (Presidente)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

Mtro. Eloy Robles Carrión

DOCENTE

Mtro. Eloy Robles Carrión

Miembro Titular 2



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

Mtra. Mary Amelia Cardenas Bustamante

DOCENTE

Mtra. Mary Amelia Cardenas Bustamante

Miembro Titular 3

**Evaluación de la fermentación natural y láctica para la extracción de aceite de coco
(*Cocos nucifera* L.) en Huanta, 2025**

TESISTA

John Barbarán Fernández

ASESORA

Mtra. Mary Amelia Cárdenas Bustamante

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con gratitud a mi madre, por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida académica y enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia, a mi tía por su apoyo constante y sus palabras de aliento en los momentos más difíciles, a mi abuela, familia de mi madre quien también apoyó durante el desarrollo de este trabajo. Finalmente, dedico este logro a todas las personas que creyeron en mí cuando las dudas parecían más grandes que los sueños.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento a todas las personas y a la Universidad Nacional Autónoma de Huanta que hicieron posible la culminación de esta tesis. A la Ing. Mary Amelia Cárdenas Bustamante por su guía, paciencia y valiosas orientaciones que fortalecieron el desarrollo del trabajo. A los docentes de la Facultad de Ingeniería y Gestión, por compartir sus conocimientos y motivarme a seguir aprendiendo. A mi familia, por su amor, comprensión y respaldo constante durante mi formación profesional.

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del tipo de fermentación, natural o láctica, en el rendimiento de extracción de aceite de coco (*Cocos nucifera* L.) en Huanta, 2025. El estudio fue de enfoque cuantitativo, tipo aplicado, nivel explicativo-comparativo y diseño experimental completamente aleatorizado. Se trabajó con coco híbrido comercial maduro, utilizando 12 unidades experimentales, cada una conformada por 1 kg de pulpa homogeneizada. Los tratamientos evaluados fueron fermentación natural y fermentación láctica, con seis repeticiones por tratamiento. El rendimiento se determinó relacionando el volumen de aceite recuperado con la masa inicial de pulpa procesada, expresándose en porcentaje volumen/peso (% v/p) y en mL/kg. Los resultados mostraron que la fermentación natural alcanzó un rendimiento promedio de 5,20 % v/p, equivalente a 52,00 mL/kg, mientras que la fermentación láctica obtuvo 5,37 % v/p, equivalente a 53,67 mL/kg. La prueba estadística reportó un valor de $p = 0,891$, por lo que no se evidenció diferencia estadísticamente significativa entre ambos métodos. Se concluye que, bajo las condiciones evaluadas, ambos tipos de fermentación permitieron obtener aceite de coco, con rendimientos cercanos.

Palabras clave: aceite de coco, fermentación natural, fermentación láctica, rendimiento de extracción, *Cocos nucifera* L.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of natural and lactic fermentation on the extraction yield of coconut oil (*Cocos nucifera* L.) in Huanta, 2025. The study followed a quantitative approach, applied type, explanatory-comparative level, and a completely randomized experimental design. Mature commercial hybrid coconuts were used, with 12 experimental units, each consisting of 1 kg of homogenized coconut pulp. Two treatments were evaluated: natural fermentation and lactic fermentation, with six replications per treatment. The extraction yield was determined by relating the volume of oil recovered to the initial mass of processed pulp and was expressed as volume/weight percentage (% v/w) and mL/kg. The results showed that natural fermentation reached an average yield of 5.20 % v/w, equivalent to 52.00 mL/kg, while lactic fermentation obtained 5.37 % v/w, equivalent to 53.67 mL/kg. The statistical test reported a p-value of 0.891; therefore, no statistically significant difference was found between both methods. It is concluded that, under the evaluated conditions, both fermentation methods allowed coconut oil extraction, with close yield values.

Keywords: coconut oil, natural fermentation, lactic fermentation, extraction yield, *Cocos nucifera* L.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
ÍNDICE GENERAL.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
INTRODUCCIÓN	16
CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	18
1.1. Descripción y formulación del problema	18
1.1.1. Problema general	19
1.1.2. Problemas específicos	19
1.2. Objetivos de la investigación.....	19
1.2.1. Objetivo general.....	19
1.2.2. Objetivos específicos	19
1.3. Justificación	20
1.3.1. Justificación teórica	20
1.3.2. Justificación práctica	20
1.3.3. Justificación metodológica	20
1.3.4. Justificación científica	20
1.3.5. Justificación ambiental	21
1.3.6. Justificación económica	21
1.3.7. Justificación social	21
1.4. Hipótesis	22
1.4.1. Hipótesis general	22
1.4.2. Hipótesis específicas	22
1.5. Variables.....	22
1.5.1. Variable independiente.....	22
1.5.2. Variable dependiente	22
1.6. Operacionalización de variables	23
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	24
2.1. Antecedentes de la investigación.....	24
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	24
2.2. Bases teóricas	30
2.2.1. <i>El coco (Cocos nucifera L.)</i>	30
2.2.2. Aceite de coco virgen	31
2.2.3. Fermentación aplicada a la extracción de aceite.....	31
2.2.4. Fermentación natural	34
2.2.5. Fermentación láctica	35
2.2.6. Madurez del fruto y control de calidad	39

2.2.6.1. Evaluación de la madurez del coco para la extracción de aceite	41
2.2.7. Método Soxhlet para la evaluación del contenido lipídico de la pulpa de coco	43
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	46
3.1. Tipo, nivel y diseño de investigación	46
3.1.1. Tipo de investigación.....	46
3.1.2. Enfoque de investigación.....	46
3.1.3. Nivel de investigación	46
3.1.4. Diseño de investigación	47
3.2. Ámbito temporal y espacial	48
3.3. Población, muestreo, muestra y unidad experimental	49
3.3.1. Población	49
3.3.2. Muestreo	49
3.3.3. Muestra	49
3.3.4. Unidad experimental.....	49
3.4. Procedimiento experimental	50
3.5. Diseño experimental	51
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	51
3.7. Análisis estadístico	52
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
4.1. Resultados.....	54
4.1.1. Objetivo general.....	54
4.1.2. Objetivo específico 1	58
4.1.3. Objetivo específico 2	59
4.2. Discusión	61
4.2.1. Discusión del objetivo general.....	61
4.2.2. Discusión del objetivo específico 1	62
4.2.3. Discusión del objetivo específico 2	63
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES.....	65
CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES	66
CAPÍTULO VII. REFERENCIAS.....	67
CAPÍTULO VIII. ANEXOS.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Matriz operacional de variables</i>	23
Tabla 2. <i>Clasificación taxonómica del coco</i>	31
Tabla 3. <i>Comparación técnica entre fermentación natural y fermentación láctica</i>	39
Tabla 4. <i>Cuadro teórico para determinar cuándo el coco está maduro para extracción de aceite</i>	44
Tabla 5. <i>Criterio operativo de clasificación según aceite obtenido por Soxhlet</i>	45
Tabla 6. <i>Tratamientos experimentales</i>	51
Tabla 7. <i>Parámetros a registrar durante la investigación</i>	52
Tabla 8. <i>Plan de análisis estadístico</i>	53
Tabla 9. <i>Rendimiento de extracción de aceite de coco según tipo de fermentación</i>	54
Tabla 10. <i>Análisis inferencial del rendimiento de extracción según tipo de fermentación</i>	56
Tabla 11. <i>Rendimiento de extracción de aceite de coco mediante fermentación natural</i>	58
Tabla 12. <i>Rendimiento de extracción de aceite de coco mediante fermentación láctica</i>	59
Tabla A. <i>Resultados experimentales de extracción de aceite de coco</i>	86
Tabla B. <i>Registro consolidado de datos de fermentación natural y láctica</i>	87
Tabla C1. <i>Resultados de aceite obtenido por Soxhlet para la evaluación de madurez del coco</i>	88
Tabla C2. <i>Resumen de la evaluación de madurez según contenido de aceite</i>	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Proceso general de extracción por fermentación de leche de coco</i>	33
Figura 2. <i>Ruta metabólica simplificada durante la fermentación de leche de coco</i>	38
Figura 3. <i>Esquema del diseño experimental</i>	48
Figura 4. <i>Rendimiento de extracción de aceite de coco según tipo de fermentación</i>	55
Figura 5. <i>Rendimiento de extracción de aceite de coco mediante fermentación natural</i>	58
Figura 6. <i>Rendimiento de extracción de aceite de coco mediante fermentación láctica</i>	60
Figura A1. <i>Acondicionamiento de materia prima</i>	72
Figura A2. <i>Extracción de la pulpa de coco</i>	72
Figura A3. <i>Picado de la pulpa de coco</i>	73
Figura A4. <i>Licuado de la pulpa de coco</i>	74
Figura A5. <i>Extracción de la leche de coco</i>	75
Figura A6. <i>Inóculo utilizado para el tratamiento de fermentación láctica</i>	76
Figura A7. <i>Preparación del inóculo</i>	77
Figura A8. <i>Fermentación de la leche de coco</i>	78
Figura A9. <i>Refrigeración de la leche de coco</i>	78
Figura A10. <i>Cocinado de la crema de coco</i>	79
Figura A11. <i>Aceite de coco extraído</i>	80
Figura A12. <i>Envasado del aceite y medición del pH de la fase acuosa</i>	80
Figura A13. <i>Prensado en frío de la merma de coco</i>	81
Figura A14. <i>Secado de la merma de coco</i>	82
Figura A15. <i>Extracción de aceite de la merma y filtrado</i>	83
Figura A16. <i>Cantidad de aceite extraído</i>	84
Figura A17. <i>Programación del Soxhlet con n-hexano</i>	85
Figura A18. <i>Programación del Soxhlet con tolueno</i>	85

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia	70
Anexo 2 Acervo fotográfico	72
Anexo 3 Ficha de recolección de datos experimentales	86
Anexo 4 Registro consolidado de datos de fermentación natural y láctica	87
Anexo 5 Registro consolidado de datos de aceite de coco obtenido por Soxhlet para la evaluación de la madurez.....	88

INTRODUCCIÓN

El coco (*Cocos nucifera* L.) es una especie tropical de importancia agroindustrial por el aprovechamiento de su pulpa, agua, fibra y aceite. La base Plants of the World Online reconoce a *Cocos nucifera* L. como especie aceptada de la familia Arecaceae y señala su distribución nativa desde Malesia central hasta el Pacífico suroccidental (Royal Botanic Gardens, Kew, 2025).

Desde el punto de vista tecnológico, el aceite de coco virgen se obtiene de la pulpa fresca o de la leche de coco mediante procesos físicos, fermentativos o enzimáticos, sin refinación química intensiva, por lo que el control del proceso influye directamente en el rendimiento y la calidad final (Marina et al., 2009).

La extracción de aceite de coco por vía húmeda se basa en la separación de una emulsión compleja formada por agua, proteínas, carbohidratos, sólidos suspendidos y lípidos. En este sistema, la fermentación natural aprovecha el microbiota presente en el sustrato, mientras que la fermentación láctica incorpora bacterias ácido lácticas capaces de acidificar el medio, favorecer la coagulación de proteínas y facilitar la liberación de la fase oleosa. Estudios experimentales han reportado que *Lactobacillus plantarum* puede emplearse para inducir la fermentación de la leche de coco y mejorar la eficiencia de obtención del aceite, especialmente cuando se controlan pH, temperatura, concentración de inóculo y tiempo de incubación (Satheesh y Prasad, 2014).

Las investigaciones sobre comunidades microbianas en la producción fermentativa de aceite de coco virgen muestran que los cambios en bacterias del orden Lactobacillales son relevantes durante la separación del aceite (Maini y López, 2022).

La fermentación con cultivos iniciadores también puede influir sobre atributos de calidad como acidez, humedad, estabilidad y aceptabilidad sensorial del aceite obtenido (Olateru et al., 2020).

En Huanta, la evaluación de alternativas de extracción de aceite de coco representa una oportunidad para fortalecer el aprovechamiento de materias primas procedentes del VRAEM y de mercados regionales. El presente trabajo comparó dos métodos de fermentación bajo condiciones controladas de tiempo, temperatura, relación pulpa:agua y masa inicial, tomando como variable principal el rendimiento.

Capítulo I: el problema, considera el planteamiento del problema, objetivos y justificación e importancia de la investigación, donde se consideró la formulación de la hipótesis a nivel general y específico, también la identificación de las variables.

Capítulo II: se considera el marco teórico, incluyendo los antecedentes de la investigación a nivel internacional, nacional y local, también las bases teóricas y definición de términos.

Capítulo III: se presenta la metodología, considerando el tipo, nivel, método y diseño de la investigación, también se incluye el ámbito de intervención, la población, muestra y muestreo, las técnicas de instrumentos de recolección de datos, finalmente las técnicas de procesamiento y análisis de los datos. Capítulo IV: contempla los resultados y discusiones. Capítulo V: se considera las conclusiones. Capítulo VI: se representa las recomendaciones. Capítulo VII: se considera las referencias bibliográficas. Capítulo VIII: se presenta los anexos obtenidos durante la investigación.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción y formulación del problema

La obtención de aceite de coco por métodos tradicionales puede presentar variabilidad en el rendimiento y en la calidad del producto final debido a diferencias en la madurez del fruto, proporción de agua, tiempo de reposo, temperatura, higiene del proceso y grado de ruptura de la emulsión. En la vía húmeda, la leche de coco actúa como una emulsión natural estabilizada por proteínas, fosfolípidos y sólidos, por lo que la separación del aceite requiere modificar el sistema para liberar la fase lipídica. La fermentación constituye una alternativa tecnológica porque genera cambios bioquímicos que reducen el pH, desestabilizan la emulsión y permiten la separación de aceite con menor dependencia de solventes químicos.

A nivel internacional, la fermentación natural ha sido empleada de manera artesanal para producir aceite de coco virgen. No obstante, su principal limitación es la baja reproducibilidad, debido a que depende de la microbiota espontánea del sustrato y del ambiente. En contraste, la fermentación láctica permite mayor control, porque utiliza microorganismos seleccionados, como *Lactobacillus plantarum*, capaces de producir ácido láctico y metabolitos que favorecen la ruptura de la emulsión. Satheesh y Prasad (2014) reportaron que condiciones controladas de pH, temperatura, concentración de inóculo y tiempo de incubación influyen en la eficiencia de producción de aceite de coco virgen por fermentación inducida.

En el contexto nacional y local, el aprovechamiento del coco requiere propuestas de bajo costo, replicables y compatibles con laboratorios universitarios y pequeñas unidades agroindustriales. En esta investigación se mantuvo constante el tiempo de fermentación en 48 horas para aislar el efecto del método de fermentación. De esta manera, el tiempo, la

temperatura, la relación pulpa:agua y la masa inicial fueron tratados como condiciones de control y no como factores experimentales.

