

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE
DE DIOS

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA
AGROINDUSTRIAL



Evaluación de los parámetros del proceso de desgomado y
blanqueado de manteca de Copuazú (*Theobroma grandiflorum*
[Willd. ex. Spreng.] K. Schum.)

TESIS PRESENTADO POR:

Bachiller: MAMANI MARRON, Dennis

Bachiller: CCAHUATA HUMPIRE,
Miguel Nemesio

PARA OPTAR EL TITULO
PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL

ASESOR: M Sc. FLORES ARIZACA,
Jesús Manuel

CO-ASESOR: M Sc. CHAÑI PAUCAR,
Larry Oscar

PUERTO MALDONADO, 2021.

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE
DE DIOS

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA
AGROINDUSTRIAL



Evaluación de los parámetros del proceso de desgomado y
blanqueado de manteca de Copuazú (*Theobroma grandiflorum*
[Willd. ex. Spreng.] K. Schum.)

TESIS PRESENTADO POR:

Bachiller: MAMANI MARRON, Dennis

Bachiller: CCAHUATA HUMPIRE,
Miguel Nemesio

PARA OPTAR AL GRADO O TITULO
PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL

ASESOR: M Sc. FLORES ARIZACA,
Jesús Manuel

CO-ASESOR: M Sc. CHAÑI PAUCAR,
Larry Oscar

PUERTO MALDONADO, 2021.

DEDICATORIA

A mis padres, que con su esfuerzo y constancia hizo posible la culminación de mi formación profesional, no me alcanzara la vida para devolverlos todo lo que hicieron por mí.

A mis hermanos que me apoyan incondicionalmente en cada paso que decido tomar.

A mi Asesor, por el conocimiento, tiempo y dedicación que me brinda para realizar este trabajo de investigación.

Dennis Mamani Marron

A mi esposa que con su paciencia acompaña mis días para poder lograr el éxito profesional.

A mi Padre, por el apoyo incondicional que me brinda.

A mi abuelita, que desde que te fuiste dejaste un vacío en mí, me gustaría compartir este gran logro con usted, "te necesito mucho".

Miguel Nemecio Ccahuata Humpire

AGRADECIMIENTOS

A Dios por dame la vida, salud y las bendiciones en todo el trayecto de mi formación profesional.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, por formarme un profesional competitivo, con valores éticos y morales.

Al Ingeniero Jesús Manuel Flores Arizaca, así mismo, al Ingeniero Larry Oscar Chañi Paucar por su dirección, colaboración, asesoramiento y aporte brindado en la elaboración de este trabajo de investigación.

A mis padres y hermanos por el apoyo constante.

A todas las personas que colaboraron de una u otra manera en la realización de este proyecto de investigación.

Dennis Mamani Marrou.

PRESENTACION

La presente tesis, tiene como finalidad dar a conocer el efecto de los cambios en las condiciones de operación del desgomado y blanqueado de la manteca de semillas de Copuazú (*Theobroma grandiflorum*, [Willd. Ex. Spreng] K. Schum) en la reducción de AGL, fosfolípidos y pigmentos, permanencia de ácidos grasos polinsaturados y propiedades fotoprotectoras, interrelacionándose los diferentes parámetros en el Desgomado [Porcentaje de agua (%), Tiempo de residencia (min), Temperatura de operación (°C) y Velocidad de agitación (rpm)] y Blanqueo [Temperatura de operación (°C), Tiempo de operación (min), Relación másica carbón activado en aceite crudo (MCA:MAC) y tamaño de carbón (# malla)] estableciéndose el valor de los parámetro considerados estadísticamente como óptimos para el refinamiento de manteca cruda de Copuazú. El contenido consta de los siguientes capítulos:

Capítulo I: Problema de Investigación, en donde se consigna la descripción, problematización y formulación del problema, describiéndose los objetivos, la operacionalización de las variables, las hipótesis y la justificación.

Capítulo II: Marco teórico, donde se describe la base teórica del trabajo de investigación, enfatizando la manteca de Copuazú, proceso de refinamiento de la manteca de Copuazú en el desgomado y blanqueado.

Capítulo III: metodología de investigación en donde se presenta la metodología desarrollada para validar la hipótesis a través de los trabajos experimentales utilizando un diseño de compuesto central y superficie de respuesta, utilizando software Desing expert 11.1.0.1, además, se describe la metodología del análisis de fosforo, índices de calidad y color de la manteca de Copuazú.

Capitulo IV: resultados de trabajo de investigación en donde se describe los resultados encontrados de la investigación de las condiciones de proceso de desgomado y blanqueado.

Por último, se consigna las conclusiones de trabajo de investigación.

RESUMEN

El efecto de la variación en las condiciones de operación del desgomado y blanqueo de la manteca de Copuazú (*T. grandiflorum*) en la reducción de fosfolípidos, pigmentos y la variación de los índices de calidad, aplicando un diseño de compuesto central (DCC) y una metodología de superficie de respuesta (RSM), para el desgomado se estudió las variable % de agua y temperatura (°C), en donde la condición óptima fue: 5% agua y 50°C, Obteniéndose un desgomado con 0,029% de fosfolípidos, IP de 5,98 meq de O₂/kg, IA de 1,68 mg KOH/g, IS de 179,4 mg KOH/g y una intensidad de color de 8,4. Para el proceso de blanqueo la condición de operación optima fue: 80°C, 20 min, 8% de carbón y tamaño de partícula del carbón 80 #malla. Obteniéndose una manteca blanqueado con 0,023% de fosfolípidos, IP de 9,95 meq de O₂/kg manteca, IA de 1,12 mg KOH/g, IS de 131,8 mg KOH/g y una intensidad de color de 0,6. La manteca refinada de Copoazú ha mejorado en las propiedades físico-químicas, manteniéndose el IA de 1,12 mgKOH/g, IR de 1,462 durante todo el proceso de refinamiento, el IP vario desde el proceso de desgomado al blanqueado de 5,98 a 9,95 meq de O₂/Kg de manteca, por otro lado, se redujo el % fosfolípidos 0,04 a 0,023, IS de 165,33 a 131,84 mgKOH/g manteca y el color de 9,4 a 0,6.

Palabras claves: Refinación, manteca de Copuazú, peróxido, intensidad de color, carbón activado, optimización, modelos matemáticos.

ABSTRACT

The effect of the variation in the operating conditions of the degumming and bleaching of Copuazú butter (*T. grandiflorum*) in the reduction of phospholipids, pigments and the variation of the quality indices, applying a central compound design (DCC) and A response surface methodology (RSM), for degumming the variable% water and temperature (° C) are studied, where the optimal condition was: 5% water and 50 ° C, obtaining a degumming with 0,029% phospholipids , IP 5,98 meq O₂ / kg, AI 1,68 mg KOH / g, IS 179,4 mg KOH / g and a color intensity of 8,4. For the bleaching process, the optimal operating condition was: 80 ° C, 20 min, 8% carbon and carbon particle size 80 mesh. Obtaining a bleached butter with 0,023% phospholipids, IP 9,95 meq O₂ / kg butter, IA 1,12 mg KOH / g, IS 131,8 mg KOH / g and a color intensity of 0,6. The refined butter of Copoazú has improved in the physico-chemical properties, maintaining the IA of 1,12 mgKOH / g, IR of 1,462 throughout the refining process, the IP varied from the degumming process to the bleaching of 5,98 to 9,95 meq O₂ / Kg butter, on the other hand, the % phospholipids was reduced from 0,04 to 0,023, the IS 165.33 to 131.84 mgKOH / g butter and the color 9,4 to 0,6 .

Keywords: Refining, copuazu butter, peroxide, color intensity, activated carbon, optimization, mathematical models.

GLOSARIO

AGL: ácidos grasos libres
ANOVA: análisis de varianza
bar: unidad de presión
cm: centímetro
cap.: capacidad
DCC: diseño de compuesto central
L: litro
M: molaridad
min: minuto
meq: miliequivalente
mm: milímetro
mg: miligramo
ml: mililitro
N: normalidad
nm: nanómetro
h: hora
IP: índice de peróxido
IA: índice de acidez
IR: índice de refracción
IS: índice de saponificación
rpm: revoluciones por minuto
RSM: metodología de superficie de respuesta
°C: grados centígrados
%: porcentaje
g: gramo
kg: kilogramo
p/p: peso: peso
ppm: partes por millón
μ: micras
μm: micrómetro
torr: unidad de presión

INTRODUCCION

El Copuazú es un fruto de gran importancia económica en la región amazónica (Coopssur, 2019), por tanto, se hace necesario ampliar el conocimiento referente al aprovechamiento integral y sostenible de la misma, orientados a procesos de transformación cuyos productos sean de utilidad económica en la industria alimentaria, farmacológica y cosmética. Las semillas de Copuazú contienen un promedio de 60% de grasa (Lannes et al. 2003) siendo un potencial para la industria cosmética (Melgarejo et al. 2006), La manteca de Copuazú es una mezcla compleja de triacilgliceroles (Silva et al. 2009), que está constituida por un 50,43% de ácidos grasos saturados y 40,82% de insaturados (Alviárez et al. 2016). así mismo, contiene nueve flavonoides, (+)-catequin, (-)-epicatequin, isoscutellarein 8-O-β-D-glucuronida, hipolaetin 8-O-β-glucuronida, quercetin 3-O-β-D-glucuronida, quercetin 3-O-β-D-glucuronida 6"-metil ester, quercetin, kaempferol, y isoscutellarein 8-O-β-D-glucuronida 6"-metil ester (Pugliese et al. 2013), debido a estas proporciones de flavonoides presentes en la manteca de Copuazú, es ideal para la formulación de productos de uso dermatológico y farmacológico (Gilabert-Escrivá et al. 2002).

La manteca cruda obtenida viene con componentes indeseables para el uso y vida útil. Por lo tanto, es necesario someter a un proceso de refinamiento para eliminar materiales indeseables (fosfolípidos, monoacilgliceroles, diacilgliceroles, ácidos grasos libres, pigmentos, materiales oxidados, componentes de sabor, metales traza y compuestos de azufre)(O'Brien et al. 2000). También se pueden eliminar componentes valiosos que son antioxidantes, vitaminas como los carotenos y tocoferoles. Por lo tanto, estos procesos deben estar diseñados para minimizar los compuestos indeseables. Existen dos métodos de refinación para mantecas vegetales, ya sea por refinamiento químico o físico, el método más empleado en la refinería es el método químico, que consiste en desgomado, neutralizado, blanqueado y desodorización. Las etapas del proceso de desgomado y blanqueo son reconocidas como áreas críticas en la refinería de aceite, por la efectiva separación de compuestos indeseables, que deben ser monitoreados

cuidadosamente durante todo el proceso, porque cualquier imperfección durante estas etapas afectaría enormemente el proceso de refinación y finalmente al producto terminado (Mohd et al. 2006).

El desgomado es un proceso en la cual se elimina los fosfolípidos, proteínas, carbohidratos, gomas vegetales y componentes coloidales que influyen negativamente en la capacidad de mantenimiento de la grasa, además, son materiales indeseables porque aumentan la pérdida del aceite neutro (Hammond 1999). Por otro lado, el blanqueo está diseñado no solo para eliminar el pigmento, si no para descomponer los peróxidos, que está involucrada en la oxidación fotosensibilizada. El blanqueo es uno de los procesos más costosos para la industria de aceites, causado principalmente por los agentes blanqueadores como son la tierra de blanqueo, carbón activado y sílice (Mohd et al. 2006). No hay ningún sistema que pueda estimar la cantidad correcta de productos químicos que se agregarán de acuerdo con la calidad la manteca cruda de Copuazú utilizado. Por lo tanto, se ha convertido de interés para las refinerías, la reducción del consumo de agentes blanqueantes y productos químicos.

