UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE DE COCO (*Cocos Nucifera L.*) VARIEDAD GIGANTE AMARILLO, OBTENIDO MEDIANTE TRES PROCESOS DE EXTRACCIÓN: FILTRACIÓN A VACÍO, CENTRIFUGACIÓN Y PRENSADO EN FRÍO EN LA REGIÓN UCAYALI

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

JEAN LEE NORMAN, BERNARDO LAO

Pucallpa, Perú

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de tesis, presentada por **JEAN LEE NORMAN BERNARDO LAO**, denominada: **DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE DE COCO (*Cocos Nucifera L.*) VARIEDAD GIGANTE AMARILLO, OBTENIDO MEDIANTE TRES PROCESOS DE EXTRACCIÓN: FILTRACIÓN A VACÍO, CENTRIFUGACIÓN Y PRENSADO EN FRÍO EN LA REGIÓN UCAYALI,** para cumplir con el requisito de **TÍTULO PROFESIONAL**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por el sustentante lo declaramos: **APROBADO POR UNANIMIDAD** con el calificativo **(17) BUENO.**

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el: Título de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL**, de conformidad con lo estipulado en el Art. 3 y 6 del reglamento para el otorgamiento de grado académico de bachiller y título profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, 28 de noviembre del 2024.

Ing. Cristina Elena Quiñones Ruiz M.Sc.
Presidente

Ing. Carlos Ruiz Padilla M.Sc.
Secretario

Dr. Alex Rengifo Zumaeta
Miembro

Dr. Edgar Vicente Santa Cruz
Asesor

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Calificador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito parcial para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Ing. Cristina Elena Quiñones Ruiz M.Sc.

Presidente

Ing. Carlos Ruiz Padilla M.Sc.

Secretario

Dr. Alex Rengifo Zumaeta

Miembro

Dr. Edgar Vicente Santa Cruz

Asesor

Bach. Jean Lee Norman Bernardo Lao

Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº V/0353-2024.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE DE COCO (Cocos Nucifera L.) VARIEDAD GIGANTE AMARILLO, OBTENIDO MEDIANTE TRES PROCESOS DE EXTRACCIÓN: FILTRACIÓN A VACÍO, CENTRIFUGACIÓN Y PRENSADO EN FRÍO EN LA REGIÓN UCAYALI"

Autor(es)	:	**BERNARDO LAO, JEAN LEE NORMAN**
Facultad	:	**CIENCIAS AGROPECUARIAS**
Escuela	:	**ING. AGROINDUSTRIAL**
Asesor(a)	:	**Dr. VICENTE SANTA CRUZ, EDGAR**

Presenta un **porcentaje de similitud de 6%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 18/07/2024

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Jean Lee Norman Bernardo Lao

Autor de la tesis titulada: Determinación de las características fisicoquímicas del aceite de coco (Cocos Nucifera L.) variedad Gigante Amarillo, obtenido mediante tres procesos de extracción: filtración a vacío, centrifugación y prensado en frío en la región Ucayali.

Sustentada el año: 2024

Asesor(a): Edgar Vicente Santa Cruz

Facultad: Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional: Ingeniería Agroindustrial

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 29 / 01 / 2025

Email: jeanleenblao@gmail.com Firma: [signature]

Teléfono: 956563123 DNI: 73006767

www.repositorio.unu.edu.pe
repositorio@unu.edu.pe

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de investigación principalmente a mi madre Paquita Lao Soria profesora y psicóloga, a mi padre Alfonso Segundino Bernardo Acevedo sociólogo y empresario por haberme apoyado en este largo y difícil trayecto de mi desarrollo profesional del cuál seguiré superándome cada día.

A mi hermano el funcionario edil y administrador Dario David Bernardo Lao por haberme inculcado a escalar en muchas áreas afines a la ingeniería con miras a lograr muchos avances a nivel nacional y mundial.

A todos los que me encontré en este largo camino de estudios y me aportaron su granito de arena de motivación y ejemplos de superación personal para poder alcanzar la excelencia integral en la vida.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor Dr. Edgar Vicente Santa Cruz, por su asesoramiento, apoyo y colaboración durante la ejecución de mi tesis.

A nuestra casa superior de estudios y alma máter la Universidad Nacional de Ucayali.

A mi enamorada la señorita Larysa Danuska Lozano Bardales por su apoyo emocional y trabajo incondicional en las operaciones de los procesos.

A mi colaborador el Ing. José Antonio Paredes Amasifuen del Taller de Tecnología e Industrias Lácteas.

A mi colaborador el Ing. Manuel Augusto Trelles Rufino del Laboratorio de Química.

A mi colaborador el Ing. Ader Martin Guerra Rios del Laboratorio de Química.

A mi colaborador el señor Lindolfiz Luna Berette del Taller N° 14 de Tecnología de Aceites y Grasas.

A mi colaborador el señor Bremilton Tejada Lomas el dueño de los cocos gigantes amarillos en el Centro Poblado Nueva Esperanza de Panaillo.

Y a todos los que me apoyaron a desarrollar mi trabajo de investigación con su sapiencia y experticia.

ÍNDICE GENERAL

Acta de sustentación de tesis……**ii**

Constancia de originalidad de trabajo de investigación……**iv**

Autorización de publicación……**v**

DEDICATORIA……**vi**

AGRADECIMIENTO……**vii**

ÍNDICE……**viii**

ÍNDICE DE TABLAS……**xviii**

ÍNDICE DE FIGURAS……**xxi**

RESUMEN……**xxii**

ABSTRACT……**xxiii**

INTRODUCCIÓN……**1**

CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA……**2**

2.1. ANTECEDENTES……**2**

2.1.1. Antecedentes internacionales……**2**

2.1.2. Antecedentes nacionales……**6**

2.2. MARCO CONCEPTUAL……**9**

2.2.1. Coco (*Cocos Nucifera L.*)……**9**

2.2.2. Procedencia del coco……**10**

2.2.3. Tipos de palmas cocoteras……**10**

2.2.3.1. Gigantes……**11**

2.2.3.2. Enanos……**11**

2.2.3.3. Híbridos……**11**

2.2.4. Características de la palma de coco……..**11**

2.2.5. Características del fruto de coco……**12**

2.2.5.1. Características nutricionales de la pulpa de coco…..…**13**

2.2.6. Aceites y grasas……..……..……..**13**

2.2.6.1. Tipos de ácidos grasos……..……..…**14**

2.2.7. Aceite de coco……**16**

2.2.7.1. Composición de los ácidos grasos del aceite de coco..**16**

2.2.8. Procesos de extracción del aceite de coco……..…**17**

2.2.8.1. Filtración a vacío…….....……**17**

2.2.8.2. Centrifugación……....**18**

2.2.8.3. Prensado en frío…….....**18**

2.2.9. Características fisicoquímicas del aceite de coco……..……**19**

2.2.9.1. Humedad……..…….....**19**

2.2.9.2. Densidad…….……**20**

2.2.9.3. Punto de fusión…….……**21**

2.2.9.4. Punto de humo……..…….……**21**

2.2.9.5. Índice de acidez……..…….……**22**

2.2.9.6. Porcentaje de acidez……..……**23**

2.2.9.7. Índice de yodo……..……**23**

2.2.9.8. Índice de saponificación…….……..…**24**

2.2.9.9. Índice de peróxidos……..……**24**

2.2.9.10. Índice de refracción…….……..**25**

2.2.9.11. Color (Cie L*a*b*)……..……..**25**

2.2.9.12. Otros factores de calidad y composición…....……....**28**

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS……...**29**

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN……..……..……..**29**

3.2. MATERIA PRIMA……..……..**29**

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS……..……..……..**30**

3.3.1. Materiales……..……..……..**30**

3.3.2. Equipos e instrumentos……..……..……..**31**

3.3.3. Reactivos e insumos……..……..**31**

3.3.4. Indumentaria……..……..**32**

3.3.5. Otros materiales y equipos……..**32**

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL……..……..**34**

3.4.1. Proceso de extracción de aceite de coco por filtración a vacío..**34**

3.4.2. Descripción del proceso de extracción de aceite de coco por filtración a vacío……..**35**

3.4.2.1. Cosecha……..**35**

3.4.2.2. Selección……..……..……..**35**

3.4.2.3. Descascarado……..……..……**35**

3.4.2.4. Despulpado……..……..……**35**

3.4.2.5. Cortado……..……..**35**

3.4.2.6. Desinfección……..……..**35**

3.4.2.7. Molturado……..……..**36**

3.4.2.8. Macerado……..……..……**36**

3.4.2.9. Tamizado……..……..**36**

3.4.2.10. Decantación……..**36**

3.4.2.11. Evaporación……..……..**37**

3.4.2.12. Filtración……..……..….**37**

3.4.2.13. Filtración a vacío……..……..**37**

3.4.2.14. Envasado……37

3.4.2.15. Almacenamiento……37

3.4.3. Proceso de extracción de aceite de coco por centrifugación….38

3.4.4. Descripción del proceso de extracción de aceite de coco por centrifugación……39

3.4.4.1. Cosecha……39

3.4.4.2. Selección……39

3.4.4.3. Descascarado……39

3.4.4.4. Despulpado……39

3.4.4.5. Cortado……39

3.4.4.6. Desinfección……39

3.4.4.7. Molturado……40

3.4.4.8. Macerado……40

3.4.4.9. Tamizado……40

3.4.4.10. Decantación……40

3.4.4.11. Evaporación……41

3.4.4.12. Filtración……41

3.4.4.13. Centrifugación……41

3.4.4.14. Envasado……41

3.4.4.15. Almacenamiento……41

3.4.5. Proceso de extracción de aceite de coco por prensado en frío..42

3.4.6. Descripción del proceso de extracción de aceite de coco por prensado en frío……43

3.4.6.1. Cosecha……43

3.4.6.2. Selección……43

3.4.6.3. Descascarado……..…….....**43**

3.4.6.4. Despulpado…….…….....**43**

3.4.6.5. Cortado…….…….....**43**

3.4.6.6. Desinfección……..……....**43**

3.4.6.7. Molturado……..**44**

3.4.6.8. Deshidratado…….…….....….**44**

3.4.6.9. Prensado en frío……..……....**44**

3.4.6.10. Filtración……..……..……**44**

3.4.6.11. Envasado……..…….……....**45**

3.4.6.12. Almacenamiento……...**45**

3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO DE LA INVESTIGACIÓN.....**45**

3.5.1. Diseño experimental cuantitativo…….....**45**

3.5.1.1. Evaluación paramétrica para los análisis fisicoquímicos……...**45**

3.5.2. Tratamientos experimentales……**46**

3.5.3. Análisis estadístico…….…….**46**

3.5.4. Población y muestra…….…….**46**

3.6. VARIABLES DE ESTUDIO…….……..……**47**

3.6.1. Variables independientes…….…….....**47**

3.6.2. Variables dependientes……...**47**

3.7. ESQUEMA EXPERIMENTAL……..……**48**

CAPÍTULO IV: RESULTADOS……..**49**

4.1. HUMEDAD DE LA PULPA DE COCO GIGANTE AMARILLO PARA LOS TRES PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE……...**49**

4.2. RENDIMIENTO DE LOS TRES PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE COCO GIGANTE AMARILLO……..……..…..……...**49**

4.3. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE DE COCO GIGANTE AMARILLO OBTENIDO EN LOS TRES PROCESOS DE EXTRACCIÓN…….....**49**

4.3.1. Humedad……..……...**50**

4.3.2. Densidad……..……**50**

4.3.3. Punto de fusión…….……...….**51**

4.3.4. Punto de humo……**51**

4.3.5. Índice de acidez…….....**51**

4.3.6. Porcentaje de acidez…….....**52**

4.3.7. Índice de yodo……..…….....**52**

4.3.8. Índice de saponificación……..**52**

4.3.9. Índice de peróxidos…….....**53**

4.3.10. Índice de refracción…….....**53**

4.3.11. Color (Cie L*a*b*)……..…….....**54**

4.3.11.1. En la coordenada de color L*……**54**

4.3.11.2. En la coordenada de color a*……**54**

4.3.11.3. En la coordenada de color b*……**54**

CAPÍTULO V: DISCUSIONES……..……**56**

5.1. HUMEDAD DE LAS PULPAS DE COCO GIGANTE AMARILLO PARA LOS TRES PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE…….……**56**

5.2. RENDIMIENTO DE LOS TRES PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE COCO GIGANTE AMARILLO……..……**56**

5.3. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE DE COCO GIGANTE AMARILLO OBTENIDO EN LOS TRES PROCESOS DE EXTRACCIÓN.....**57**

5.3.1. Humedad.....**57**

5.3.2. Densidad.....**58**

5.3.3. Punto de fusión.....**58**

5.3.4. Punto de humo.....**59**

5.3.5. Índice de acidez.....**59**

5.3.6. Porcentaje de acidez.....**60**

5.3.7. Índice de yodo.....**61**

5.3.8. Índice de saponificación.....**61**

5.3.9. Índice de peróxidos.....**62**

5.3.10. Índice de refracción.....**62**

5.3.11. Color (Cie L*a*b*).....**63**

5.3.11.1. En la coordenada de color L*.....**63**

5.3.11.2. En la coordenada de color a*.....**63**

5.3.11.3. En la coordenada de color b*.....**64**

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES.....**65**

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES.....**67**

LITERATURA CITADA.....**68**

ANEXOS.....**72**

ANEXO 1: VALORES OBTENIDOS EN LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE DE COCO DE LOS TRES PROCESOS DE EXTRACCIÓN.....**73**

Tabla 1A: Valores de humedad obtenidos durante el periodo de evaluación……**73**

Tabla 2A: Valores de densidad obtenidos durante el periodo de evaluación……**73**

Tabla 3A: Valores de punto de fusión obtenidos durante el periodo de evaluación……**73**

Tabla 4A: Valores de punto de humo obtenidos durante el periodo de evaluación……**74**

Tabla 5A: Valores de índice de acidez obtenidos durante el periodo de evaluación……**74**

Tabla 6A: Valores de porcentaje de acidez obtenidos durante el periodo de evaluación……**74**

Tabla 7A: Valores de índice de yodo obtenidos durante el periodo de evaluación……**75**

Tabla 8A: Valores de índice de saponificación obtenidos durante el periodo de evaluación……**75**

Tabla 9A: Valores de índice de peróxidos obtenidos durante el periodo de evaluación……**75**

Tabla 10A: Valores de índice de refracción obtenidos durante el periodo de evaluación……**76**

Tabla 11A: Valores de coordenada de color (L*) obtenidos durante el periodo de evaluación……**76**

Tabla 12A: Valores de coordenada de color (a*) obtenidos durante el periodo de evaluación……**76**

Tabla 13A: Valores de coordenada de color (b*) obtenidos durante el periodo de evaluación……..……77

ANEXO 2: ANÁLISIS DE VARIANZA (ANVA) DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE DE COCO DE LOS TRES PROCESOS DE EXTRACCIÓN……..78

Tabla 14A: Análisis de varianza de humedad……78

Tabla 15A: Análisis de varianza de densidad……..……....78

Tabla 16A: Análisis de varianza de punto de fusión…….……..……..78

Tabla 17A: Análisis de varianza de punto de humo……..79

Tabla 18A: Análisis de varianza de índice de acidez……..…..……79

Tabla 19A: Análisis de varianza de porcentaje de acidez…….……79

Tabla 20A: Análisis de varianza de índice de yodo…….……...80

Tabla 21A: Análisis de varianza de índice de saponificación……..80

Tabla 22A: Análisis de varianza de índice de peróxidos…….……..80

Tabla 23A: Análisis de varianza de índice de refracción……..……..81

Tabla 24A: Análisis de varianza de coordenada de color (L*)……..…81

Tabla 25A: Análisis de varianza de coordenada de color (a*)……..81

Tabla 26A: Análisis de varianza de coordenada de color (b*)……82

ANEXO 3: PROCEDIMIENTOS PARA DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE DE COCO DE LOS TRES PROCESOS DE EXTRACCIÓN……..……..83

Anexo 3A: Procedimiento de humedad……..……83

Anexo 3B: Procedimiento de densidad…….…….....83

Anexo 3C: Procedimiento de punto de fusión…….……...84

Anexo 3D: Procedimiento de punto de humo……..……84

Anexo 3E: Procedimiento de índice de acidez……**85**

Anexo 3F: Procedimiento de porcentaje de acidez……..……..**85**

Anexo 3G: Procedimiento de índice de yodo (Método Wijs)……...**86**

Anexo 3H: Procedimiento de índice de saponificación……**86**

Anexo 3I: Procedimiento de índice de peróxidos……..….**87**

Anexo 3J: Procedimiento de índice de refracción…….....**87**

Anexo 3K: Procedimiento de color (Cie L*a*b*)……..**88**

ANEXO 4: DESCRIPCIÓN FOTOGRÁFICA DE LOS TRES PROCESOS DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE COCO…….....**89**

Anexo 4A: Proceso de extracción por filtración a vacío……..……**89**

Anexo 4B: Proceso de extracción por centrifugación……..**92**

Anexo 4C: Proceso de extracción por prensado en frío……..**95**

ANEXO 5: DESCRIPCIÓN FOTOGRÁFICA DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE DE COCO DE LOS TRES PROCESOS DE EXTRACCIÓN.....**97**

Anexo 5A: Características fisicoquímicas del aceite de coco por filtración a vacío……...**97**

Anexo 5B: Características fisicoquímicas del aceite de coco por centrifugación……..….**100**

Anexo 5C: Características fisicoquímicas del aceite de coco por prensado en frío……**103**

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

En el texto

Tabla 1: Información nutricional de la pulpa de coco.....**13**

Tabla 2: Composición fitoquímica del aceite de coco……..**17**

Tabla 3: Densidad relativa de algunos aceites……..……**20**

Tabla 4: Punto de humo de algunos aceites……..……**22**

Tabla 5: Índice de saponificación de algunos aceites…….…...**24**

Tabla 6: Tratamientos experimentales……..**46**

Tabla 7: Humedad de la pulpa de coco…….....……**49**

Tabla 8: Rendimiento de los tres procesos de extracción de aceite……..**49**

Tabla 9: Comparación de rangos múltiples de Tukey para densidad……**50**

Tabla 10: Comparación de rangos múltiples de Tukey para índice de acidez…….....**51**

Tabla 11: Comparación de rangos múltiples de Tukey para porcentaje de acidez……..……**52**

Tabla 12: Comparación de rangos múltiples de Tukey para índice de peróxidos……..……...**53**

Tabla 13: Comparación de rangos múltiples de Tukey para coordenada de color L*……..**54**

Tabla 14: Comparación de rangos múltiples de Tukey para coordenada de color b*……...**55**

Pág.