Por lo tanto, el problema de investigación se centra en determinar si la fermentación natural y la fermentación láctica producen diferencias en el rendimiento de extracción de aceite de coco, bajo condiciones controladas de procesamiento en Huanta, 2025.

1.1.1. Problema general

¿Qué efecto tiene el tipo de fermentación natural y láctica, en el rendimiento de extracción de aceite de coco (*Cocos nucifera* L.) en Huanta, 2025?

1.1.2. Problemas específicos

- ✓ ¿Cuál es el rendimiento de extracción de aceite de coco (*Cocos nucifera* L.) obtenido mediante fermentación natural en Huanta, 2025?
- ✓ ¿Cuál es el rendimiento de extracción de aceite de coco (*Cocos nucifera* L.) obtenido mediante fermentación láctica en Huanta, 2025?

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del tipo de fermentación natural y láctica, en el rendimiento de extracción de aceite de coco (*Cocos nucifera* L.) en Huanta, 2025.

1.2.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar el rendimiento de extracción de aceite de coco (*Cocos nucifera* L.) obtenido mediante fermentación natural en Huanta, 2025.
- ✓ Determinar el rendimiento de extracción de aceite de coco (*Cocos nucifera* L.) obtenido mediante fermentación láctica en Huanta, 2025.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación teórica

La investigación aporta al conocimiento sobre métodos biotecnológicos de extracción de aceites vegetales, en particular en sistemas donde la fermentación permite romper emulsiones naturales. La fermentación de leche de coco se relaciona con cambios en el microbiota y en el pH que favorecen la liberación de aceite (Maini y López, 2022).

1.3.2. Justificación práctica

El estudio ofrece una alternativa aplicable en laboratorios universitarios y unidades productivas pequeñas, porque compara métodos que no requieren solventes orgánicos ni equipos complejos. La comparación del rendimiento obtenido por cada método permite orientar mejoras en la extracción, sin afirmar superioridad tecnológica antes del análisis estadístico.

1.3.3. Justificación metodológica

La metodología mantiene constante el tiempo de fermentación, la temperatura, la relación pulpa:agua y la masa inicial de muestra, con el fin de aislar el efecto del método de fermentación. Esta delimitación evita confundir el efecto del método con variaciones del tiempo de fermentación.

1.3.4. Justificación científica

Los estudios sobre fermentación inducida con bacterias ácido lácticas muestran que los cultivos iniciadores pueden modificar la calidad y aceptabilidad del aceite obtenido (Olateru et al., 2020). Por ello, la evaluación experimental permite contrastar si dichas ventajas también se expresan en condiciones locales.

1.3.5. Justificación ambiental

La fermentación constituye una tecnología limpia porque reduce el empleo de solventes y puede aprovechar subproductos como el bagazo o merma de coco. Esto contribuye a una lógica de economía circular y a procesos agroindustriales de menor impacto.

1.3.6. Justificación económica

La investigación se justifica económicamente porque permite valorar la eficiencia real del proceso a partir del rendimiento obtenido por kilogramo de pulpa procesada. En el estudio, la fermentación natural recuperó 52,0 mL/kg y la fermentación láctica 53,7 mL/kg; por tanto, estos valores sirven para estimar costo unitario por mL, pérdidas de proceso y margen bruto teórico. El análisis económico debe integrar costo de pulpa, transporte hacia Huanta, agua, inóculo, energía, envases, mano de obra y aprovechamiento de la merma. Esta información es necesaria para decidir si el proceso puede escalarse o si requiere optimización previa de separación de fases y recuperación de aceite.

1.3.7. Justificación social

La investigación se justifica socialmente porque propone una alternativa de aprovechamiento agroindustrial del coco orientada a estudiantes, pequeños productores y emprendedores locales. La extracción por fermentación puede aplicarse en productos naturales y de valor agregado, siempre que se mejore la eficiencia del proceso y se controle la calidad del aceite. Asimismo, el estudio fortalece capacidades técnicas en Huanta al vincular materia prima, transformación, rendimiento, merma y toma de decisiones productivas.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

El tipo de fermentación, natural y láctica influye en el rendimiento de extracción de aceite de coco (*Cocos nucifera L.*) en Huanta, 2025.

1.4.2. Hipótesis específicas

- ✓ La fermentación natural permite alcanzar un rendimiento significativo en la extracción de aceite de coco (*Cocos nucifera L.*) en Huanta, 2025.
- ✓ La fermentación láctica permite alcanzar un rendimiento un rendimiento significativo en la extracción de aceite de coco (*Cocos nucifera L.*) en Huanta, 2025.

1.5. Variables

1.5.1 Variable independiente

- ✓ Tipo de fermentación

1.5.1.1 Dimensión

- ✓ Fermentación natural
- ✓ Fermentación láctica

1.5.2 Variable dependiente

- ✓ Rendimiento de extracción de aceite de coco

1.5.2.1 Dimensión

- ✓ Rendimiento obtenido por fermentación natural
- ✓ Rendimiento obtenido por fermentación láctica

Tabla 1*Matriz operacional de variables*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO/ TÉCNICA
Variable independiente Tipo de fermentación	La fermentación aplicada a la leche de coco es un proceso biotecnológico en el que la actividad microbiana modifica el medio, favorece la acidificación y contribuye a la separación de la fase oleosa durante la obtención de aceite de coco virgen (Maini y López, 2022).	Se evaluó el tipo de fermentación aplicado a la leche de coco obtenida a partir de 1 kg de pulpa, considerando dos tratamientos: fermentación natural y fermentación láctica.	Fermentación natural	Tipo de fermentación sin adición de cultivo láctico; tiempo de fermentación; temperatura; relación pulpa: agua.	Ficha de control del proceso, termómetro, recipientes de fermentación y registro experimental.
			Fermentación láctica	Tipo de fermentación con adición de cultivo láctico; dosis de inóculo; tiempo de fermentación; temperatura; relación pulpa: agua.	Ficha de control del proceso, termómetro, balanza, recipientes de fermentación y registro experimental.
Variable dependiente Rendimiento	El rendimiento de extracción expresa la cantidad de aceite de coco recuperado a partir de la leche o pulpa procesada, permitiendo comparar la eficiencia del método de extracción empleado (Adekola et al., 2021).	Se determinó mediante la relación entre el volumen de aceite recuperado y la masa inicial de pulpa procesada. El rendimiento se expresó en porcentaje volumen/peso: $\text{rendimiento (\% v/p)} = \frac{\text{volumen de aceite recuperado (mL)}}{\text{masa de pulpa (g)}} \times 100$.	Rendimiento por fermentación natural	Volumen de aceite recuperado (mL); masa de pulpa procesada (g); rendimiento (% v/p);	Probeta graduada, balanza digital, hoja de cálculo y ficha de control.
			Rendimiento por fermentación láctica	Volumen de aceite recuperado (mL); masa de pulpa procesada (g); rendimiento (% v/p);	Probeta graduada, balanza digital, hoja de cálculo y ficha de control.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Satheesh y Prasad (2014) Realizó en Cuba la investigación “*Producción de aceite de coco virgen mediante fermentación inducida con Lactobacillus plantarum cepa NDRI 184*”, cuyo objetivo de producir el aceite de coco virgen por medio de la fermentación inducida por *Lactobacillus sp.* La metodología fue experimental; se realizaron estudios para determinar el efecto de los principales parámetros, para producir mayores rendimientos de aceite de coco virgen en la fermentación inducida. Como resultado se confirmó que el pH 5.0 ± 0.1 , la temperatura 45 ± 1 ° C, la concentración de inóculo 2%, el tiempo de incubación de 48 horas y las condiciones anaeróbicas fueron las condiciones óptimas para la producción eficiente de aceite de coco virgen por fermentación inducida con *L. plantarum*. Como conclusión el *L. plantarum*, un organismo probiótico, participa eficientemente en la fermentación inducida de la leche de coco. En el presente estudio, se determinó que la temperatura de 45 ± 1 °C, el pH de $5 \pm 0,1$, la concentración de inóculo del 2 %, el tiempo de finalización de la fermentación de 48 h y las condiciones anaeróbicas son las más preferibles para la producción fermentativa inducida de VCO. Gracias a las propiedades probióticas de los organismos presentes en el VCO, podemos utilizar el VCO producido tanto en aplicaciones medicinales como alimentarias. Debido a las limitaciones del proceso de producción de VCO, para minimizar las condiciones de procesamiento, el estudio se diseñó considerando los parámetros en un rango estrecho. El polvo de coco, producido en el proceso como subproducto con bajo contenido de grasa y alto contenido de fibra, puede utilizarse con éxito en alimentos y como ingrediente de

confitería. El suero, producido como residuo, puede utilizarse en la producción de bioextractos.

Hati et al. (2020) realizaron en Indonesia la investigación “*Determinación de parámetros significativos y optimización de la producción de aceite de coco virgen utilizando Neurospora sitophila, lactobacillus plantarum y papaina*”, cuyo objetivo fue determinar los factores que afectan significativamente la recuperación de VCO utilizando el diseño de Plackett-Burman (PBD), la optimización de un proceso de fermentación utilizando la Metodología experimental para optimizar la producción de aceite de coco virgen (VCO) mediante fermentación de leche de coco utilizando *Neurospora sitophila* y *Lactobacillus plantarum*, con la aplicación de papaina extraída de savia de papaya. Se identificaron nueve factores mediante el diseño Plackett-Burman (PBD), de los cuales la actividad de la papaina, la temperatura de incubación y el pH fueron los más significativos, y se optimizaron mediante Superficie de Respuesta con Diseño Compuesto Central (RSM-CCD). Las condiciones óptimas determinadas fueron 1042.4 U de actividad enzimática, 46.4 °C de temperatura y pH 5.07, logrando una recuperación de VCO del 45.06 % (± 0.42 %) y un contenido de ácido láurico del 56.7 %, cumpliendo con los estándares de calidad del APCC. Estos resultados confirman que los tres factores mencionados influyen significativamente en la eficiencia del proceso fermentativo para la obtención de VCO.

Maini y López (2022) realizaron en Filipinas la investigación “*Transiciones en comunidades bacterianas a través de dos procesos de producción de aceite de coco virgen (VCO) basados en fermentación*”, cuyo objetivo fue caracterizar los cambios en la comunidad microbiana durante la fermentación de la leche de coco para la producción de aceite de coco virgen (VCO), utilizando secuenciación metagenómica del ARNr 16S. Utilizando la metodología experimental donde en este estudio, utilizamos la

secuenciación metagenómica del ARNr 16S para rastrear las transiciones en los perfiles de la comunidad microbiana a medida que se fermenta la leche de coco para liberar VCO en dos líneas de producción de VCO. Dando los resultados donde muestran que la diferencia en la composición del microbioma entre los diferentes pasos de procesamiento examinados en este trabajo se debió principalmente a la abundancia de *Leuconostoc* género en las materias primas y su declive y transición a los grupos de bacterias del ácido láctico *Weissella*, *Enterococo*, *Lactobacilo*, *Lactococo*, y *Streptococo* durante las últimas etapas de la fermentación. Un total de 17 géneros con abundancias relativas superiores al 0,01% constituyen el microbioma central de las dos líneas de procesamiento y representan entre el 74% y el 97% de la abundancia microbiana en todas las muestras derivadas del coco. Como conclusión se demostraron correlaciones significativas mediante un análisis del rango de Spearman entre y dentro de la composición microbiana y el pH a nivel de género. Los resultados del presente estudio muestran que la dinámica de la fermentación del VCO depende de los cambios en la abundancia de varios miembros del orden Lactobacillales.

Adekola et al. (2021) realizaron en Nigeria la investigación “*Producción de aceite de coco virgen a partir de leche de coco (Cocos nucifera L.) mediante fermentación microbiana y su propiedad antibacteriana*”, con el objetivo de evaluar el efecto de la fermentación inducida y espontánea de la leche de coco en la producción de aceite de coco virgen (VCO). La metodología fue experimental; se procesó coco maduro para obtener leche de coco. La leche se sometió a fermentación inducida utilizando un 1,25 % de caldo de cultivo nocturno de *Lactobacillus plantarum* ajustado a 0,5 y 1,0 % de McFarland durante 24 y 48 horas. La fermentación espontánea de la leche de coco se llevó a cabo durante el mismo período. Se evaluó la propiedad antimicrobiana del aceite resultante contra *S. aureus* y también se determinaron sus propiedades fisicoquímicas.

Los resultados mostraron que la fermentación inducida con 1 % de McFarland de *L. plantarum* durante 48 horas recuperó más aceite (10,6 %) en comparación con otros métodos de fermentación. El aceite recuperado a las 48 horas de la fermentación inducida con 0,5 % McFarland de *L. plantarum* resultó ser moderadamente potente contra *S. aureus* con 8 mm de diámetro de zona de inhibición. Los parámetros fisicoquímicos probados revelaron un contenido de ácidos grasos libres que oscila entre 0,14 y 0,22 %, el índice de yodo (IV) varía entre 4,11 y 4,18 gl₂ /100 g de grasas, el índice de peróxido (PV) varía entre 0,72 y 0,87 meqoxygen/kg, el índice de saponificación varía entre 250,67 y 259,67 mg KOH/g de aceite y el índice de acidez varía entre 0,03 y 0,08. Se concluyó que la fermentación inducida con *L. plantarum* al 1 % McFarland durante 48 horas rindió más aceite y es eficaz para la producción de VCO. El aceite producido después de 48 horas a través de la fermentación inducida fue eficaz contra *S. aureus* y el parámetro fisicoquímico del VCO generalmente cumplió con los requisitos estándar.

Olateru et al. (2020) realizaron en Nigeria la investigación “*Fermentación de la leche de coco con bacterias lácticas y su efecto sobre las propiedades nutricionales, fitoquímicas, antibacterianas y sensoriales del aceite de coco virgen producido*”, con el objetivo de evaluar el impacto del uso de bacterias ácido-lácticas seleccionadas como cultivos iniciadores en la fermentación de leche de coco para la producción de aceite de coco virgen (VCO). La metodología fue experimental y se utilizaron bacterias de ácido láctico seleccionadas, incluyendo *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus pentosus*, *Leuconostoc mesenteroides* y *Enterococcus faecium*, para fermentar leche de coco para la producción de aceite de coco virgen. La fermentación se llevó a cabo durante 48 h, después de lo cual la leche se procesó mediante calentamiento para producir aceite de coco. El contenido fitoquímico, la composición proximal, la determinación de esteroides y el contenido de ácidos grasos libres del aceite y la actividad antibacteriana del aceite

contra *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa* se llevaron a cabo utilizando procedimientos analíticos y de laboratorio estándar. Los resultados del estudio indicaron que el aceite fermentado de control y LAB tenían una composición similar de fitoquímicos; esteroides, antraquinona y glucósidos estaban presentes en todo el aceite de coco virgen producido; Sin embargo, se observó un menor contenido de humedad, niveles más bajos de ésteres y ácidos grasos libres, y una mayor cantidad de proteínas y cenizas en el aceite de coco fermentado con bacterias lácticas (LAB) en comparación con el control. El aceite de coco virgen producido con el cultivo iniciador también tuvo una mayor aceptabilidad ($P < 0,05$) en comparación con el aceite de fermentación espontánea, ya que la leche fermentada con *Lactobacillus plantarum* tuvo el valor de aceptabilidad más alto. No se observaron diferencias significativas en la actividad antibacteriana del aceite de coco virgen producido contra los organismos de prueba. Se concluyó que los ácidos grasos libres y otros componentes indeseables en el aceite de coco se pueden reducir utilizando bacterias lácticas como cultivo iniciador, lo que aumenta la aceptabilidad del producto.