La investigación estará enmarcada a resolver a qué condiciones óptimas de operación se llevan a cabo el proceso de desgomado y blanqueo de la manteca de Copuazú (*Theobroma grandiflorum*, [Willd. ex Spreng] K. Schum) se logra reducir los ácidos grasos libres (AGL), fosfolípidos, pigmentos y la variación de los índices de calidad.

La manteca de Copuazú es sometido a un desgomado con agua, para eliminar los fosfolípidos, existen dos tipos de fosfolípidos, los fosfolípidos hidratables se eliminan mediante la adición de agua y los no hidratables mediante la adición de ácidos (Segers y Sander 1990); Biermann et al. 2011). Luego es sometido a un proceso de blanqueo, en donde se elimina las partículas de color que están presentes en el aceite disuelto, al ser un proceso físico, es decir adsorción, el blanqueo también es un proceso químico por la interacción de colorantes y los centros químicamente activos de la tierra de blanqueo. Este proceso de blanqueo es supeditado por el tiempo, temperatura, cantidad de tierra de blanqueo, humedad y agente blanqueador (Biermann et al. 2011).

CONTENIDO

Pág.

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
GLOSARIO	
INTRODUCCION	
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Formulación del problema	3
1.3 Objetivos	3
1.4 Variables	3
Variable Independiente	3
Variables Dependientes:	4
Variables Intervinientes:	4
1.5 Operacionalización de variables	5
1.6 Hipótesis.....	6
1.7 Justificación.....	6
1.8 Consideraciones éticas.....	7
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	8
2.1. Antecedentes de estudios	8
2.2. Marco teórico.....	14
2.2.1. Copuazú	14
2.2.2. Clasificación taxonómica.....	14
2.2.3. Descripción botánica.....	15
2.2.4. Utilización de Copuazú	17
2.2.5. Producción de Copuazú.....	17
2.2.6. Manteca de Copuazú	19
2.2.7. Calidad de la manteca de Copuazú	19
2.2.8. Composición de aceites y grasas.....	23
2.2.9. Ácidos grasos	23
2.2.10. Glicerolipidos	24
2.2.11. Ácidos grasos libres.....	25

2.2.12. Fosfolípidos.....	25
2.2.13. Ceras	27
2.2.14. Metales traza	27
2.2.15. Oxidación.....	28
2.2.16. Pigmentos de color	28
2.2.17. Sistemas de refinamiento.....	29
2.2.18. desgomado	30
<i>Teoría del desgomado</i>	31
<i>Tipos de desgomado</i>	32
2.2.19. Neutralización caustica	33
2.2.20. Blanqueado.....	34
<i>Teoría del blanqueo</i>	34
<i>Métodos de blanqueo</i>	35
2.2.20.1. <i>Agentes de blanqueo</i>	35
2.2.21. Factores que intervienen en el proceso de blanqueo	39
2.2. Definición de términos	41
CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	42
3.1. Tipo de estudio.....	42
3.2. Diseño del estudio.....	42
3.3. Población y muestra	42
3.3.1.Lugar de ejecución.....	42
3.3.2.Población	42
3.3.3.Muestra.....	43
3.4. Métodos y técnicas.....	43
3.4.1.Materiales, equipos y reactivos	43
3.4.2.Metodología	47
3.4.3. Acondicionamiento de semillas de Copuazú.....	47
3.4.4.Extracción de manteca por prensado hidráulico.....	49
3.4.5.Análisis físico químico de la manteca de Copuazú.....	51
3.4.6.Desgomado de la manteca de Copuazú	51
3.4.7.Blanqueado de la manteca de Copuazú.....	53
3.4.8.Neutralización	54
3.4.9.Lavado	55
3.4.10. Método de determinación de fosforo	57
3.4.12. Método de colorimetría	63

3.4.13. Método de activación química del carbón	64
2.4. Tratamiento de los datos	64
4.1. Extracción y análisis físico-químico de la manteca de Copuazú	68
4.2. Desgomado	72
4.2.1. Concentración de fosfolípidos en el desgomado	73
4.2.2. Índice de peróxidos	77
4.2.3. Índice de acidez	78
4.2.4. Índice de saponificación	78
4.2.5. Remoción de agua	79
4.2.6. Rendimiento de Remoción de goma	82
4.2.7. Retención de grasa	84
4.3. Blanqueo	88
4.3.1. Índice de peróxidos	89
4.3.2. Índice de acidez	92
4.3.3. Índice de saponificación	92
4.3.4. Concentración de fosfolípidos	97
4.3.5. Opacidad	98
CONCLUSIONES.....	102
SUGERENCIAS	104
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	105

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1. Planta (A) y fruto de Theobroma grandiflorum (B)</i>	14
<i>Figura 2. lavado y quebrado de Copuazú</i>	15
<i>Figura 3. Semilla fresca despulpada (A) y semilla pelada (B)</i>	17
<i>Figura 4. Producción de Copuazú en el departamento de Madre de Dios.</i> 18	
<i>Figura 5. Manteca de Copuazú</i>	19
<i>Figura 6. tierra de fuller</i>	36
<i>Figura 7. tierra de fuller activado con acido</i>	37
<i>Figura 8. carbón activado</i>	38
<i>Figura 9. silicato sintético</i>	38
<i>Figura 10. semillas frescas (A); pesado de manteca de Copuazú (B)</i>	47
<i>Figura 11. selección de semillas buenas de Copuazú (A), tamaño uniforme de semillas (B) y clasificación de acuerdo al tamaño (C).</i>	48
<i>Figura 12. Semilla seleccionada (A), pelado manual (B) pelado fresco (C).</i> 48	
<i>Figura 13. Estufa modelo MS-H3 (A) y semillas deshidratadas (B)</i>	49
<i>Figura 14. semillas secas (A) y molino de disco manual (B)</i>	49
<i>Figura 15. equipo estufa (A) y calentamiento de semilla molida(B)</i>	50
<i>Figura 16. prensa hidráulica de extracción (A), manteca en estado líquido (B) y envasado de la manteca de Copuazú (C)</i>	50
<i>Figura 17. Muestra de manteca cruda, desgomado, blanqueado (A); muestras de desgomado y blanqueado (B); análisis de índice de peróxidos (C) y índice de acidez (D).</i>	51
<i>Figura 18. Calentamiento de la manteca (A); manteca agregada con agua destilada (B); separación del aceite y las gomas (C).</i>	52
<i>Figura 19. Equipo centrifuga con refrigeración (A); centrifugado de fosfolípidos hidratables (B) y otros componentes indeseables del aceite (C).</i>	53
<i>Figura 20. Calentamiento del aceite desgomado (A); adición del carbón activado (B); filtrado del aceite blanqueado (C).</i>	54
<i>Figura 21. Aceite neutralizado (A); neutralizado y centrifugado (B); gomas del centrifugado con diferente grado de color (C).</i>	54

<i>Figura 22. Lavado del aceite desgomado, blanqueado y neutralizado.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 23. Diagrama de bloques del proceso de refinamiento de la manteca cruda de Copuazú.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 24. Diagrama de cromaticidad de espacio de color CIELAB.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 25. Superficie de contorno para la remoción de fosfolípidos.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 26. Superficie de contorno para la remoción de agua.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 27. superficie de contorno de rendimiento de remoción de gomas..</i>	<i>84</i>
<i>Figura 28. superficie de contorno para el porcentaje de retención de grasa</i>	<i>87</i>
<i>Figura 29. superficie de contorno para el índice de peróxido</i>	<i>91</i>
<i>Figura 30. superficie de contorno con interacción de dos factores del índice de saponificación.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 31. superficie de contorno para el nivel de opacidad.....</i>	<i>100</i>

INDICE DE TABLAS

	Pág.
<i>Tabla 1. Variables independientes, dependientes e intervinientes.....</i>	5
<i>Tabla 2. Producción de Copuazú en Madre de Dios.....</i>	18
<i>Tabla 3: Comparación de ácidos grasos de aceite de Copuazú y Cacao ...</i>	20
<i>Tabla 4: Índice de calidad del aceite de Copuazú</i>	20
<i>Tabla 5: Medición de la rancidez oxidativa de la manteca de Copuazú con respecto a la temperatura</i>	21
<i>Tabla 6: Composición del Copuazú y cacao (humedad, cenizas, lípidos, proteínas, fibras y minerales g/kg DW).....</i>	22
<i>Tabla 7: Contenido de cafeína, fenoles totales, proantocianidinas totales y capacidad antioxidante in vitro de licores de Copuazú y cacao.....</i>	22
<i>Tabla 8: contenido de fosfolípidos en materiales biológicos.....</i>	26
<i>Tabla 9. Información del diseño experimental del desgomado.....</i>	64
<i>Tabla 10. Matriz de factores y niveles para el estudio del desgomado.....</i>	64
<i>Tabla 11. Matriz de respuestas para el estudio de desgomado.....</i>	65
<i>Tabla 12. Matriz de diseño para el tratamiento de desgomado.....</i>	65
<i>Tabla 13. Información del diseño de blanqueo</i>	66
<i>Tabla 14. Matriz de factores y niveles para el estudio de blanqueo.....</i>	66
<i>Tabla 15. Matriz de respuesta para el estudio del blanqueado.....</i>	66
<i>Tabla 16. matriz de diseño con tratamiento para el blanqueado.....</i>	67
<i>Tabla 17. Cantidad de manteca cruda obtenido por prensado hidráulico (base de cálculo: 100 g muestra b.s)</i>	68
<i>Tabla 18. Análisis físico químico de manteca cruda de Copuazú.....</i>	70
<i>Tabla 19. Análisis estadístico de resultados indicados en la tabla 19.....</i>	70
<i>Tabla 20. Índice de calidad (autores varios).....</i>	71
<i>Tabla 21. Resultados del proceso de desgomado.....</i>	73
<i>Tabla 22. ANOVA para modelo cúbico reducido de la remoción de fosfolípidos.....</i>	74
<i>Tabla 23. Estadísticas de ajuste</i>	75
<i>Tabla 24. Coeficientes en términos de factores cod. y decodificados.....</i>	75

<i>Tabla 25. ANOVA para modelo CR del índice de peróxidos.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 26. ANOVA para modelo lineal del índice de acidez.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 27. ANOVA para el modelo 2FI del índice de saponificación.....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 28. ANOVA para modelo cúbico reducido.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 29. Estadísticas de ajuste.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 30. Coeficientes en términos de factores cod. y decodificados.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 31. ANOVA para el modelo 2FI.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 32. Estadísticas de ajuste.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 33. Coeficientes en términos de factores cod. y decodificados.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 34. ANOVA para modelo cúbico reducido.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 35. Estadísticas de ajuste.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 36. Coeficientes en términos de factores cod. y decodificados.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 37. Resultados del proceso de blanqueado.....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 38. ANOVA para modelo lineal del índice de peróxidos.....</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 39. Estadísticas ajuste.....</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 40. Coeficientes en términos de factores cod. y decodificados.....</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 41. ANOVA para modelo lineal del índice de acidez.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 42. ANOVA para modelo cuadrático del índice de saponificación.....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 43. estadística de ajuste para el índice de saponificación.....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 44. factores de coeficientes codificados y decodificados.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 45. ANOVA para modelo lineal para el porcentaje de fosfolípidos....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 46. ANOVA para modelo lineal para el porcentaje de opacidad.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 47. estadística de ajuste para el porcentaje de opacidad.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 48. Coeficientes en términos de factores cod. y decodificados.....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 49. Resultado del giro de color en el proceso de blanqueo.....</i>	<i>101</i>