En el anexo

Tabla 1A: Valores de humedad obtenidos durante el periodo de evaluación……**73**

Tabla 2A: Valores de densidad obtenidos durante el periodo de evaluación……**73**

Tabla 3A: Valores de punto de fusión obtenidos durante el periodo de evaluación……**73**

Tabla 4A: Valores de punto de humo obtenidos durante el periodo de evaluación……**74**

Tabla 5A: Valores de índice de acidez obtenidos durante el periodo de evaluación……**74**

Tabla 6A: Valores de porcentaje de acidez obtenidos durante el periodo de evaluación……**74**

Tabla 7A: Valores de índice de yodo obtenidos durante el periodo de evaluación……**75**

Tabla 8A: Valores de índice de saponificación obtenidos durante el periodo de evaluación……**75**

Tabla 9A: Valores de índice de peróxidos obtenidos durante el periodo de evaluación……**75**

Tabla 10A: Valores de índice de refracción obtenidos durante el periodo de evaluación……**76**

Tabla 11A: Valores de coordenada de color (L*) obtenidos durante el periodo de evaluación……**76**

Pág.

En el anexo

Tabla 12A: Valores de coordenada de color (a*) obtenidos durante el periodo de evaluación……..…..**76**

Tabla 13A: Valores de coordenada de color (b*) obtenidos durante el periodo de evaluación……...**77**

Tabla 14A: Análisis de varianza de humedad……..**78**

Tabla 15A: Análisis de varianza de densidad……...……..**78**

Tabla 16A: Análisis de varianza de punto de fusión……..……..……**78**

Tabla 17A: Análisis de varianza de punto de humo……..……..…..**79**

Tabla 18A: Análisis de varianza de índice de acidez……..**79**

Tabla 19A: Análisis de varianza de porcentaje de acidez…….……**79**

Tabla 20A: Análisis de varianza de índice de yodo……..……**80**

Tabla 21A: Análisis de varianza de índice de saponificación……..…….**80**

Tabla 22A: Análisis de varianza de índice de peróxidos…….…...…...**80**

Tabla 23A: Análisis de varianza de índice de refracción……..**81**

Tabla 24A: Análisis de varianza de coordenada de color (L*)…..……..…**81**

Tabla 25A: Análisis de varianza de coordenada de color (a*)……..**81**

Tabla 26A: Análisis de varianza de coordenada de color (b*)…….....**82**

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

En el texto

Figura 1: Coco Gigante Amarillo maduro……..……..**10**

Figura 2: Partes del coco Gigante Amarillo……...…..……..**12**

Figura 3: Rango de luz visible por el ojo humano……...……**26**

Figura 4: Espacio de color CIELAB……..……..**28**

Figura 5: Diagrama de flujo del proceso de extracción de aceite de coco por filtración a vacío…..……...……....**34**

Figura 6: Diagrama de flujo del proceso de extracción de aceite de coco por centrifugación……..……..……**38**

Figura 7: Diagrama de flujo del proceso de extracción de aceite de coco por prensado en frío……..……**42**

Figura 8: Esquema experimental de la investigación…….....**48**

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la Universidad Nacional de Ucayali, ubicado a latitud Sur 8°23’48,11”, longitud Oeste 74°35’10,93° y altitud de 154 m s. n. m. en la Carretera Federico Basadre Km 6.200. El objetivo de la presente investigación fue determinar las características fisicoquímicas del aceite de coco (*Cocos Nucifera L.*) variedad Gigante Amarillo obtenido mediante tres procesos de extracción: filtración a vacío, centrifugación y prensado en frío en la región Ucayali. Para los tratamientos en estudio donde se obtuvo resultados cuantitativos se aplicó un DCA (Diseño Completamente al Azar) a un nivel de significancia del 5 %. Se utilizó la materia prima de 10 hectáreas de cocos gigantes amarillos del centro poblado Nueva Esperanza de Panaillo del distrito de Yarinacocha realizando tres procesos para la extracción de aceite; y se determinó las características fisicoquímicas como: humedad, densidad, punto de fusión, punto de humo, índice de acidez, porcentaje de acidez, índice de yodo, índice de saponificación, índice de peróxidos, índice de refracción y color (Cie L*a*b*). En la evaluación de los tratamientos se encontró diferencias estadísticas significativas (P≤0.05), por lo que se aplicó la prueba de rangos múltiples de Tukey, siendo el tratamiento T3 el que presentó las mejores características fisicoquímicas: índice de acidez (0.43 mg NaOH/g), porcentaje de acidez (0.21 %), índice de peróxidos (6.67 mEq O2/Kg), coordenada de color L* (97.62) y coordenada de color b* (1.63).

Palabras claves: aceite de coco, características fisicoquímicas, filtración a vacío, centrifugación, prensado en frío.

ABSTRACT

The present research work was developed at the National University of Ucayali, located at South latitude 8°23'48.11", West longitude 74°35'10.93° and altitude of 154 m s. north. meter. on the Federico Basadre Highway Km 6,200. The objective of this research was to determine the physicochemical characteristics of coconut oil (*Cocos Nucifera L.*) yellow giant variety through three extraction processes: vacuum filtration, centrifugation and cold pressing in the Ucayali region. For the treatments under study where quantitative results were obtained, a DCA (Completely Random Design) was applied at a significance level of 5%. The raw material from 10 hectares of giant yellow coconuts from the Nueva Esperanza de Panaillo town center in the Yarinacocha district was used, carrying out three processes for oil extraction; and the physicochemical characteristics are determined such as: humidity, density, melting point, smoke point, acidity index, acidity percentage, iodine index, saponification index, peroxide index, refractive index and color (Cie L*a *b*). In the evaluation of the treatments, significant statistical differences were found (P≤0.05), so the Tukey's Multiple Range Test was applied, with treatment T3 being the one that presented the best physicochemical characteristics: acidity index (0.43 mg NaOH/ g), percentage of acidity (0.21%), peroxide index (6.67 mEq O2/Kg), L* color coordinate (97.62) and b* color coordinate (1.63).

Keywords: coconut oil, physicochemical characteristics, vacuum filtration, centrifugation, cold pressing.

INTRODUCCIÓN

En el Perú crecen diversas palmeras por sus características edafoclimáticas de sus regiones costeras y selváticas, dentro de ellas la palma cocotera (*Cocos Nucifera L.*) variedad Gigante Amarillo cuyos productos derivados como el aceite deben ser mejor aprovechados y estudiados mediante sus características fisicoquímicas para potenciar la economía en nuestro país.

En la Amazonía Peruana regiones aledañas como San Martín se encuentran empresas agroindustriales que procesan aceite de coco como Real Organic, Coco Selva, Bioselva, Organix Perú y Peruvian Health; así como también en nuestra región Ucayali empresas como Ushe, Coco's Home y Vive Organics los cuales usan la tecnología del proceso de extracción por prensado en frío, más no de filtración a vacío y centrifugación.

En marco a ello, este trabajo de investigación tuvo como objetivo general: Determinar las características fisicoquímicas del aceite de coco (*Cocos Nucifera L.*) variedad Gigante Amarillo obtenido mediante tres procesos de extracción: filtración a vacío, centrifugación y prensado en frío en la región Ucayali. También como objetivos específicos: Determinar las características fisicoquímicas del aceite de coco obtenido en el proceso de extracción por filtración a vacío, determinar las características fisicoquímicas del aceite de coco obtenido en el proceso de extracción por centrifugación y determinar las características fisicoquímicas del aceite de coco obtenido en el proceso de extracción por prensado en frío. Porque al analizar estas características fisicoquímicas contribuí con datos técnicos para el aprovechamiento agroindustrial del aceite de coco y su comercialización.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Antecedentes internacionales

Según Gómez (2017) en su trabajo de investigación titulado: "Caracterización de aceite extraído del fruto de Cocos Nucifera obtenido a escala de laboratorio", realizado en la ciudad de La Habana-Cuba tiene como objetivo obtener el aceite de coco a escala de laboratorio para utilizarlo en la caracterización de los lotes de aceite industrial que se obtienen en la industria nacional cubana en vistas al desarrollo de nuevos nutracéuticos mediante la metodología de extracción de aceite a escala de laboratorio y escala industrial se obtuvo los siguientes resultados: el aceite de coco obtenido a escala de laboratorio a partir de los frutos maduros se caracterizó como un líquido transparente de apariencia oleosa con olor característico de intensidad suave. Para la obtención del aceite a escala de laboratorio se utilizó la masa del coco fresca y por lo tanto se requirió de menor tiempo de exposición a elevadas temperaturas que el empleado en la producción a escala industrial de los aceites de coco obtenidos a partir de la copra (Gopola et al., 2010). Por otra parte, el rendimiento del aceite obtenido en el laboratorio (Tabla 1), se encuentra dentro del rango reportado en la literatura para el aceite de coco virgen obtenido por otros métodos (13,53 %-46,88 %) (Wong & Hartina, 2014; Wong, 2010); el aceite de coco obtenido a escala de laboratorio está compuesto principalmente por una mezcla de ácidos grasos entre 8 y 18 átomos de carbono (Fig. 1) (Tabla 2). De ellos, los mayoritarios fueron los ácidos láurico (C12:0), mirístico(C14:0), palmítico (C16:0), oleico (C18:1), caprílico (C8:0) y cáprico (C10:0), mientras

que, los minoritarios fueron los ácidos esteáricos (C18:0), linoleico (C18:2), linolénico (C18:3) y palmitoleico (C16:1) y el aceite de coco obtenido a escala industrial presentó un comportamiento muy similar al obtenido a escala de laboratorio, con respecto a la composición y el contenido de ácidos grasos (Tabla 2). En este aceite industrial, también fueron mayoritarios los ácidos láurico, mirístico, palmítico, oleico, caprílico y cáprico. En ambos aceites el contenido de los diferentes ácidos grasos fue estadísticamente significativo ($p < 0,0001$). Mientras que no se obtuvieron diferencias significativas entre el contenido de los ácidos grasos del aceite obtenido a escala de laboratorio con el obtenido a escala industrial ($p > 0,05$). Sin embargo, al comparar los resultados obtenidos con lo descrito en la literatura para el aceite de coco (Prasanth & Gopola, 2015) se obtuvieron diferencias significativas en el contenido de los ácidos grasos caprílico (C8:0) ($p < 0,05$), láurico (C12:0) ($p < 0,001$), mirístico (C14:0) ($p < 0,001$) y oleico (C18:1) ($p < 0,05$) (Tabla 2). Este resultado pudiera deberse a la región de origen de los aceites ya que los trabajos publicados que refieren la caracterización de aceite de coco utilizan muestras provenientes de Asia. Por otra parte, tampoco se han encontrado estudios acerca de la composición de aceites de coco obtenidos en Cuba o en la región de América y el Mar Caribe. En el caso del ácido cáprico (C6:0), el mismo no se detectó en ninguna de las dos muestras analizadas, aunque algunos autores utilizando incluso esta misma metodología para la cuantificación de los ácidos grasos si lo han detectado (Oseni et al., 2017).

Para Alcívar (2019) en su trabajo de investigación titulado: “Determinación de las características Fisicoquímicas del aceite de coco artesanal “CO-DERIVADOS” y aplicación de mejoras en las prácticas de

elaboración", realizado en la ciudad de Manabí-Ecuador tiene como objetivo determinar las características fisicoquímicas del aceite de coco artesanal "CODERIVADOS", aplicando mejoras en las prácticas de elaboración mediante la metodología de extracción de aceite por prensado de forma artesanal con posteriores análisis fisicoquímicos se obtuvo los siguientes resultados: de los análisis de pruebas físico-química realizadas a las muestras del aceite de coco artesanal "CO-DERIVADOS", antes de aplicar las Buenas Prácticas de Manufactura. En la tabla N° 1, se muestran los resultados de la observación de las condiciones del proceso de elaboración del aceite de coco, realizados en las primera dos semanas de evaluación local, en donde se encontró que los parámetros de índice de yodo, acidez, perdida de calentamiento, índice de saponificación, materia insaponificable e índice de refracción no cumplen el rango establecido en las Normas Del Codex Alimentarius, debido a las malas prácticas de manufactura en las áreas de recepción; falta de inspección en selección de materia prima, pelado, corte, licuado, prensado; utilización de recipientes e indumentaria inadecuados, filtración y envasado; limpieza inadecuada y falta de aplicación de etiqueta y los resultados de los análisis de pruebas físico-química realizadas a las muestras del aceite de coco artesanal "CO-DERIVADOS", aplicando las Buenas Prácticas de Manufactura. En la tabla N° 3, se muestran los resultados de la observación de las condiciones del proceso de elaboración del aceite de coco, realizados las dos últimas semanas de evaluación local, donde se obtuvo mejores resultados en los diferentes análisis que se realizaron, mejorando la calidad del producto; debido a las buenas prácticas de manufactura realizadas en las áreas de recepción; inspección en selección de materia prima, pelado, corte, licuado, prensado;

utilización de recipientes e indumentaria inadecuados, filtración y envasado; limpieza adecuada y correcta aplicación de etiqueta.

Según Sanchez & Sierra (2018) en su trabajo de investigación titulado: “Desarrollo de una propuesta para la tecnificación del proceso de obtención de aceite de coco para la empresa Amanos Artesanal”, realizado en la ciudad de Bogotá-Colombia tienen como objetivo desarrollar una propuesta para la tecnificación del proceso de obtención de aceite de coco para la empresa Amanos Artesanal mediante la metodología de extracción de aceite por prensado y solvente; en el cual se obtuvo los siguientes resultados: como la empresa quiere expandirse y aumentar el tamaño de producción es necesario empezar a combatir las causas y evitar que estos se acumulen, de lo contrario se seguirían presenciando problemas en la empresa, evitando que se pueda mejorar su situación obteniendo resultados negativos como el aumento de pérdidas del producto y gastos excesivos de dinero y de tiempo; se comprobó que el estado óptimo de la materia prima que permita un mayor rendimiento de extracción fue con el coco rallado deshidratado, obteniendo un 50% más de aceite de coco que con la pulpa de coco normal. Debido a que al tener un menor diámetro de partícula y este seco (4 % de humedad), permite que el medio disolvente tenga mayor contacto con la pulpa y libere fácilmente las partículas de grasa; la operación principal de extracción de aceite se escogió a partir de los resultados obtenidos en la experimentación y en la caracterización de los diferentes tipos de aceite: aceite prensado y el extraído con solvente. Fue evidente que con el uso de etanol la extracción fue de un 17 % mayor al proceso de prensado, sin embargo, el color, el olor, el sabor, la humedad, las cenizas y el índice de saponificación fueron afectadas por el uso del solvente químico; para

la tecnificación del proceso de obtención de aceite de coco y una producción mensual de 800 L/mes se decidió manejar diariamente 95-120 kg/día y seguir manejando partes de la secuencia del proceso que usa la empresa actualmente al manejar el coco rallado deshidratado y como se había dicho anteriormente compensan toda la inversión inicial aportada para la implementación del proyecto. Por lo tanto, la realización del proyecto es conveniente.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según Casallo et al. (2018) en su trabajo de investigación titulado: "Extracción y Caracterización De Aceite De Coco Por Medio De Fluidos Supercríticos", realizado en la ciudad de Huancayo-Perú tiene como objetivo determinar las condiciones supercríticas óptimas de obtención de aceite de coco, determinar las características fisicoquímicas, determinar los componentes presentes del aceite y determinar las condiciones de extracción del aceite de coco. El método utilizado para la extracción fue el de los fluidos supercríticos, utilizando como medio solvente el CO2, para el proceso de extracción se utilizó 1000 gramos pulpa de coco (*Cocos Nucifera L.*) libre de materia húmeda, con esta muestra se realizó el proceso de extracción, dicho proceso se llevó a cabo en el módulo de extracción de con fluidos supercríticos en el laboratorio de la Universidad Nacional Del Centro Del Perú en el área de tecnología de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias, se realizaron 4 repeticiones a diferentes condiciones de P y T que fueron (50 °C, 400 bar), (50 °C, 380 bar), (40 °C, 400 bar) y (40 °C, 380 bar) obteniéndose así 4 muestras para ser analizadas y determinar las fisicoquímicas. Para determinar Las condiciones óptimas de extracción se evaluará el rendimiento del proceso de extracción de aceite, para las características fisicoquímicas índice de acidez, índice de refracción, densidad

relativa, y pH se utilizaron equipos y reactivos de medición como el pH metro, densímetro, refractómetro, KOH 0,1 N y para determinar la composición del aceite se llevó una muestra al laboratorio de la UNI para un análisis cromatógrafo y espectrometría de masa. Luego de evaluar el rendimiento en las condiciones presentadas se obtuvieron los siguientes resultados a (50 °C, 400 bar) 19,2%; a (50 °C, 380 bar) 20,8%; a (40 °C, 400 bar) 22,4% y a 40 °C, 380 bar) 20,4% concluyendo así que las condiciones óptimas encontrada en este trabajo es de (40 °C, 400 bar) con un 22,4% de rendimiento. En cuanto a las propiedades fisicoquímicas los valores encontrados fueron los siguientes ρr de 0,920; IR de 1, 450; IA de 0,30 y un pH de 7, 35. Para determinar los componentes presentes en el aceite esencial se hizo un análisis EM-CG en el Labicer de la Universidad Nacional de Ingeniería - UNI dando este como resultado 52 componentes siendo los más representativos el 4-Hydroxy-4- methyl-2-pentanone con 55,89 % en peso, 3-penten-2-one-4-methyl con un 29,65 % en peso y ácido láurico con un 2,26 % en peso.