Nguyen y Nguyen (2022) realizaron en Vietnam la investigación “*Producción de aceite de coco virgen a partir de fermentación inducida con bacterias lácticas*”, con el objetivo de aislar cepas de BAL de la fermentación natural de la crema de coco y desarrollar un proceso para producir ACV mediante la mediación de la fermentación. La metodología consiste en que primero se hizo puré de copra y agua en una proporción 1:1, lo exprimimos para obtener leche de coco y eliminamos las cáscaras de coco (para usar inmediatamente después del prensado). Luego, la leche de coco se esterilizó con luz UV. Finalmente, inoculamos las bacterias lácticas aisladas en la leche de coco esterilizada bajo una cabina de flujo laminar y la incubamos a 37 °C durante 48 horas. Luego, las cáscaras y las impurezas gruesas se filtraron con un tamiz y se recolectó el aceite de la capa

superior. Para eliminar el agua del aceite, se añadió NaCl anhidro al aceite extraído del vaso de decantación. El aceite se tapó herméticamente y se dejó reposar a temperatura ambiente durante 24 horas. Se retiró la arena hidratada inferior mientras se decantaba el aceite de la parte superior. De igual manera, si el aceite no era transparente, se añadió NaCl anhidro y se repitió el procedimiento anterior hasta que el aceite de coco estuviera completamente puro (sin agua). Finalmente, se recolectó el producto, se midió el volumen y se analizaron otros parámetros. Se realizaron experimentos para investigar factores como las cepas bacterianas, la proporción de copra y agua, la proporción de inóculo y el pH inicial de la fermentación.

Cepas bacterianas: El objetivo de esta investigación fue obtener las cepas bacterianas más efectivas. Se utilizó el procedimiento general descrito anteriormente. Durante la fermentación de las BAL, se fijó una proporción de copra y agua de 1:1 (400 g: 400 g). Para seleccionar la cepa óptima, se consideraron el rendimiento (la cantidad de aceite de coco producido después de la fermentación) y la evaluación sensorial (color, sabor). Además, se comparó el rendimiento de la fermentación con BAL con una segunda muestra de fermentación natural, en la que el proceso de combinación de copra con agua y prensado de la leche de coco continuó como de costumbre. Sin embargo, esta muestra no se sometió a radiación UV para evitar la pérdida de las bacterias presentes.

Relación copra-agua: Para determinar la cantidad de agua necesaria para extraer el aceite eficientemente, analizamos la relación copra-agua (peso/peso) en diferentes proporciones, incluyendo 1:0, 5, 1:2, 1:4 y 1:8. El peso fijo de la copra es de 400 g; mézclelo con la cantidad adecuada de agua para lograr la proporción indicada. La escala solo se modificó en el primer paso; los pasos siguientes siguieron el mismo patrón que anteriormente. La cepa utilizada para este estudio de proporción fue la que habíamos seleccionado previamente, ya que tenía la mayor producción de aceite de coco. Para seleccionar la proporción ideal, evaluamos el rendimiento de aceite de coco

obtenido. Los resultados obtenidos fueron que el mayor rendimiento de aceite, con un 25 % (v/v), se obtuvo mediante la fermentación de una mezcla de pulpa de coco y agua en una proporción de 1:2 con un 10 % (v/v) de inóculo de la cepa M01 procedente de la fermentación de encurtidos tras 10 h a pH 5,5. El aceite cumplió con los requisitos de la norma nacional TCVN 6311 y mostró actividad antibacteriana contra dos patógenos transmitidos por los alimentos: *Salmonella* y *Shigella*. Se concluyó que el estudio propuso la producción de aceite de coco a gran escala que puede suministrar ACV sustancialmente a la industria alimentaria y cosmética, con notables beneficios.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. El coco (*Cocos nucifera* L.)

El coco (*Cocos nucifera* L.) pertenece a la familia *Arecaceae* y es una palma ampliamente cultivada en regiones tropicales. Plants of the World Online reconoce la especie como aceptada y reporta su distribución nativa desde Malesia central hasta el Pacífico suroccidental, además de múltiples usos alimentarios, ambientales y sociales (Royal Botanic Gardens, Kew, 2025). El fruto está conformado por epicarpio, mesocarpio fibroso, endocarpio duro, agua de coco y endospermo sólido o pulpa, que constituye la materia prima para la obtención de leche y aceite.

La composición del coco varía según madurez, variedad, procedencia y manejo poscosecha. En frutos maduros, el endospermo sólido contiene mayor proporción de lípidos, por lo que resulta más adecuado para producir aceite. En la presente investigación, la selección de frutos maduros se considera un criterio de control para reducir la variabilidad experimental. (Robles-Ozuna et al., 2021).

Tabla 2*Clasificación taxonómica del coco*

Categoría	Clasificación
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Arecales
Familia	Arecaceae
Género	Cocos
Especie	Cocos nucifera L.

Nota. Adaptado de Royal Botanic Gardens, Kew (2025).

2.2.2. Aceite de coco virgen

Policarpo et al. (2019), indica que el aceite de coco virgen se obtiene de la pulpa fresca o de la leche de coco mediante procedimientos físicos, fermentativos o enzimáticos que evitan la refinación química. Su calidad se relaciona con baja humedad, bajo contenido de ácidos grasos libres, bajo índice de peróxidos, color claro, ausencia de sedimentos y olor característico fresco. Los estándares técnicos para aceite de coco virgen, como los de la Asian and Pacific Coconut Community, se utilizan como referencia para evaluar parámetros fisicoquímicos y sensoriales.

La relevancia de este aceite se asocia con su perfil de ácidos grasos de cadena media, especialmente ácido láurico. Sin embargo, para fines de esta tesis, el enfoque principal no es nutricional, sino tecnológico: comparar la eficiencia de extracción por fermentación natural y por fermentación láctica bajo condiciones controladas.

2.2.3. Fermentación aplicada a la extracción de aceite

La fermentación es un proceso metabólico en el cual microorganismos transforman sustratos orgánicos y generan productos como ácidos, alcoholes, dióxido de carbono y

compuestos aromáticos. En la leche de coco, estos cambios modifican el pH y la estabilidad de la emulsión. Cuando el pH disminuye, las proteínas que estabilizan la emulsión pueden desnaturalizarse o coagular, favoreciendo la separación de las fases acuosa, sólida y oleosa. (Qadi et al., 2023).

En la fermentación natural, la transformación ocurre por acción de microorganismos propios de la materia prima y del ambiente. En la fermentación láctica, el proceso se orienta mediante bacterias ácido lácticas. La diferencia central entre ambas alternativas es el grado de control: la natural es simple y económica, pero variable; la láctica es más reproducible porque incorpora un cultivo iniciador.

Figura 1

Proceso general de extracción por fermentación de leche de coco



Nota. Elaboración propia a partir del procedimiento experimental.

2.2.4. Fermentación natural

La fermentación natural de la leche de coco es un proceso biotecnológico espontáneo que se desarrolla sin la adición de cultivos iniciadores. En este método intervienen los microorganismos presentes de manera natural en la pulpa, el agua de coco, la leche de coco, los utensilios, los recipientes y el ambiente de procesamiento. Entre estos microorganismos pueden encontrarse bacterias ácido lácticas, levaduras y otros grupos microbianos capaces de transformar los carbohidratos disponibles en ácidos orgánicos, alcoholes y otros metabolitos que modifican las características fisicoquímicas del sistema.

En la extracción de aceite de coco por vía húmeda, la leche de coco se comporta como una emulsión compleja formada por agua, proteínas, carbohidratos, sólidos suspendidos y lípidos. Esta emulsión requiere ser desestabilizada para permitir la separación de la fase oleosa. Durante la fermentación natural, la actividad microbiana genera cambios en el pH y en la estructura de la emulsión, favoreciendo la coagulación o desnaturalización parcial de las proteínas que estabilizan el sistema. Como consecuencia, se facilita la separación de fases: una fase acuosa, una fase sólida o proteica y una fase oleosa correspondiente al aceite de coco. Raghavendra y Raghavarao (2010) señalan que la desestabilización de la emulsión de leche de coco es un aspecto clave para mejorar la recuperación del aceite.

La principal ventaja de la fermentación natural es su simplicidad tecnológica, ya que no requiere cultivos comerciales, equipos sofisticados ni insumos especializados. Por ello, puede ser aplicada en condiciones artesanales, familiares o de pequeña escala. Además, representa una alternativa de bajo costo frente a métodos que emplean solventes orgánicos o tecnologías más complejas. En ese sentido, la fermentación natural resulta

pertinente para contextos locales donde se busca una tecnología limpia, económica y adaptable a pequeñas unidades agroindustriales.

La producción de aceite de coco virgen mediante fermentación microbiana puede variar según las condiciones del proceso y el tipo de fermentación empleada (Adekola et al., 2021).

Durante los procesos fermentativos del aceite de coco virgen ocurren cambios en las comunidades bacterianas, lo que evidencia la importancia del componente microbiológico en la separación del aceite (Maini y López, 2022).

2.2.5. Fermentación láctica

La fermentación láctica es un proceso fermentativo dirigido que se basa en el uso de bacterias ácido lácticas, conocidas como BAL. Estos microorganismos tienen la capacidad de transformar azúcares disponibles en ácido láctico y otros metabolitos, generando una disminución progresiva del pH del medio. En la leche de coco, esta acidificación favorece la ruptura de la emulsión, debido a que altera la estabilidad de las proteínas y otros compuestos que mantienen dispersa la fase grasa. Como resultado, se facilita la separación de la fase oleosa y se mejora el control del proceso de extracción.

Entre las bacterias ácido lácticas utilizadas en estudios de aceite de coco virgen destaca *Lactobacillus plantarum*. Satheesh y Prasad (2014) evaluaron la producción de aceite de coco virgen mediante fermentación inducida con *Lactobacillus plantarum* y reportaron que el control del pH, temperatura, concentración de inóculo y tiempo de incubación influye en la eficiencia del proceso. Este antecedente sustenta el uso de

fermentación láctica como una alternativa tecnológica para mejorar la reproducibilidad de la extracción de aceite de coco.

A diferencia de la fermentación natural, la fermentación láctica permite mayor control microbiológico porque incorpora un cultivo iniciador. Esto reduce la dependencia del microbiota espontáneo y orienta el proceso hacia una acidificación más predecible. El cultivo láctico puede favorecer la coagulación de proteínas, la reducción del pH y la separación de fases, aspectos importantes para liberar el aceite contenido en la emulsión de leche de coco. Además, el uso de BAL puede contribuir a mejorar algunas características de calidad del producto, como estabilidad, aceptabilidad sensorial y control de microorganismos indeseables. Olateru et al. (2020) reportaron que la fermentación de leche de coco con bacterias ácido lácticas influye en propiedades nutricionales, fitoquímicas, antibacterianas y sensoriales del aceite de coco virgen obtenido.

La producción de aceite de coco virgen por fermentación inducida con bacterias lácticas puede estar influida por la cepa utilizada, la relación copra: agua, la proporción de inóculo y el pH inicial (Nguyen y Nguyen, 2022). El empleo de iniciadores elaborados a partir de leche de coco descremada puede influir en la velocidad de fermentación y en atributos bioquímicos de calidad del aceite de coco virgen (Pandiselvam et al., 2024).

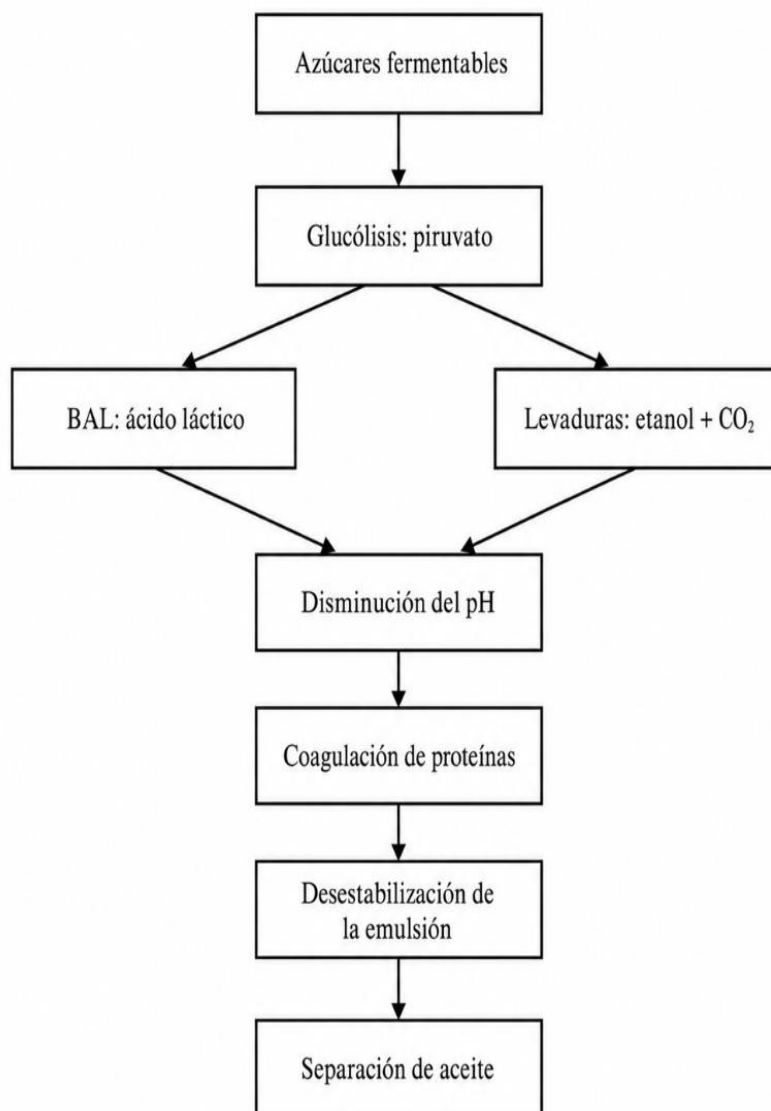
No obstante, la fermentación láctica no garantiza por sí sola un mayor rendimiento si las condiciones operativas no se mantienen constantes. La eficiencia del método depende de la correcta preparación del inóculo, su distribución homogénea en la leche de coco, el control de la temperatura, el tiempo de incubación, la refrigeración posterior y el calentamiento de la crema. Si alguno de estos factores varía, el rendimiento puede presentar dispersión entre repeticiones. Por ello, en una investigación experimental,

la fermentación láctica debe aplicarse siguiendo un protocolo estandarizado y registrando los parámetros críticos del proceso. En la presente investigación, la fermentación láctica se evaluó como tratamiento tecnológico frente a la fermentación natural. Se aplicó cultivo láctico documentado bajo condiciones controladas de tiempo, temperatura y relación pulpa: agua, con el propósito de determinar si este método mejora el rendimiento de extracción de aceite de coco. Su inclusión se justifica porque representa una alternativa más controlada, reproducible e industrializable que la fermentación espontánea, aunque su efectividad debe ser verificada mediante análisis estadístico del rendimiento obtenido.