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 Descripción del problema

En el refinamiento de aceites y grasas, los procesos de desgomado y blanqueado son reconocidos como áreas críticas (Mohd et al. 2006). Ya que la finalidad del desgomado, es eliminar los fosfolípidos y mejorar su estabilidad física. Por otro lado, el blanqueado es un proceso diseñado no solo para eliminar el pigmento, sino es importante para descomponer los peróxidos. Por lo tanto, es importante someter a un proceso de refinamiento, para eliminar los materiales indeseables como fosfolípidos, ácidos grasos libres, pigmentos, materiales de oxidación, componentes de sabor, metales traza y compuestos de azufre, también pueden eliminar componentes valiosos que son antioxidantes, vitaminas como los carotenos y tocoferoles (Gunstone 2011). Por lo tanto, estos procesos deben estar diseñados para retener los componentes valiosos y minimizar el contenido de los componentes indeseables. La separación de componentes minoritarios como fosfolípidos, AGL, en estas etapas del proceso, se deben controlarse cuidadosamente, ya que cualquier imperfección afectarán enormemente a las etapas subsecuentes del refinamiento y finalmente la calidad del producto (Ruiz Méndez et al. 1991). La manteca natural de Copuazú, consiste de una mezcla compleja de triacilgliceroles (TAGs) (Silva et al. 2009), cristalizándose en diferentes formas, polimorfismo que afecta significativamente las propiedades físicas y funcionales del producto final y su uso en cosméticos, farmacéutica y alimentos. La cantidad mayoritaria de ácidos grasos en la manteca de Copuazú, son: oleico, esteárico, palmítico y araquídico con 7,97; 38,79; 38,09 y 11,25 % respectivamente; así mismo, contiene nueve flavonoides, (+)-catequin, (-)-epicatequin, isoscutellarein 8-O- β -D-glucuronida, hipolaetin 8-O- β -glucuronida, quercetin 3-O- β -D-glucuronida, quercetin 3-O- β -D-glucuronida 6"-metil ester, quercetin, kaempferol, y isoscutellarein 8-O- β -D-glucuronida 6"-

metil ester (Pugliese et al. 2013), componentes que son responsables de propiedades fotoprotectoras y regeneradoras capilares, importante en cosmética, estos componentes fueron las que se retuvieron en los procesos de refinamiento llevados a cabo. Por consiguiente, fue relevante establecer una metodología del desgomado y blanqueado de la manteca cruda de *T. grandiflorum*, considerando en el desgomado el rango óptimo de valores operacionales, tales como: tiempo de residencia (min), tipo de agente desgomante, relación agente: manteca (g:g), velocidad de agitación (rpm) y temperatura de operación (°C), con el fin de reducir el contenido de fosfolípidos, metales traza y compuestos de peróxidos sin afectar la calidad de la manteca (Hernández et al. 2007), ya que algunos indicadores de calidad están relacionados exponencialmente con el aumento de la temperatura y el tiempo, por lo tanto la vida útil de los lípidos disminuye logarítmicamente al aumentar la temperatura (Gunstone 2011), algunos componentes menores afectan negativamente la calidad del aceite, mientras algunos pueden jugar un papel positivo en la nutrición y función. La calidad oxidativa es altamente susceptible a la oxidación de lípidos, que depende principalmente del ácido graso, ya que el mecanismo de oxidación de lípidos es la descomposición de hidroperóxidos (Frankel 2012). Para ello, fue necesario establecer las condiciones de operación del blanqueado para descomponer peróxidos y clorofila, considerando la temperatura de proceso (°C), el tiempo de residencia (min), la velocidad de agitación (rpm), la relación másica del adsorbente : manteca (g:g), y el tipo de adsorbente (tierra de batanero, arcillas activadas o carbones vegetales) (Borner G. H. & Schneider M. 2003). Considerando que algunas tierras activadas más ácidas pueden afectar el contenido de AGL incrementándolas, especialmente si el tiempo de contacto es largo, hay humedad y jabón presente. Además, la concentración de la arcilla blanqueadora tiene efecto directo con el valor de peróxidos, ya sea por el tipo y la cantidad (baja- alta) de arcilla utilizada (Mounts 1981). Por consiguiente, se determinaron los parámetros óptimos para obtener un producto final, “manteca de Copuazú refinado”, con características físico-químicas establecidas para uso en cosmética y nutracéutica.

1.2 Formulación del problema

¿En qué medida influyen las condiciones de operación en desgomado y blanqueado de la manteca de Copuazú (*Theobroma grandiflorum*, [Willd Ex. Spreng] K. Schum) en la reducción de fosfolípidos, pigmentos y la variación de los índices de calidad?

1.3 Objetivos

Objetivo general

- Evaluar el efecto de la variación en las condiciones de operación del desgomado y blanqueado de la manteca de Copuazú (*Theobroma grandiflorum*, [Willd. ex Spreng] K. Schum) en la reducción fosfolípidos, pigmentos y la variación de los índices de calidad.

Objetivo específico

- Establecer una relación cuantitativa de los parámetros en el proceso de desgomado de la manteca cruda de *T. grandiflorum* en la reducción de fosfolípidos y la variación de los índices de calidad utilizando diseño experimental compuesto central;
- Establecer una relación cuantitativa entre los parámetros del proceso de blanqueado de la manteca desgomada en la variación de los índices de calidad, reducción de fosfolípidos y pigmentos, utilizando diseño experimental compuesto central.

1.4 Variables

Variable Independiente

Condiciones de operación en el desgomado y blanqueo, las cuales se detallan de la siguiente manera.

Desgomado

- Porcentaje de agua añadida (%)
- Temperatura de operación (°C)

Blanqueado

- Temperatura de operación (°C)

- Tiempo de operación (min)
- Relación másica carbón activado en aceite crudo ($M_{CA}:M_{AC}$)
- Tamaño de partículas del carbón (# malla)

Variables Dependientes:

- Ácidos grasos libres (% ácido oleico)
- Reducción de fosfolípidos (%)
- Reducción de pigmentos (escala Garner)
- Variación en los índices de calidad.

Variables Intervinientes:**Desgomado**

- Tiempo de residencia (min)
- Velocidad de agitación (rpm)
- Temperatura de agua destilada (°C)

Blanqueado

- Velocidad de agitación (rpm)

1.5 Operacionalización de variables

Tabla 1. Variables independientes, dependientes e intervinientes.

VARIABLE	INDICADORES	UNIDADES	ÍNDICES
Variable Independiente: condiciones de operación			
Desgomado	Porcentaje agua	de (%)	2,2; 3; 5;7; 7,8
	Tiempo residencia	de (min)	30
	Temperatura operación	de (°C)	49,8; 55; 67,5; 80; 85,2
	Velocidad agitación	de (rpm)	650
Blanqueo	Temperatura operación	de (°C)	60; 80; 100; 120; 140
	Tiempo operación	de (min)	10; 20; 30; 40; 50
	Relación másica carbón activado en aceite crudo (M _{CA} :M _{AC})	(%)	8; 10; 12; 14
	Tamaño partícula carbón	de del (# malla)	60; 80; 100; 120; 200
Variable Dependiente			
Fosfolípidos	Fosfolípidos	(%)	
Color	Intensidad de color	Chroma	
Indices de calidad	Índice peróxidos	de (mEqO ₂ /kg)	
	Índice de acidez	(mg KOH/g) de	
	Índice saponificación	de (mg KOH/g) de	
	Índice refracción	de N	
Variables intervinientes			
Desgomado	Velocidad agitación	de Rpm	650
	Tiempo residencia	de Min	30
	Temperatura agua destilada	de °C	60
Blanqueo	Velocidad agitación	de Rpm	650

Fuente: Elaboracion propia, 2020.

1.6 Hipótesis

H₀: A condiciones óptimas de operación a las cuales se llevan a cabo los procesos de desgomado y blanqueado de la manteca cruda de Copuazú (*Theobroma grandiflorum*, [Willd. Ex. Spreng.] K. Schum) se logra reducir significativamente los fosfolípidos y pigmentos, manteniendo los índices de calidad recomendados para uso cosmético.

H₁: A condiciones óptimas de operación a las cuales se llevan a cabo los procesos de desgomado y blanqueado de la manteca cruda de Copuazú (*Theobroma grandiflorum*, [Willd. Ex. Spreng.] K. Schum) no se logra reducir significativamente los fosfolípidos y pigmentos, ni el manteniendo de los índices de calidad recomendados para el uso cosmético.

1.7 Justificación

La manteca de Copuazú como la mayoría de los aceites vegetales y grasas se componen de mezclas de triglicéridos que constituye alrededor del 95% de sus componentes (Fuentes et al. 2010) y un no triglicérido que contiene cantidades variables de fosfolípidos, ácidos grasos libres, la materia insaponificable, productos de oxidación y otras impurezas. Estas impurezas tienen un efecto adverso sobre la calidad de la manteca de *T. grandiflorum* en especial frente a las propiedades nutricionales, funcionales y sensoriales. En consecuencia, la manteca de Copuazú tradicional tiene que ser purificado (refinado) con el fin de mitigar estos componentes y su calidad general con el menor daño al triglicérido. De las semillas del fruto de Copuazú se obtiene manteca, muy utilizada en la formulación de cosméticos hidratantes y en la industria alimenticia (Enriquez 2013). La base de los productos cosméticos es la manteca de Copuazú, que se comercializa en combinación con aceite de chía, aceite de coco y aceite de castaña, que son utilizados en diferentes productos de belleza (Castillo Quiroga 2014). La grasa de la semilla de Copuazú ayuda a mejorar y a nutrir la piel debido a su extrema capacidad de absorción de agua y propiedades emolientes (Moreno, Sandoval y Criollo 2013). El Copuazú tiene un potencial antioxidante en la pulpa y en las semillas, en donde se identificaron proantocianidinas y flavonoides como quercetina y

caemferol compuestos que han sido relacionados con la disminución del riesgo de padecer ciertas enfermedades cancerígenas (Murillo A et al. 1994), las moléculas que contiene potencial antioxidante, tienen el poder de presentar un efecto protector contra enfermedades degenerativas importantes, como el cáncer y las enfermedades cardiovasculares (Galeano, Cuellar y Schinella 2012). La manteca de Copuazú es importante para la industria cosmética por el buen contenido de ácidos grasos lo cual favorece su industrialización como la base de productos de champú, jabones, cremas, lápiz labial entre otros productos (Murillo A et al. 1994). También es importante sus semillas para la industria alimentaria por tener un alto porcentaje de proteínas y grasas, generalmente para la producción de chocolate blanco (Leal 2015).

1.8 Consideraciones éticas

El presente trabajo de investigación aborda el tema de los aspectos éticos involucrados en las investigaciones científicas en todas las etapas del proceso de experimentación; acondicionamiento de la materia prima, se trabajaron bajo estrictas medidas de buenas prácticas de manufactura, la obtención de la manteca cruda de Copuazú se aseguró la idoneidad del producto, fue realizado en óptimas condiciones cumpliendo con las normas de higiene y saneamiento del ambiente y equipos utilizados en el proceso de refinamiento de la manteca de Copuazú.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudios

Wu et al. (2019) realizo el estudio sobre efecto del proceso de refinación sobre las propiedades fisicoquímicas y micronutrientes de aceites de colza. En la cual, el proceso de desgomado se realizó a 55°C durante 30 minutos, utilizando agua destilada al 4% p/p y ácido fosfórico al 0,2% p/p, la neutralización a 65°C durante 30 min, utilizando una solución de NaOH de 16° Baumé, para el proceso de blanqueado a 95°C durante 20 minutos, con una tierra activa con ácido al 3% p/p. El resultado mostro un aumento en el índice de acidez, el índice de peróxido y el índice de p-anisidina en la refinación, mientras que el contenido de tocoferoles, esteroides, β -caroteno y fenoles, considerados importantes compuestos nutricionales, disminuyó.