Para Illa (2019) en su trabajo de investigación titulado: “Cinética y Caracterización Fisicoquímica de la extracción de aceite de la copra de coco (*Cocos Nucifera L.*) con dos solventes orgánicos”, realizado en la ciudad de Puno-Perú tiene como objetivo determinar la cinética de extracción y las características fisicoquímicas de la fracción lipídica de la copra del coco (*Cocos Nucifera L.*) utilizando dos solventes, Éter de petróleo al 95 %, y alcohol al 96 %, a escala de laboratorio. La copra, que es el núcleo de los frutos maduros, se redujo de tamaño y se sometió a un proceso de secado controlado. Esto se hizo para prevenir la descomposición de la materia prima y de la fracción lipídica extraída. El secado de la materia prima se realizó en lunas de reloj en un secador

eléctrico. La copra se deshidrató durante 10 horas hasta obtener una humedad óptima, la materia prima se trituro en un mortero hasta obtener un tamaño de partícula uniforme. Se extrajo la fracción lipídica de coco a escala laboratorio por medio de una extracción sólido-líquido utilizando el equipo soxhlet a la temperatura de ebullición del solvente para el éter es de 30 a 40 ºC y para el etanol se trabajó con 60 y 70 ºC, la concentración se determinó en el modelo cinético de primer orden CA .y (− rA), para la muestra extraída con éter de petróleo CA=0,29176 g/ml y (− rA)=0,776 g/ml∗h y para la muestra extraída con etanol CA=0,95361 g/ml y (− rA)=0,0034329 g/ml∗h. Luego se procedió a la caracterización fisicoquímica de la fracción lipídica, evaluando su densidad 1,017 g/ml extraído con el éter y 0,9395 g/ml extraído con el etanol, índice de refracción 16,5 º brix la muestra extraída con éter de petróleo y 17,0 ºbrix la muestra extraída con etanol y las características físico químicas para la muestra extraída con éter de petróleo son de índice de yodo (I2/100g) = 7,20, índice de saponificación (mg KOH/mg) = 210,10 y la viscosidad (CP A 20ºC) =27,07 y para la muestra extraída con etanol son de índice de yodo (I2/100g) = 7,25 índice de saponificación (mg KOH/mg) = 201,71 y la viscosidad (CP A 20ºC) =16,84 fueron realizados en el laboratorio de ensayo y control de calidad Universidad Católica De Santa María – Arequipa. Y a la vez utilizando el software statigraphic se determina el tiempo óptimo, la temperatura óptima y el porcentaje de rendimiento, para la muestra extraída con éter de petróleo t=2,0h, T=40ºC y el valor óptimo=47,5517%, para la muestra extraída con etanol t=3,0h, T=70ºC y el valor óptimo=37,6363. Se concluye que la ecuación que más se ajusta para la cinética es de primer orden. En caso del tiempo influye en la extracción de la

materia prima, y la temperatura si bien es cierto existe influencia en la extracción del aceite, sin embargo, no es tan significativo.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Coco (*Cocos Nucifera L.*)

Para Vanguardia (2018) el coco es una fruta tropical y un tesoro nutricional que está viviendo un buen momento. Parece que el coco vuelve a estar en todas partes, y es que de pocas frutas se sacan tantos productos beneficiosos para la salud. Del coco se puede beber el agua que guarda en su interior y se puede comer la pulpa fresca, también se puede obtener aceite, manteca, leche y harina. El coco es de cáscara gruesa y peluda, la pulpa de coco es blanca y con un aroma inconfundible. Con 100 g de pulpa obtenemos 354 kcal ya que es una de las frutas más calóricas, pero con un sinfín de propiedades nutritivas. Entre los múltiples beneficios del coco destacan sus propiedades antioxidantes, su capacidad para regular la presión sanguínea y disminuir los triglicéridos. Además, es rico en fibras, minerales y vitaminas (potasio, fósforo, magnesio, hierro y vitaminas E, C y B).

Según Burgos (2010) el coco, con sus muchas propiedades nutritivas, es probablemente la única fruta que nos hace pensar en cálidas playas tropicales, en su brisa fresca y en el aroma del mar. Es el fruto de la palmera, que es una de las plantas más importantes cultivadas en el mundo. En los climas tropicales y subtropicales se cultiva durante todo el año.

Figura 1: Coco Gigante Amarillo maduro



Fuente: Corral (2021)

2.2.2. Procedencia del coco

Para Burgos (2010) normalmente, cuando hablamos del coco, lo asociamos con la zona del Caribe, pero cuando los europeos llegaron a América este fruto no existía en ninguna de sus costas (efectivamente tenían palmeras, pero no eran cocoteros). Pese a que su origen es desconocido, se cree que éste fue en el archipiélago de Malaya.

El coco se hizo común en el mercado europeo en el siglo XIX gracias a las nuevas rutas del comercio. Actualmente se cultiva tanto en el continente asiático (India, Ceilán, Indonesia) como en América central y meridional (México y Brasil); en África, los países con mayor producción son Mozambique, Tanzania y Ghana.

2.2.3. Tipos de palmas cocoteras

Según Burgos (2010) los diferentes tipos de cocoteros se clasifican en función de su altura y dentro de cada grupo existen diferentes variedades según la localidad de origen. Así los podemos clasificar en cocoteros:

2.2.3.1. Gigantes

Se utilizan fundamentalmente para la obtención de aceite y para ser consumidos frescos. Son frutos de gran tamaño, de sabor poco dulce y alto contenido en agua. Son robustos, con una longevidad de 40-90 años y se dan bien en cualquier tipo de suelo y condición climática. Presentan un contenido elevado de copra. Las variedades más cultivadas son: Gigante Amarillo (GA) de Suramérica, Gigante de Malasia (GML), Gigante de Renell (GRL) de Tahití, Gigante del Oeste Africano (GOA) de Costa de Marfil, Alto de Jamaica, Alto de Panamá, Indio de Ceilán, Java Alta, Laguna, Alto de Sudán, etc.

2.2.3.2. Enanos

Como presentan un agradable sabor y un pequeño tamaño, su uso fundamental es para la producción de bebidas envasadas. Su longevidad es de 30 a 35 años. La copra es de mala calidad. Las variedades más cultivadas son Amarillo de Malasia (AAM), Verde de Brasil (AVEB) de Río Grande del Norte, Naranja Enana de la India.

2.2.3.3. Híbridos

Resultan del cruce entre las dos variedades anteriores, se caracterizan por un tamaño de fruto mediano, buen sabor y aprovechamiento de su aceite. El híbrido más cultivado es MAPAN VIC 14; un cruce entre Enano de Malasia y Alto de Panamá y Colombia, específicamente sabaneta.

2.2.4. Características de la palma de coco

Según Burgos (2010) la palma de coco es conocido vulgarmente como Cocotero, Palma cocotera, Palmera de coco, Adiaván, Palma de coco o Palma indiana (*cocos nucifera*), y pertenece a la familia Aranaceaae (antes

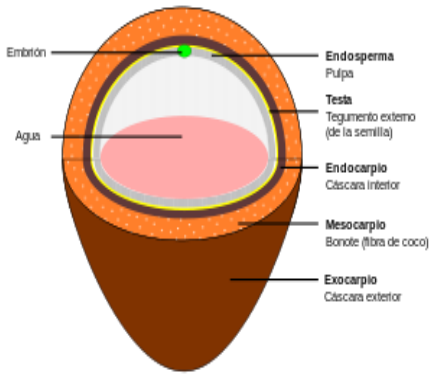
Palmaceae). El cocotero es una planta muy longeva, pueden llegar a alcanzar hasta los 100 años de vida.

Con un tronco único que con frecuencia está inclinado y que puede llegar a medir de 10-20 m de altura y un grosor en su base de 50 cm que tiende a estrecharse conforme se va hacia la parte superior, presenta una corteza lisa de color gris marcada por las cicatrices anulares de las hojas viejas. De hojas pinnadas y largas, arqueadas de hasta 6 m de longitud y de color verde amarillento, presenta floración durante todo el año, con flores masculinas y femeninas en la misma inflorescencia. Estas flores son de color blanco verdosa o amarillentas.

2.2.5. Características del fruto de coco

Para Burgos (2010) el coco es una drupa que está cubierta de fibras, es grueso y como la cabeza de un hombre, puede llegar a pesar hasta 2,5 kg. Presenta una cáscara externa (exocarpo) amarillenta, correosa y fibrosa, una capa intermedia fina (mesocarpo) y otra más dura (endocarpo) que presenta tres orificios próximos dispuestos de forma triangular. En su interior hay una única semilla rica en sustancias de reserva, que es en parte líquido (leche de coco) y en parte sólido (pulpa).

Figura 2: Partes del coco Gigante Amarillo



Fuente: Wikipedia (2021)

2.2.5.1. Características nutricionales de la pulpa de coco

Tabla 1: Información nutricional de la pulpa de coco

Información nutricional	
Tamaño de la porción	**100 g por porción**
Energía	**354 kcal**
Proteínas	**3.33 g**
Carbohidratos	**15.23 g**
Fibra	9 g
Azúcar	6.23 g
Grasas	**33.49 g**
Grasas saturadas	29.698 g
Grasas poliinsaturadas	0.366 g
Grasas monoinsaturadas	1.425 g
Colesterol	0 mg
Sodio	20 mg
Potasio	356 mg

Fuente: Fat Secret (2008)

2.2.6. Aceites y grasas

Para Bailey (1961) los aceites y las grasas son sustancias de origen vegetal o animal, que consisten predominantemente en mezclas de ésteres de la glicerina con los ácidos grasos, es decir, triglicéridos. En general, el término grasa se usa para referirnos a los materiales sólidos, a la temperatura ordinaria; mientras que el término aceite se refiere a los que son líquidos en las mismas condiciones.

Para Carbajal (2011) las grasas son mezclas de triglicéridos, formados por 3 moléculas de ácidos grasos y una de glicerol y las diferencias entre ellas dependen fundamentalmente de su diferente composición en ácidos grasos que, a su vez, se diferencian por el número de átomos de carbono y de dobles enlaces.

2.2.6.1. Tipos de ácidos grasos

Según Carbajal (2011) hay tres tipos principales de ácidos grasos:

2.2.6.1.1. Ácidos grasos saturados (AGS)

Sólo tienen enlaces sencillos entre átomos de carbono adyacentes; no contienen dobles enlaces, lo que les confiere una gran estabilidad y la característica de ser sólidos a temperatura ambiente. Los AGS predominan en los alimentos de origen animal, aunque también se encuentran en grandes cantidades en algunos alimentos de origen vegetal como los aceites de coco, palma y palmiste, también llamados aceites tropicales. El ácido esteárico (C18:0) es un ejemplo de AGS.

2.2.6.1.2. Ácidos grasos poliinsaturados (AGP)

Con dos o más dobles enlaces que pueden reaccionar con el oxígeno del aire aumentando la posibilidad de enranciamiento de la grasa. Los pescados y algunos alimentos de origen vegetal, como los aceites vegetales, líquidos a temperatura ambiente, son especialmente ricos en AGP. El ácido linoleico (C18:2) se encuentra en cantidades apreciables en el aceite de girasol. Desde el punto de vista nutricional son importantes los AGP de las familias omega-3 (n-3) y omega-6 (n-6), en los que el primer doble enlace está situado junto al tercer átomo de carbono (ácidos grasos omega-3) o junto al

sexto átomo de carbono (ácidos grasos omega-6) contando desde el metilo terminal de la cadena. Los componentes de cada una de estas familias pueden tener diferente número de átomos de carbono y diferente número de dobles enlaces, pero el primer doble enlace siempre está en el carbono 3 o en el 6, respectivamente. Algunos son esenciales para el hombre: ácido linoleico (C18:2 n-6) y alfa-linolénico (C18:3 n-3). Los ácidos grasos de la familia omega-3 (principalmente en los pescados) tienen también un papel destacado en la prevención de algunas enfermedades degenerativas.

2.2.6.1.3. Ácidos grasos monoinsaturados (AGM)

Con un doble enlace en la molécula. Por ejemplo, el ácido oleico (C18:1) principal componente del aceite de oliva. Aunque en todos los alimentos hay mezclas de las tres familias, en los de origen vegetal predominan las grasas insaturadas y en los de origen animal las saturadas y unas y otras, según su grado de saturación, se han relacionado positiva o negativamente con las enfermedades cardiovasculares, algunos tipos de cáncer y otras enfermedades crónicas. Los principales alimentos suministradores de lípidos son los aceites y grasas culinarias, mantequilla, margarina, tocino, carnes grasas, embutidos y frutos secos. Aunque todos los alimentos tienen ácidos grasos de distinto grado de saturación, es mayoritaria la composición de grasa saturada en los siguientes: carnes y derivados y en la mayoría de los lácteos. Tienen mayor proporción de ácidos grasos poliinsaturados: los pescados, los frutos secos y la mayoría de los aceites vegetales (maíz, soja, girasol, etc.), y contienen principalmente ácidos grasos monoinsaturados el aceite de oliva y el aguacate, entre otros. Se recomienda que el aporte calórico de la ingesta total

de grasa no supere el 30-35% de la energía total consumida, que el de AGS, AGP y AGM sea 13% de la energía total, respectivamente.

2.2.7. Aceite de coco

Según Goerg (2016) el aceite de coco extra virgen se obtiene mediante el prensado (sin calentar) o mediante procesos mecánicos cuidadosos. El aceite de coco extra virgen puede elaborarse, bien con el método seco, bien con el método húmedo. En el proceso de elaboración es importante la rapidez: ni los cocos recién recolectados ni los ya abiertos deberían estar almacenados más de un par de días. Así, se evita el riesgo de que se inicien procesos enzimáticos en la pulpa y de que las enzimas, como las lipasas, separen la grasa en la pulpa y se ponga rancia (como sucede cuando el almacenamiento es prolongado). Además, por aceite de coco extra virgen se entiende aceite prensado en frío. Esto significa que el aceite no se caliente sin necesidad durante su elaboración y que el proceso al que se somete es cuidadoso.

2.2.7.1. Composición de los ácidos grasos del aceite de coco

Según Mentactiva (2021) el aceite de coco, tal y como se ha comentado anteriormente, es un producto natural que destaca, especialmente, por su alto contenido en ácidos grasos saturados; especialmente, destaca el ácido láurico. Así, de manera más específica, esta es la composición de los ácidos grasos del aceite de coco:

Tabla 2: Composición fitoquímica del aceite de coco

Ácidos grasos	Porcentaje
Ácido láurico	45-53 %
Ácido mirístico	16-21 %
Ácido palmítico	6-10 %
Ácido caprílico	4-12 %
Ácido oleico	4-10 %
Ácido cáprico	5-8 %
Ácido esteárico	2-4 %

Fuente: Mentactiva (2021)

2.2.8. Procesos de extracción del aceite de coco

2.2.8.1. Filtración a vacío

Para Sanchez & Sierra (2018) al tener la pulpa de coco lista se debe lavar con agua, para quitar restos de corteza. Luego se lleva a una licuadora semi industrial y se le adiciona agua hasta que tape la cantidad de fruta añadida y se licua hasta que la mezcla quede totalmente homogénea. Este proceso permite obtener un mayor rendimiento de las propiedades al agregarle agua. Es decir, que la pulpa al ser sometido a una trituración con agua, permite que cada uno de sus componentes como proteínas, carbohidratos, minerales, vitaminas y grasas, sean desprendidos de la pulpa y no se queden contenidos en ella, si no en la mezcla con el agua. Para luego así evaporar la mayor parte del agua y utilizar una máquina de filtro a vacío para separar la mayor cantidad de grasa de los sólidos no volátiles, siendo el aceite principal componente nutricional del coco.

2.2.8.2. Centrifugación

Para Peterson (2021) la centrífuga mecánica puede ser usada para obtener aceite extra virgen de coco, el cual está considerado una de las formas más puras. Durante el proceso, la pulpa del coco es vaciada en la máquina, la cual la pica en trozos pequeños. Estos pequeños trozos son ubicados en una prensa a rosca y la leche es extraída de la pulpa, luego, el coco remanente es colocado en una centrífuga mecánica de alta velocidad la cual lo hace girar rápidamente. A través del proceso de centrifugado, el aceite es separado de la pulpa y recolectado. La centrífuga mecánica retiene el fuerte gusto y olor del coco y no requiere procesos de refinamiento.

2.2.8.3. Prensado en frío

Según Almazora (2018) cuando se trata de aceites delicados, o aquellos en los cuales el sabor o el matiz de sus propiedades son un componente clave, se necesita tener mayor cuidado en el control de los factores durante el proceso de elaboración. Aceites denominados como prensados en frío son en realidad prensados en un ambiente con temperaturas controladas que se mantienen por debajo de los 120 °F (dígase=48 °C). Es importante señalar que mientras en Europa existen rigurosos estándares para la terminología de prensado en frío (aceite totalmente sin refinar extraído a temperaturas por debajo de los 120 °F), la frase "prensado en frío" ha sido usada erróneamente por muchos años en Estados Unidos, generalmente se la ha empleado como una técnica de mercadeo para aceites que han sido prensados por expulsor o hasta refinados (que someten al aceite a temperaturas de hasta de 470 °F).

En la cosmética, para crear una crema, es necesario al mínimo mezclar a alta temperatura (80 °C) un cuerpo graso, agua destilada, un emulsionante, un perfume y un conservante antibacteriano necesario por la presencia del agua. Utilizando excipientes de alta calidad como los aceites vegetales biológicos de primera presión en frío y combinándolos con aceites esenciales biológicos se puede obtener tratamientos de belleza conteniendo 100 % de principios activos naturales, sin calentarlos y sin necesidad de emplear conservantes. El prensado en frío se efectúa a una temperatura máxima de 48 °C; a continuación, se decanta y se filtra antes de ser embotellado en botellas opacas. Los aceites prensados en frío no pasan por un refinado adicional. Cabe destacar que la denominación "prensado en frío" no se ajusta a ningún precepto legal, por lo que los aceites así comercializados pueden no haber sido sometidos a este proceso.

2.2.9. Características fisicoquímicas del aceite de coco

2.2.9.1. Humedad

Según Goerg (2016) para obtener un aceite de coco de gran calidad debe tenerse en cuenta el contenido de humedad residual. Este debe ser lo más bajo posible y lo ideal es que no llegue al 0,2 %. Si el porcentaje de humedad es muy elevado, existe el riesgo de que el aceite se enrancie y se estropee rápidamente. Cuanto más puro sea el aceite de coco, será de mejor calidad y durará más tiempo. Al aceite de coco virgen se le extrae la humedad mediante filtrado, evaporación al vacío o aire caliente.

Para Artica (2015) se determina con la medición gravimétrica de la pérdida de peso que experimenta una muestra de aceite y/o

pulpa sometida a un calentamiento suficiente para eliminar el agua hasta tener el peso constante.

2.2.9.2. Densidad

Para Valdesas (2016) no existe una única densidad del aceite, puesto que existen muchos tipos de aceites. En línea general la densidad relativa de la mayor parte de los aceites, tanto minerales como vegetales, se encuentra entre 0.840 y 0.960. Una definición simple y general del aceite podría ser que los aceites son sustancias grasas que están en estado líquido a temperatura ambiente. Los aceites se suelen clasificar por su origen. Principalmente son los aceites vegetales y los aceites animales. Las grasas de origen animal no suelen ser líquidas a temperatura ambiente y se denominan mantecas, mantequillas o simplemente grasas.

Tabla 3: Densidad relativa de algunos aceites

Aceites	Densidad relativa
Aceite de coco	0.908 - 0.921
Aceite de girasol	0.918 - 0.923
Aceite de soja	0.919 - 0.925
Aceite de oliva	0.913 - 0.916
Aceite de palma	0.891 - 0.899
Aceite de lino	0.926 - 0.930

Fuente: Valdesas (2016)

La densidad de los aceites es siempre menor que la del agua, por ello todos los aceites flotan en ella y quedan en la superficie. La densidad del aceite cambia con la temperatura. Conforme aumenta la temperatura, el aceite se dilata, y por tanto su densidad disminuye. Por ello es

necesario expresar la densidad del aceite en relación a la temperatura. Se puede determinar la cantidad de masa que ocupa la muestra de aceite en un determinado volumen aplicando el método del picnómetro.