Figura 2

Ruta metabólica simplificada durante la fermentación de leche de coco

RUTA METABÓLICA SIMPLIFICADA Y RUPTURA DE EMULSIÓN EN LECHE DE COCO



Nota. BAL = bacterias ácido lácticas. La acidificación favorece la liberación de la fase oleosa.

Nota. Esquema elaborado para explicar la relación entre acidificación, coagulación proteica y separación de aceite.

Tabla 3*Comparación técnica entre fermentación natural y fermentación láctica*

Criterio	Fermentación natural	Fermentación láctica	Implicancia para la tesis
Microbiota	Espontánea y variable.	Cultivo iniciador controlado.	Puede mejorar la reproducibilidad si el inóculo es viable y se controla el proceso.
Control del proceso	Menor control de pH y población microbiana.	Mayor control por inoculación y seguimiento de pH.	Requiere registrar dosis de inóculo.
Rendimiento	Puede variar entre lotes.	Puede ser más estable si se controlan pH, temperatura e inóculo.	Debe contrastarse estadísticamente.
Riesgo de contaminación	Mayor si no hay higiene estricta.	Menor, aunque requiere manejo aséptico.	Ambos tratamientos requieren buenas prácticas.
Aplicación	Artisanal y de bajo costo.	Experimental e industrializable.	La comparación orienta la opción más conveniente según rendimiento y control operativo.

Nota. Elaboración propia.**2.2.6. Madurez del fruto y control de calidad**

La madurez del fruto es un aspecto fundamental en la extracción de aceite de coco, porque determina la cantidad de pulpa disponible, el contenido de humedad, la proporción de agua interna, la firmeza del endospermo y la concentración de lípidos presentes en la materia prima. En frutos jóvenes, el coco presenta mayor cantidad de agua, pulpa más blanda y menor desarrollo del endospermo sólido. En cambio, en frutos maduros, la pulpa es más gruesa, firme y con mayor contenido de aceite, lo cual favorece la extracción. Por esta razón, la madurez no debe considerarse como una dimensión del rendimiento, sino como una variable de control que permite reducir la variabilidad entre repeticiones. (Food and Agriculture Organization of the United Nations, s. f.).

La necesidad de medir la madurez se justifica porque el rendimiento de aceite no depende únicamente del método de fermentación. Si se comparan fermentación natural y fermentación láctica utilizando cocos con diferente estado de madurez, los resultados podrían estar afectados por la materia prima y no por el tratamiento aplicado. Por ejemplo, un coco más maduro puede generar mayor volumen de aceite por tener más pulpa y mayor contenido lipídico, mientras que un coco menos maduro puede producir menor rendimiento por contener más agua y menor cantidad de grasa. Por ello, antes de iniciar la fermentación, es necesario verificar que los frutos presenten características similares de madurez, sanidad y composición.

Desde el punto de vista tecnológico, el coco destinado a extracción de aceite debe encontrarse en estado maduro. La FAO señala que los frutos completamente maduros, generalmente entre 11 y 12 meses, permiten mayor recuperación de copra y aceite, y que el color parcial o totalmente marrón de la cáscara es un indicador práctico de madurez. Asimismo, durante el desarrollo del fruto se producen cambios importantes en el volumen de agua interna y en el peso de la pulpa, por lo que la selección de cocos homogéneos es necesaria para asegurar condiciones comparables entre tratamientos.

En la presente investigación, la madurez del coco se controla con el propósito de que la diferencia de rendimiento se relacione principalmente con el tipo de fermentación y no con variaciones propias del fruto. Para ello, se recomienda registrar indicadores físicos, visuales y fisicoquímicos antes del procesamiento. Entre los indicadores físicos se encuentran el peso total del fruto, peso de pulpa, espesor de pulpa y cantidad de agua interna. Entre los indicadores visuales se consideran el color de la cáscara, la dureza del endocarpio, el color blanco de la pulpa y la ausencia de germinación, mohos o deterioro. Entre los indicadores fisicoquímicos se pueden registrar los grados Brix de la leche o agua

de coco, el pH de la fase acuosa y, de forma complementaria, el contenido lipídico mediante Soxhlet.

2.2.6.1. Evaluación de la madurez del coco para la extracción de aceite

La madurez del coco (*Cocos nucifera* L.) es un factor determinante en la extracción de aceite, debido a que durante el desarrollo del fruto ocurren cambios en la cantidad de agua, firmeza de la pulpa, espesor del endospermo y acumulación de lípidos. En frutos jóvenes predomina el agua de coco y el endospermo es más blando; conforme avanza la maduración, disminuye el volumen de agua y se incrementa el desarrollo de la pulpa sólida o endospermo, lo que favorece el potencial de extracción de aceite. Por ello, para estudios de aceite de coco, la selección de frutos maduros debe considerarse un criterio técnico de control de la materia prima.

Para la producción de aceite de coco virgen, la materia prima recomendada corresponde a la pulpa fresca de frutos maduros. La Asian and Pacific Coconut Community establece que el aceite de coco virgen se obtiene de la pulpa fresca y madura del coco, aproximadamente a los 12 meses desde la polinización. Esto permite sustentar que el fruto destinado a extracción de aceite no debe ser coco tierno, sino coco fisiológicamente maduro, con pulpa firme y mayor contenido lipídico.

La evaluación de la madurez puede realizarse mediante criterios físicos y organolépticos. Entre los más usados se encuentran la edad del fruto desde la floración o polinización, el cambio de color de la cáscara, la firmeza y espesor de la pulpa, el endurecimiento del endocarpio y la reducción del agua interna. En condiciones prácticas, cuando no se conoce la edad exacta del fruto, el color de la cáscara y el estado de la pulpa se emplean como indicadores de madurez. FAO señala que el color de la cáscara es un

indicador importante, y que los frutos parcialmente o completamente marrones corresponden a una madurez cercana a 11–12 meses.

Desde el punto de vista químico, la madurez también puede relacionarse con el contenido lipídico de la pulpa. Appaiah et al. estudiaron el agua y la pulpa de coco en diferentes estados de madurez y reportaron que la pulpa presenta alto contenido de grasa, con valores de 37 a 56 g/100 g, además de cambios en el perfil de ácidos grasos conforme avanza la maduración. Este antecedente permite justificar que la madurez del coco influye directamente en el potencial aceitero de la materia prima. (Appaiah et al., 2015).

En la presente investigación, el método Soxhlet puede emplearse como análisis complementario para estimar el contenido lipídico total de la pulpa seca. Por ello, el resultado de Soxhlet debe interpretarse como un indicador de potencial lipídico y de madurez de la materia prima. Para documentar la madurez cuando no se cuenta con meses post-floración, se propone un índice técnico de madurez basado en criterios visuales y físicos de la materia prima. El índice se calcula con seis criterios: color externo marrón, endocarpio duro, pulpa blanca firme, espesor homogéneo, ausencia de germinación o mohos y sanidad visual. Cada criterio puede valorarse de 0 a 2 puntos; luego se aplica la fórmula:

$$\text{Índice de madurez (\%)} = (\text{puntaje obtenido} / 12) \times 100.$$

Los frutos con valores iguales o superiores a 80 % se consideran maduros aptos para extracción de aceite. Este cálculo no reemplaza el registro de procedencia ni la edad fisiológica del fruto, pero permite justificar de manera objetiva la selección de cocos maduros cuando la materia prima proviene de abastecimiento comercial. La matriz editable de recolección de datos incluye una hoja específica para registrar este índice por unidad experimental.

2.2.7. Método Soxhlet para la evaluación del contenido lipídico de la pulpa de coco

El método Soxhlet se utilizó para determinar el contenido lipídico de la pulpa de coco empleada como materia prima en la investigación. Esta técnica permite cuantificar la fracción grasa o extracto etéreo presente en una muestra seca, mediante extracción sólido-líquido con solvente orgánico en condiciones de reflujo. (AOAC International, 2023).

Para su aplicación, la pulpa de coco fue previamente acondicionada y secada hasta obtener una muestra adecuada para el análisis. Posteriormente, se pesó una cantidad representativa de muestra seca y se colocó en el equipo Soxhlet, donde el solvente permitió extraer progresivamente los lípidos presentes. Al finalizar la extracción, se eliminó el solvente y se pesó la grasa recuperada, expresando el resultado como porcentaje de extracto etéreo.

La determinación del contenido lipídico permitió evaluar el potencial aceitero de la pulpa de coco y complementar la caracterización de la materia prima. Este análisis fue importante porque la acumulación de grasa en el endospermo se relaciona con el estado de madurez del fruto; por tanto, una pulpa madura, firme y bien desarrollada puede presentar mejores condiciones para la obtención de aceite.

La fórmula:

$$\text{Extracto etéreo por Soxhlet (\%)} = \frac{\text{masa de grasa extraída [g]} \times 100}{\text{masa de muestra seca [g]}}$$

Tabla 4

Cuadro teórico para determinar cuándo el coco está maduro para extracción de aceite

Criterio de evaluación	Coco inmaduro	Coco intermedio	Coco maduro	Sustento teórico
Edad fisiológica aproximada	6 a 8 meses	9 a 10 meses	11 a 12 meses	Los cocos para productos derivados de la pulpa, como copra y aceite, se cosechan alrededor de 11 a 12 meses.
Color externo de la cáscara	Verde	Verde amarillento o parcialmente marrón	Marrón o parcialmente marrón	El color de la cáscara es un indicador práctico de madurez.
Endocarpio	Poco endurecido	Endurecimiento parcial	Duro y resistente	El endurecimiento del fruto se relaciona con mayor desarrollo fisiológico.
Pulpa o endospermo	Delgada, blanda o gelatinosa	Más formada, pero no totalmente firme	Blanca, firme y de mayor espesor	En frutos maduros aumenta el desarrollo del endospermo sólido.
Agua interna	Abundante	Intermedia	Menor cantidad relativa	Conforme madura el fruto, disminuye la proporción de agua y aumenta la pulpa.
Contenido lipídico	Bajo	Medio	Alto o compatible con pulpa desarrollada	El contenido de grasa de la pulpa aumenta con la madurez.
Aptitud para extracción de aceite	No recomendado	Aceptable con restricción	Apto para extracción de aceite	La pulpa madura tiene mayor potencial aceitero.

Nota. adaptado de FAO (s. f.), Asian and Pacific Coconut Community (2009) y Appaiah et al. (2015), quienes señalan que el coco maduro presenta pulpa firme, endocarpio duro y mayor acumulación de grasa, siendo apto para extracción de aceite.

Tabla 5

Criterio operativo de clasificación según aceite obtenido por Soxhlet

Aceite obtenido por Soxhlet	Interpretación	Decisión
< 10,00 mL/100 mL de pulpa	Menor potencial lipídico	No ideal para extracción
10,00 a 11,49 mL/100 mL de pulpa	Madurez intermedia	Aceptable con restricción
>11,50 mL/100 mL de pulpa	Maduro con potencial aceitero	Apto para extracción de aceite

Nota: Criterio operativo elaborado para esta investigación con base en el contenido de aceite obtenido por Soxhlet y en el sustento teórico de FAO (s. f.), Asian and Pacific Coconut Community (2009) y Appaiah et al. (2015).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo, nivel y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo aplicada, porque estuvo orientada a evaluar un procedimiento tecnológico para la obtención de aceite de coco mediante fermentación natural y fermentación láctica. Este tipo de investigación busca utilizar el conocimiento científico para atender un problema concreto o mejorar un proceso productivo. De acuerdo con Valderrama (2013), la investigación aplicada se vincula con la solución de problemas prácticos mediante el uso de conocimientos teóricos y técnicos.

3.1.2. Enfoque de investigación

El enfoque fue cuantitativo, debido a que la investigación trabajó con datos numéricos obtenidos durante el proceso experimental. La variable principal fue el rendimiento de extracción de aceite de coco, expresado en porcentaje volumen/peso (% v/p) y en mL/kg de pulpa procesada. Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), el enfoque cuantitativo permite medir variables, analizar datos numéricos y comprobar hipótesis mediante procedimientos estadísticos.

3.1.3. Nivel de investigación

El nivel fue explicativo-comparativo, porque se buscó evaluar si el tipo de fermentación influye en el rendimiento de extracción de aceite de coco. La investigación no solo describió el rendimiento obtenido, sino que comparó dos tratamientos: fermentación natural y fermentación láctica. Hernández-Sampieri et al. (2014) señalan que los estudios explicativos buscan identificar el efecto de una variable sobre otra, mientras

que el componente comparativo permite contrastar resultados entre grupos o tratamientos.

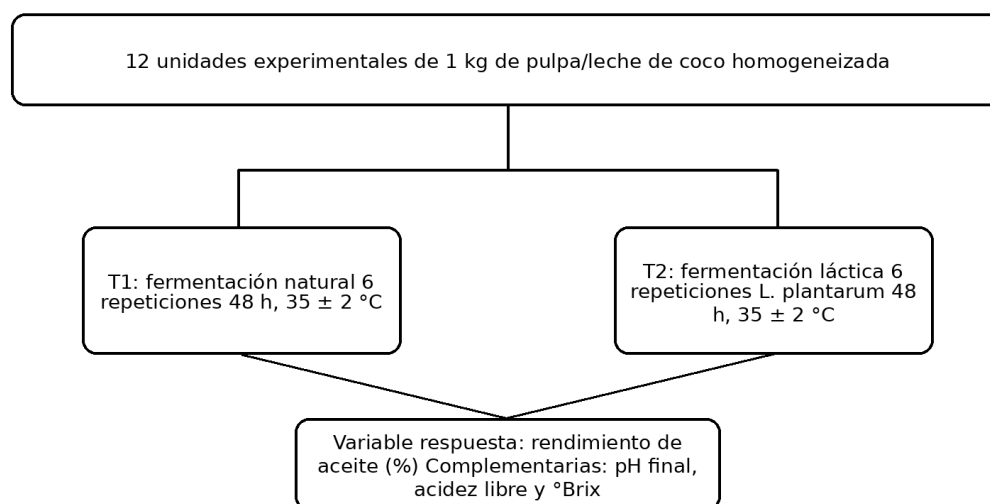
3.1.4. Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue experimental, porque se evaluó la obtención de aceite de coco bajo condiciones controladas de laboratorio. Para ello, se compararon dos tratamientos: fermentación natural y fermentación láctica.