Gurdeep et al. (2017) realizó el estudio de la refinación del aceite de semilla de caucho crudo como materia prima para la producción de biocombustibles. Se estudiaron los efectos de tres parámetros como la dosis de ácido fosfórico (0.5 - 1.0% en peso), la dosis de tierra blanqueadora (15-40% en peso) y el tiempo de reacción (20-40 min) en el índice de peróxido del aceite refinado siguiendo un diseño compuesto central (CCD). El análisis de varianza muestra que la dosificación de la tierra blanqueadora fue el factor más influyente seguido por el tiempo de reacción y la dosificación de ácido fosfórico. Se logró un valor mínimo de peróxido de 0.1 meq O₂/gramo en condiciones optimizadas de 40% en peso de la dosis de blanqueo de la tierra, 1.0% en peso de la dosis de ácido fosfórico y 20 minutos de reacción.

Chew et al. (2016) realizo el estudio en el efecto del refinado químico sobre la calidad de semilla de kenaf (*Hibiscus Cannabinus*). En la cual, reportaron la extracción con disolvente y refinado químicamente utilizando un proceso

industrial. Realizo el desgomado a 70°C durante 10 minutos con ácido fosfórico al 85% de concentración, utilizando 0,3 p/p y para el desgomado con agua al 3% durante 30 minutos, la neutralización a 65°C durante 30 minutos con NaOH una solución de 12° Baumé (3,93 g), blanqueado a 95°C durante 30 minutos con tierra activada al 1,2% p/p. Los cambios en las características físicas, índices de oxidación, actividad antioxidante, compuestos bioactivos y composición de ácidos grasos se determinaron después de cada etapa de refinación. El valor de peróxido disminuyó de 2,64 a 0,55 meq / kg, el valor de p-anisidina aumentó de 2,41 a 3,41, el valor de oxidación total disminuyó de 7,70 a 4,51 y los ácidos grasos libres disminuyeron de 1,72 a 0,61 después del proceso de refinación.

Lamas et al. (2016) realizó el estudio en el efecto de diferentes procesos de desgomado sobre las propiedades fisicoquímicas del aceite de girasol crudo por medio del contenido de fósforo, índice de acidez, índice de peróxido, fosfolípidos, hierro, humedad, materia insaponificable, viscosidad, densidad y color. Se evaluaron tres procesos diferentes de desgomado: fosfolipasa A1, fosfolipasa A2 y agua. Los ensayos de desgomado enzimático se realizaron a 50 ° C, pH 5 y una dosis de enzima de 200 µ/ kg de aceite durante 180 minutos con ambas enzimas. El tratamiento desgomado con agua se llevó a cabo al mismo tiempo con una relación agua / aceite del 3% y 65 ° C. El contenido de fósforo disminuyó de 544.51 a 3.02 mg / kg y 5.81 mg / kg usando fosfolipasa A1 y A2 respectivamente. El contenido de hierro, materia insaponificable disminuyó en todas las muestras tratadas en comparación con el aceite de girasol crudo. El contenido de peróxido y acidez se incrementó en los diferentes procesos de desgomado frente al aceite crudo.

Sánchez-Machado et al. (2015) realizó la evolución de las propiedades fisicoquímicas y la estabilidad oxidativa del aceite extraído de las semillas de Moringa oleífera durante su proceso de refinación. La neutralización se realizó con 3 M de NaOH a temperatura ambiente con agitación, lavado con agua destilado al 20% en peso, el desgomado con agua a 70°C y 20% agua en volumen, se agito 10 minutos, el blanqueado con 3% en peso de carbón activado llevado a 110°C por 10 minutos, el carbón y el aceite fue separado mediante filtración al vacío con una membrana de 0,4 µl. Se detectaron

aumentos en la densidad, viscosidad, valor de saponificación y oxidación del aceite durante el refinado, mientras que el valor de peróxido y el contenido de carotenoides disminuyeron. Además, el índice de refracción y el contenido de yodo se mantuvieron estables durante todo el refinado. El perfil de ácidos grasos del aceite no se ve afectado por las distintas etapas de refinado.

Marrakchi et al. (2015) realizó el estudio de los parámetros de procesamiento y efectos de desgomado, neutralización y blanqueo en la calidad del aceite de oliva virgen lampante. En ello se compara el rendimiento de adsorción de cuatro arcillas que tienen diferentes niveles de activación. Los efectos de la concentración de ácido fosfórico, relación (ácido / aceite), tiempo de contacto de desgomado, exceso de agente neutralizante, dosis de arcilla de tierra, tiempo de contacto y temperatura de la etapa de blanqueo se investigaron mediante la determinación del contenido residual de fosfolípidos, porcentaje de ácidos grasos libres, estabilidad oxidativa, color y contenido de ácidos grasos trans. Los resultados del modelo mostraron que la fuerza y la cantidad de ácido fosfórico y los parámetros de blanqueo fueron los principales factores que controlaron la calidad del aceite blanqueado. Los fosfolípidos residuales y la acidez disminuyeron a medida que aumentó el agente desgomado.

Pal et al. (2014) realizó el estudio del efecto del refinado sobre la calidad y composición del aceite de girasol. El desgomado del aceite crudo se realizó en un tanque cónico abierto se calentó a 45 ° C añadiéndose ácido fosfórico al 0,2% (50% p/p) con agitación lenta de 30 minutos, luego se sedimentó. La Neutralización se realizó a 71 ° C y se mezcló con la cantidad deseada de solución de NaOH (12%) según el contenido de AGL del aceite, con agitación de 15 minutos, seguido de sedimentación. El aceite neutralizado se lavó con agua blanda caliente al 20% a 75 ° C y el jabón residual se eliminó por sedimentación. El blanqueo realizó a 77°C bajo un vacío de 75 mmHg durante 30 minutos para eliminar los rastros de humedad, luego se añadió tierra blanqueadora al 1,5% (p/p) con agitación vigorosa de 30 min al vacío para blanquear. Luego, el aceite se enfrió a 60°C y se filtró para obtener el aceite blanqueado. Se redujo el contenido de fósforo de 6.15 ppm a 0, contenido de FFA de 1.1 a 0.24% (ácido oleico), índice de peróxido de 22.5 a 7.9 meq / kg, contenido de cera de 1,420 a 200 ppm y valor de absorbancia de color de

0.149 a 0.079 (en espectrofotómetro a 460 nm). Se observó que el refinado no tuvo un efecto significativo sobre las composiciones de ácidos grasos.

Adu et al. (2013) realizó el estudio del efecto del procesamiento sobre la calidad, composición y propiedades antioxidantes del aceite de semilla de *Terminalia catappa* (almendra india). El aceite se extrajo de la semilla de *T. catappa* seca y tostada, se sometió a desgomado y blanqueo. El tostado y el procesamiento causaron una reducción en el índice de acidez, un aumento en el índice de peróxido, pero no tuvieron efecto sobre los valores de yodo y saponificación de *T. catappa* petróleo. El tostado redujo significativamente la concentración de ácidos grasos del aceite, y el blanqueo de los aceites tostados y no tostados aumentó la concentración de ácidos grasos, excepto el ácido linoleico. El blanqueamiento redujo significativamente las concentraciones de todas las vitaminas. La actividad de eliminación de radicales DPPH del aceite de semilla estuvo entre $26.93 \pm 15.42\%$ y $65.47 \pm 31.59\%$. La pérdida de vitamina E no afectó la actividad antioxidante del aceite.

Londoño et al. (2012) realizó estudio en la extracción y caracterización del aceite crudo de la almendra de durazno (*Pronus pérsica*). El proceso de refinación del aceite de la almendra de durazno, se llevó a cabo realizando una neutralización y posterior blanqueo, la neutralización se realizaron estudios con diferentes cantidades de concentraciones de hidróxido de sodio (12°Baumé, 14°Baumé y 16°Baumé), el proceso de blanqueado del aceite crudo se llevó a cabo el análisis, empleando tres porcentajes de tierra blanqueo Tonsil Estándar TM (0,5%; 1% y 1,5%), usando una muestra control al que no se le agrega tierra. Se obtuvo el aceite crudo de la almendra de durazno presentó un alto porcentaje de ácido oleico y ácido linoleico, por lo que el aceite es altamente insaturado. Por lo tanto; los factores tiempo de extracción, tamaño de partícula, así como también la interacción tiempo de extracción - tamaño de partícula influyen sobre el porcentaje de aceite extraído utilizando hexano como solvente. El blanqueado se obtiene utilizando un porcentaje de tierra de 1,5 % el menor índice de peróxido 2,03 meq O₂/kg y una acidez de 0,08 % de ácido oleico.

Torres-González et al. (2009) realizó el estudio del efecto de la refinación física sobre la calidad química y sensorial del aceite de coco. Se evaluó el efecto que tuvieron las etapas de la refinación física (desgomado, blanqueo y desodorización) sobre algunos parámetros de calidad química y sensorial del aceite de coco. Los niveles de ácidos grasos libres (AGL) y el contenido de humedad se redujeron significativamente ($p < 0.05$) en todas las etapas de 2.37% a 0.66% y de 0.67% a 0.1%, respectivamente. No se detectaron peróxidos (IP) después del blanqueo, pero aumentó a 0.67 mEq/kg después de la desodorización. En el valor de p-anisidina (IA) no hubo diferencia significativa ($p > 0.05$) en ninguna de las etapas. Tanto los tocoferoles como los esteroides se redujeron significativamente ($p < 0.05$) en todas las etapas de la refinación, siendo la etapa de blanqueo donde hubo mayor pérdida de estos compuestos. La calidad sensorial fue mejorada por el proceso de refinación. El aceite de coco desodorizado obtuvo la mejor calificación sensorial.

Zufarov et al. (2008) realizó el estudio del desgomado de aceites de colza y girasol, donde los aceites crudos extraídos o prensados. El desgomado con agua se llevó a 80°C, mezclado con agua al 5% volumen y agitación 15 minutos con agitador magnético, luego es centrifugado 20 minutos. Desgomado ácido se calentó a 80°C luego se añadió una solución acuosa de ácido cítrico al 30% en una cantidad de 2% en volumen de aceite, la mezcla se agitó 20 minutos, la mezcla de aceite / ácido se mantuvo a 80°C hasta 15 minutos, se enfrió a 25°C, se mezcló el agua al 1% y se transfirió a un recipiente de retención. Después de reposar durante 60 minutos, la mezcla se centrifugó 20 min para separar las gomas. El desgomado top con agua y luego con ácido fosfórico al 14% en una cantidad de 0,1% en peso de aceite, después de 5 min, el ácido se neutraliza con NaOH al 20 % en una cantidad de 0,3% en peso el aceite, en donde los fosfátidos se hidratan y luego se eliminan por centrifugación durante 20 minutos. Después del desgomado con agua, la cantidad de fósforo se redujo a 70,4 mg/kg en aceite de colza extraído y a 60,9 mg/kg en una prensada. La cantidad residual de fósforo extraídos y prensados fue de 56,9 mg/kg y 50,1 mg/kg, respectivamente. Sin embargo, el proceso de desgomado ácido redujo la cantidad de fósforo por debajo de 11.8 mg/kg (girasol) y 21.4 mg/kg (colza) extraídos y prensados. El proceso de

desgomado más efectivo fue el desgomado TOP en donde se redujo la mayor cantidad de fosfolípidos.