2.2.9.3. Punto de fusión

Para Hassan (1983) el aceite de coco tiene un punto de fusión relativamente bajo (25 °C), y se derrite en forma muy marcada. Por lo tanto, cuando se ingieren alimentos con un alto contenido de aceite de coco, se siente una sensación refrescante y placentera, debida exclusivamente a la abstracción de calor que se requiere para derretir la grasa en el interior de la boca. Se determina con el cambio físico de estado sólido a líquido producido por la transferencia de calor de la temperatura ambiente a la muestra de aceite contenida en una probeta.

2.2.9.4. Punto de humo

Para Cruz (2017) el punto de humo es la temperatura a la que el aceite comienza a humear. Al calentar el aceite por encima de ese punto, este alcanza temperatura de inflamabilidad y hace que se queme. En cada ciclo de fritura los puntos de humo y de inflamabilidad disminuyen, lo que tiene como consecuencia que él aceite vaya perdiendo calidad y por tanto se puede usar menos veces. Se determina con el cambio físico de estado líquido a gaseoso producido por la transferencia de calor de la cocina eléctrica a la muestra de aceite contenido en el crisol en donde se libera una sustancia química llamada acroleína, el cual es un indicador muy importante de la termorresistencia de un aceite.

Tabla 4: Punto de humo de algunos aceites

Aceites	Punto de humo
Aceite de coco	232 °C
Aceite de girasol	232 °C
Aceite de canola	204 °C
Aceite de oliva	160 °C

Fuente: Cruz (2017)

2.2.9.5. Índice de acidez

Para Torres (2012) el índice de acidez se define como los miligramos de NaOH (Hidróxido de sodio) o KOH (Hidróxido de potasio) necesarios para neutralizar los ácidos grasos libres presentes en 1 g de aceite o grasa, y constituye una medida del grado de hidrolisis (reacciones debido al agua presente en el proceso) y pirolisis (reacciones debido al calor presente en el proceso) de una grasa o aceite. El porcentaje de ácidos grasos libres en la mayoría de los aceites y grasas es calculado utilizando como el factor el ácido graso de mayor contenido en ese aceite, de tal forma que se utiliza como base el ácido oleico, pero en el caso del aceite de coco, aceite de coquito o aceite de almendra de palma se expresa como ácido láurico.

Según Artica (2015) se determina los ácidos grasos libres (FFA) presentes en los aceites y grasas, que se forman por hidrólisis de los triglicéridos, de acuerdo a la siguiente ecuación: C3H5(OOC.R)3 + 3H2O ----- C3H5 (OH)3 + 3 HOOC.R. Es decir, se entiende como el número de miligramos de NaOH necesarios que se requieren para neutralizar los ácidos grasos libres de un gramo de grasa.

2.2.9.6. Porcentaje de acidez

Según Artica (2015) se determina el número de gramos de ácidos grasos libres contenidos en 100 g de grasa. Generalmente se expresa en ácido oleico, pero en este caso en ácido láurico.

2.2.9.7. Índice de yodo

Para Metrohm (2017) el índice de yodo (IV) es una medida del número total de dobles enlaces presentes en grasas y aceites. Se expresa como el «número de gramos de yodo que reaccionará con los dobles enlaces en 100 gramos de grasas o de aceites». La determinación se lleva a cabo disolviendo una muestra, tras pesarla, incorporada a un disolvente apolar como el ciclohexano y luego añadiendo el ácido acético glacial. Los dobles enlaces reaccionan con el exceso de una solución de monocloruro de yodo en el ácido acético glacial («solución de Wijs»). Se añaden iones de mercurio para acelerar la reacción. Una vez completada la reacción, el exceso de monocloruro de yodo se descompone en yodo al agregar una solución acuosa de yoduro de potasio, que posteriormente se valora con una solución patrón de tiosulfato de sodio.

Para Artica (2015) se determina la medida de la insaturación de los aceites y grasas y se define como la cantidad de g de yodo que son absorbidos por 100 g de grasa. Estas reacciones tienen lugar de acuerdo con las ecuaciones: X2 + 2KI ----- 2 KX + I2. El procedimiento general implica la adición de un exceso de halógeno a la muestra, reducción de este exceso con yoduro de potasio y, finalmente, su titulación con tiosulfato de sodio, empleando almidón como indicador.

2.2.9.8. Índice de saponificación

Para Científicos (2018) en la reacción entre la sosa cáustica y el aceite lo que se produce es una saponificación del aceite. La saponificación es un proceso químico por el cual un cuerpo graso, unido a un alcali (también llamada base) y agua, da como resultado jabón y glicerina. Cada tipo de aceite necesitará una cantidad de sosa determinada para saponificar. Tener los índices de saponificación de los aceites más utilizados, te permitirá utilizar la cantidad adecuada de sosa para cada tipo de aceite.

Según Artica (2015) se determina saponificando la muestra de aceite o grasa mediante un exceso de solución alcohólica de KOH, titulando luego dicho exceso con solución valorada de ácido, empleando fenolftaleína como indicador.

Tabla 5: Índice de saponificación de algunos aceites

Aceites	SAP NaOH	SAP KOH
Aceite de coco	0.184	0.266
Aceite de oliva	0.136	0.190
Aceite de girasol	0.137	0.192
Aceite de aguacate	0.133	0.187
Aceite de soja	0.136	0.190
Aceite de palma	0.146	0.199

Fuente: Científicos (2018)

2.2.9.9. Índice de peróxidos

Para Torres (2012) la oxidación se define como el proceso degenerativo del aceite en presencia de oxígeno. El índice de peróxidos como también es llamada la oxidación es la cantidad (expresada en miliequivalentes

de oxígeno activo por kg de grasa) de peróxidos en la muestra que ocasionan la oxidación del yoduro potásico. Es decir, mide el nivel de enranciamiento que presenta un aceite o grasa.

Según Artica (2015) se determina las sustancias, en términos de miliequivalentes de oxígeno activo por Kg de muestra, que oxidan al yoduro de potasio bajo condiciones de la prueba. Las sustancias que oxidan al yoduro de potasio son los peróxidos u otros productos similares de oxidación de la grasa.

2.2.9.10. Índice de refracción

Para Menacho et al. (2015) el índice de refracción es una propiedad utilizada para controlar la pureza y la calidad de los aceites tanto a nivel laboratorio como industrial. Se relaciona con su grado medio de insaturación, y también es útil para observar el progreso de las reacciones tales como hidrogenación e isomerización, se entiende al índice de refracción como un cociente de valor adimensional de la velocidad de la luz en el vacío sobre la velocidad de la luz en un medio. Se determina el índice de refracción con el cociente de la velocidad de la luz en el vacío sobre la velocidad de la luz en el medio. Se simboliza con la letra “n” y se trata de un valor adimensional.

2.2.9.11. Color (Cie L*a*b*)

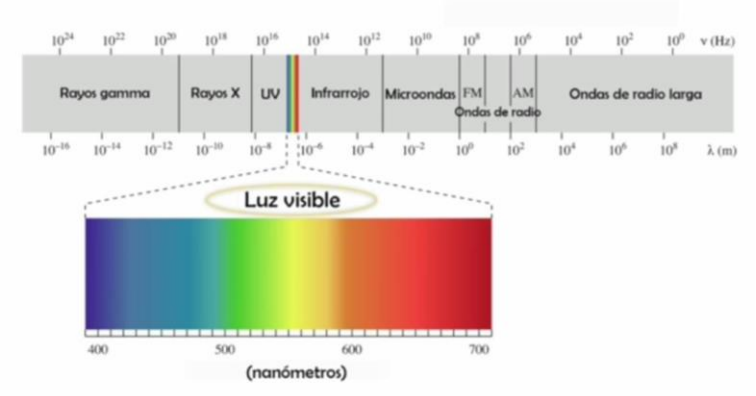
Según Hunterlab (2023) muchos profesionales de la industria continúan utilizando métodos anticuados de comparación visual para medir el color. Los espectrofotómetros permiten una precisión y uniformidad mucho mayores y pueden ofrecer concordancias fiables entre instrumentos desde cualquier lugar del mundo. Dada la creciente demanda y producción de

aceite de coco, los fabricantes precisan mediciones de color y aspecto para verificar la calidad del producto.

El espectro visible o luz visible es la región del espectro electromagnético que el ojo humano es capaz de percibir y traducir en los distintos colores que conocemos. Las radiaciones electromagnéticas tienen distintas frecuencias, de las cuales nuestro ojo es capaz de percibir apenas un segmento: el correspondiente a las longitudes de onda entre 380 y 750 nanómetros aproximadamente. Dependiendo de la persona, este rango puede ser ligeramente más amplio o ligeramente más estrecho.

Fuera del espectro visible se encuentran las radiaciones con las longitudes de onda propias de la luz infrarroja (por encima de 750 nm aprox.) y las de la luz ultravioleta (por debajo de 400 nm aprox.), ambos extremos ya invisibles para el ojo humano. Otras formas de vida, como los insectos, son capaces de percibir esas longitudes de onda. Los humanos podemos hacerlo únicamente ayudados por instrumentos y dispositivos ópticos de nuestra invención.

Figura 3: Rango de luz visible por el ojo humano



Fuente: Platón (2016)

Las mediciones del color y el aspecto juegan un papel crucial en el proceso de refinación del aceite de coco. Estos datos ayudan a identificar el nivel óptimo de refinación y clasificación de los aceites comestibles antes de su distribución.

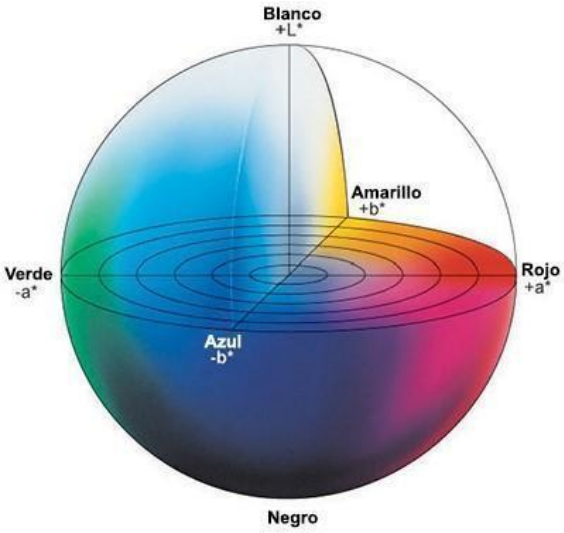
El aceite de coco es susceptible a los cambios de temperatura, iluminación, condiciones de almacenamiento y calidad del aire. Por ejemplo, el aceite de uso alimenticio almacenado a temperaturas superiores a 65 grados Fahrenheit es propenso a sufrir daños por calor, lo que puede producir un tono de color más claro. Del mismo modo, los aceites sobreexpuestos al oxígeno y a luces brillantes, o a la luz solar natural, probablemente sufrirán cambios de color no deseados antes de llegar a sus clientes.

El uso de un espectrofotómetro que pueda medir el color del aceite de coco comparándolo con las escalas e índices de color aceptados por la industria puede garantizar que la reputación de su marca y sus márgenes de ganancia se mantengan bajo control, para los cuales los datos obtenidos en dicho procedimiento se interpretan en un espacio de color denominado CIELAB.

El espacio de color CIELAB, es un sistema cartesiano formado por 3 ejes, un eje vertical (L*) y dos ejes horizontales (a* y b*). El eje vertical L*, representa la medida de luminosidad de un color variando desde 0 para un negro hasta 100 para un blanco. El eje horizontal a*, representa una medida del contenido de rojo o de verde de un color. Si un color tiene rojo, a* será positiva, mientras que, si un color tiene verde, a* será negativa. El eje horizontal b*, perpendicular al eje a*, representa una medida del contenido de amarillo o de azul de un color. Valores positivos de b* indican contenido de

amarillo, mientras valores negativos de b* indican contenido de azul (Talens, 2017).

Figura 4: Espacio de color CIELAB



Fuente: Talens (2017)

2.2.9.12. Otros factores de calidad y composición

Según la FAO/OMS (2009) estos aspectos de calidad y composición representan información adicional a los factores fundamentales de composición y calidad establecidos por la norma. Un producto aún puede cumplir con la norma si satisface los factores esenciales de composición y calidad, incluso si no cumple con los complementarios. Factores como el color, el olor y el sabor de cada producto deben ser propios de su designación, manteniéndose libres de olores y sabores extraños o rancios.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

Este trabajo de investigación se desarrolló en la Universidad Nacional de Ucayali, ubicado a latitud Sur 8°23’48,11”, longitud Oeste 74°35’10,93° y altitud de 154 m s. n. m. en la Carretera Federico Basadre Km 6.200.

La extracción de los aceites para el proceso de filtración a vacío y el proceso de centrifugación se realizó en el Taller de Tecnología e Industrias Lácteas y la extracción de aceite para el proceso de prensado en frío se realizó en el Taller N° 14 de Tecnología de Aceites y Grasas, los análisis fisicoquímicos se realizaron en el Laboratorio de Química y en el Taller de Tecnología e Industrias Lácteas de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agropecuarias en la Universidad Nacional de Ucayali.

3.2. MATERIA PRIMA

Los frutos de coco variedad Gigante Amarillo de 10 meses de maduración fueron procesados dentro de las 24 h de cosechados con características físicas visibles en sus partes: exocarpo, mesocarpo, endocarpo y testa de color marrón oscuro y con endosperma (pulpa blanca) fresca sin olores extraños de 10 mm de espesor y 267 g cada uno que fueron cultivados en 10 hectáreas del centro poblado Nueva Esperanza de Panaillo del distrito de Yarinacocha en la región Ucayali.

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1. Materiales

- 6 vasos precipitados de 500 mL
- 2 vasos precipitados de 1 L
- 3 lunas de reloj
- 1 Matraz Kitasato de 500 mL
- 1 Matraz de Erlenmeyer de 250 mL
- 1 tapón de caucho
- 1 Embudo Buchner
- 1 manguera transparente delgada de plástico
- 1 probeta de 50 mL
- 1 probeta de 100 mL
- 1 pipeta de 50 mL
- 1 pipeta de 10 mL
- 1 fiola de 500 mL
- 1 fiola de 250 mL
- 1 bureta de 50 mL
- 1 balón de 250 mL
- 1 crisol de porcelana
- 1 caja de papel filtro cualitativo (Whatman N° 4)
- 1 caja de papel filtro cualitativo (Whatman N° 42)
- 2 espátulas de laboratorio de acero inoxidable
- 3 cucharas de laboratorio de acero inoxidable
- 1 rallador mediano de acero inoxidable
- 1 m de tela tocuyo

- 1 recipiente transparente de plástico con caño de 6 L
- 1 recipiente transparente de vidrio de 10 L
- 1 olla de acero inoxidable de 25 L
- 5 papeles toallas
- 5 bowls de acero inoxidable de 3 L
- 1 mesa de acero inoxidable

3.3.2. Equipos e instrumentos

- 1 licuadora marca SKYMSEN LAR-15 de 15 L
- 1 bomba de vacío marca BOECO GERMANY de 0.5 HP
- 1 centrífuga marca GEMMY PLC 03 de 8 x 10 mL
- 1 prensa manual con gata hidráulica marca TRUPER de 32 Tn
- 1 deshidratador marca BOXA de 10 bandejas
- 1 estufa marca TOMOS ODH6-9023A de 3 fuentes
- 1 cocina eléctrica marca BELTA de 2 hornillas
- 1 balanza analítica marca OHAUS PIONEER de 252 g/0.1 mg
- 1 balanza gramera marca PRECISUR SF-400 de 5 Kg
- 1 termómetro digital infrarrojo (rango -50 °C-380 °C)
- 1 termómetro digital de alimentos (rango -50 °C-380 °C)
- Refractómetro de fructosa marca HANNA HI96802

3.3.3. Reactivos e insumos

- H_2O destilada
- Alcohol etílico al 70 %
- Alcohol etílico al 96 %
- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Hidróxido de potasio (KOH)

- Tiosulfato de sodio
- Ioduro de potasio
- Fenolftaleína al 1 %
- Almidón al 1 %
- Ácido clorhídrico (HCL)
- Tetracloruro de carbono
- Reactivo de Wijs
- Ácido acético
- Cloroformo

3.3.4. Indumentaria

- 1 mandil
- 1 lentes de laboratorio
- 1 caja de cofias
- 1 caja de mascarillas
- 1 caja de guantes

3.3.5. Otros materiales y equipos

- 1 celular de 6”
- 1 laptop de 17”
- 1 cuaderno de campo
- 1 lapicero Pilot tinta líquida color azul
- 1 rotulador indeleble color negro
- 1 cinta masking tape
- 1 cinta scotch
- 2 cajas de cartón
- 1 tijera de acero inoxidable

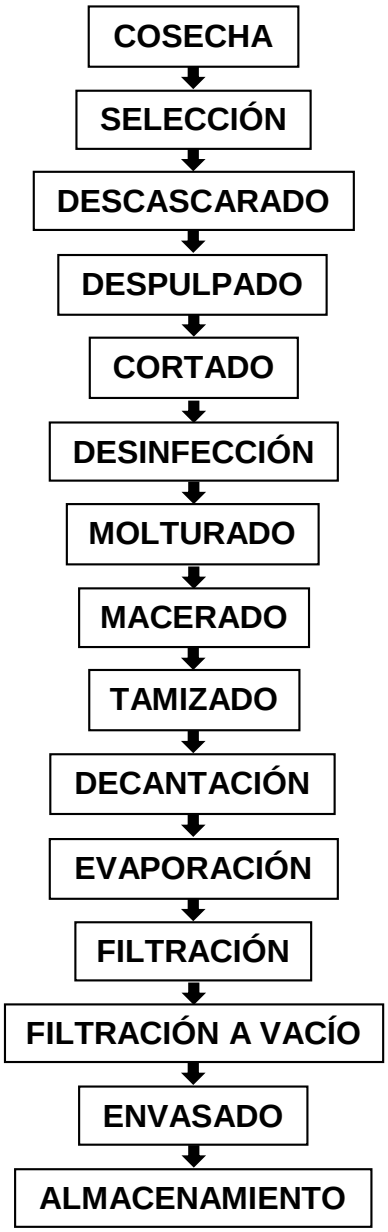
- 1 machete grande de acero inoxidable
- 1 machete mediano de acero inoxidable
- 1 machete pequeño de acero inoxidable
- 1 cuchillo de acero inoxidable
- 3 bolsas de cubitos de hielo
- 3 botellas con tapas de spray de vidrio transparentes de 100 mL
- 1 escalera de 15 m de largo

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Se obtuvo el aceite de coco mediante tres procesos de extracción: filtración a vacío, centrifugación y prensado en frío los cuales se presentan a continuación:

3.4.1. Proceso de extracción de aceite de coco por filtración a vacío

Figura 5: Diagrama de flujo del proceso de extracción de aceite de coco por filtración a vacío



Fuente: Elaboración propia

3.4.2. Descripción del proceso de extracción de aceite de coco por filtración a vacío

3.4.2.1. Cosecha

Se cosechó en el campo subiendo a las palmeras de coco con escaleras de 15 m de largo y cortando con un machete grande de acero inoxidable el pedúnculo en los racimos de cocos con 10 meses de maduración.