El factor evaluado fue el tipo de fermentación. Este factor tuvo dos tratamientos: uno con fermentación natural y otro con fermentación láctica. Cada tratamiento se realizó con seis repeticiones, haciendo un total de doce unidades experimentales.

El tiempo de fermentación fue de 48 horas para ambos tratamientos. Por ello, no se consideró como una variable de comparación, sino como una condición constante del proceso. De esta manera, la investigación permitió comparar el rendimiento de aceite obtenido según el tipo de fermentación aplicado.

El tiempo de fermentación se mantuvo constante en 48 horas para ambos tratamientos. Por ello, no fue considerado como factor de estudio, sino como una condición del proceso. De esta manera, la comparación se centró únicamente en el efecto del tipo de fermentación sobre el rendimiento de extracción de aceite de coco.

Figura 3*Esquema del diseño experimental***Diseño experimental corregido: DCA unifactorial**

Nota. DCA = Diseño Completamente Aleatorizado; U.E. = unidad experimental.

3.2. Ámbito temporal y espacial

La investigación se desarrolló durante el periodo 2025-2026. La fase experimental se realizó en el Laboratorio de Gastronomía y Tecnología de los Alimentos de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, donde se llevaron a cabo las etapas de preparación de la materia prima, obtención de leche de coco, fermentación, refrigeración, separación de crema, extracción de aceite, filtrado, envasado y registro de datos.

El ámbito espacial correspondió a la provincia de Huanta, región Ayacucho. Para el desarrollo del estudio se empleó materia prima comercial disponible en el mercado local, procedente de zonas productoras o de abastecimiento regional, de acuerdo con la disponibilidad documentada durante la ejecución experimental.

3.3. Población, muestreo, muestra y unidad experimental

3.3.1. Población

La población estuvo constituida por frutos maduros de coco híbrido comercial (*Cocos nucifera* L.), aptos para la extracción de aceite y destinados al procesamiento agroindustrial. La materia prima fue adquirida mediante abastecimiento comercial, considerando frutos procedentes de zonas productoras o de abastecimiento regional.

3.3.2 Muestreo

El muestreo de los frutos fue **no probabilístico por conveniencia**, debido a que la materia prima fue seleccionada según disponibilidad comercial y cumplimiento de los criterios de madurez y sanidad establecidos para la investigación.

3.3.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por 12 unidades experimentales. Cada unidad experimental fue preparada a partir de 1 kg de pulpa de coco homogeneizada, obtenida de frutos previamente seleccionados según criterios de madurez y sanidad.

Las unidades experimentales fueron distribuidas en dos tratamientos: fermentación natural y fermentación láctica, con seis repeticiones por cada tratamiento.

3.3.4 Unidad experimental

La unidad experimental estuvo constituida por 1 kg de pulpa de coco híbrido comercial maduro (*Cocos nucifera* L.), previamente seleccionada, acondicionada y homogeneizada. Cada unidad fue preparada de manera independiente para ser sometida a uno de los tratamientos de fermentación establecidos en la investigación. En total se trabajó con 12 unidades experimentales, distribuidas en dos tratamientos: fermentación natural y fermentación láctica. Cada tratamiento contó con seis repeticiones, de modo que cada repetición correspondió a una unidad experimental independiente.

3.4. Procedimiento experimental

- ✓ Selección y acondicionamiento: se seleccionaron cocos maduros, sanos y de tamaño homogéneo. Se registró el peso del fruto, peso de pulpa, espesor de pulpa, °Brix de la leche y observaciones de sanidad.
- ✓ Obtención de leche de coco: la pulpa se picó y licuó con agua tibia en relación estandarizada. Luego se extrajo la leche mediante pulpeadora o filtrado, procurando condiciones higiénicas y recipientes identificados.
- ✓ Fermentación natural: la leche de coco se colocó en recipientes limpios y rotulados, sin adición de inóculo. Se incubó durante 48 horas a temperatura controlada y se registró el pH final aproximado de la fase acuosa mediante papel tornasol o tira indicadora.
- ✓ Fermentación láctica: la leche de coco recibió cultivo láctico en proporción de 0,1 g/L, previamente diluido en 10 mL de agua a 35 °C por cada litro de leche de coco, de acuerdo con el registro experimental. El tratamiento se incubó durante 48 horas bajo la misma temperatura y volumen que la fermentación natural. Si se dispone de etiqueta, ficha técnica o lote del cultivo, debe añadirse la marca, especie o cepa y fecha de vencimiento para fortalecer la reproducibilidad del tratamiento.
- ✓ Refrigeración y separación: después de la fermentación, las muestras se refrigeraron durante 24 horas para favorecer la solidificación y separación de la crema. Luego se separó la crema de la fase acuosa.
- ✓ Extracción y filtrado: la crema se calentó hasta separar el aceite. El aceite se filtró, se midió en volumen, se envasó y se registró el rendimiento. Se evitó interpretar el pH como acidez del aceite, debido a que la acidez libre requiere titulación específica.
- ✓ Manejo de merma y análisis complementario: las fotografías de prensado, secado y Soxhlet corresponden a una evaluación complementaria de la merma y del contenido

lipídico potencial. Estos procedimientos no forman parte del contraste principal entre tratamientos; por tanto, sus evidencias se mantienen como anexos y no se incorporan en la prueba t del rendimiento por fermentación.

3.5 Diseño experimental

Tabla 6

Tratamientos experimentales

Tratamiento	Tipo de fermentación	Tiempo	Temperatura	Inóculo	Repeticiones
T1	Natural	48 h	35 ± 2 °C	Sin inóculo	6
T2	Láctica	48 h	35 ± 2 °C	Cultivo láctico documentado, según protocolo de laboratorio	6
Total	Dos métodos	Constante	Constante	Según tratamiento	12 U.E.

Nota. Los tratamientos mantuvieron constante el tiempo de fermentación, la temperatura y la relación pulpa:agua para comparar únicamente el método de fermentación.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El pH final se registró como lectura aproximada de la fase acuosa mediante papel tornasol o tiras indicadoras; por ello, no se interpreta como pH instrumental con decimales ni como acidez libre del aceite. El °Brix inicial se midió con refractómetro manual antes de la fermentación. Cuando no se cuenta con marca, modelo, precisión instrumental o corrección por temperatura, estos datos se declaran como parámetros de control del proceso y no como variables de respuesta para contraste estadístico. Si posteriormente se dispone de potenciómetro calibrado, debe añadirse el modelo, solución patrón, temperatura de medición y fecha de calibración.

Tabla 7*Parámetros a registrar durante la investigación*

Parámetro	Unidad	Momento de registro	Instrumento
Peso de fruto	g	Antes del procesamiento	Balanza
Peso de pulpa	g	Antes del licuado	Balanza
Volumen de aceite	mL	Después del filtrado	Probeta graduada
Rendimiento	% v/p	Después de calcular el aceite obtenido	Hoja de cálculo
pH	Unidad de pH	Después de fermentación, en fase acuosa o suero	pH-metro o tiras indicadoras
°Brix	°Brix	Leche de coco inicial	Refractómetro

Nota. El pH corresponde a la fase acuosa o suero asociado al proceso y fue registrado de manera aproximada; para el aceite.

3.7. Análisis estadístico

Los datos de rendimiento se organizaron por tratamiento y repetición. Primero se calcularon media, desviación estándar, coeficiente de variación e intervalo de confianza al 95 %. Luego se verificó normalidad mediante Shapiro-Wilk y homogeneidad de varianzas mediante Levene. Debido a que los supuestos se cumplieron, se aplicó la prueba t de Student para muestras independientes. Además, para evitar concluir equivalencia sin sustento, se incorporó el tamaño del efecto de Cohen y el intervalo de confianza de la diferencia entre medias. El nivel de significancia fue $\alpha = 0,05$.

Tabla 8*Plan de análisis estadístico*

Etapas	Procedimiento	Criterio de decisión
Descriptiva	Media, desviación estándar, IC95 % y coeficiente de variación.	Permite resumir el rendimiento por tratamiento.
Supuestos	Shapiro-Wilk y Levene.	Define si se emplea prueba paramétrica o no paramétrica.
Contraste principal	t de Student, t de Welch o U de Mann-Whitney.	$p < 0,05$ indica diferencia significativa.
Presentación	Tabla de resultados y gráficos.	Debe incluir media $\pm$ desviación estándar.

Nota. El contraste estadístico se seleccionó según el cumplimiento de normalidad y homogeneidad de varianzas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

Los resultados se organizaron de acuerdo con el objetivo general y los dos objetivos específicos. El objetivo general fue evaluar el efecto de la fermentación natural y la fermentación láctica en el rendimiento de extracción de aceite de coco (*Cocos nucifera* L.) en Huanta, 2025. Los objetivos específicos fueron determinar el rendimiento obtenido mediante fermentación natural y determinar el rendimiento obtenido mediante fermentación láctica.

4.1.1. Objetivo general: Evaluar el efecto de la fermentación natural y la fermentación láctica en el rendimiento de extracción de aceite de coco

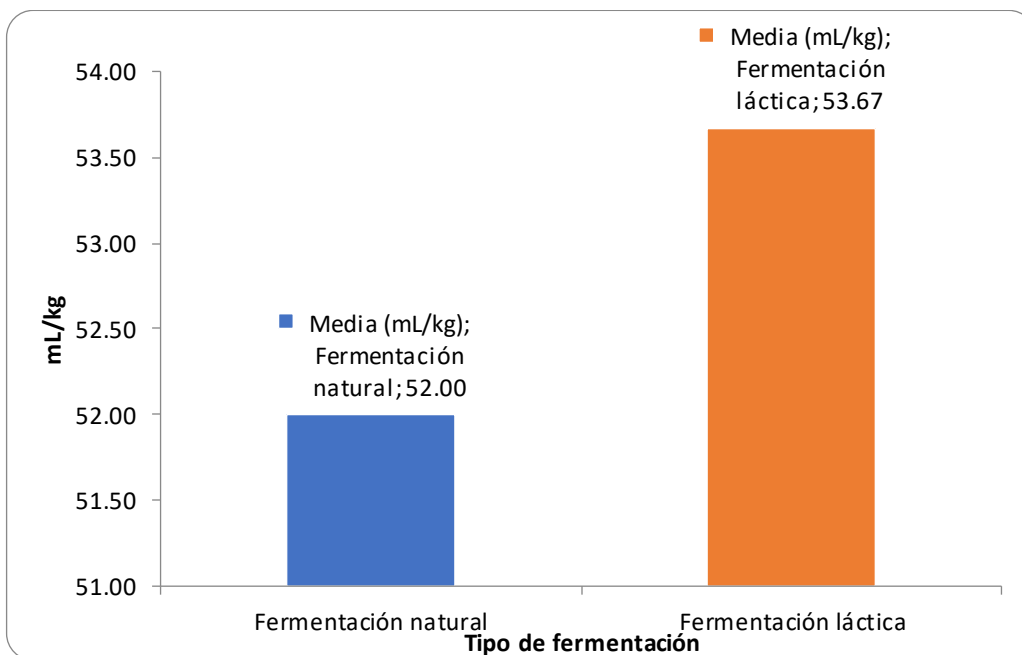
Tabla 9

Rendimiento de extracción de aceite de coco según tipo de fermentación

Tipo de fermentación	n	Cantidad de pulpa	Media (% v/p)	Rendimiento (mL/kg)	DE (%)	CV (%)	IC 95 %
Fer. natural	6	1 kg	5,20	52,00	1,83	35,19	3,28–7,12
Fer. láctica	6	1 kg	5,37	53,67	2,25	41,89	3,01–7,73

Figura 4

Rendimiento de extracción de aceite de coco según tipo de fermentación



En la Tabla 8 y Figura 4 se presentan los resultados del rendimiento de extracción de aceite de coco según el tipo de fermentación aplicado. Se observa que la fermentación láctica alcanzó un rendimiento promedio de 5,37 % v/p, equivalente a 53,67 mL/kg, mientras que la fermentación natural obtuvo un rendimiento promedio de 5,20 % v/p, equivalente a 52,00 mL/kg. La diferencia entre ambos tratamientos fue reducida, con una variación de 0,17 puntos porcentuales, equivalente aproximadamente a 1,67 mL/kg.

Asimismo, los valores de desviación estándar y coeficiente de variación evidencian variabilidad en los resultados obtenidos. La fermentación láctica presentó una desviación estándar de 2,25 % y un coeficiente de variación de 41,89 %, mientras que la fermentación natural registró una desviación estándar de 1,83 % y un coeficiente de variación de 35,19

%. Estos valores indican que, aunque la fermentación láctica mostró un rendimiento promedio ligeramente mayor, también presentó mayor dispersión entre sus repeticiones.

El intervalo de confianza al 95 % fue de 3,28 a 7,12 % para la fermentación natural y de 3,01 a 7,73 % para la fermentación láctica. La cercanía y superposición de estos rangos muestran que los rendimientos obtenidos por ambos métodos fueron similares. En ese sentido, la Tabla 8 y Figura 4 evidencian que tanto la fermentación natural como la fermentación láctica permitieron obtener aceite de coco, con una ligera ventaja descriptiva para la fermentación láctica, pero con resultados próximos entre ambos tratamientos.

Para la obtención de estos resultados se hizo la **Formulación de la hipótesis en el rendimiento de extracción según tipo de fermentación:**

H₀: La fermentación natural y la fermentación láctica no presentan diferencias significativas en el rendimiento de extracción de aceite de coco. ($P > 0.05$)

H₁: La fermentación natural y la fermentación láctica presentan diferencias significativas en el rendimiento de extracción de aceite de coco. ($P < 0.05$)

Tabla 10

Análisis inferencial del rendimiento de extracción según tipo de fermentación

Prueba	Comparación	Est.	p	Decisión
Normalidad Shapiro-Wilk	Fermentación natural	0,909	0,430	Normalidad aceptada
Normalidad Shapiro-Wilk	Fermentación láctica	0,916	0,474	Normalidad aceptada
Homogeneidad de varianzas (Levene)	Ambos tratamientos	0,236	0,638	Varianzas homogéneas
t de Student independiente	Natural vs. láctica	-0,141	0,891	No significativo

En la Tabla 9 se presenta el análisis inferencial del rendimiento de extracción de aceite de coco según el tipo de fermentación. Primero, se evaluó el supuesto de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk, obteniéndose valores de p mayores a 0,05 tanto para la fermentación natural como para la fermentación láctica. Esto indica que los datos no presentan desviación significativa respecto a una distribución normal.