Hernández et al. (2007) Realizó estudio del “efecto de la refinación física sobre el aceite de la almendra de corozo (*Acrocomia Aculeata*)”, se evaluó características del aceite mediante la extracción prensado en frío. El proceso de desgomado lo realiza con 3% p/p agua destilada a una temperatura de 60°C por 30 minutos, sometido a una centrifugación a 3.500 rpm por 30 minutos. Para eliminar fosfolípidos no hidratables se utiliza ion monovalente potasio, a 60°C por 15 minutos. El proceso de blanqueado se realizó con tonsil al 3% en 80°C en un vacío de 60mmHg. La mejor condición de extracción del aceite prensado en frío fue de 8000 psi por 30 minutos, en los ácidos grasos no se aprecian diferencias significativas del 5%, el índice de peróxido en el aceite refinado se presentó en un 1.974 meq O₂/kg de aceite, en el aceite crudo no se detectó. En el índice de acidez en crudo fue de 0.62 y refinado 0.10 en % de ácido oleico.

Mohd et al. (2006) realizó un diseño del proceso de desgomado y blanqueo de aceite de palma. Las condiciones óptimas de operación para proceso de desgomado y los procesos de blanqueo es de aproximadamente 100°C, bajo vacío (50 torr) y 30 min de tiempo de contacto para una refinería de aceite de palma que opera utilizando método de refinación física. El nivel de eliminación de fósforo, índice de peróxido y DOBI se deben principalmente al proceso de blanqueo, mientras que el tratamiento de desgomado es responsable de influir en el incremento de AGL nivel en aceite de palma crudo y en el proceso de desgomado y blanqueo. Según el análisis experimental, el rango de dosificación adecuada del ácido fosfórico a utilizar es aproximadamente 0.5 - 1.0% en peso y la dosis de blanqueo de la tierra es aproximadamente 1,0 - 2,0% en peso.

Ruiz-Méndez et al. (1991) realizó un ensayo de la refinación física de la manteca de karité. estudiaron las condiciones más adecuadas en la refinación de la manteca de karité para su uso en cosmética. Obteniendo una disminución significativa del color cuando se utiliza una proporción del 0,6% en peso de ácido fosfórico 7M. Los parámetros de mayor eficiencia de la decoloración: 1% de Tierra+0,5% Carbón Activo, 80°C, 15 min.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Copuazú

El Copuazú (*Theobroma grandiflorum*, [Willd. Ex. Spreng] K. Schum.), es un árbol frutal tropical que se encuentra distribuido en forma silvestre en la cuenca Amazónica de países como Brasil, Perú, Ecuador y Colombia (Rojas et al. 1996). De acuerdo a la clasificación de Cuatrecasas (1964) el género de *Theobroma* presenta 22 especies todas originarias de América tropical. Espontáneamente se encuentra en tierras secas y bosques de llanuras aluviales altas en el sur y Pará oriental, actualmente el árbol Copuazú se encuentra a lo largo de los afluentes de los grandes ríos, siguiendo los pasos de la penetración de los colonizadores, por lo que se observa en regiones distantes de su área de dispersión natural (Calzavara et al. 1984).

El Copuazú, presenta una buena posibilidad agroindustrial y comercial, por su valor nutricional, tanto en la pulpa como en la semilla que se manifiesta, en su alto porcentaje de acidez y vitamina C en la pulpa y alto contenidos proteicos y grasas en la semilla (Machicado y Motta 2010).

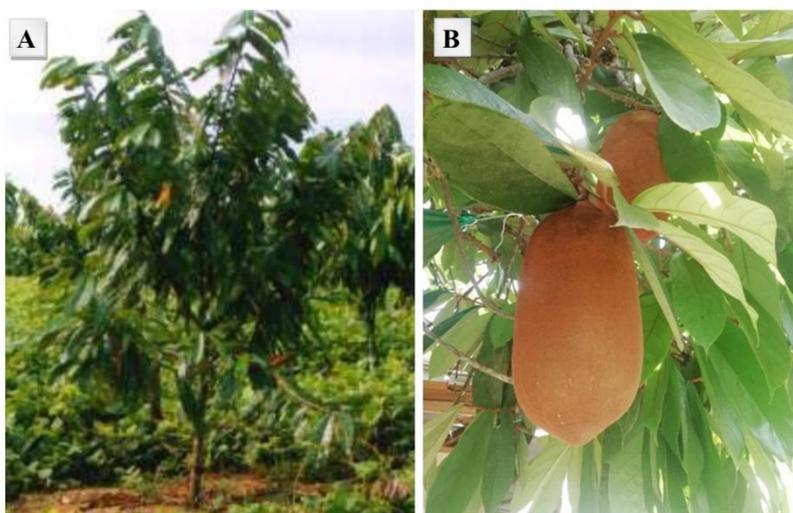


Figura 1. Planta (A) y fruto de *Theobroma grandiflorum* (B)

Fuente: Elaboración propia, 2020.

2.2.2. Clasificación taxonómica

El Copuazú abarca aproximadamente 65 géneros y 1000 especies, con una distribución predominantemente tropical y subtropical.

Clasificación taxonómica del Copuazú según Salvador Rojas, 1996.

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

Familia: Sterculiaceae

Subfamilia: Byttnerioideae

División: Magnoliophyta

Tribu: Theobromeae

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Dilleniidae

Género: Theobroma

Especie: grandiflorum

Nombre común: Copuazú (Perú), Cupuassu (Inglaterra), Cacao blanco (México), bacao (Colombia), popuacu (Brasil), piernas (Ecuador), lupo (Suriman) (Pereira, Abreu y Rodrigues 2018).



Figura 2. lavado y quebrado de Copuazú

Fuente: Elaboración propia, 2020.

2.2.3. Descripción botánica

El Copuazú pertenece al bosque húmedo tropical. Su zona nativa pertenece a la cuenca amazónica y se encuentra creciendo en condiciones de temperatura de 21.6 °C a 27.5 °C, humedad relativa entre 64 y 93% y de precipitaciones anuales entre 1900 y 3100 msnm.

Tallo: es una planta leñosa arbórea, de ciclo perenne. Habito de crecimiento erecto y semierecto. Su forma es cilíndrica; en arboles de tres años y medio, se han registrado diámetros de 10 cm y altura de 4 m, ya en estado adulto su altura puede ser de hasta 18 m (Rojas et al. 1996)

Flor: la flor es solitaria, axilar, corola de color morado; es pubescente y hay presencia de estipulas en el pedúnculo (2).

Fruto: el fruto posee diferentes formas, generalmente tiene un ápice y una base terminadas en punta que le dan la variabilidad al fruto (Rojas et al. 1996). El fruto es una baya anfisarca, de forma ovada, elíptica u oblonga. La cascara es dura, recubierta por unas pilosidades color café rojizo; con un grosor de hasta 1 cm. La pulpa que le rodea de semillas, es de color blanco, crema o amarillo cremoso. La longitud del fruto es bastante variable, de 14 a 25 cm, con un diámetro de hasta 12 cm. Con un peso promedio 1500 g posee un epicarpio leñoso y quebrantable (Silva et al. 2009).

Respecto al fruto se distinguen tres variedades según Carvalho et al. (2004), que se caracteriza por su forma, según su cascara y corteza:

Copuazú redondo: es la variedad más común de la amazonia brasilera, los frutos presentan extremos redondeados y su cascara tiene de 6 a 7 mm de grosor.

Copuazú mamorana: sus frutos son de mayor tamaño en todas las variedades conocidas, sus extremos son puntudos y su cascara es más gruesa, entre 7 a 0 mm, puede alcanzar un peso de 4 kg.

Copuazú mamau: su mayor característica es la carencia de semillas también recibe los nombres de copo sin semilla o Copuazú sin semilla.

Semilla: se han encontrado muy variados de 12 a 48 por fruto y la forma de esta es común mente elíptica aplanada. Con una longitud de 2.2 a 3.5 cm y de ancho entre 1.5 a 2.8 cm (Rojas et al. 1996).

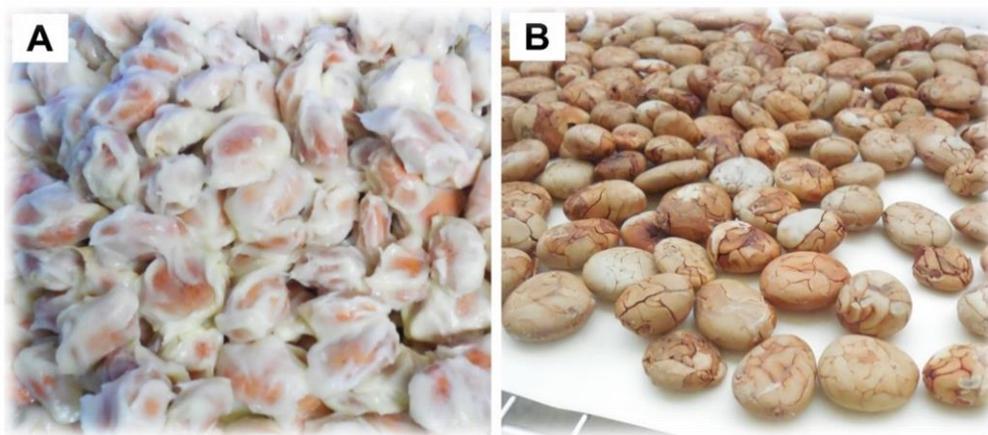


Figura 3. Semilla fresca despulpada (A) y semilla pelada (B)

Fuente: Elaboración propia, 2020.

2.2.4. Utilización de Copuazú

La pulpa es utilizada para preparar refrescos, helados, néctares, dulces, cremas, yogures, compotas, mermeladas, vino, licores confitería, jaleas y otros productos frescos. Ya que está compuesta de una gran proporción de almidón, polisacáridos de pectina y fibra dietética, principalmente en forma de fibras insolubles, que mejora los parámetros de textura de los productos lácteos (Pereira, Abreu y Rodrigues 2018). Las semillas lo utilizan para la preparación de cupulado, que es similar al chocolate (Alves et al. 2007). La Manteca constituye la materia prima para la fabricación de cremas hidratantes cremas de masaje facial, corporal, aceite de formulación antienvjecimiento, acondicionadores, mascarillas de cabello, protectores solares, lápices labiales, desodorantes, perfumes etc. También se produce barras de chocolate y chocolate en polvo con sabor. Otro posible uso de Copuazú es en la fabricación de alimentos para animales y peces (Said y Maricleide 2011).

2.2.5. Producción de Copuazú

En la Figura 4 se observa el reporte de los últimos diez años de producción de Copuazú, en donde la producción ascendió por su mayor demanda de los consumidores para los diferentes usos de la materia prima, aprovechando solo la pulpa de la fruta, por otro lado, se estaba descuidando la importancia de las semillas para la industria cosmética y farmacéutica, ya que las semillas de estos son un potencial para la obtención de grasa con propiedades

emolientes y fotoprotectoras, rescatando las semillas para impulsar como fuente potencial económico para el mercado nacional.

Tabla 2. Producción de Copuazú en Madre de Dios

Año	Producción (t)	Superficie cosechada (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Precio de chacra (S./kg)
2009	24.17	14.25	1696	2.70
2010	45.72	27.25	1678	2.89
2011	168.23	86	1956	3.33
2012	106.34	164.4	1651	3.55
2013	309.77	184.5	1679	4.54
2014	295.03	175.5	1681	5.22
2015	437.92	260	1681	4.68
2016	465.55	269	1731	4.61
2017	524.35	294	1784	4.85
2018	573.55	307	1868	4.69

Fuente: Ministerio de Agricultura, 2020.

En la Tabla 2 se puede observar el incremento de la producción en los últimos diez años, de igual manera la superficie cosechada, actual mente la superficie de plantación sigue creciendo, esto se debe al rendimiento ha incrementado en los últimos diez años.