3.4.2.2. Selección

Se seleccionó 15 cocos de color marrón oscuro, textura rugosa (deshidratada) y de 20-25 cm de largo medidos con una wincha.

3.4.2.3. Descascarado

Se descascaró el exocarpo, mesocarpo y endocarpo de los cocos con un machete mediano de acero inoxidable juntando el agua de su interior en un balde desinfectado y separando la mayor cantidad de testa y endospermo (pulpa fresca de coco).

3.4.2.4. Despulpado

Se despulpó separando la testa y el endospermo (pulpa fresca) con un machete pequeño de acero inoxidable y fue procesado antes de 24 horas a temperatura ambiente.

3.4.2.5. Cortado

Se cortó la pulpa de coco en trozos de 1 cm^3 con un cuchillo de acero inoxidable.

3.4.2.6. Desinfección

Se llevó a cabo la desinfección de la pulpa de coco mediante la preparación de una solución a 100 ppm de cloro activo, diluyendo 8 mL de hipoclorito de sodio al 5 % en 4 L de H_2O destilada dentro de un bowl de acero

inoxidable. La pulpa fue sumergida en esta solución y se dejó actuar durante 10 min. Posteriormente, se enjuagó con abundante agua destilada eliminando cualquier residuo de cloro.

3.4.2.7. Molturado

Se molturó con una licuadora semi industrial licuando 4 Kg de pulpa y 4 L de H_2O destilada es decir 1:1 por 5 min a 35 ºC de fricción midiendo con un termómetro digital infrarrojo o de alimentos hasta una mezcla heterogénea de consistencia pastosa con 0.5 mm de espesor de sólidos insolubles.

3.4.2.8. Macerado

Se maceró liberando la mayor cantidad de ácidos grasos contenidos en la pulpa por 5 h a 45 °C la muestra controlando a 75 °C el agua del baño maría en una cocina eléctrica con termostato y con un termómetro digital infrarrojo o de alimentos.

3.4.2.9. Tamizado

Se tamizó aplicando presión manual en la tela tocuyo con la muestra en su interior hasta separar la fibra insoluble de la mayor parte del líquido que fue contenido en un bowl de acero inoxidable.

3.4.2.10. Decantación

Se decantó la mezcla líquida hasta la separación por diferencia de densidades quedando arriba color blanco una emulsión (aceite, sólidos solubles y H_2O) y abajo la mayor cantidad de agua turbia (H_2O y coloides), después de 1 h a 28 ºC (temperatura ambiente) se recolectó inmediatamente liberando el agua por la parte de abajo del recipiente con grifo.

3.4.2.11. Evaporación

Se evaporó por 8 h a 85 °C la muestra en 6 vasos precipitados de 500 mL digitando a 105 °C la estufa de laboratorio liberando la mayor cantidad de H_2O y sólidos volátiles de la emulsión.

3.4.2.12. Filtración

Se filtró el aceite con un papel filtro cualitativo (Whatman N° 4) en un Embudo Buchner unida con un tapón de caucho a un Matraz de Erlenmeyer de 250 mL logrando separar las impurezas más gruesas del aceite.

3.4.2.13. Filtración a vacío

Se filtró a vacío con un papel filtro cualitativo (Whatman N° 42) en un Embudo Buchner unida con un tapón de caucho a un Matraz Kitasato de 500 mL unida con una manguera a una bomba de vacío de laboratorio facilitando la separación del aceite de los sólidos no volátiles que no se evaporaron a 85 ºC de la emulsión anterior, lo cual no sería posible por acción de las magnitudes naturales de gravedad o presión atmosférica.

3.4.2.14. Envasado

Se envasó en botellas de vidrio transparentes de 100 mL con tapas de spray y se rotuló con plumón indeleble las iniciales del proceso en la base de las botellas.

3.4.2.15. Almacenamiento

Se almacenó en temperatura ambiente a 28 ºC en un lugar oscuro y seco.

3.4.3. Proceso de extracción de aceite de coco por centrifugación

Figura 6: Diagrama de flujo del proceso de extracción de aceite de coco por centrifugación



Fuente: Elaboración propia

3.4.4. Descripción del proceso de extracción de aceite de coco por centrifugación

3.4.4.1. Cosecha

Se cosechó en el campo subiendo a las palmeras de coco con escaleras de 15 m de largo y cortando con un machete grande de acero inoxidable el pedúnculo en los racimos de cocos con 10 meses de maduración.

3.4.4.2. Selección

Se seleccionó 15 cocos de color marrón oscuro, textura rugosa (deshidratada) y de 20-25 cm de largo medidos con una wincha.

3.4.4.3. Descascarado

Se descascaró el exocarpo, mesocarpo y endocarpo de los cocos con un machete mediano de acero inoxidable juntando el agua de su interior en un balde desinfectado y separando la mayor cantidad de testa y endospermo (pulpa fresca de coco).

3.4.4.4. Despulpado

Se despulpó separando la testa y el endospermo (pulpa fresca) con un machete pequeño de acero inoxidable y fue procesado antes de 24 horas a temperatura ambiente.

3.4.4.5. Cortado

Se cortó la pulpa de coco en trozos de 1 cm^3 con un cuchillo de acero inoxidable.

3.4.4.6. Desinfección

Se llevó a cabo la desinfección de la pulpa de coco mediante la preparación de una solución a 100 ppm de cloro activo, diluyendo 8 mL de hipoclorito de sodio al 5 % en 4 L de H_2O destilada dentro de un bowl de acero

inoxidable. La pulpa fue sumergida en esta solución y se dejó actuar durante 10 min. Posteriormente, se enjuagó con abundante agua destilada eliminando cualquier residuo de cloro.

3.4.4.7. Molturado

Se molturó con una licuadora semi industrial licuando 4 Kg de pulpa y 4 L de H_2O destilada es decir 1:1 por 5 min a 35 ºC de fricción midiendo con un termómetro digital infrarrojo o de alimentos hasta una mezcla heterogénea de consistencia pastosa con 0.5 mm de espesor de sólidos insolubles.

3.4.4.8. Macerado

Se maceró liberando la mayor cantidad de ácidos grasos contenidos en la pulpa por 5 h a 45 °C la muestra controlando a 75 °C el agua del baño maría en una cocina eléctrica con termostato y con un termómetro digital infrarrojo o de alimentos.

3.4.4.9. Tamizado

Se tamizó aplicando presión manual en la tela tocuyo con la muestra en su interior hasta separar la fibra insoluble de la mayor parte del líquido que fue contenido en un bowl de acero inoxidable.

3.4.4.10. Decantación

Se decantó la mezcla líquida hasta la separación por diferencia de densidades quedando arriba color blanco una emulsión (aceite, sólidos solubles y H_2O) y abajo la mayor cantidad de agua turbia (H_2O y coloides), después de 1 h a 28 ºC (temperatura ambiente) se recolectó inmediatamente liberando el agua por la parte de abajo del recipiente con grifo.

3.4.4.11. Evaporación

Se evaporó por 8 h a 85 °C la muestra en 6 vasos precipitados de 500 mL digitando a 105 °C la estufa de laboratorio liberando la mayor cantidad de H_2O y sólidos volátiles de la emulsión.

3.4.4.12. Filtración

Se filtró el aceite con un papel filtro cualitativo (Whatman N° 4) en un Embudo Buchner unida con un tapón de caucho a un Matraz de Erlenmeyer de 250 mL logrando separar las impurezas más gruesas del aceite.

3.4.4.13. Centrifugación

Se centrifugó el aceite de coco facilitando la separación del aceite de los sólidos no volátiles que no se evaporaron a 85 ºC de la emulsión anterior, el cual se realizó con centrífuga de laboratorio de 8 tubos de ensayo de 15 mL de plástico por 5 min a 5000 RPM.

3.4.4.14. Envasado

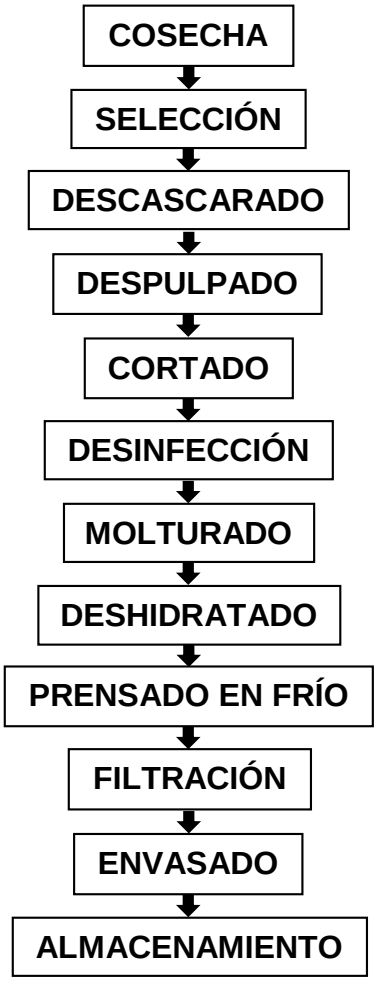
Se envasó en botellas de vidrio transparentes de 100 mL con tapas de spray y se rotuló con plumón indeleble las iniciales del proceso en la base de las botellas.

3.4.4.15. Almacenamiento

Se almacenó en temperatura ambiente a 28 ºC en un lugar oscuro y seco.

3.4.5. Proceso de extracción de aceite de coco por prensado en frío

Figura 7: Diagrama de flujo del proceso de extracción de aceite de coco por prensado en frío



Fuente: Elaboración propia

3.4.6. Descripción del proceso de extracción de aceite de coco por prensado en frío

3.4.6.1. Cosecha

Se cosechó en el campo subiendo a las palmeras de coco con escaleras de 15 m de largo y cortando con un machete grande de acero inoxidable el pedúnculo en los racimos de cocos con 10 meses de maduración.

3.4.6.2. Selección

Se seleccionó 15 cocos de color marrón oscuro, textura rugosa (deshidratada) y de 20-25 cm de largo medidos con una wincha.

3.4.6.3. Descascarado

Se descascaró el exocarpo, mesocarpo y endocarpo de los cocos con un machete mediano de acero inoxidable juntando el agua de su interior en un balde desinfectado y separando la mayor cantidad de testa y endospermo (pulpa fresca de coco).

3.4.6.4. Despulpado

Se despulpó separando la testa y el endospermo (pulpa fresca) con un machete pequeño de acero inoxidable y fue procesado antes de 24 horas a temperatura ambiente.

3.4.6.5. Cortado

Se cortó la pulpa de coco en trozos de 1 cm^3 con un cuchillo de acero inoxidable.

3.4.6.6. Desinfección

Se llevó a cabo la desinfección de la pulpa de coco mediante la preparación de una solución a 100 ppm de cloro activo, diluyendo 8 mL de hipoclorito de sodio al 5 % en 4 L de H_2O destilada dentro de un bowl de acero

inoxidable. La pulpa fue sumergida en esta solución y se dejó actuar durante 10 min. Posteriormente, se enjuagó con abundante agua destilada eliminando cualquier residuo de cloro.

3.4.6.7. Molturado

Se molturó con un rallador de acero inoxidable hasta reducir los trozos grandes de pulpa a 0.5 mm de espesor sobre una mesa de acero inoxidable previamente desinfectado con alcohol etílico al 70 %.

3.4.6.8. Deshidratado

Se secó en un deshidratador de bandejas digitado a 45 ºC, la pulpa rallada se distribuyó uniformemente en toda el área de las 4 bandejas con mallas de acero inoxidable previamente desinfectadas con alcohol etílico al 70 %, cada 5 horas las bandejas se giraron en forma horizontal y se controló la temperatura cada 3 horas con un termómetro digital infrarrojo manteniendo la muestra por 15 h a 45 ºC.

3.4.6.9. Prensado en frío

Se prensó la pulpa de coco deshidratada por 3 h a 45 °C utilizando una gata hidráulica con una capacidad de 32 Tn. La fuerza aplicada fue de aproximadamente 313,920 N sobre una superficie metálica de 15 cm de diámetro que equivale a un área de 0.018 m². Por ende, se aplicó una presión de 17.44 MPa.

3.4.6.10. Filtración

Se filtró el aceite con un papel filtro cualitativo (Whatman N° 4) en un Embudo Buchner unida con un tapón de caucho a un Matraz de Erlenmeyer de 250 mL logrando separar las impurezas más gruesas del aceite.

3.4.6.11. Envasado

Se envasó en botellas de vidrio transparentes de 100 mL con tapas de spray y se rotuló con plumón indeleble las iniciales del proceso en la base de las botellas.

3.4.6.12. Almacenamiento

Se almacenó en temperatura ambiente a 28 ºC en un lugar oscuro y seco.

3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO DE LA INVESTIGACIÓN

3.5.1. Diseño experimental cuantitativo

El diseño estadístico utilizado para evaluar las características fisicoquímicas de los aceites obtenidos en los tres procesos de extracción (filtración a vacío, centrifugación y prensado en frío) fue el Diseño Completamente al Azar (DCA).

3.5.1.1. Evaluación paramétrica para los análisis fisicoquímicos

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 3 tratamientos y 3 repeticiones.

- **Modelo matemático = $Y_{ij} = U + T_i + E_{ij}$**
- **Donde:**

  $\mathbf{Y_{ij}}$ = Repeticiones del “j” tratamiento “i”.

  U = Media general.

  $\mathbf{T_i}$ = Efecto del tratamiento “i”.

  $\mathbf{E_{ij}}$ = Error experimental o efecto aleatorio de muestreo.

3.5.2. Tratamientos experimentales

Los tratamientos evaluados en el presente trabajo de investigación fueron 3 como se muestra a continuación:

Tabla 6: Tratamientos experimentales

Tratamientos	Repeticiones
T_1 (Filtración a vacío)	R_1 R_2 R_3
T_2 (Centrifugación)	R_1 R_2 R_3
T_3 (Prensado en frío)	R_1 R_2 R_3

3.5.3. Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados estadísticamente mediante el software Statgraphics Centurion 19 para el sistema operativo Windows, donde se aplicó el Análisis de Varianza (ANVA) para determinar si existen o no diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. En los análisis donde se encontraron valores $P \leq 0.05$ que indican diferencias significativas se realizaron las pruebas de comparación de rangos múltiples de Tukey.

3.5.4. Población y muestra

En esta investigación, la población estuvo conformada por los frutos de coco Gigante Amarillo de 1,230 palmeras distribuidas en 10 hectáreas, ubicadas en el centro poblado Nueva Esperanza de Panaillo, distrito de Yarinacocha, región Ucayali. De esta población, se seleccionó al azar 225 frutos de coco de 15 racimos, para luego seleccionar de forma no probabilística por conveniencia una muestra de 135 frutos con diámetro y color marrón uniforme, características externas que indican madurez. Los frutos tenían un peso promedio de 267 g de pulpa cada uno, lo que sumó un total de 36 Kg de pulpa. Los 36 Kg de pulpa fueron distribuidos equitativamente entre los 3 procesos de extracción, de modo que a cada proceso ingresó 12 Kg de pulpa (4 Kg por repetición), por ende, se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 9 repeticiones para los 3 procesos, es decir, 3 repeticiones por proceso de extracción de aceite.

3.6. VARIABLES DE ESTUDIO

3.6.1. Variables independientes

T_1 = Aceite de coco obtenido por proceso de extracción de filtración a vacío

T_2 = Aceite de coco obtenido por proceso de extracción de centrifugación

T_3 = Aceite de coco obtenido por proceso de extracción de prensado en frío

3.6.2. Variables dependientes

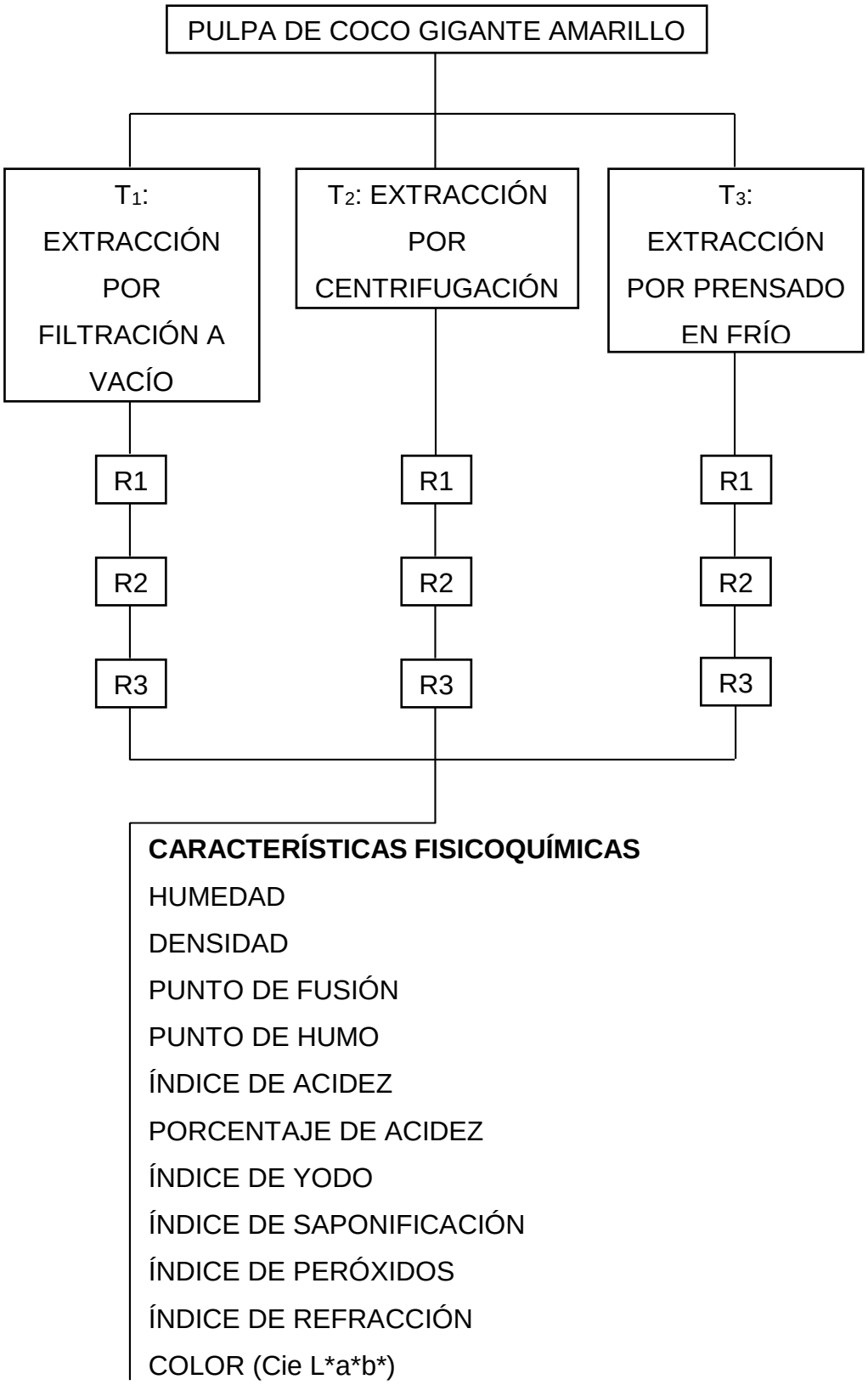
R_1 R_2 R_3 = Características fisicoquímicas del aceite de coco por filtración a vacío