Asimismo, la prueba de Levene presentó un valor de $p = 0,638$, mayor a 0,05, por lo que se aceptó la homogeneidad de varianzas entre ambos tratamientos. Cumplidos estos supuestos, se aplicó el análisis de varianza de un factor para comparar el rendimiento de extracción entre la fermentación natural y la fermentación láctica.

El t de Student mostró un valor de $p = 0,891$, mayor a 0,05, lo que indica que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los rendimientos obtenidos por ambos tipos de fermentación. Por tanto, aunque la fermentación láctica presentó un promedio ligeramente mayor, esta diferencia no fue suficiente para afirmar un efecto significativo del tipo de fermentación sobre el rendimiento de extracción de aceite de coco. Los resultados inferenciales indican que el tipo de fermentación no produjo diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento de extracción de aceite de coco bajo las condiciones evaluadas.

4.1.2. Objetivo específico 1: Determinar el rendimiento de extracción de aceite de coco obtenido mediante fermentación natural

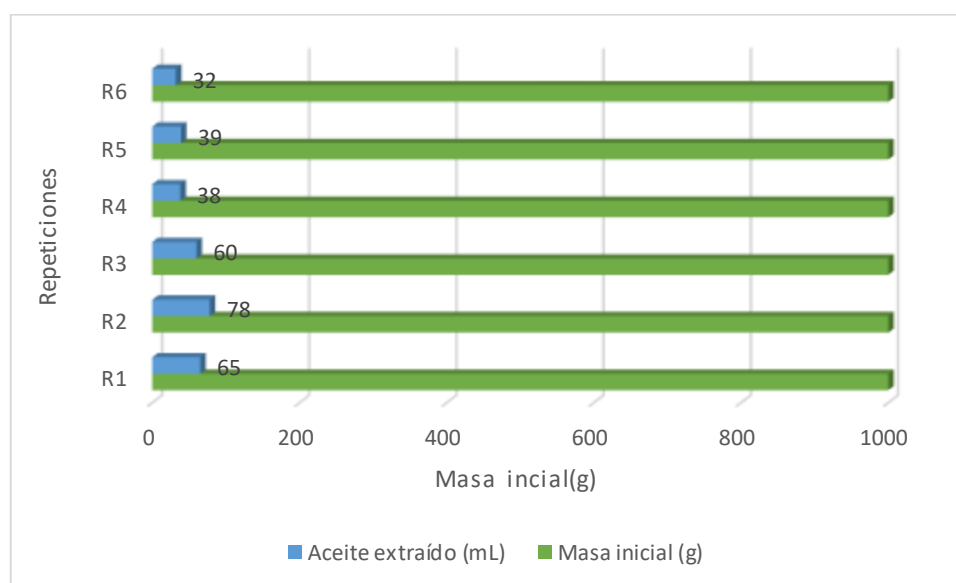
Tabla 11

Rendimiento de extracción de aceite de coco mediante fermentación natural

Repetición	Masa inicial (g)	Aceite extraído (mL)	Rendimiento (% v/p)	pH final de la fase acuosa	°Brix inicial
R1	1000	65	6,50	4.5	3,0
R2	1000	78	7,80	4.2	3,0
R3	1000	60	6,00	4.3	3,0
R4	1000	38	3,80	4.2	5,0
R5	1000	39	3,90	4.1	5,0
R6	1000	32	3,20	4.4	5,0

Figura 5

Rendimiento de extracción de aceite de coco mediante fermentación natural



En la Tabla 10 y Figura 5 se presentan los resultados del rendimiento de extracción de aceite de coco obtenido mediante fermentación natural. Cada repetición fue trabajada con una masa inicial de 1000 g de pulpa de coco, registrándose diferentes volúmenes de aceite extraído entre las seis repeticiones evaluadas. El mayor volumen de aceite se obtuvo

en la repetición R2, con 78 mL, equivalente a un rendimiento de 7,80 % v/p. Le siguieron las repeticiones R1 y R3, con 65 mL y 60 mL, cuyos rendimientos fueron 6,50 % v/p y 6,00 % v/p, respectivamente. Los menores rendimientos se observaron en las repeticiones R6, R4 y R5, con valores de 3,20 % v/p, 3,80 % v/p y 3,90 % v/p. En conjunto, los resultados muestran que el rendimiento por fermentación natural presentó valores entre 3,20 % v/p y 7,80 % v/p. Asimismo, la Tabla 10 registra el pH final de la fase acuosa 4.1-4.5 y los valores iniciales de °Brix según cada repetición. Estos datos se presentan como parte del control del proceso realizado durante la fermentación natural.

4.1.3. Objetivo específico 2: Determinar el rendimiento de extracción de aceite de coco obtenido mediante fermentación láctica

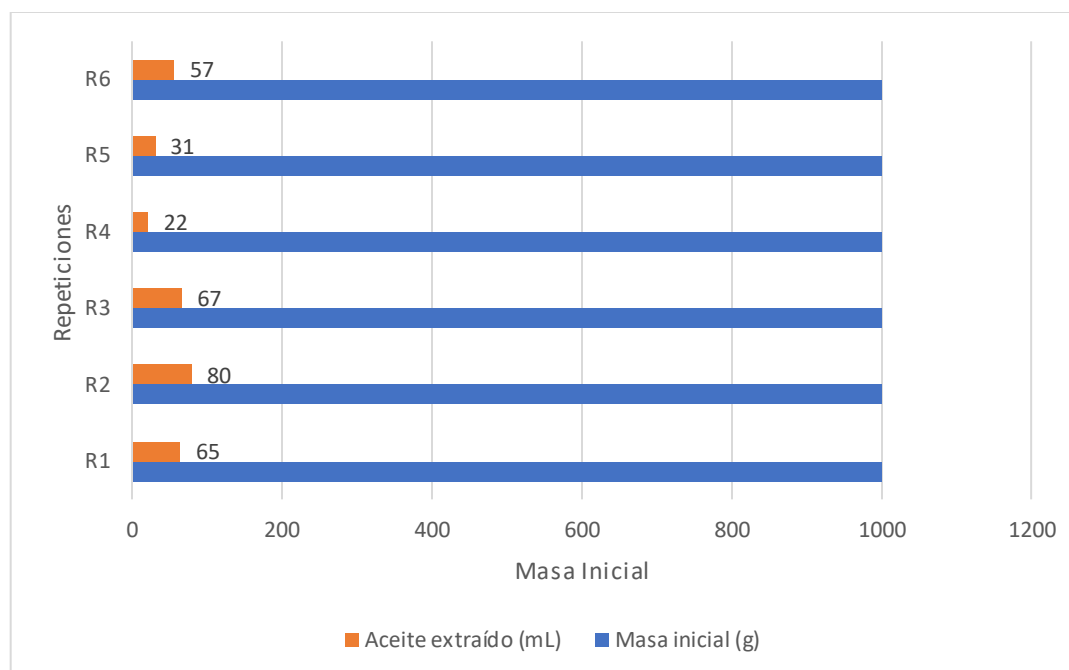
Tabla 12

Rendimiento de extracción de aceite de coco mediante fermentación láctica

Repetición	Masa inicial (g)	Aceite extraído (mL)	Rendimiento (% v/p)	pH final de la fase acuosa	°Brix inicial
R1	1000	65	6,50	3.8	3,7
R2	1000	80	8,00	3.5	3,7
R3	1000	67	6,70	3.7	3,7
R4	1000	22	2,20	3.8	3,0
R5	1000	31	3,10	3.7	3,0
R6	1000	57	5,70	3.8	3,0

Figura 6

Rendimiento de extracción de aceite de coco mediante fermentación láctica



En la Tabla 11 y Figura 6 se presentan los resultados del rendimiento de extracción de aceite de coco obtenido mediante fermentación láctica. Cada repetición fue trabajada con una masa inicial de 1000 g de pulpa de coco, registrándose diferentes volúmenes de aceite extraído entre las seis repeticiones evaluadas. El mayor volumen de aceite se obtuvo en la repetición R2, con 80 mL, equivalente a un rendimiento de 8,00 % v/p. Luego se observaron las repeticiones R3 y R1, con 67 mL y 65 mL, cuyos rendimientos fueron 6,70 % v/p y 6,50 % v/p, respectivamente. La repetición R6 presentó 57 mL de aceite extraído, equivalente a 5,70 % v/p.

Los menores valores se registraron en las repeticiones R4 y R5, con 22 mL y 31 mL de aceite extraído, equivalentes a 2,20 % v/p y 3,10 % v/p, respectivamente. Estos resultados muestran que, dentro del tratamiento con fermentación láctica, existió variación entre las repeticiones evaluadas. En conjunto, los resultados de la Tabla 11 y Figura 6 muestran que el rendimiento por fermentación láctica presentó valores entre 2,20 % v/p y 8,00 % v/p. Asimismo, la Tabla 11 registra el pH final de la fase acuosa entre 3.5 -3.8

aproximado y los valores iniciales de °Brix según cada repetición. Estos datos se presentan como parte del control del proceso realizado durante la fermentación láctica.

4.2. Discusión

4.2.1 El objetivo general fue evaluar el efecto del tipo de fermentación, natural o láctica, en el rendimiento de extracción de aceite de coco. En la presente investigación, la fermentación natural obtuvo un rendimiento promedio de 5,20 % v/p, mientras que la fermentación láctica alcanzó 5,37 % v/p. La diferencia entre ambos tratamientos fue mínima, de 0,17 puntos porcentuales, y el análisis estadístico presentó $p = 0,891$, por lo que no se evidenció diferencia estadísticamente significativa entre ambos métodos.

Al comparar estos resultados con los antecedentes, se observa que el rendimiento obtenido fue menor al reportado por Adekola et al. (2021), quienes estudiaron la producción de aceite de coco virgen mediante fermentación inducida y espontánea de leche de coco en Nigeria. Estos autores reportaron que la fermentación inducida con *Lactobacillus plantarum* al 1 % McFarland durante 48 horas permitió recuperar 10,6 % de aceite. En comparación, la presente investigación obtuvo 5,37 % v/p en fermentación láctica, es decir, un valor inferior. Esta diferencia puede explicarse porque Adekola et al. trabajaron con una concentración definida del cultivo bacteriano y condiciones más específicas de fermentación, mientras que en esta investigación el proceso fue más sencillo y orientado a condiciones de laboratorio local.

De igual manera, los resultados fueron menores a los de Hati et al. (2020), quienes evaluaron la optimización de la producción de aceite de coco virgen utilizando *Neurospora sitophila*, *Lactobacillus plantarum* y papáina. En dicho estudio, al optimizar la actividad enzimática, la temperatura y el pH, alcanzaron una recuperación de 45,06 %. Esta diferencia es clara porque ese antecedente no solo utilizó fermentación, sino también

enzimas y un diseño de optimización, mientras que la presente investigación comparó únicamente dos métodos fermentativos sin aplicación de papaína ni optimización de múltiples factores. Respecto a Satheesh y Prasad (2014), estos autores estudiaron la producción de aceite de coco virgen mediante fermentación inducida con *Lactobacillus plantarum* y señalaron que las mejores condiciones se obtuvieron con pH $5,0 \pm 0,1$, 45 ± 1 °C, 2 % de inóculo y 48 horas de incubación. En esta investigación también se trabajó con 48 horas de fermentación; sin embargo, no se controlaron con la misma precisión la concentración del inóculo, la temperatura específica de incubación ni el pH inicial y final. Por ello, aunque existe cercanía en el tiempo de fermentación, los resultados no alcanzaron el mismo comportamiento esperado en procesos inducidos más controlados.

Por tanto, los resultados de esta tesis no contradicen los antecedentes. Más bien, muestran que la fermentación láctica puede tener potencial, pero requiere mayor control del inóculo, temperatura, pH, separación de fases y manejo de la crema para lograr rendimientos superiores. Jakfar et al. (2023) reportaron que la modificación del proceso fermentativo y el uso de enzimas como papaína pueden mejorar la obtención de aceite de coco virgen, lo que explica por qué los estudios optimizados alcanzan rendimientos superiores a los obtenidos en condiciones simples de laboratorio.

4.2.2 El primer objetivo específico fue determinar el rendimiento de extracción de aceite de coco mediante fermentación natural. En esta investigación, la fermentación natural alcanzó un rendimiento promedio de 5,20 % v/p, con valores entre 3,20 % y 7,80 % v/p. Estos resultados muestran que la fermentación natural permitió recuperar aceite de coco, aunque con variación entre las repeticiones.

Este resultado puede relacionarse con lo señalado por Maini y López (2022), quienes estudiaron las transiciones de comunidades bacterianas durante dos procesos fermentativos de producción de aceite de coco virgen en Filipinas. Estos autores indicaron

que durante la fermentación ocurren cambios en el microbiota, especialmente en bacterias del orden Lactobacillales, las cuales participan en la acidificación y separación de fases. Esta base teórica permite entender por qué la fermentación natural puede liberar aceite; sin embargo, al depender de microorganismos espontáneos, el proceso puede ser menos uniforme.

En comparación con Adekola et al. (2021), quienes reportaron 10,6 % de recuperación con fermentación inducida, el rendimiento natural obtenido en esta investigación fue menor. La diferencia se explica porque la fermentación natural no utiliza un cultivo iniciador seleccionado ni una concentración bacteriana definida. Por ello, aunque puede ser una alternativa sencilla y de bajo costo, su rendimiento puede variar por el microbiota presente en la leche de coco, la madurez de la pulpa, la separación de crema, el calentamiento y el filtrado. Por tanto, la fermentación natural demostró ser aplicable para obtener aceite de coco, pero su principal limitación fue la variabilidad entre repeticiones. Esto coincide con el fundamento teórico de que los procesos espontáneos son menos controlados que los procesos inducidos con cultivos seleccionados.

4.2.3 El segundo objetivo específico fue determinar el rendimiento de extracción de aceite de coco mediante fermentación láctica. En esta investigación, la fermentación láctica alcanzó un rendimiento promedio de 5,37 % v/p, con valores entre 2,20 % y 8,00 % v/p. Este tratamiento presentó el promedio más alto en comparación con la fermentación natural; sin embargo, la diferencia no fue estadísticamente significativa.