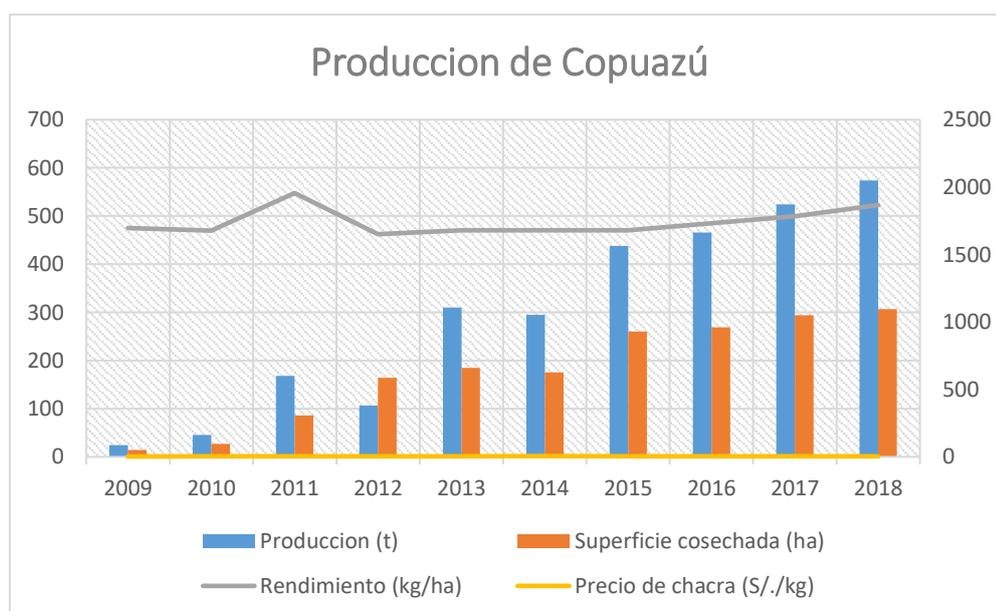


Figura 4. Producción de Copuazú en el departamento de Madre de Dios

Fuente: Ministerio de agricultura, 2020.

2.2.6. Manteca de Copuazú

La manteca de Copuazú es un triglicérido que presenta una composición equilibrada de ácidos grasos saturados e insaturados, y bajo punto de fusión ($\pm 30^{\circ}\text{C}$) caracterizado de un aspecto sólido Macizo que se funde rápidamente en contacto con la piel. La etapa de obtención ocurre en un proceso natural de alta refinación con el uso de sustancias químicas y solventes, las impurezas son eliminadas, principalmente sustancias oxidantes y peróxidos orgánicos (Kaue y Rocha 2007). Se destaca la calidad de su grasa, ya que además de presentar un alto contenido de fenoles totales (38,4 mg GAL/100 g) muestra el contenido más alto de ácido linoléico (5,03%) convirtiéndose en una materia prima ideal para la elaboración de productos nutracéuticos y alimenticios (Moreno, Sandoval y Criollo 2013). La manteca de Copuazú activa la reposición de la barrera lipídica de la piel que reduce al mínimo el secado y la deshidratación. Proporciona tacto sedoso y no grasiento. Tiene UVB y UVC absorción de energía y gran capacidad de absorción de agua. Además, Contiene fitoesteros, beta-sitosterol, estigmasterol y campesterol. Utilizado a una concentración de 4 a 10% en cremas, lociones, jabones, barras de labios, desodorantes y champús de 0,5 a 1% (Silva y Takashi 2014).



Figura 5. Manteca de Copuazú.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

2.2.7. Calidad de la manteca de Copuazú

La calidad del aceite depende de los contenidos de ácidos grasos libres, humedad, metales pesados, productos oxidados y constituyentes de fosfátidos, carotenos y tocoferoles (Mohd et al. 2006). La semilla de Copuazú

es rica en grasas (60% de peso seco), que son 91% digeribles por los humanos (Cohen y Jackix 2005).

Tabla 3: Comparación de ácidos grasos de aceite de Copuazú y Cacao

Ácidos grasos		Copuzú ^a	Cacao ^b	Copuzú ^b
â. Cáprico	C10:0	0,01±0,00	NR	NR
â. Láurico	C12:0	0,01±0,00	NR	NR
â. Tridecanóico	C13:0	0,02±0,00	NR	NR
â. Mirístico	C14:0	0,03±0,00	NR	NR
â. pentadecanóico	C15:0	0,00	NR	NR
â. Palmítico	C16:0	7,26±0,20	25,8±0,7	6,9±0,1***
â. Palmitoléico	C9-C16:1	0,12±0,04	0,3	0,1
â. Margárico	C17:0	0,20±0,01	0,28±0,01	0,18±0,01**
â. heptadecenóico	C10-C17:1	0,01±0,00	NR	NR
â. Esteárico	C18:0	29,27±0,80	34,8±0,5	31,4±0,2**
â. Oleico	C9-C18:1	36,30±1,00	34,4±0,2	43,5±0,1***
â. Linoelaidico	T9,12-C18:2	0,04±0,00	NR	NR
â. Linoleico	C9,12-C18:2	3,60±0,08	2,9±0,1	5,0±0,1**
â. Araquídico	C20:0	11,22±0,32	0,95±0,05	10,23±0,09***
â. Linolénico	C9,12,15- C18:3 (n-3)	0,20±0,01	0,21±0,02	0,13±0,01*
â. Gadoleico	C11-C20:1	0,35±0,01	NR	NR
â. henicosanoico	C21:0	0,04±0,00	NR	NR
â. eicosadienoico	C11,14- C20:2	0,22±0,00	NR	NR
â. Behénico	C22:0	2,22±0,06	0,17±0,01	1,70±0,05***
â. Lignocérico	C24:0	0,25±0,01	0,07±0,01	0,17±0,01**

Fuente: Murillo A et al. (1994)^a, De Oliveira y Genovese (2013)^b

* P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001 NR: No reportado

Tabla 4: Índice de calidad del aceite de Copuazú

Parámetros	manteca de Copuzú	Manteca de cacao	Rango Codex
Densidad (g/ml)	0,88±0,1	0,856-0,86	0,9-0,96
Índice de refracción	1,38	1,453-1,457	-
Índice de acidez (mgKOH/g muestra)	1,04±0,1	1,75	4,00
Índice de saponificación (mgKOH/g muestra)	188,15±1,5	190-200	184-196
Índice de yodo (g I/g de aceite)	49,33±1,5	32-41	<100 no secantes

Fuente: Murillo A et al. (1994)

En la Tabla 3 en el contenido de ácidos grasos se observa una variación respecto a los datos reportados en el ácido palmítico de 7,26 a 6,9, ácido oleico 36,30 a 43,5, ácido linoleico 3,60 a 5,0, ácido araquídico de 11,22 a 10,23 y ácido esteárico 29,27 a 31,4, estos ácidos grasos que se observan en mayor cantidad referente al resto, son responsables de las propiedades de plasticidad, textura y estabilidad química de la grasa, siendo propiedades de gran importancia para la industria cosmética (Murillo A et al. 1994).

En la Tabla 4 se muestra los valores reportados de la manteca de Copuazú y el rango Codex Alimentarium (1999), los cuales respaldan los resultados reportados de la manteca de Copuazú dentro del rango aceptable. Esta organización da recomendaciones internacionalmente reconocidas relacionadas con los alimentos, la producción de alimentos y la inocuidad de los alimentos (OMS y FAO 2005).

Tabla 5: Medición de la rancidez oxidativa de la manteca de Copuazú con respecto a la temperatura

Parámetros	valores	
Índice de peróxidos (meq de O ₂ /kg de manteca)	25-27°C	2,98±0,0
	50°C	24,91±3,7
	70°C	52,81±0,3
Índice de dienos conjugados $\epsilon(\text{cm})^{-1}$	25-27°C	0,77±0,0
	37°C	1,24±0,01
	50°C	1,38±0,03
	70°C	1,50±0,0

Fuente: Murillo A et al. (1994)

En la Tabla 5, se muestra el reporte de índice de peróxido en diferentes temperaturas de trabajo, los ácidos grasos insaturados de los aceites están sujetos a la oxidación por la exposición al aire, esto conduce al desarrollo de sabor y olor. La oxidación prolongada, eventualmente destruirá los componentes beneficios de la grasa, como los carotenoides, ácidos grasos esenciales y los tocoferoles (O'Brien, Farr y Wan 2000). La oxidación se acelera a alta temperatura, presión de oxígeno, iones metálicos, lipoxidasas, compuestos de hematina, reducción de antioxidantes, tiempo y luz ultravioleta o visible ligero (Firestone 1997). Por ende, es importante establecer una temperatura adecuada de trabajo, para proteger la

producción de estos compuestos de oxidación en el producto final, ya que estos también se incrementarán en condiciones de presencia de luz, el tiempo de almacenamiento y la temperatura de ambiente.

Tabla 6: Composición del Copuazú y cacao (humedad, cenizas, lípidos, proteínas, fibras y minerales g/kg DW)

	Copuzú	Cacao
Humedad	2,64±0,03	2,26±0,02 ***
Cenizas	3,0±0,2	0,73±0,01 ***
Lípidos	54±2,0	52±3,0
Proteínas	10,5±0,3	15,2±0,8 ***
Fibra	27±2,0	32±2,0 *
	N	25,9 **
	P	3,6 **
	K	6,8 *
	Ca	0,5 *
	Mg	2,0
	S	0,2 ***
Minerales	B	0,01
	Zn	0,03
	Fe	0,07 **
	Mn	0,08 **
	Cu	0,02
	Na	0,02 *

ND: No detectado

*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001

Fuente: De Oliveira y Genovese (2013)

Tabla 7: Contenido de cafeína, fenoles totales, proantocianidinas totales y capacidad antioxidante in vitro de licores de Copuazú y cacao.

	Licor de Copuzú	Licor de cacao
Compuestos fenólicos (mg/100 g DW)		
Fenoles totales	784±54	2845±245
PAC-Butanol	1950±86	7059±246
PAC-DMAC	870±75	2200±185
Cafeína (mg/100g DW)	ND	270±12
Capacidad antioxidante (μ mol TE/100g DW)		
DPPH	1913±228	7957±589
ORAC	13628±184	45193±272

ND: no detectado; DPPH: capacidad de eliminación de radicales; ORAC: capacidad de absorbanza de radicales de oxígeno; PAC-Butanol: contenido de proantocianidina determinado por despolimerización oxidativa antocianidinas en butanol acido; PAC-DMAC: contenido de proantocianidinas determinado con reactivo DMAC.

P<0.05

Fuente: De Oliveira y Genovese (2013)

2.2.8. Composición de aceites y grasas

La mayoría de los aceites refinados contienen al menos 98% de triglicéridos, el resto está compuesto de 0.5% diglicéridos, 0.1% de ácidos grasos libres, 0.3% de esteroides, 0.19% tocoferoles, niveles de ppm de fosfolípidos y diversos pigmentos. Los tocoferoles son conocidos por sus propiedades como antioxidantes solubles en aceites y vitaminas, los esteroides son cristalinos neutros, alcoholes insaponificables que tienen altos puntos de fusión con propiedades similares a los de tocoferoles. Los esteroides comprenden la mayor parte de la materia insaponificable en muchos aceites y grasas (O'Brien, Farr y Wan 2000).

2.2.9. Ácidos grasos

Representa el componente principal de la mayoría de los productos biológicos, que consiste en una cadena de hidrocarburos que sigue un grupo de cabeza carboxílico, la cadena de hidrocarburos puede ser saturados e insaturados que son las más abundantes en la naturaleza y son componentes vitales de los tejidos de animales y vegetales. Los ácidos grasos son productos de la vía biosintética de polisólidos. La estructura de los ácidos grasos es generalmente indicada por el número de átomos de carbono y posición de dobles enlaces u otros constituyentes (Firestone 1997).