R_1 R_2 R_3 = Características fisicoquímicas del aceite de coco por centrifugación

R_1 R_2 R_3 = Características fisicoquímicas del aceite de coco por prensado en frío

3.7. ESQUEMA EXPERIMENTAL

Figura 8: Esquema experimental de la investigación



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. HUMEDAD DE LA PULPA DE COCO GIGANTE AMARILLO PARA LOS TRES PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE

En el cuadro 7, se muestran los resultados del porcentaje de humedad de la pulpa de coco que ingresó en los tres procesos de extracción:

Tabla 7: Humedad de la pulpa de coco

Procesos de extracción	Unidad	Cantidad
Filtración a vacío	%	53.98
Centrifugación	%	50.57
Prensado en frío	%	52.33

4.2. RENDIMIENTO DE LOS TRES PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE COCO GIGANTE AMARILLO

En el cuadro 8, se muestran los resultados del porcentaje de rendimiento del proceso en la extracción de aceite de la pulpa de coco:

Tabla 8: Rendimiento de los tres procesos de extracción de aceite

Procesos de extracción	Unidad	Cantidad
Filtración a vacío	%	18.63
Centrifugación	%	18.51
Prensado en frío	%	20.26

4.3. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE DE COCO GIGANTE AMARILLO OBTENIDO EN LOS TRES PROCESOS DE EXTRACCIÓN

Para las características fisicoquímicas del aceite de coco se obtuvo los resultados en los tres procesos de extracción (filtración a vacío, centrifugación y prensado en frío) sobre la humedad, densidad, punto de fusión, punto de humo,

índice de acidez, porcentaje de acidez, índice de yodo, índice de saponificación, índice de peróxidos, índice de refracción y color (Cie L*a*b*) para determinar cómo influyen los tratamientos en estudio sobre las unidades experimentales. Se utilizó la prueba de análisis de varianza (ANVA) como método estadístico que permite saber si los resultados son significativos o no entre los tratamientos y cuando se observó diferencias significativas en el ANVA se usó la prueba de comparación múltiple de Tukey.

4.3.1. Humedad

En el cuadro 14A anexo 2, se muestran los resultados del análisis de varianza para la humedad del aceite de los tres tratamientos de extracción a un nivel de confianza del 95 %, donde se obtuvo un valor P=0.9502 mayor a 0.05; por lo tanto, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos.

4.3.2. Densidad

En el cuadro 15A anexo 2, se muestran los resultados del análisis de varianza para la densidad del aceite de los tres tratamientos de extracción a un nivel de confianza del 95 %, donde se obtuvo un valor P=0.0000 menor a 0.05; por lo tanto, si existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos y fue necesario realizar la prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey.

Tabla 9: Comparación de rangos múltiples de Tukey para densidad

Tratamientos	Repeticiones	Media (g/ml)
T2: Centrifugación	3	0.9283 A
T1: Filtración a vacío	3	0.9503 B
T3: Prensado en frío	3	0.9507 B

Valores con letras diferentes indican diferencias significativas (P≤0.05)

4.3.3. Punto de fusión

En el cuadro 16A anexo 2, se muestran los resultados del análisis de varianza para el punto de fusión del aceite de los tres tratamientos de extracción a un nivel de confianza del 95 %, donde se obtuvo un valor P=0.7622 mayor a 0.05; por lo tanto, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos.

4.3.4. Punto de humo

En el cuadro 17A anexo 2, se muestran los resultados del análisis de varianza para el punto de humo del aceite de los tres tratamientos de extracción a un nivel de confianza del 95 %, donde se obtuvo un valor P=0.5927 mayor a 0.05; por lo tanto, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos.

4.3.5. Índice de acidez

En el cuadro 18A anexo 2, se muestran los resultados del análisis de varianza para el índice de acidez del aceite de los tres tratamientos de extracción a un nivel de confianza del 95 %, donde se obtuvo un valor P=0.0110 menor a 0.05; por lo tanto, si existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos y fue necesario realizar la prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey.

Tabla 10: Comparación de rangos múltiples de Tukey para índice de acidez

Valores con letras diferentes indican diferencias significativas (P≤0.05)

Tratamientos	Repeticiones	Media (mg NaOH/g)
T3: Prensado en frío	3	0.4267 A
T2: Centrifugación	3	0.5333 B
T1: Filtración a vacío	3	0.5600 B

4.3.6. Porcentaje de acidez

En el cuadro 19A anexo 2, se muestran los resultados del análisis de varianza para el porcentaje de acidez del aceite de los tres tratamientos de extracción a un nivel de confianza del 95 %, donde se obtuvo un valor P=0.0110 menor a 0.05; por lo tanto, si existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos y fue necesario realizar la prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey.

Tabla 11: Comparación de rangos múltiples de Tukey para porcentaje de acidez

Tratamientos	Repeticiones	Media (%)
T3: Prensado en frío	3	0.2133 A
T2: Centrifugación	3	0.2667 B
T1: Filtración a vacío	3	0.2800 B

Valores con letras diferentes indican diferencias significativas (P≤0.05)

4.3.7. Índice de yodo

En el cuadro 20A anexo 2, se muestran los resultados del análisis de varianza para el índice de yodo del aceite de los tres tratamientos de extracción a un nivel de confianza del 95 %, donde se obtuvo un valor P=0.2205 mayor a 0.05; por lo tanto, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos.

4.3.8. Índice de saponificación

En el cuadro 21A anexo 2, se muestran los resultados del análisis de varianza para el índice de saponificación del aceite de los tres tratamientos de extracción a un nivel de confianza del 95 %, donde se obtuvo un valor

P=0.4878 mayor a 0.05; por lo tanto, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos.

4.3.9. Índice de peróxidos

En el cuadro 22A anexo 2, se muestran los resultados del análisis de varianza para el índice de peróxidos del aceite de los tres tratamientos de extracción a un nivel de confianza del 95 %, donde se obtuvo un valor P=0.0156 menor a 0.05; por lo tanto, si existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos y fue necesario realizar la prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey.

Tabla 12: Comparación de rangos múltiples de Tukey para índice de peróxidos

Tratamientos	Repeticiones	Media (mEq O_2/Kg)
T3: Prensado en frío	3	6.6667 A
T2: Centrifugación	3	7.6667 AB
T1: Filtración a vacío	3	8.6667 B

Valores con letras diferentes indican diferencias significativas (P≤0.05)

4.3.10. Índice de refracción

En el cuadro 23A anexo 2, se muestran los resultados del análisis de varianza para el índice de refracción del aceite de los tres tratamientos de extracción a un nivel de confianza del 95 %, donde se obtuvo un valor P=0.0944 mayor a 0.05; por lo tanto, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos.

4.3.11. Color (Cie L*a*b*)

4.3.11.1. En la coordenada de color L*

En el cuadro 24A anexo 2, se muestran los resultados del análisis de varianza para la coordenada de color L* del aceite de los tres tratamientos de extracción a un nivel de confianza del 95 %, donde se obtuvo un valor P=0.0144 menor a 0.05; por lo tanto, si existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos y fue necesario realizar la prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey.

Tabla 13: Comparación de rangos múltiples de Tukey para coordenada de color L*

Tratamientos	Repeticiones	Media
T3: Prensado en frío	3	97.6195 A
T2: Centrifugación	3	101.1380 B
T1: Filtración a vacío	3	101.6480 B

Valores con letras diferentes indican diferencias significativas (P≤0.05)

4.3.11.2. En la coordenada de color a*

En el cuadro 25A anexo 2, se muestran los resultados del análisis de varianza para la coordenada de color a* del aceite de los tres tratamientos de extracción a un nivel de confianza del 95 %, donde se obtuvo un valor P=0.9679 mayor a 0.05; por lo tanto, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos.

4.3.11.3. En la coordenada de color b*

En el cuadro 26A anexo 2, se muestran los resultados del análisis de varianza para la coordenada de color b* del aceite de los tres tratamientos de extracción a un nivel de confianza del 95 %, donde se obtuvo un

valor P=0.0100 menor a 0.05; por lo tanto, si existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos y fue necesario realizar la prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey.

Tabla 14: Comparación de rangos múltiples de Tukey para coordenada de color b*

Tratamientos	Repeticiones	Media
T2: Centrifugación	3	-1.5237 A
T1: Filtración a vacío	3	-1.2855 A
T3: Prensado en frío	3	1.6310 B

Valores con letras diferentes indican diferencias significativas (P≤0.05)

CAPÍTULO V

DISCUSIONES

5.1. HUMEDAD DE LAS PULPAS DE COCO GIGANTE AMARILLO PARA LOS TRES PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE

Según Robles et al. (2022), en su trabajo de investigación denominado "Caracterización fisicoquímica y compuestos bioactivos en el coco (*Cocos Nucifera L.*) y su aceite: Efecto del cultivar y región de cultivo", reportó para el porcentaje de humedad valores desde 44 % a 51 % contenida en la pulpa (endospermo) y para cocos de 12 meses un porcentaje de humedad de 51 % el cual está considerado en la etapa de maduración. En el presente trabajo de investigación se encontró porcentajes de humedad con el valor más alto de 53.98 % para tratamiento T_1 (filtración a vacío), seguido del valor intermedio de 52.33 % para el tratamiento T_3 (prensado en frío) y el valor más bajo de 50.57 % para el tratamiento T_2 (centrifugación) el cuál se acerca más a los resultados encontrados por el mencionado autor. Sin embargo, las ligeras diferencias en los tratamientos T_1 y T_3 con respecto al resultado del autor pueden deberse a la etapa de maduración que fue cosechado de menos de 12 meses, el cual hace probable que el coco contenga más porcentaje de humedad y por ende menos porcentaje de aceite.

5.2. RENDIMIENTO DE LOS TRES PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE COCO GIGANTE AMARILLO

Para Casallo et al. (2018), en su trabajo de investigación denominado "Extracción y caracterización de aceite de coco por medio de fluidos supercríticos", reportó para el rendimiento de los tres procesos de extracción valores de (50 °C, 400 bar) 19,20 %; a (50 °C, 380 bar) 20,80 %; a (40 °C, 400

bar) 22,40 % y a 40 °C, 380 bar) 20,40 % concluyendo así que la condición óptima encontrada en este trabajo es de (40 °C, 400 bar) con un 22,40 % de rendimiento. En el presente trabajo de investigación se encontró rendimientos con el valor más alto de 20.26 % para tratamiento T_3 (prensado en frío) el cuál se acerca más a los resultados encontrados por el mencionado autor, seguido del valor intermedio de 18.63 % para el tratamiento T_1 (filtración a vacío) y el valor más bajo de 18.51 % para el tratamiento T_2 (centrifugación). Sin embargo, las ligeras diferencias en los tratamientos T_1 y T_2 pueden deberse a la menor eficiencia de separación del aceite de los sólidos no volátiles frente a la aplicación más eficiente de la magnitud física de presión en el tratamiento T_3 para separar el aceite de los sólidos insolubles.

5.3. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE DE COCO GIGANTE AMARILLO OBTENIDO EN LOS TRES PROCESOS DE EXTRACCIÓN

Los procesos de extracción (filtración a vacío, centrifugación y prensado en frío) pueden influir en los resultados de las características fisicoquímicas como el porcentaje de humedad, densidad, punto de fusión, punto de humo, índice de acidez, porcentaje de acidez, índice de yodo, índice de saponificación, índice de peróxidos, índice de refracción y color (Cie L*a*b*).

5.3.1. Humedad

Según Ramos et al. (2022) en su trabajo de investigación titulado: “Efecto del prensado en frio y extracción termomecánica sobre las propiedades fisicoquímicas del aceite de copra de Cocos nucifera (coco)”, reportó para el porcentaje de humedad del aceite de coco valores de 0.22 % (extracción termomecánica) y 0.10 % (extracción por prensado en frío). En el presente

trabajo de investigación se encontró porcentajes de humedad con el valor más alto de 0.22 % para el tratamiento T_1 (filtración a vacío) el cuál se acerca más al resultado encontrado por el mencionado autor en la extracción termomecánica, el valor de 0.21 % para el tratamiento T_3 (prensado en frío) y el valor de 0.21 % para el tratamiento T_2 (centrifugación) del aceite de coco. Las ligeras diferencias encontradas entre los tratamientos de la presente investigación no se consideran estadísticamente significativas.

5.3.2. Densidad

Para Mero & Reyna (2019) en su trabajo de investigación titulado: "Determinación de las características fisicoquímicas del aceite de coco artesanal (Co-Derivados) y aplicación de mejoras en las prácticas de elaboración", reportó para la densidad a 25 °C del aceite de coco valores desde 0.91 g/ml a 0.92 g/ml. En el presente trabajo de investigación se encontró densidades con los valores más altos de 0.95 g/ml para el tratamiento T_1 (filtración a vacío) y el valor de 0.95 g/ml para el tratamiento T_3 (prensado en frío), seguido del valor más bajo de 0.93 g/ml para el tratamiento T_2 (centrifugación) el cuál se acerca más al resultado encontrado por el mencionado autor en la extracción artesanal. Sin embargo, los distintos resultados de los tratamientos T_1 y T_3 con respecto del autor pueden deberse a la presión y temperatura del lugar de análisis, ya que Ecuador se encuentra a distinta presión y temperatura de Ucayali lo que afecta a la densidad del aceite de coco. Las diferencias encontradas entre los tratamientos de la presente investigación si se consideran estadísticamente significativas.

5.3.3. Punto de fusión

Para Figueroa (2013) en su trabajo de investigación titulado: "Evaluación del rendimiento y caracterización fisicoquímica de la extracción de

la fracción lipídica de la copra del coco (*Cocos Nucifera L.*) variedad verde utilizando tres solventes a escala laboratorio", reportó para el punto de fusión del aceite de coco obtenido con acetato de etilo valores desde 26.00 °C a 28.00 °C. En el presente trabajo de investigación se encontró puntos de fusión con los valores más altos de 25.53 °C para los tratamientos T_1 (filtración a vacío) y T_2 (centrifugación) los cuáles se acercan más a los resultados encontrados por el mencionado autor en la extracción con acetato de etilo y el valor más bajo de 25.23 °C para el tratamiento T_3 (prensado en frío) del aceite de coco. Las ligeras diferencias encontradas entre los tratamientos de la presente investigación no se consideran estadísticamente significativas.

5.3.4. Punto de humo

Según Sesmilo (2018) en su revista académica titulada: "Aceite de coco ¿es saludable?", reportó para el punto de humo del aceite de coco valores de 230.00 °C. En el presente trabajo de investigación se encontró puntos de humo con el valor más alto de 232.00 °C para el tratamiento T_2 (centrifugación), seguido del valor intermedio de 230.67 °C para el tratamiento T_3 (prensado en frío) y el valor más bajo de 230.00 °C para el tratamiento T_1 (filtración a vacío) el cuál se acerca más al resultado encontrado por el mencionado autor en el punto de humo del aceite de coco. Las ligeras diferencias encontradas entre los tratamientos de la presente investigación no se consideran estadísticamente significativas.

5.3.5. Índice de acidez

Según Furtado et al. (2020) en su trabajo de investigación titulado: "Caracterización fisicoquímica de aceites de frutos secos de coco (*Cocos Nucifera L.*)", reportó para el índice de acidez del aceite de coco valores de 0.70

mg NaOH/g (comercial) y 0.79 mg NaOH/g (extracción en frío). En el presente trabajo de investigación se encontró índices de acidez con el valor más alto de 0.56 mg NaOH/g para el tratamiento T_1 (filtración a vacío), seguido del valor intermedio de 0.53 mg NaOH/g para el tratamiento T_2 (centrifugación) y el valor más bajo de 0.43 mg NaOH/g para el tratamiento T_3 (prensado en frío) los cuales son menores a los resultados encontrados por el mencionado autor, por ende nos refleja un menor contenido de ácidos grasos libres presentes en el aceite de coco, siendo un indicador importante de su calidad. Las diferencias encontradas entre los tratamientos de la presente investigación si se consideran estadísticamente significativas.

5.3.6. Porcentaje de acidez

Para Marquínez et al. (2020) en su trabajo de investigación titulado: "Obtención de biodiesel a partir de aceite de coco (*Cocos Nucifera L.*)", reportó para el porcentaje de acidez del aceite de coco el valor de 0.18 %. En el presente trabajo de investigación se encontró porcentajes de acidez con el valor más alto de 0.28 % para el tratamiento T_1 (filtración a vacío), seguido del valor intermedio de 0.27 % para el tratamiento T_2 (centrifugación) y el valor más bajo de 0.21 % para el tratamiento T_3 (prensado en frío) los cuales son ligeramente mayores a los resultados encontrados por el mencionado autor, por ende nos refleja un mayor contenido de ácidos grasos libres presentes en el aceite, pero encontrándose con un valor aceptable como indicador de calidad. Las diferencias encontradas entre los tratamientos de la presente investigación si se consideran estadísticamente significativas.

5.3.7. Índice de yodo

Para Alcívar (2019) en su trabajo de investigación titulado: “Determinación de las características fisicoquímicas del aceite de coco artesanal (Co-Derivados) y aplicación de mejoras en las prácticas de elaboración”, reportó para el índice de yodo del aceite de coco valores desde 9.10 g I2/100 g a 11.20 g I2/100 g. En el presente trabajo de investigación se encontró índices de yodo con el valor más alto de 7.19 g I2/100 g para el tratamiento T_2 (centrifugación), seguido del valor intermedio de 7.05 g I2/100 g para el tratamiento T_1 (filtración a vacío) y el valor más bajo de 6.06 g I2/100 g para el tratamiento T_3 (prensado en frío) los cuales son notoriamente menores a los resultados encontrados por el mencionado autor, por ende, nos refleja una menor medida de insaturación en el aceite de coco. Las ligeras diferencias encontradas entre los tratamientos de la presente investigación no se consideran estadísticamente significativas.