Al comparar con Satheesh y Prasad (2014), se observa que ambos estudios coinciden en el uso de fermentación inducida con bacterias lácticas y un tiempo de fermentación de 48 horas. Sin embargo, los autores trabajaron con condiciones más controladas de pH, temperatura e inóculo, mientras que en esta investigación el rendimiento fue menor y más variable. Esto indica que la presencia de cultivo láctico por sí sola no

garantiza un mayor rendimiento si no se controlan adecuadamente las condiciones críticas del proceso.

Asimismo, Nguyen y Nguyen (2022) estudiaron la producción de aceite de coco virgen mediante fermentación inducida con bacterias lácticas en Vietnam y reportaron que factores como la cepa bacteriana, la relación copra:agua, el porcentaje de inóculo y el pH inicial influyen en el rendimiento. En su estudio, el mayor rendimiento fue de 25 % v/v con una relación pulpa:agua de 1:2, 10 % de inóculo, cepa M01 y pH 5,5. En comparación, la presente investigación obtuvo 5,37 % v/p, valor menor. Esta diferencia puede explicarse porque en el antecedente se optimizaron varios factores del proceso, mientras que en esta tesis se mantuvieron condiciones más simples para comparar únicamente el tipo de fermentación. Por otro lado, Olateru et al. (2020) estudiaron la fermentación de leche de coco con bacterias ácido lácticas y observaron mejoras en características nutricionales, fitoquímicas, antibacterianas y sensoriales del aceite de coco virgen. Sin embargo, ese antecedente muestra que el uso de bacterias lácticas no solo debe evaluarse por rendimiento, sino también por calidad del producto. En la presente investigación solo se evaluó el rendimiento de extracción; por ello, no se puede afirmar que la fermentación láctica haya mejorado la calidad del aceite, sino únicamente que permitió obtener un rendimiento ligeramente mayor que la fermentación natural.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

1. El tipo de fermentación no presentó efecto estadísticamente significativo en el rendimiento de extracción de aceite de coco. La fermentación natural obtuvo un rendimiento promedio de 5,20 % v/p, mientras que la fermentación láctica alcanzó 5,37 % v/p. Aunque la fermentación láctica presentó un valor ligeramente mayor, la diferencia fue mínima y no fue significativa, debido a que el análisis estadístico reportó $p = 0,891$, valor mayor a 0,05.
2. La fermentación natural permitió obtener aceite de coco a partir de pulpa de coco híbrido comercial maduro, con un rendimiento promedio de 5,20 % v/p, equivalente a 52,00 mL de aceite por kilogramo de pulpa procesada. Los valores obtenidos estuvieron entre 3,20 % y 7,80 % v/p, evidenciando que este método permitió recuperar aceite, aunque con variación entre las repeticiones.
3. La fermentación láctica permitió obtener aceite de coco con un rendimiento promedio de 5,37 % v/p, equivalente a 53,67 mL de aceite por kilogramo de pulpa procesada. Los valores registrados estuvieron entre 2,20 % y 8,00 % v/p. Aunque este método mostró el mayor promedio descriptivo, no demostró superioridad estadística frente a la fermentación natural bajo las condiciones evaluadas.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

1. A los futuros investigadores, se recomienda continuar evaluando la extracción de aceite de coco mediante fermentación natural y láctica, pero controlando con mayor precisión la temperatura, el pH, el tiempo de fermentación, la dosis del cultivo láctico y la relación pulpa:agua, con la finalidad de reducir la variación entre repeticiones y obtener resultados más uniformes.
2. A los tesisistas o estudiantes, se recomienda complementar el rendimiento de extracción con análisis de calidad del aceite, como acidez, índice de peróxidos, humedad, color y características sensoriales, debido a que un mayor rendimiento no siempre garantiza una mejor calidad del producto obtenido.
3. Al Laboratorio de Gastronomía y Tecnología de los Alimentos de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, se recomienda estandarizar un protocolo básico para la obtención de aceite de coco, considerando la selección de frutos maduros, el control de la fermentación, la separación de fases, el filtrado y el registro de datos, para mejorar la reproducibilidad del proceso en futuras investigaciones.

REFERENCIAS

- Adekola, A., Adedayo, M. R., & Adesokan, I. A. (2021). Production of virgin coconut oil from coconut (*Cocos nucifera* L.) milk through microbial fermentation and its antibacterial property. *Nature and Science*, 19(11), 67-73.
<https://kwasuspace.kwasu.edu.ng/items/230ada4c-ff64-409b-a3bb-805e1d97b401>
- AOAC International. (2023). *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL* (22nd ed.). AOAC International.
<https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis-of-aoac-22nd-edition-2023/>
- Appaiah, P., Sunil, L., Prasanth Kumar, P. K., & Gopala Krishna, A. G. (2015). Physico-chemical characteristics and stability aspects of coconut water and kernel at different stages of maturity. *Journal of Food Science and Technology*, 52(8), 5196-5203. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1559-4>
- Asian and Pacific Coconut Community. (2009). APCC quality standard for virgin coconut oil. Asian and Pacific Coconut Community.
<https://coconutcommunity.org/files/document/quality-standard-virgin-coconut-oil.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (s. f.). Coconut: Post-harvest operations. FAO.
https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/inpho/docs/Post_Harvest_Compendium_-_Coconut.pdf
- Hati, F. K., Ishmayana, S., & Atmadja, U. M. S. S. (2020). Determination of significant parameters and optimization production of virgin coconut oil using *Neurospora sitophila*, *Lactobacillus plantarum*, and papain. *International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences*, 11(4), 6123-6135.
<https://doi.org/10.26452/ijrps.v11i4.3285>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill Education.
<https://search.worldcat.org/es/title/metodologia-de-la-investigacion/oclc/897127989>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.
<https://search.worldcat.org/es/title/1107131944>
- Jakfar, J., Husin, H., Pontas, K., Mamat, R., Salleh, M. R., Zulrika, M., & Ahmadi, A. (2023). Modification of the fermentation process and papain enzymes in the manufacture of virgin coconut oil using optimization of response surface methodology, central composite design. *Fermentation*, 9(5), 434.
<https://doi.org/10.3390/fermentation9050434>

- Maini, Z. A., & Lopez, C. M. (2022). Transitions in bacterial communities across two fermentation-based virgin coconut oil (VCO) production processes. *Heliyon*, 8(8), e10154. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10154>
- Marina, A. M., Che Man, Y. B., Nazimah, S. A. H., & Amin, I. (2009). Virgin coconut oil: Emerging functional food oil. *Trends in Food Science & Technology*, 20(10), 481-487. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.06.003>
- Nguyen-Son, T., & Nguyen-Minh, T. (2022). Production of the virgin coconut oil from induced fermentation with lactic acid bacteria. *European Online Journal of Natural and Social Sciences: Proceedings*, 11(4). https://european-science.com/eojnss_proc/article/view/6729
- Olateru, C. T., Popoola, B. M., Alagbe, G. O., & Ajao, O. (2020). Lactic acid bacteria fermentation of coconut milk and its effect on the nutritional, phytochemical, antibacterial and sensory properties of virgin coconut oil produced. *African Journal of Biotechnology*, 19(6), 362-366. <https://doi.org/10.5897/AJB2020.17102>
- Pandiselvam, R., Akshay, A. T., Manikantan, M. R., Ramesh, S. V., Patil, H., Gopal, M., & Shil, S. (2024). Influence of skimmed coconut milk starter on the fermentation rate and biochemical quality attributes of virgin coconut oil. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14, 31093-31105. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-04894-3>
- Elodio-Policarpo, F., Peñaloza-Herrera, B., Maldonado-Astudillo, Y. I., Jiménez-Hernández, J., Flores-Casamayor, V., Arámbula-Villa, G., & Salazar, R. (2019). Estabilidad térmica de aceite virgen de coco obtenido de dos cultivares crecidos en Guerrero, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 42(2), 101-109. <https://doi.org/10.35196/rfm.2019.2.101>
- Qadi, W. S. M., Mediani, A., Benchoula, K., Wong, E. H., Misnan, N. A., & Sani, N. A. (2023). Characterization of physicochemical, biological, and chemical changes associated with coconut milk fermentation and correlation revealed by 1H NMR-based metabolomics. *Foods*, 12(10), 1971. <https://doi.org/10.3390/foods12101971>
- Raghavendra, S. N., & Raghavarao, K. S. M. S. (2010). Effect of different treatments for the destabilization of coconut milk emulsion. *Journal of Food Engineering*, 97(3), 341-347. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.10.027>
- Robles-Ozuna, L. E., Martínez-Núñez, Y. Y., Robles-Burgeño, M. R., Valenzuela-Meléndrez, M., Tortoledo-Ortiz, O., Madera-Santana, T. J., & Montoya-Ballesteros, L. del C. (2021). Caracterización fisicoquímica y compuestos bioactivos en el coco (*Cocos nucifera* L.) y su aceite: Efecto del cultivar y región de cultivo. *Biotecnia*, 23(2), 22-29. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i2.1336>
- Royal Botanic Gardens, Kew. (s. f.). *Cocos nucifera* L. Plants of the World Online. Recuperado el 31 de agosto de 2026, de <https://powo.science.kew.org/taxon/666160-1>

- Satheesh, N., & Prasad, N. B. L. (2014). Production of virgin coconut oil by induced fermentation with *Lactobacillus plantarum* NDRI strain 184. *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition*, 9(1-2), 37-42.
<https://hrcak.srce.hr/126093>
- Valderrama Mendoza, S. (2013). Pasos para elaborar proyectos de investigación científica: Cuantitativa, cualitativa y mixta (2.^a ed.). Editorial San Marcos.
<https://biblioteca.upecen.edu.pe/bib/1071>

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia

Evaluación de la fermentación natural y láctica para la extracción de aceite de coco (Cocos nucifera L.) en Huanta, 2025

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Tipo, nivel y diseño de investigación / Instrumentos
Problema general ¿Qué efecto tiene el tipo de fermentación, natural o láctica, en el rendimiento de extracción de aceite de coco (<i>Cocos nucifera</i> L.) en Huanta, 2025?	Objetivo general Evaluar el efecto del tipo de fermentación, natural o láctica, en el rendimiento de extracción de aceite de coco (<i>Cocos nucifera</i> L.) en Huanta, 2025.	Hipótesis general El tipo de fermentación, natural o láctica, influye en el rendimiento de extracción de aceite de coco (<i>Cocos nucifera</i> L.) en Huanta, 2025.	Variable independiente Tipo de fermentación Variable dependiente Rendimiento de extracción de aceite de coco	Fermentación natural Fermentación láctica Rendimiento obtenido por fermentación natural Rendimiento obtenido por fermentación láctica	Tipo de fermentación aplicado. Presencia o ausencia de cultivo láctico. Volumen de aceite recuperado (mL). Masa de pulpa procesada (g). Rendimiento (% v/p). Rendimiento equivalente (mL/kg).	Tipo: aplicada. Enfoque: cuantitativo. Nivel: explicativo-comparativo. Diseño: experimental, completamente aleatorizado de un factor. Técnicas: observación experimental y medición. Instrumentos: ficha de control, probeta graduada, balanza digital, termómetro, refractómetro, tiras indicadoras de pH y hoja de cálculo.
Problema específico 1 ¿Cuál es el rendimiento de extracción de aceite de coco (<i>Cocos nucifera</i> L.) obtenido mediante fermentación natural en Huanta, 2025?	Objetivo específico 1 Determinar el rendimiento de extracción de aceite de coco (<i>Cocos nucifera</i>	Hipótesis específica 1 La fermentación natural permite obtener rendimiento de extracción de	Variable independiente Fermentación natural Variable dependiente	Fermentación natural Rendimiento obtenido por fermentación natural	Ausencia de cultivo láctico. Tiempo de fermentación: 48 h. Temperatura: 35 ± 2 °C.	Seis repeticiones. Cada repetición: 1 kg de pulpa de coco. Registro en ficha experimental. Cálculo del rendimiento: volumen de aceite recuperado

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Tipo, nivel y diseño de investigación / Instrumentos
	L.) obtenido mediante fermentación natural en Huanta, 2025.	aceite de coco (<i>Cocos nucifera</i> L.) en Huanta, 2025.	Rendimiento de extracción de aceite de coco		Relación pulpa:agua: 1:1. Aceite recuperado (mL). Rendimiento (% v/p).	(mL) / masa de pulpa (g) × 100. Análisis: descriptivo.
Problema específico 2 ¿Cuál es el rendimiento de extracción de aceite de coco (<i>Cocos nucifera</i> L.) obtenido mediante fermentación láctica en Huanta, 2025?	Objetivo específico 2 Determinar el rendimiento de extracción de aceite de coco (<i>Cocos nucifera</i> L.) obtenido mediante fermentación láctica en Huanta, 2025.	Hipótesis específica 2 La fermentación láctica permite obtener rendimiento de extracción de aceite de coco (<i>Cocos nucifera</i> L.) en Huanta, 2025.	Variable independiente Fermentación láctica Variable dependiente Rendimiento de extracción de aceite de coco	Fermentación láctica Rendimiento obtenido por fermentación láctica	Adición de cultivo láctico. Dosis de inóculo: 0,1 g/L. Tiempo de fermentación: 48 h. Temperatura: 35 ± 2 °C. Relación pulpa:agua: 1:1. Aceite recuperado (mL). Rendimiento (% v/p).	Seis repeticiones. Cada repetición: 1 kg de pulpa de coco. Registro en ficha experimental. Cálculo del rendimiento: volumen de aceite recuperado (mL) / masa de pulpa (g) × 100. Análisis: descriptivo.

Anexo 2**Acervo fotográfico****Figura A1**

Acondicionamiento de materia prima



Nota. Las imágenes son de autoría propia.

Figura A2

Extracción de la pulpa de coco



Nota. Se procesaron lotes de 3 kg de pulpa para preparar grupos de tres repeticiones de 1 kg, de acuerdo con el diseño experimental.

Figura A3

Picado de la pulpa de coco



Nota. Se realizó el picado para facilitar el licuado de la pulpa.

Figura A4

Licuada de la pulpa de coco



Nota. Para el licuado se añadió 1 L de agua a 35 °C por cada 1 kg de pulpa.

Figura A5

Extracción de la leche de coco



Nota. Se utilizó la pulpeadora para facilitar la extracción de leche de coco.