Ácidos grasos saturados

La mayoría de los ácidos grasos saturados (alcanoides) naturales tienen una estructura no ramificada con un número par de átomos de carbono, se ha reportado ácidos de C2 a C22, estos están designados por un símbolo estructural numérico por ejemplo; C18:0 el nombre sistemático, ácido octadecanoico, el nombre común ácido esteárico (O'Brien, Farr y Wan 2000). Las plantas y animales pueden sintetizar ácidos grasos saturados, con un número de átomos de carbono que existen desde C4 a C24 presentes en plantas y animales superiores, mientras los ácidos grasos de cadena impar son abundantes en microorganismos están presentes en grasas lácteas y lípidos de pescado. Además los ácidos grasos saturados, se generan por la hidrogenación de aceites vegetales (Firestone 1997).

Ácidos grasos insaturados

Los ácidos grasos pueden ser monoeno (alquenoico) o poliénilo con interacción de ácido metileno (-CH=CH-CH₂-CH=CH-), los dobles enlaces están orientados con ambos átomos de hidrogeno en el mismo lado del doble enlace (forma cis), sin embargo, los átomos de hidrogeno en lados opuestos del doble enlace (forma trans) son termodinámicamente más estables. Los ácidos grasos trans con doble enlace se derriten a una temperatura más alta que sus contrapartes cis (O'Brien, Farr y Wan 2000).

Ácidos grasos monoinsaturados

El ácido graso monoinsaturado en la naturaleza es el ácido oleico (C18:1) pero otros (C10:1 a C30:1) que también existen, aunque en cantidades muchos más pequeñas con pocas excepciones. Los ácidos grasos monoinsaturados tienen una configuración cis, además, se producen durante la hidrogenación de ácidos grasos poliinsaturados y algunos de estos tienen una configuración trans (Firestone 1997).

Ácidos grasos poliinsaturados

Incluyen varios ácidos grasos con un número variable de átomos de carbono, dobles enlaces y posiciones. Estos ácidos grasos están disponibles en las plantas, animales y microorganismos, las grasas altamente insaturadas se pueden encontrar en los peces y otras especies marinas, son mayor parte de los dobles enlaces conjugados que han recibido especial atención en los últimos dos décadas (Firestone 1997).

2.2.10. Glicerolipidos

Esta clase incluye a todos los compuestos que contienen ácidos grasos esterificados a alcohol trihidrico glicerol, moléculas esterificadas a un grupo de hidroxilo glicerol. El grupo más grande de acilglicéridos se denomina radilgliceroles que incluyen miembros que no sean TAG, DAG y MAG, que representa a los principales lípidos en semillas oleaginosas y aceites vegetales, pueden ser sólidos o líquidos dependiendo de la naturaleza de la composición de los ácidos grasos como el glicerol que es una molécula simétrica, existen dos isómeros para cada uno DAG (1,2-DAG y 1,3 DAG) y para MAG (1-MAG y 2-MAG) (Firestone 1997).

2.2.11. Ácidos grasos libres

Los ácidos grasos no esterificados a menudo se denominan ácidos grasos libres (AGL) que es el resultado de la hidratación de la grasa o aceite con mayor contenido de ácidos grasos iniciales, factores que intervienen; humedad de estos materiales oleoso durante la cosecha, transporte, manipulación y tratamiento de refinación. Los AGL en los aceites crudos extraídos generalmente se eliminan como jabón mediante la refinación caustica. Una alta concentración de AGL en el petróleo crudo significa una mayor pérdida de refinación. Por lo tanto, el ácido graso libre es una buena medida de la calidad del petróleo crudo, durante el procesamiento y en los productos terminados (O'Brien, Farr y Wan 2000). La hidrólisis es causada por los triacilglicéridos, moléculas que se divide en el enlace éster para formar ácidos grasos libres, que tiene un sabor y olor desagradable. Esta reacción es normalmente inducida por la presencia de humedad y acelerado por el calor, también puede ser promovido por cierta enzima lipasas (Gunstone 2011).

2.2.12. Fosfolípidos

Estos componentes son conocidos por los procesadores de petróleo como fosfátidos, que son un conjunto con pequeñas cantidades de carbohidratos y resinas, que tienen un efecto adverso sobre la calidad del producto y el rendimiento del aceite refinado. Los fosfolípidos son emulsionantes y dificultan la separación de las fases del aceite y agua en el proceso de refinación caustica. Los fosfolípidos están ampliamente separados en tipos hidratables y no hidratables. El primero se puede eliminar mediante un tratamiento de agua, pero los compuestos no hidratables, que son sales o coordinación de compuestos de calcio y magnesio, principalmente con ácido fosfatídico, solo se volverán insolubles en el aceite mediante el uso de reactivos químicos, comúnmente utilizado el ácido fosfórico. Los fosfolípidos también pueden ser beneficiosos ya que actúan como sinergista para tocoferoles que inhiben la autooxidación de aceite vegetal (Gunstone 2011).

La cantidad de los fosfolípidos en el petróleo crudo depende del método de extracción. La extracción del aceite de soya de la calidad normal de

extracción con solvente contiene un aproximado de 90% de fosfolípidos hidratables y 10% fosfolípidos no hidratables. La soya bien desgomada debe contener menos de 50 ppm de fósforo muy por debajo del nivel de 200 ppm especificado en el comercio de la Asociación Nacional de Procesadores de Semillas Oleaginosas (NOPA, 1993). Factores que promueven los fosfolípidos según Gunstone :

- El contenido de humedad de las semillas vegetales.
- Actividad de fosfolipasa D.
- Calor aplicado a las semillas vegetales antes y después de la extracción.
- Método de extracción.
- Interrupción de la estructura celular por agrietamiento o encamación.

Estructura molecular de los fosfolípidos

Son una clase de lípidos que contiene fósforo en su molécula muy a menudo con ésteres de ácido fosfórico (H_3PO_4), pero a veces son ácido fosfórico (H_3PO_3). Las dos clases básicas de PL son glicerol-fosfolípidos y esfingomielinas. En el glicerol PL, los grupos hidroxilo en las posiciones sn-1 y sn-2 del glicerol se esterifica con ácido fosfórico. El segundo grupo hidroxilo libre de éster fosfato puede reaccionar con otros alcoholes (serina, colina, etanolamina e inositol) (Gunstone 2011).

Funciones biológicas de los fosfolípidos

Los PL son importantes para proporcionar una barrera permeable de la célula y la intracelular, formación de una superficie de membranas para reacciones bioquímicas catalizado por proteínas unida a la membrana en transducción de señal en respuestas de estímulos externos o internos y sirven como precursores para la síntesis de otras moléculas bioactivos (Gunstone 2011).

Tabla 8: contenido de fosfolípidos en materiales biológicos (%materia seca)

Material biológico	Soya	girasol	Salvado de arroz	Yema de huevo	Huevos de salmón	Leche
Fosfolípido	0,5	0,2	1	17	8	0,1

Fuente: Gunstone (2011).

Según List (2009) existen buenas razones técnicas / comerciales para reducir el contenido de fosfolípidos en el procesamiento, en aquellos aceites crudos donde es relativamente alto.

Las ventajas son las siguientes:

1. La disposición de lodos, especialmente cuando se humedece el petróleo crudo, es una molestia en el almacenamiento y el transporte.
2. En la refinación alcalina, la emulsión del aceite neutro en el jabón y, por lo tanto, la pérdida del aceite es significativa alentada por los fosfolípidos.
3. Los fosfolípidos obstruyen la superficie de la arcilla absorbente o el carbón, por lo tanto, compiten con los pigmentos y cualquier componente menor no deseable.
4. Los fosfolípidos obstruyen y envenenan la superficie de un catalizador de níquel de manera irreversible.
5. A temperaturas de desodorización y en refinación física, la descomposición de fosfolípidos conduce al oscurecimiento del color y el deterioro de la estabilidad del sabor.
6. Las gomas hidratadas elevan consigo durante su extracción una proporción de productos no deseados, componentes menores como trazas de metales.

2.2.13. Ceras

Las cáscaras de las semillas pueden contener ceras que son solubles en el aceite, estas ceras se solidifican después de un periodo de tiempo para dar al aceite un aspecto turbio, un aspecto desagradable de una capa de material solidificado. La cantidad de ceras en los diferentes aceites vegetales pueden variar desde una poca ppm hasta 2000 ppm. Por lo tanto, se aplica una técnica de fracción denominado desparafinado (O'Brien, Farr y Wan 2000).

2.2.14. Metales traza

Se puede encontrar metales en todo el procesamiento de aceites y grasas, estos son perjudiciales para la calidad del producto, salud humana y reducir la eficiencia del proceso. Rastrear cantidades de cobre, hierro, magnesio y níquel que reducen sustancialmente la estabilidad oxidativa de aceites.

Mientras que el calcio, sodio y el magnesio reducen la eficiencia del sistema de refinación, desgomado e hidrogenación. Los efectos de los metales pueden disminuir por el uso de agentes quelantes en varios puntos del proceso para secuestrar los metales traza, los más utilizados son el ácido cítrico y fosfórico (O'Brien, Farr y Wan 2000).

2.2.15. Oxidación

Los ácidos grasos insaturados en los aceites y grasas están sujetos a la oxidación, por una reacción química, que ocurre con la exposición al aire y conduce al desarrollo de un sabor y olor desagradable. La tasa de oxidación es aproximadamente proporcional al grado de insaturación. El deterioro oxidativo resulta por la formación de hidroperóxidos, que se descomponen en carbonilos, dímeros y gomas polimerizadas. Se aceleran por la temperatura, presión de oxígeno, oxidación temprana, iones metálicos, lipoxidasas, compuestos de hematina, reducción de antioxidantes, ausencia de desactivadores de metales, tiempo y luz ultravioleta o visible ligero. La oxidación extensa eventualmente destruirá los componentes beneficiosos como carotenoides (Vitamina A), ácidos grasos esenciales (linolénico - linoléico) y los tocoferoles (Vitamina E) (O'Brien, Farr y Wan 2000).

Productos de oxidación

Los peróxidos formados por la reacción entre el oxígeno y los ácidos grasos insaturados son los principales productos de la oxidación. Los peróxidos no tienen sabor, ni olor, pero se descomponen para formar aldehídos, que tienen un fuerte sabor y olores desagradables. La desodorización destruye los peróxidos a altas temperaturas, pero los compuestos de oxígeno o los productos secundarios de oxidación que son los precursores de la reacción del sabor, que solo pueden eliminarse en el proceso de blanqueo (O'Brien, Farr y Wan 2000).

2.2.16. Pigmentos de color

Los cuerpos de color en aceites y grasas incluyen los carotenos que imparten el color amarillo y el rojo en los aceites, la clorofila que le da un matiz verdoso, las proteínas y carbohidratos degradados le dan un matiz pardusco,

el gopipol que proporciona el color amarillento al aceite de semillas de algodón. Los carotenos están ampliamente distribuidos en aceites y grasas, que son sensibles al calor y se absorben fácilmente al blanquear (O'Brien, Farr y Wan 2000). Las clorofilas no son termolábiles como los carotenoides (List 2009).