5.3.8. Índice de saponificación

Según Alcívar (2019) en su trabajo de investigación titulado: “Determinación de las características fisicoquímicas del aceite de coco artesanal (Co-Derivados) y aplicación de mejoras en las prácticas de elaboración”, reportó para el índice de saponificación del aceite de coco valores desde 246.90 mg KOH/g a 257.00 mg KOH/g. En el presente trabajo de investigación se encontró índices de saponificación con el valor más alto de 261.80 mg KOH/g para el tratamiento T_2 (centrifugación), seguido del valor intermedio de 256.81 mg KOH/g para el tratamiento T_3 (prensado en frío) y el valor más bajo de 254.01 mg KOH/g para el tratamiento T_1 (filtración a vacío) los cuales están dentro del rango aceptable. Las ligeras diferencias encontradas entre los tratamientos de la presente investigación no se consideran estadísticamente significativas.

5.3.9. Índice de peróxidos

Según Furtado et al. (2020) en su trabajo de investigación titulado: "Caracterización fisicoquímica de aceites de frutos secos de coco (*Cocos Nucifera L.*), reportó para el índice de peróxidos del aceite de coco valores de 7.51 mEq O2/Kg (comercial) y 9.43 mEq O2/Kg (extracción en frío). En el presente trabajo de investigación se encontró índices de peróxidos con el valor más alto de 8.67 mEq O2/Kg para el tratamiento T_1 (filtración a vacío), seguido del valor intermedio de 7.67 mEq O2/Kg para el tratamiento T_2 (centrifugación) y el valor más bajo de 6.67 mEq O2/Kg para el tratamiento T_3 (prensado en frío) los cuales son ligeramente menores a los resultados encontrados por el mencionado autor, por ende, nos refleja una mejor estabilidad oxidativa del aceite de coco. Las diferencias encontradas entre los tratamientos de la presente investigación si se consideran estadísticamente significativas.

5.3.10. Índice de refracción

Para Casallo et al. (2018) en su trabajo de investigación titulado: "Extracción y caracterización de aceite de coco por medio de fluidos supercríticos", reportó para el índice de refracción del aceite de coco valores desde 1.44 a 1.45. En el presente trabajo de investigación se encontró índices de refracción con valores muy similares de 1.44 para el tratamiento T_1 (filtración a vacío), el valor de 1.44 para el tratamiento T_2 (centrifugación) y el valor de 1.44 para el tratamiento T_3 (prensado en frío) los cuales son ligeramente menores a los resultados encontrados por el mencionado autor, pero están dentro del rango aceptable. Las ligeras diferencias encontradas entre los tratamientos de la presente investigación no se consideran estadísticamente significativas.

5.3.11. Color (Cie L*a*b*)

5.3.11.1. En la coordenada de color L*

Según Martínez (2022) en su trabajo de investigación titulado: “Extracción artesanal de aceite de coco”, reportó para el aceite de coco en la coordenada de color L* (luminosidad) el valor de 72.52. En el presente trabajo de investigación se encontró en la coordenada de color L* el valor de 101.65 para el tratamiento T_1 (filtración a vacío), el valor de 101.14 para el tratamiento T_2 (centrifugación) y el valor de 97.62 para el tratamiento T_3 (prensado en frío) los cuales son mayores al resultado encontrado por el mencionado autor, ya que indica el punto más claro posible, es decir, el blanco absoluto. Las diferencias encontradas entre los tratamientos de la presente investigación si se consideran estadísticamente significativas.

5.3.11.2. En la coordenada de color a*

Para Martínez (2022) en su trabajo de investigación titulado: “Extracción artesanal de aceite de coco”, reportó para el aceite de coco en la coordenada de color a* (tono) el valor de 179.58. En el presente trabajo de investigación se encontró en la coordenada de color a* el valor de -1.43 para el tratamiento T_1 (filtración a vacío), el valor de -1.55 para el tratamiento T_2 (centrifugación) y el valor de -1.24 para el tratamiento T_3 (prensado en frío) los cuales son menores al resultado encontrado por el mencionado autor, ya que indica un tono de verde muy sutil. Las ligeras diferencias encontradas entre los tratamientos de la presente investigación no se consideran estadísticamente significativas.

5.3.11.3. En la coordenada de color b*

Para Martínez (2022) en su trabajo de investigación titulado: “Extracción artesanal de aceite de coco”, reportó para el aceite de coco en la coordenada de color b* (pureza) el valor de 1.03. En el presente trabajo de investigación se encontró en la coordenada de color b* el valor de -1.29 para el tratamiento T_1 (filtración a vacío) y el valor de -1.52 para el tratamiento T_2 (centrifugación) los cuales son menores, y el valor de 1.63 para el tratamiento T_3 (prensado en frío) el cuál se acerca más al resultado encontrado por el mencionado autor, ya que indica un tono de azul muy sutil. Las diferencias encontradas entre los tratamientos de la presente investigación si se consideran estadísticamente significativas.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

Después de analizar detalladamente las características fisicoquímicas del aceite de coco Gigante Amarillo de los tres procesos de extracción podemos concluir lo siguiente:

- El proceso de extracción por filtración a vacío (T1) demostró que las características fisicoquímicas analizadas del aceite de coco Gigante Amarillo se encuentran dentro de las normas CODEX STAN 210-1999 para aceites vegetales especificados del Codex Alimentarius sin encontrar diferencias significativas a excepción del índice de peróxidos de 8.67 mEq O2/Kg, valor mayor que afecta a la estabilidad oxidativa del producto.
- El proceso de extracción por centrifugación (T2) demostró que las características fisicoquímicas analizadas del aceite de coco Gigante Amarillo se encuentran dentro de las normas CODEX STAN 210-1999 para aceites vegetales especificados del Codex Alimentarius sin encontrar diferencias significativas a excepción de la densidad de 0.93 g/ml, valor menor que indica pureza del producto.
- El proceso de extracción por prensado en frío (T3) demostró que las características fisicoquímicas analizadas del aceite de coco Gigante Amarillo se encuentran dentro de las normas CODEX STAN 210-1999 para aceites vegetales especificados del Codex Alimentarius sin encontrar diferencias significativas a excepción del índice de acidez con 0.43 mg NaOH/g, el porcentaje de acidez con 0.21 %, el índice de peróxidos con 6.67 mEq O2/Kg, la coordenada de color L* con 97.62 y la coordenada de

color b* con 1.63; además de un rendimiento superior de 20.26 %, los cuales son todos valores favorables que indican alta calidad del producto.

- El proceso de extracción por prensado en frío (T3) demostró ser el mejor debido a favorables características fisicoquímicas analizadas del aceite de coco Gigante Amarillo con respecto a los otros dos procesos, como un índice de acidez de 0.43 mg NaOH/g, un porcentaje de acidez de 0.21 %, un índice de peróxidos de 6.67 mEq O2/Kg y coordenadas de color que reflejan mejor pureza y calidad del producto. Además, presenta un rendimiento superior del 20.26 %, destacando la eficiencia de este proceso en la extracción del aceite de coco.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

Después de realizar exitosamente esta investigación, se recomienda lo siguiente:

- Analizar el perfil lipídico del aceite de coco obtenido en cada tratamiento para identificar los tipos de ácidos grasos responsables de sus propiedades organolépticas.
- Innovar el proceso de prensado en frío con la utilización de prensas hidráulicas digitales para un mayor rendimiento y menor oxidación del aceite de coco con respecto a la extracción manual.
- Evaluar la estabilidad oxidativa y la vida útil del aceite de coco obtenido en cada tratamiento mediante pruebas de estabilidad acelerada y almacenamiento a medio plazo con diferentes condiciones ambientales.
- Estudiar el impacto ambiental de la extracción del aceite de coco en cada proceso de extracción, considerando factores como el consumo de recursos y el manejo de residuos.

LITERATURA CITADA

Alcívar, E. A. M. (2019). Determinación de las características Fisicoquímicas del aceite de coco artesanal “Co-Derivados” y aplicación de mejoras en las prácticas de elaboración. https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/2289/1/ULEAM-AGROIN-0061.pdf

Alton Bailey, E. (1961). Aceites y grasas industriales (pp. 1–741). https://books.google.es/books?id=1rIBBXQhmCwC&printsec=frontcover&dq=termodinamica&hl=es&sa=X&ei=yCsoVeW1F8GLNvySgqAH&ved=0CCEQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false

Ángeles Carbajal, A. (2011). Manual de Nutrición y Dietética. 1–8. https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-cap-6-grasas.pdf

Artica, L. (2015). Análisis de Alimentos. 1, 1–10. https://luisartica.files.wordpress.com/2014/04/analisis-fisico-qumico-de-aceites-y-grasas.pdf

Becerra Sanchez, A. M., & Clavijo Sierra, M. A. (2018). Desarrollo de una propuesta para la tecnificación del proceso de obtención de aceite de coco para la empresa Amanos Artesanal [Fundación Universidad de América]. https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6694/1/6131958-2018-1-IQ.pdf

CodexAlimentarius FAO-WHO. (n.d.). (2019) Www.fao.org.https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/es/

Corral, M. (2021). Coco: todas las propiedades y beneficios de la fruta tropical rica en grasa que no engorda. El Español.

https://www.elespanol.com/ciencia/nutricion/20210226/coco-todas-propiedades-beneficios-tropical-no-engorda/554694995_0.html

Cruz, G. de la. (2017). Puntos de humo de los aceites comestibles. Divulgación Salud. https://www.aceitesgarciadelacruz.com/puntos-de-humo-de-los-aceites-comestibles/

Drgoerg. (2016). Calidad del aceite de coco. Calidad del aceite de coco: Factores Importantes. https://www.drgoerg.com/int/es/calidad-del-aceite-coco

ExperimentosCientíficos. (2018). Cómo calcular la cantidad de aceite y de sosa para hacer jabón. https://www.experimentoscientificos.es/calcular-cantidad-aceite-sosa/

FatSecret. (2008). Coco. https://www.fatsecret.com.mx/calorías-nutrición/genérico/coco

Gómez Matos, M. (2017). Caracterización de aceite extraído del fruto de Cocos nuciferaobtenido a escala de laboratorio. Ciencias Químicas, 49, 1–7. https://revista.cnic.cu/index.php/RevQuim/article/view/225/216

Hunterlab. (2023). Medición del color del aceite de coco. ¿Por Qué Medir El Color Del Aceite de Coco? https://www.hunterlab.com/es/industries/food/edible-oils/medición-del-color-del-aceite-de-coco/

K. G., B., & Hashim Hassan, M. (1983). Usos alimenticios del coco. https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/download/89/89#:~:text=Esta composición no es usual, se derrite en forma muy marcada.

Lavanguardia. (2018). Coco: valor nutricional, beneficios, propiedades y cómo saber cuando está en su punto. Frutas. https://www.lavanguardia.com/comer/materia-

prima/20180702/45479995942/fruta-coco-propiedades-beneficios-valor-nutricional.html

Mentactiva. (2021). Aceite de coco: composición y uso en cosmética natural. https://www.mentactiva.com/aceite-de-coco-composicion-y-uso-en-cosmetica-natural/

Metrohm. (2017). Valoración termométrica aplicada: determinación del índice de yodo (IV) en grasas y aceites. https://www.metrohm.com/es/compania/noticias/news-indice-de-yodo-en-grasas-y-aceites/

Moreu Burgos, M. del C. (2010). Coco. https://www.lechepuleva.es/aprende-a-cuidarte/tu-alimentacion-de-la-a-z/c./coco

Paucar-Menacho, L. M., Salvador-Reyes, R., Guillén-Sánchez, J., Capa-Robles, J., & Moreno-Rojo, C. (2015). Comparative study of physical-chemical features of sacha inchi oil (Plukenetia volubilis l.), olive oil (Olea europaea) and fish oil. Scientia Agropecuaria, 6(4), 279–290. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.04.05

Platón, E. R. de. (2016). ¿De qué color es un átomo? https://www.youtube.com/watch?v=i4QKmLLYVvI

Talens, P. (2017). Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB. Tecnología de Alimentos, 1–7. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/83392/Talens - Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB.pdf?sequence=1

Torres Meneses, F. (2012). Control de acidez y oxidación en aceites y harinas de subproductos de origen animal. Balanceados - Piensos.

https://www.engormix.com/balanceados/articulos/control-acidez-oxidacion-aceites-t29588.htm

Valdesas (2016). ¿Cuál es la densidad del aceite? https://www.aceitedelasvaldesas.com/faq/varios/densidad-del-aceite/

Wikipedia. (2021). Coco. https://es.wikipedia.org/wiki/Coco

ANEXOS

ANEXO 1: VALORES OBTENIDOS EN LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE DE COCO DE LOS TRES PROCESOS DE EXTRACCIÓN

Tabla 1A: Valores de humedad obtenidos durante el periodo de evaluación

TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T_1: FILTRACIÓN A VACÍO	0.219	0.140	0.299
T_2: CENTRIFUGACIÓN	0.199	0.200	0.220
T_3: PRENSADO EN FRÍO	0.239	0.219	0.179

Tabla 2A: Valores de densidad obtenidos durante el periodo de evaluación

TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T_1: FILTRACIÓN A VACÍO	0.950	0.951	0.950
T_2: CENTRIFUGACIÓN	0.928	0.928	0.929
T_3: PRENSADO EN FRÍO	0.951	0.951	0.950

Tabla 3A: Valores de punto de fusión obtenidos durante el periodo de evaluación

TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T_1: FILTRACIÓN A VACÍO	26.0	25.8	24.8
T_2: CENTRIFUGACIÓN	26.0	25.8	24.8
T_3: PRENSADO EN FRÍO	25.2	25.6	24.9

Tabla 4A: Valores de punto de humo obtenidos durante el periodo de evaluación

TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T_1: FILTRACIÓN A VACÍO	233.0	229.0	228.0
T_2: CENTRIFUGACIÓN	230.0	235.0	231.0
T_3: PRENSADO EN FRÍO	232.0	231.0	229.0

Tabla 5A: Valores de índice de acidez obtenidos durante el periodo de evaluación

TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T_1: FILTRACIÓN A VACÍO	0.600	0.520	0.560
T_2: CENTRIFUGACIÓN	0.520	0.560	0.520
T_3: PRENSADO EN FRÍO	0.400	0.480	0.400

Tabla 6A: Valores de porcentaje de acidez obtenidos durante el periodo de evaluación

TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T_1: FILTRACIÓN A VACÍO	0.300	0.260	0.280
T_2: CENTRIFUGACIÓN	0.260	0.280	0.260
T_3: PRENSADO EN FRÍO	0.200	0.240	0.200

Tabla 7A: Valores de índice de yodo obtenidos durante el periodo de evaluación

TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T_1: FILTRACIÓN A VACÍO	6.347	8.460	6.347
T_2: CENTRIFUGACIÓN	7.191	7.614	6.768
T_3: PRENSADO EN FRÍO	6.347	5.923	5.923

Tabla 8A: Valores de índice de saponificación obtenidos durante el periodo de evaluación

TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T_1: FILTRACIÓN A VACÍO	252.450	247.775	261.800
T_2: CENTRIFUGACIÓN	257.125	266.475	261.800
T_3: PRENSADO EN FRÍO	245.905	265.540	258.995

Tabla 9A: Valores de índice de peróxidos obtenidos durante el periodo de evaluación

TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T_1: FILTRACIÓN A VACÍO	8.0	9.0	9.0
T_2: CENTRIFUGACIÓN	7.0	8.0	8.0
T_3: PRENSADO EN FRÍO	6.0	7.0	7.0

Tabla 10A: Valores de índice de refracción obtenidos durante el periodo de evaluación

TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T_1: FILTRACIÓN A VACÍO	1.442348	1.442348	1.442348
T_2: CENTRIFUGACIÓN	1.442182	1.442182	1.442348
T_3: PRENSADO EN FRÍO	1.442348	1.442348	1.442514

Tabla 11A: Valores de coordenada de color (L*) obtenidos durante el periodo de evaluación

TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T_1: FILTRACIÓN A VACÍO	101.9019774	102.2750874	100.7682343
T_2: CENTRIFUGACIÓN	101.5264908	102.2750874	99.61203724
T_3: PRENSADO EN FRÍO	98.82820271	98.03351841	95.99676861

Tabla 12A: Valores de coordenada de color (a*) obtenidos durante el periodo de evaluación

TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T_1: FILTRACIÓN A VACÍO	0.340355265	-2.968688014	-1.645805978
T_2: CENTRIFUGACIÓN	0.258021287	-2.968688014	-1.943280089
T_3: PRENSADO EN FRÍO	-0.350254073	-2.360483437	-1.022291970

Tabla 13A: Valores de coordenada de color (b*) obtenidos durante el periodo de evaluación

TRATAMIENTOS	R1	R2	R3
T_1: FILTRACIÓN A VACÍO	-0.643293121	-1.905928830	-1.307338852
T_2: CENTRIFUGACIÓN	-0.647390599	-1.274549117	-2.649228127
T_3: PRENSADO EN FRÍO	2.759658316	0.692292755	1.441082639

ANEXO 2: ANÁLISIS DE VARIANZA (ANVA) DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE DE COCO DE LOS TRES PROCESOS DE EXTRACCIÓN

Tabla 14A: Análisis de varianza de humedad

FUENTES	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	VALOR F	VALOR P
ENTRE GRUPOS	0.000254	2	0.000127	0.05	0.9502
DENTRO DE GRUPOS	0.014788	6	0.00246467		
TOTAL (CORR.)	0.015042	8			

Tabla 15A: Análisis de varianza de densidad

FUENTES	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	VALOR F	VALOR P
ENTRE GRUPOS	0.000982889	2	0.000491444	1474.33	0.0000
DENTRO DE GRUPOS	0.000002	6	3.33333E-7		
TOTAL (CORR.)	0.000984889	8			

Tabla 16A: Análisis de varianza de punto de fusión

FUENTES	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	VALOR F	VALOR P
ENTRE GRUPOS	0.18	2	0.09	0.28	0.7622
DENTRO DE GRUPOS	1.9	6	0.316667		
TOTAL (CORR.)	2.08	8			

Tabla 17A: Análisis de varianza de punto de humo

FUENTES	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	VALOR F	VALOR P
ENTRE GRUPOS	6.22222	2	3.11111	0.57	0.5927
DENTRO DE GRUPOS	32.6667	6	5.44444		
TOTAL (CORR.)	38.8889	8			