Figura A6

Inóculo utilizado para el tratamiento de fermentación láctica



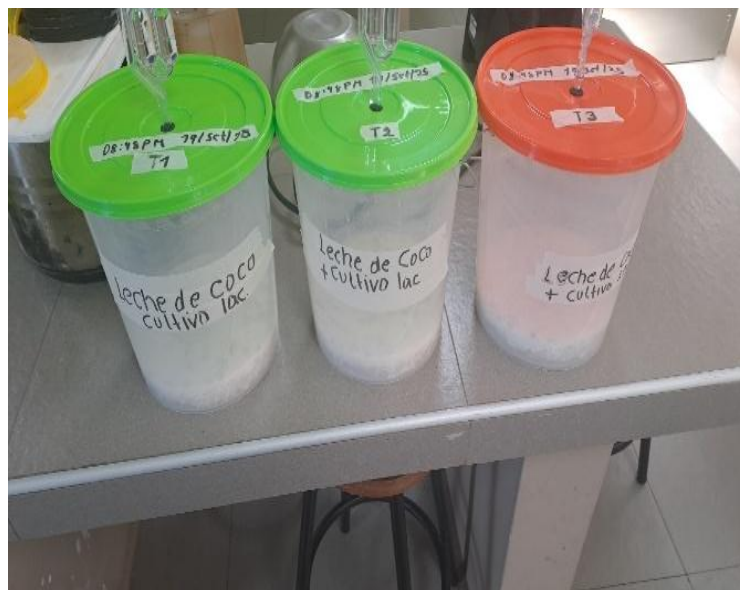
*Nota: El inóculo utilizado contiene las bacterias *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* utilizada en la investigación.*

Figura A7*Preparación del inóculo*

Nota. Por cada litro de leche de coco se agregó 0,1 g de inóculo diluido en 10 ml de agua a 35 °C.

Figura A8

Fermentación de la leche de coco



Nota. Se fermentó durante 48 horas en fermentadora, con temperatura controlada según protocolo tanto en la fermentación natural como la fermentación láctica.

Figura A9

Refrigeración de la leche de coco



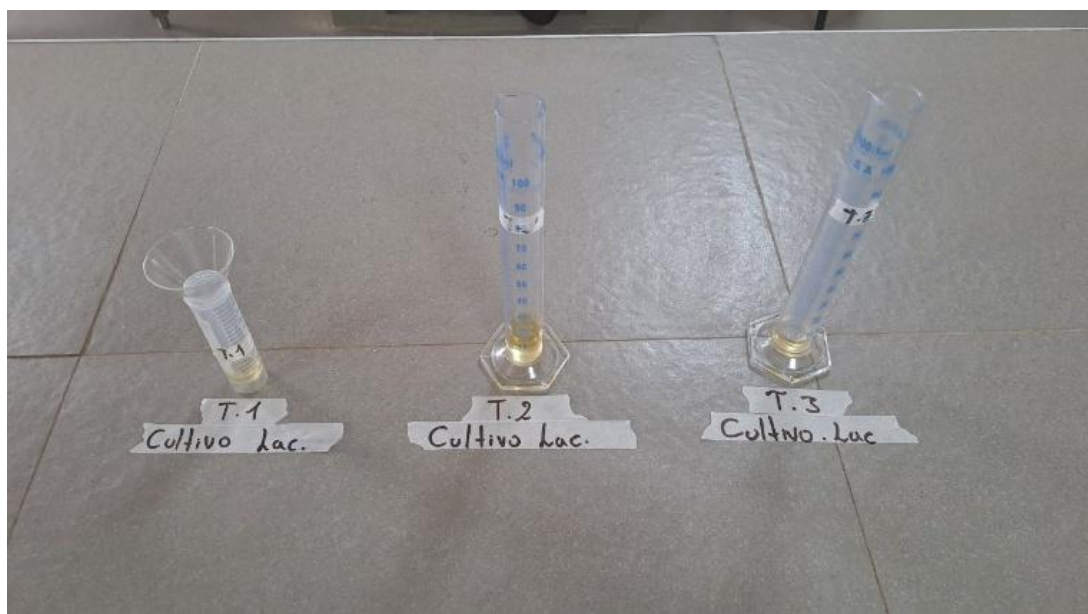
Nota. Se refrigeró durante 24 horas para favorecer la solidificación de la crema de coco.

Figura A10

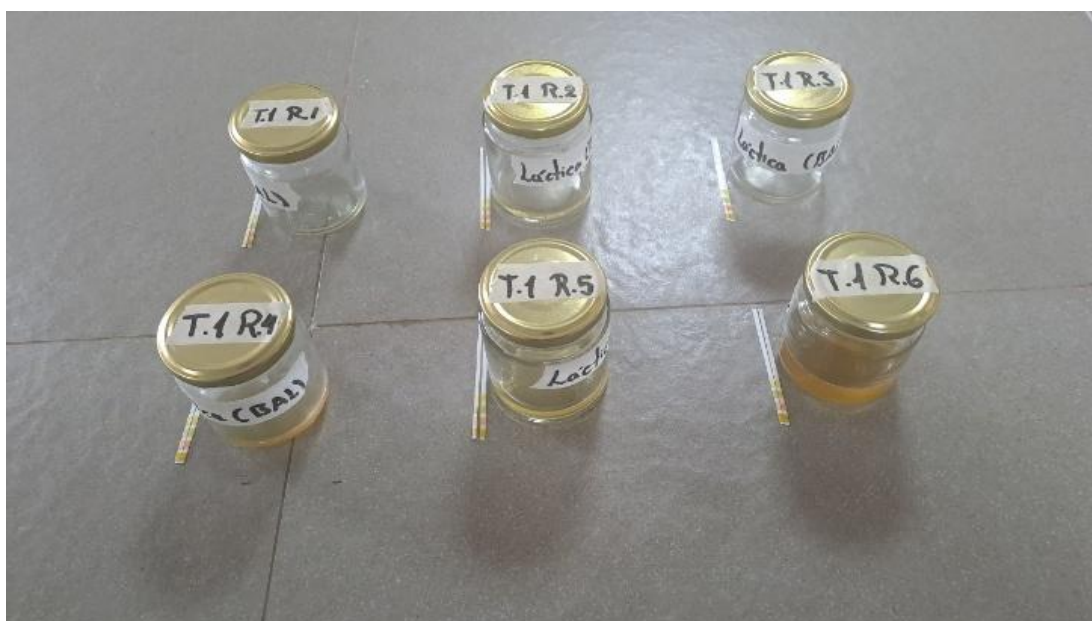
Cocinado de la crema de coco



Nota. Se calentó la crema de coco para favorecer la separación del aceite.

Figura A11*Aceite de coco extraído*

Nota. Pasó por un proceso de filtración utilizando colador y tela filtradora y se utilizaron probetas para medir la cantidad de aceite extraído.

Figura A12*Envasado del aceite y medición del pH de la fase acuosa*

Nota. Con papel tornasol se registró el pH de la fase acuosa asociada al proceso; el aceite fue envasado en frascos de vidrio identificados por tratamiento y repetición.

Figura A13

Prensado en frío de la merma de coco



Nota. Se prensó la merma de coco y luego se llevó a la estufa.

Figura A14

Secado de la merma de coco



Nota. Se utilizó la estufa a 70 °C para reducir la humedad de la merma de coco.

Figura A15

Extracción de aceite de la merma y filtrado



Nota. Se utilizó el equipo extractor de aceite a 170 °C y luego se utilizó el papel filtro para eliminar cualquier sólido y obtener el aceite más limpio.

Figura A16

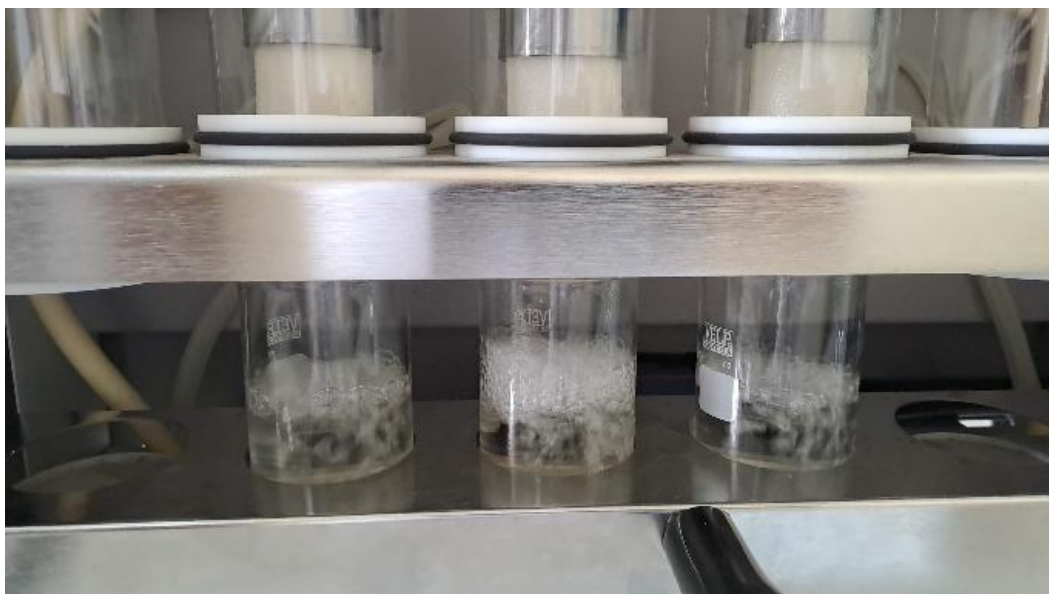
Cantidad de aceite extraído



Nota. Se evaluó, de manera complementaria, la cantidad de aceite residual presente en la merma de coco de las repeticiones realizadas.

Figura A17

Programación del Soxhlet con n-hexano



Nota. Utilizando el n-hexano se programó la placa base a 130 °C, con 30 minutos de inmersión, 45 minutos de lavado y 50 minutos. de recuperación.

Figura A18

Programación del Soxhlet con tolueno



Nota. Utilizando el tolueno se programó la placa base a 230 °C, con 35 minutos de inmersión, 40 minutos de lavado y 50 minutos de recuperación.

Anexo 3

Ficha de recolección de datos experimentales

Tabla A

Resultados experimentales de extracción de aceite de coco

Unidad experimental	Tratamiento	Repetición	Masa de pulpa (g)	Volumen de aceite recuperado (mL)	Rendimiento (% v/p)	Rendimiento equivalente (mL/kg)	Desviación absoluta para Levene
UE-N1	Fermentación natural	1	1000	65.00	6.50	65.00	1.30
UE-N2	Fermentación natural	2	1000	78.00	7.80	78.00	2.60
UE-N3	Fermentación natural	3	1000	60.00	6.00	60.00	0.80
UE-N4	Fermentación natural	4	1000	38.00	3.80	38.00	1.40
UE-N5	Fermentación natural	5	1000	39.00	3.90	39.00	1.30
UE-N6	Fermentación natural	6	1000	32.00	3.20	32.00	2.00
UE-L1	Fermentación láctica	1	1000	65.00	6.50	65.00	1.13
UE-L2	Fermentación láctica	2	1000	80.00	8.00	80.00	2.63
UE-L3	Fermentación láctica	3	1000	67.00	6.70	67.00	1.33
UE-L4	Fermentación láctica	4	1000	22.00	2.20	22.00	3.17
UE-L5	Fermentación láctica	5	1000	31.00	3.10	31.00	2.27
UE-L6	Fermentación láctica	6	1000	57.00	5.70	57.00	0.33

Anexo 4

Registro consolidado de datos de fermentación natural y láctica

Tabla B

Registro consolidado de datos de fermentación natural y láctica

Tratamiento	Método	Repetición	Masa inicial (g)	Agua (mL)	Inóculo (g/L)	Temperatura (°C)	Fermentación (h)	pH final	°Brix inicial	Aceite extraído (mL)	Rendimiento (% v/p)
T1	Natural	R1	1000	1000	0	35	48	4.5	3	65	6.50
T1	Natural	R2	1000	1000	0	35	48	4.2	3	78	7.80
T1	Natural	R3	1000	1000	0	35	48	4.3	3	60	6.00
T1	Natural	R4	1000	1000	0	35	48	4.2	5	38	3.80
T1	Natural	R5	1000	1000	0	35	48	4.1	5	39	3.90
T1	Natural	R6	1000	1000	0	35	48	4.4	5	32	3.20
T2	Láctica	R1	1000	1000	0.1	35	48	3.8	4.7	65	6.50
T2	Láctica	R2	1000	1000	0.1	35	48	3.5	3.7	80	8.00
T2	Láctica	R3	1000	1000	0.1	35	48	3.7	3.7	67	6.70
T2	Láctica	R4	1000	1000	0.1	35	48	3.8	3	22	2.20
T2	Láctica	R5	1000	1000	0.1	35	48	3.7	3	31	3.10
T2	Láctica	R6	1000	1000	0.1	35	48	3.8	3	57	5.70

Nota. El rendimiento se calculó como: [volumen de aceite recuperado (mL) / masa inicial de pulpa (g)] × 100. T1 = fermentación natural; T2 = fermentación láctica.

Anexo 5

Registro consolidado de datos de aceite obtenido por Soxhlet para la evaluación de madurez del coco

Tabla C1

Resultados de aceite obtenido por Soxhlet para la evaluación de madurez del coco

N.º	Aceite obtenido (mL/100 mL de pulpa)	N.º	Aceite obtenido (mL/100 mL de pulpa)	N.º	Aceite obtenido (mL/100 mL de pulpa)
1	12,35	12	11,26	23	11,65
2	11,77	13	9,69	24	11,89
3	12,21	14	8,57	25	10,93
4	11,71	15	11,47	26	9,47
5	12,40	16	12,69	27	10,44
6	12,09	17	11,24	28	11,78
7	10,32	18	12,55	29	12,11
8	11,99	19	10,43	30	12,80
9	11,92	20	13,17	31	13,20
10	13,49	21	12,87	32	12,70
11	11,83	22	13,34	33	11,76

Tabla C2*Resumen de la evaluación de madurez según contenido de aceite*

Estadístico	Resultado
Número de muestras evaluadas	33
Valor mínimo	8,57 mL/100 mL
Valor máximo	13,49 mL/100 mL
Promedio	11,76 mL/100 mL
Desviación estándar	1,15
Coeficiente de variación	9,76 %
Muestras clasificadas como maduras con potencial aceitero	23
Muestras con madurez intermedia	7
Muestras con menor potencial lipídico	3

Los resultados de la evaluación de madurez mostraron valores entre 8,57 y 13,49 mL de aceite por cada 100 mL de pulpa de coco, con un promedio general de 11,76 mL/100 mL. Este resultado indica que la mayoría de las muestras presentó un contenido de aceite compatible con una pulpa desarrollada y apta para la extracción de aceite.

De las 33 muestras evaluadas, 23 muestras fueron clasificadas como maduras con potencial aceitero, porque presentaron valores iguales o mayores a 11,50 mL/100 mL. Además, 7 muestras fueron clasificadas como de madurez intermedia y 3 muestras como de menor potencial lipídico. Esto demuestra que el lote utilizado presentó, en su mayoría, condiciones adecuadas de madurez para el proceso de extracción.