Tabla 18A: Análisis de varianza de índice de acidez

FUENTES	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	VALOR F	VALOR P
ENTRE GRUPOS	0.0298667	2	0.0149333	10.50	0.0110
DENTRO DE GRUPOS	0.00853333	6	0.00142222		
TOTAL (CORR.)	0.0384	8			

Tabla 19A: Análisis de varianza de porcentaje de acidez

FUENTES	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	VALOR F	VALOR P
ENTRE GRUPOS	0.00746667	2	0.00373333	10.50	0.0110
DENTRO DE GRUPOS	0.00213333	6	0.000355556		
TOTAL (CORR.)	0.0096	8			

Tabla 20A: Análisis de varianza de índice de yodo

FUENTES	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	VALOR F	VALOR P
ENTRE GRUPOS	2.26305	2	1.13153	1.97	0.2205
DENTRO DE GRUPOS	3.45422	6	0.575704		
TOTAL (CORR.)	5.71727	8			

Tabla 21A: Análisis de varianza de índice de saponificación

FUENTES	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	VALOR F	VALOR P
ENTRE GRUPOS	93.4449	2	46.7225	0.81	0.4878
DENTRO DE GRUPOS	345.61	6	57.6017		
TOTAL (CORR.)	439.055	8			

Tabla 22A: Análisis de varianza de índice de peróxidos

FUENTES	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	VALOR F	VALOR P
ENTRE GRUPOS	6.0	2	3.0	9.00	0.0156
DENTRO DE GRUPOS	2.0	6	0.333333		
TOTAL (CORR.)	8.0	8			

Tabla 23A: Análisis de varianza de índice de refracción

FUENTES	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	VALOR F	VALOR P
ENTRE GRUPOS	4.34667E-8	2	2.17333E-8	3.59	0.0944
DENTRO DE GRUPOS	3.63333E-8	6	6.05556E-9		
TOTAL (CORR.)	7.98E-8	8			

Tabla 24A: Análisis de varianza de coordenada de color (L*)

FUENTES	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	VALOR F	VALOR P
ENTRE GRUPOS	28.8698	2	14.4349	9.34	0.0144
DENTRO DE GRUPOS	9.26954	6	1.54492		
TOTAL (CORR.)	38.1393	8			

Tabla 25A: Análisis de varianza de coordenada de color (a*)

FUENTES	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	VALOR F	VALOR P
ENTRE GRUPOS	0.142796	2	0.0713981	0.03	0.9679
DENTRO DE GRUPOS	13.079	6	2.17983		
TOTAL (CORR.)	13.2218	8			

Tabla 26A: Análisis de varianza de coordenada de color (b*)

FUENTES	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	VALOR F	VALOR P
ENTRE GRUPOS	18.5153	2	9.25763	10.92	0.0100
DENTRO DE GRUPOS	5.08576	6	0.847627		
TOTAL (CORR.)	23.601	8			

ANEXO 3: PROCEDIMIENTOS PARA DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE DE COCO DE LOS TRES PROCESOS DE EXTRACCIÓN

Anexo 3A: Procedimiento de humedad

- Se taró la balanza analítica en 0.000 g.
- Se pesó las 3 lunas de reloj (pulpa rallada) o 3 vasos precipitados (aceite de coco) por separado y rotulados.
- Se taró la balanza analítica en 0.000 g.
- Se añadió la muestra debidamente rallada de pulpa de coco de 5 g en cada luna de reloj o la muestra debidamente homogenizada de aceite de coco de 5 g en cada vaso precipitado.
- Se llevó a la estufa por 3 h a 105 °C.
- Se enfrió en el desecador por 10 min.
- Se pesó en la balanza analítica.
- Se hizo el procedimiento hasta el peso constante.
- Se repitió el procedimiento dos veces más.
- Se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \, h = \frac{Pi - Pf}{Pi} * 100$$

Anexo 3B: Procedimiento de densidad

- Se secó el picnómetro en una estufa a 105 °C por 15 min.
- Se enfrió en el desecador por 10 min.
- Se pesó el picnómetro en la balanza analítica.
- Se enrasó el aceite en el final tubo capilar del tapón de vidrio del picnómetro.
- Se pesó el picnómetro enrasado en la balanza analítica.

- Se repitió el procedimiento dos veces más.
- Se aplicó la siguiente fórmula:

$$d = \frac{m}{v} = d = \frac{Ppa - Pp}{Vp}$$

Anexo 3C: Procedimiento de punto de fusión

- Se agregó 15 ml de aceite de coco en una probeta de 50 ml.
- Se agregó 10 cubos de hielo repartidos de manera uniforme alrededor de la probeta dentro del vaso precipitado.
- Se esperó hasta observar cambiar de estado líquido a estado sólido (solidificación) color blanco.
- Se apuntó con el termómetro digital de alimentos hasta cambiar de estado sólido a líquido (punto de fusión) color amarillo transparente.
- Se repitió el procedimiento dos veces más.
- Se aplicó la siguiente fórmula:

$$Pf = \frac{T°pf1 + T°pf2 + T°pf3}{3}$$

Anexo 3D: Procedimiento de punto de humo

- Se agregó 5 ml de aceite de coco en un crisol.
- Se prendió la cocina controlando la temperatura con el termostato y en simultáneo con el termómetro digital infrarrojo hasta que su superficie marque una temperatura entre 250-300 °C para la transferencia de calor a la muestra de aceite.
- Se apuntó con el termómetro digital infrarrojo a la muestra de aceite hasta que se evapore en forma de humo blanco y marcando una temperatura entre 200-250 °C.
- Se repitió el procedimiento dos veces más.

- Se aplicó la siguiente fórmula:

$$Ph = \frac{T°ph1 + T°ph2 + T°ph3}{3}$$

Anexo 3E: Procedimiento de índice de acidez

- Se pesó 5 g de la muestra debidamente homogenizada en un matraz de Erlenmeyer de 250 ml.
- Se añadió 50 ml de alcohol neutralizado y agregar 5 gotas de fenolftaleína como indicador.
- Se tituló con NaOH al 0.1 N hasta ligero color rosa.
- Se anotó el gasto de álcali, se calculó el índice de acidez y porcentaje de acidez.
- Se repitió el procedimiento dos veces más.
- Se aplicó la siguiente fórmula:

$$Índice\ de\ acidez = \frac{gasto\ NaOH * N * 40}{peso\ de\ la\ muestra}$$

Anexo 3F: Procedimiento de porcentaje de acidez

- Se pesó 5 g de la muestra debidamente homogenizada en un matraz de Erlenmeyer de 250 ml.
- Se añadió 50 ml de alcohol neutralizado y agregar 5 gotas de fenolftaleína como indicador.
- Se tituló con NaOH al 0.1 N hasta ligero color rosa.
- Se anotó el gasto de álcali, se calculó el índice de acidez y porcentaje de acidez.
- Se repitió el procedimiento dos veces más.
- Se aplicó la siguiente fórmula:

$$Porcentaje\ de\ acidez = \frac{gasto\ NaOH * N * 0.200}{peso\ de\ la\ muestra} * 100$$

Anexo 3G: Procedimiento de índice de yodo (Método Wijs)

- Se pesó al 0.1 mg la cantidad de 0.30 g de la muestra apropiada en un matraz de Erlenmeyer de 250 ml.
- Se añadió 20 ml de tetracloruro de carbono y 25 ml de reactivo de Wijs.
- Se dejó en reposo por 30 min, en un lugar oscuro o cubierto con papel aluminio.
- Se añadió 20 ml de solución de yoduro de potasio al 15 %, 100 ml de agua destilada y agitamos.
- Se tituló con solución de tiosulfato de sodio al 0.1 N empleando almidón como indicador, hasta desaparición del color.
- Se hizo la prueba en blanco.
- Se repitió el procedimiento dos veces más.
- Se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de yodo} = \frac{(blanco - muestra) * N * 12.69}{peso\ de\ la\ muestra}$$

Anexo 3H: Procedimiento de índice de saponificación

- Se pesó al 0.1 mg la cantidad de 3 g de muestra en un matraz de Erlenmeyer de 250 ml.
- Se añadió 50 ml de solución alcohólica de KOH al 0.5 N, conectar el refrigerante y poner a reflujo en baño maría durante 1 h (hasta completa saponificación).
- Se enfrió, se agregó el indicador fenolftaleína y se tituló con solución de HCL al 0.5 N hasta desaparición del color rosa.
- Se hizo la prueba en blanco.
- Se repitió el procedimiento dos veces más.

- Se aplicó la siguiente fórmula:

$$Índice\ de\ saponificación = \frac{(blanco - muestra) * N * 56.1}{peso\ de\ la\ muestra}$$

Anexo 3I: Procedimiento de índice de peróxidos

- Se pesó al 0.1 mg la cantidad de 5 g de muestra en un matraz de Erlenmeyer de 250 ml.
- Se añadió 30 ml de solución de ácido acético - cloroformo 3:2 y 1 ml de solución saturada de yoduro de potasio.
- Se agitó el matraz durante aproximadamente 1 minuto y se añadió 30 ml de agua destilada.
- Se tituló con solución de tiosulfato de sodio al 0.1 N, agitando vigorosamente la muestra y empleando almidón al 1 % como indicador.
- Se hizo la prueba en blanco.
- Se repitió el procedimiento dos veces más.
- Se aplicó la siguiente fórmula:

$$Índice\ de\ peróxidos = \frac{(muestra - blanco) * N * 1000}{peso\ de\ la\ muestra}$$

Anexo 3J: Procedimiento de índice de refracción

- Se prendió el refractómetro y se agregó 3 gotas de agua destilada en el sensor.
- Se taró con agua destilada en el sensor y se absorbió en su totalidad con papel tisú.
- Se agregó 3 gotas de aceite de coco en el sensor y se tomó la lectura en grados Brix.
- Se repitió el procedimiento dos veces más.

- Se aplicó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{c}{v} \qquad IR = (0.00166 * °Brix) + 1{,}33063$$

Anexo 3K: Procedimiento de color (Cie L*a*b*)

- Se prendió el espectrofotómetro y se esperó 20 minutos hasta que cargue bien el sistema.
- Se alistó 4 goteros nuevos para las muestras.
- Se agregó como blanco el agua destilada en la primera celda de 1 ml.
- Se agregó el aceite filtrado a vacío en la segunda celda de 1 ml.
- Se agregó el aceite centrifugado en la tercera celda de 1 ml.
- Se agregó el aceite prensado en frío en la cuarta celda de 1 ml.
- Se seleccionó la longitud de onda correspondiente con un espacio de 10 nm para cada lectura desde 400 nm a 700 nm.
- Se taró con la primera celda de agua destilada en 0.000 de absorbancia.
- Se anotó las lecturas de absorbancias en los 3 aceites de la segunda, tercera y cuarta celda.
- Se repitió el procedimiento dos veces más.
- Se registró todas las lecturas de absorbancias de las 3 repeticiones en Excel.
- Se aplicó la siguiente fórmula:

$$\%T = antilog\,(2 - absorbancia)$$

- Se calculó las coordenadas en el sistema XYZ y se registró en un conversor de sistemas de colores RGB, HUNTERLAB y CIELAB.
- Se utilizó las coordenadas convertidas al sistema CIELAB.

ANEXO 4: DESCRIPCIÓN FOTOGRÁFICA DE LOS TRES PROCESOS DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE COCO

Anexo 4A: Proceso de extracción por filtración a vacío



Foto 1: Cosecha



Foto 2: Selección



Foto 3: Descascarado



Foto 4: Despulpado



Foto 5: Cortado



Foto 6: Desinfección



Foto 7: Molturado

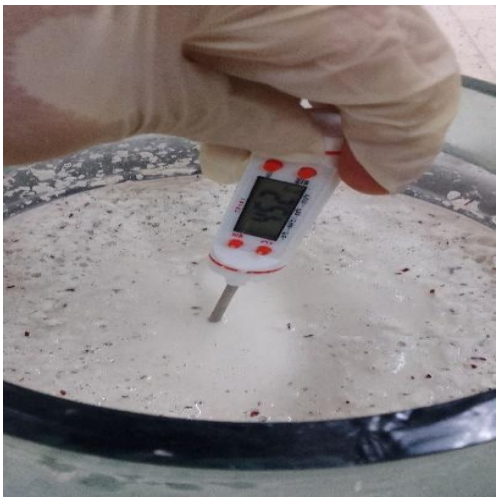


Foto 8: Macerado



Foto 9: Tamizado

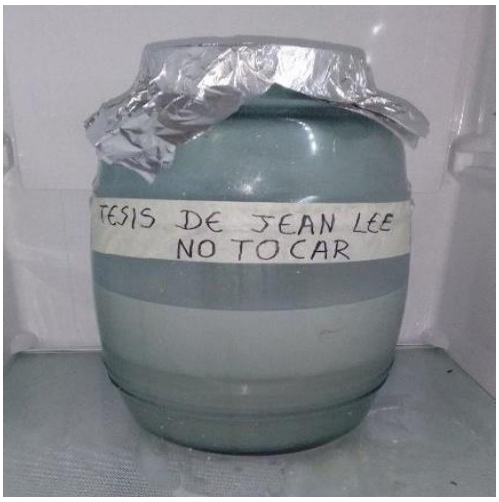


Foto 10: Decantación



Foto 11: Evaporación



Foto 12: Filtración



Foto 13: Filtración a vacío

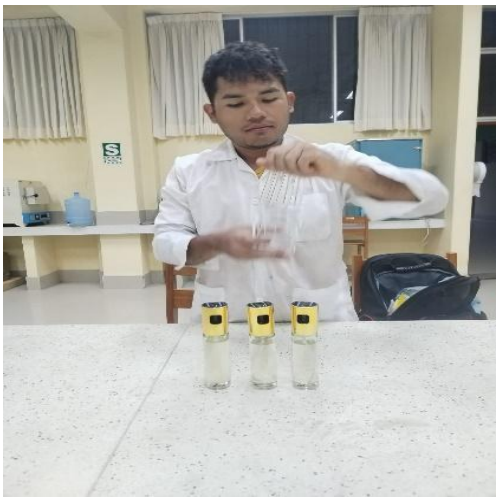


Foto 14: Envasado



Foto 15: Almacenamiento

Anexo 4B: Proceso de extracción por centrifugación



Foto 16: Cosecha



Foto 17: Selección



Foto 18: Descascarado



Foto 19: Despulpado



Foto 20: Cortado



Foto 21: Desinfección



Foto 22: Molturado



Foto 23: Macerado



Foto 24: Tamizado



Foto 25: Decantación



Foto 26: Evaporación

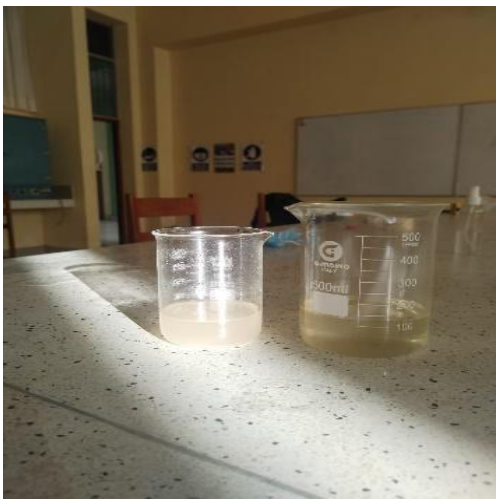


Foto 27: Filtración



Foto 28: Centrifugación



Foto 29: Envasado



Foto 30: Almacenamiento

Anexo 4C: Proceso de extracción por prensado en frío



Foto 31: Cosecha



Foto 32: Selección



Foto 33: Descascarado



Foto 34: Despulpado



Foto 35: Cortado



Foto 36: Desinfección



Foto 37: Molturado



Foto 38: Deshidratado



Foto 39: Prensado en frío



Foto 40: Filtración



Foto 41: Envasado



Foto 42: Almacenamiento

ANEXO 5: DESCRIPCIÓN FOTOGRÁFICA DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE DE COCO DE LOS TRES PROCESOS DE EXTRACCIÓN

Anexo 5A: Características fisicoquímicas del aceite de coco por filtración a vacío



Foto 43: Humedad



Foto 44: Densidad



Foto 45: Punto de fusión

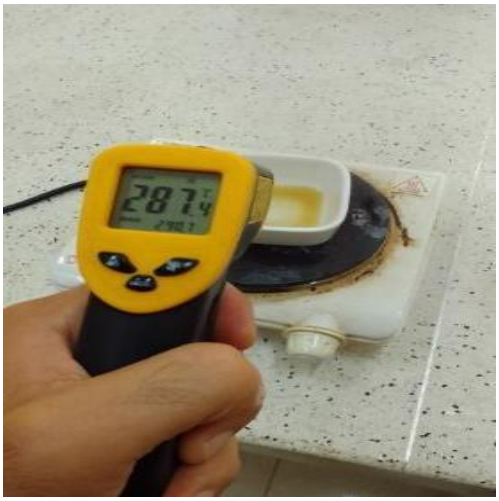


Foto 46: Punto de humo



Foto 47: Índice de acidez



Foto 48: Porcentaje de acidez



Foto 49: Índice de yodo



Foto 50: Índice de saponificación



Foto 51: Índice de peróxidos



Foto 52: Índice de refracción



Foto 53: Color

Anexo 5B: Características fisicoquímicas del aceite de coco por centrifugación



Foto 54: Humedad



Foto 55: Densidad



Foto 56: Punto de fusión



Foto 57: Punto de humo



Foto 58: Índice de acidez



Foto 59: Porcentaje de acidez



Foto 60: Índice de yodo



Foto 61: Índice de saponificación



Foto 62: Índice de peróxidos



Foto 63: Índice de refracción



Foto 64: Color

Anexo 5C: Características fisicoquímicas del aceite de coco por prensado en frío



Foto 65: Humedad



Foto 66: Densidad



Foto 67: Punto de fusión



Foto 68: Punto de humo



Foto 69: Índice de acidez



Foto 70: Porcentaje de acidez

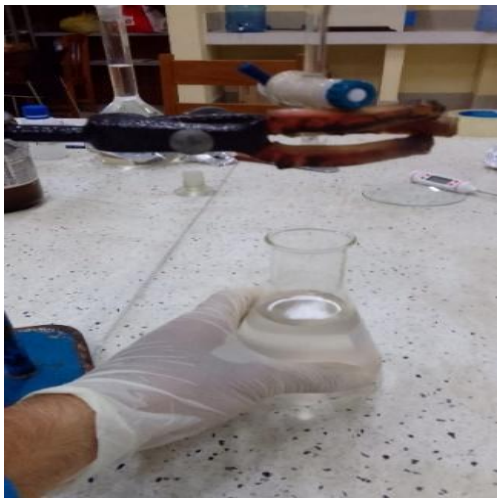


Foto 71: Índice de yodo



Foto 72: Índice de saponificación



Foto 73: Índice de peróxidos



Foto 74: Índice de refracción



Foto 75: Color