2.2.17. Sistemas de refinamiento

Los procesadores tienen la opción de acercarse a la purificación de aceites comestibles de dos maneras, es decir, refinación química y refinación física. Los dos sistemas utilizan procesos muy similares, la principal diferencia es el método utilizado para la eliminación de ácidos grasos libres (O'Brien, Farr y Wan 2000). La refinación química es un método convencional utilizado para eliminar las impurezas no glicéridos de aceites y grasas comestibles, que consiste en el desgomado opcional, neutralización caustica blanqueamiento y desodorización. El proceso de refinación alcalina produce buena calidad de petróleo; su flexibilidad le permite tratar los diferentes aceites y de diferentes calidades. Sin embargo, el refinado caustico tiene tres inconvenientes:

- El jabón producido promueve una tendencia a la formación de emulsiones, que aumenta la pérdida del petróleo.
- Las pérdidas del petróleo son particularmente altas cuando se procesan aceites con ácidos grasos libres > 30%.
- La eliminación del jabón producido, se ha convertido más difícil en este proceso.

La refinación física consiste en la eliminación de los ácidos grasos del aceite por destilación al vacío. Después de la eliminación de los fosfátidos mediante el proceso de desgomado seguido por el pretratamiento antes del blanqueo, las principales ventajas del refinamiento físico son la eliminación del jabón, menores costes de capital y menos procesos para operar. El objetivo del procesamiento inicial en cualquiera de los dos métodos de refinación es la eliminación de fosfátidos, cuerpos de color, metales traza y productos no glicéridos. Las impurezas son cruciales para garantizar una buena calidad del producto. Aquí yace la mayor inconveniencia para el sistema de

refinación física, es decir, eliminación completa de fosfátidos con el desgomado y el blanqueo son muy difíciles. Otros problemas con refinación física incluyen los siguientes:

- Generalmente se requiere tierra adicional.
- Los pesticidas se codestilan con los ácidos grasos durante el refinado a vapor.
- El tratamiento con ácido fosfórico puede oscurecer las encías producidas y la eliminación incompleta puede producir sabores en el aceite después de la desodorización.

El refinado físico favorece para procesar aceites con altos ácidos grasos libre, con bajo contenido de fosfátidos, se ha demostrado que produce productos de buena calidad a partir de coco, almendra, aceite de palma, manteca de cerdo, sebo y algunos aceites de semillas (O'Brien, Farr y Wan 2000).

2.2.18. desgomado

El desgomado es el tratamiento de aceites vegetales crudos con agua, soluciones salinas o diluidas, así como ácido fosfórico, cítrico, málico para eliminar fosfátidos, ceras y otras impurezas. El desgomado convierte los fosfátidos en gomas hidratadas que son insolubles en aceite, para su separación como lodo por sedimentaciones, filtración o acción centrífuga. La eliminación de fosfátidos es el primer proceso para el sistema de refinación física, también para la refinación química; sin embargo como el refinado químico el procesador tiene la opción de eliminar los fosfátidos por su valor del subproducto como lecitina o tratarlos como impurezas para eliminar junto con ácidos grasos libres durante la neutralización caustica (O'Brien, Farr y Wan 2000).

La presencia de fosfolípidos en el aceite afecta significativamente las propiedades tecnológicas del aceite (Taradaichonko y Gladkii 2013). El desgomado se conoce como una operación de purificación, que contienen normalmente impurezas en el estado coloidal o disueltos en ellos (Bernardini 1985). El desgomado se puede hacer con agua cuando el aceite contiene

fosfolípidos hidratables o con un tratamiento previo con un ácido como el ácido fosfórico o cítrico cuando el aceite contiene fosfolípidos no hidratables (Segers y Sander 1990); Ambos tratamientos convierten las formas hidratables y no hidratables en gomas hidratadas. El proceso de desgomado en agua permite eliminar aproximadamente el 83% de los fosfolípidos totales del aceite de girasol extraído con disolvente (Bredvan, Carelli y Crapiste 2000). Durante el proceso de refinado se eliminan los metales, el desgomado ácido reduce el contenido de calcio y magnesio de 88 y 90% (Zufarov et al. 2008). Los fosfolípidos, proteínas, carbohidratos, gomas vegetales y los componentes coloidales influyen negativamente en la capacidad de mantenimiento de un aceite, por la presencia de materiales indeseables, estos en el refinado aumentan la pérdida del aceite neutro y también obstaculizan las operaciones de refinamiento (Hammond 1999). Esta etapa de desgomado también afecta al contenido de moléculas deseables, el contenido de tocoferol se reduce entre 6,6 y 8,4% (Kreps, Vrbiková y Schmidt 2014).

Teoría del desgomado

Existen dos tipos de fosfolípidos, aquellos que son hidratables y lo que no se pueden hidratar. La tasa relativa de la hidratación fue dada por Seghers (1990) que presenta fosfátidos P-colina, P-inositol, P-etanolamina, ácido fosfórico, sales de calcio que tienen menor tasa de hidratación. Los fosfolípidos hidratables se pueden eliminar fácilmente mediante la adición de agua. El proceso se puede realizarse rápidamente a temperaturas elevadas o lentamente a bajas temperaturas. La temperatura sin embargo tiene que mantenerse por debajo, en el cual los hidratos de fosfolípidos comiencen a formar cristales líquidos. Al tomar agua los fosfolípidos pierden su carácter lipofílico, se vuelven lipofóbicos y precipitan el aceite. Los fosfolípidos no hidratables deben convertirse a hidratables, esta conversión se realiza con ácidos que son lo suficientemente fuertes como para hidratar los fosfolípidos, sin hidrolizar los triglicéridos. Muchos ácidos diferentes se han propuesto desde el ácido clorhídrico, nítrico, sulfúrico, fosfórico y oxálico (Hammond 1999).

Tipos de desgomado

1. El desgomado seco

El proceso de desgomado en seco implicó la eliminación de las gomas a través de la precipitación por acondicionamiento ácido y por filtración durante el proceso de blanqueo, no por separación centrífuga. Este proceso se utiliza para aceites con bajo contenido de fosfátidos tales como aceite de palma, aceites láuricos, sebo comestible y adecuado para ser usado para preparar aceites para su posterior refinación física. Este tipo de proceso elimina el blanqueo, como paso de proceso separado, por lo tanto, es costoso, la ventaja es un proceso bien probado (Mohd et al. 2006).

2. Desgomado con agua

El desgomado con agua es un proceso de eliminación de las encías mediante la precipitación por hidratación con agua pura del petróleo crudo por separación centrífuga. En este proceso, el agua es el principal agente utilizado para eliminar los fosfatados hidratables de los aceites vegetales y puede llevarse a cabo en procedimiento discontinuo o continuo dependiendo del tipo de aceite que se desgome y cantidad de aceite a procesar (Mohd et al. 2006).

3. Desgomado ácido

En este proceso de desgomado ácido, las gomas son precipitadas por alguna forma de proceso de acondicionamiento ácido y posteriormente eliminadas por separación centrífuga. En este método de proceso, las gomas pueden ser hidratadas a una temperatura superior a 40°C. En el proceso de refinación orgánica, se utiliza normalmente ácido orgánico diluido (cítrico) y la eliminación de los fosfátidos residuales se realiza mediante blanqueo utilizando hidrogel de sílice (Mohd et al. 2006).

4. Desgomado enzimático

El desgomado enzimático es un desgomado especial que mejora con el uso de algunas enzimas de grado alimenticio. Tipos de aceite que utiliza este método de proceso son aceite de soja y aceite de colza. La ventaja

del desgomado enzimático es que no se produce pasta de jabón, por lo que no hay pérdidas de aceite debido a la separación del material de jabón (Mohd et al. 2006).

5. Desgomado con EDTA

Es un proceso de desgomado físico-químico. Implica una completa eliminación de fosfolípidos por un agente quelante, ácido etileno diamina tetraacético (EDTA), en presencia de un aditivo emulsionante, se calienta a 75-80°C durante 20-30 minutos (Mohd et al. 2006).

6. Desgomado con Membrana

La separación por membrana es principalmente un proceso basado en la exclusión de tamaño basado en presión. Separa los diferentes componentes de acuerdo con los pesos moleculares o tamaños de las partículas y formas de los componentes individuales y depende de sus interacciones con las superficies de la membrana y otros componentes de la mezcla (Lin et al. 2003). El crudo desgomado a base de membrana produce permeado y resto que contiene triglicéridos y fosfolípidos, respectivamente (Zufarov, O., Schmidt y Sekretár 2008).

2.2.19. Neutralización caustica

El proceso convencional de neutralización caustica es el más utilizado y el más conocido del sistema de purificación mediante la adición de una solución alcalina a un petróleo crudo, trae una serie de reacciones químicas y físicas que incluyen los siguientes:

- El álcali se combina con el ácido graso libre presente para formar jabones.
- Los fosfátidos absorben álcali y se coagulan mediante la hidratación.
- Los pigmentos se degradan, se adsorben por las encías, se hace solubles en el agua por el álcali.
- La materia insaponificable se arrastra con el otro material coagulante.

La separación eficiente del jabón del aceite neutralizado que generalmente se logra con una centrífuga, que es un factor significativo en la neutralización

caustica. Además, la neutralización caustica generalmente se logra tratando los aceites y grasa con hidróxido de sodio diluido. Este tratamiento forma un jabón con los ácidos grasos libres, fosfátidos, metales traza, pigmentos y otras impurezas no a glicéridos que pueden ser separados por la fuerza de sedimentación o centrifugación del aceite neutralizado. El aceite natural se lava con agua y se separa nuevamente por sedimentación o centrifugación para eliminar el rastro de las impurezas y jabones residuales del proceso de neutralización (O'Brien, Farr y Wan 2000).

2.2.20. Blanqueado

Es un proceso integral tanto en el sistema de refinación física y química. Se utiliza el blanqueo para limpiar el resto de jabón y fosfátidos que quedan después de la neutralización caustica y el lavado con agua para el sistema de refinación química. La viabilidad de la técnica de refinamiento físico depende del blanqueamiento como pretratamiento para eliminar fosfátidos, metales traza, ceras y pigmentos de color. Otra función importante del blanqueo en ambos sistemas de refinación es la eliminación de peróxidos y productos de oxidación secundaria (O'Brien, Farr y Wan 2000).

El método habitual de blanqueo es por adsorción de los pigmentos y otras impurezas no glicéridos en la tierra de blanqueo. El aceite se calienta a temperatura de blanqueo y se mantiene, para permitir el tiempo de contacto con la tierra blanqueadora. Después de que el absorbente ha capturado las impurezas se elimina del aceite por un sistema de filtración. Por lo general, esto se logra fácilmente agregando pequeñas cantidades de tierra de diatomeas, tierra de blanqueo seguida de la filtración (O'Brien, Farr y Wan 2000). Hay muchos materiales adsorbentes que se utilizan en la industria del aceite vegetal, por ejemplo; Tierra blanqueadora activada con ácido, tierra blanqueadora natural, carbón activado y silicatos sintéticos (Mohd et al. 2006). El método usual de este proceso es por adsorción de las impurezas en un material adsorbente o agente de blanqueo (Haizan y Mukhtar 2015).

Teoría del blanqueo

Las partículas de color que deben eliminarse durante el blanqueo están presentes en el aceite disuelto, en forma coloidal. Además de ser un proceso

físico, también es un proceso químico por la interacción de colorantes y los centros químicamente activos de la tierra de blanqueo. En ambos casos el proceso se realiza en la superficie del agente blanqueador.

Métodos de blanqueo

1. Blanqueamiento por calor

A altas temperaturas los carotenos son térmicamente descompuestos, se requiere temperaturas de 260 °C para este proceso (Hammond 1999). Los carotenos se convierten incoloros si se calienta lo suficiente. Sin embargo, esto deja a las moléculas de pigmento en el aceite y puede tener un efecto adverso sobre la calidad del aceite. Si este aceite entra en contacto con los productos de degradación de color del aire como el de cromano-5,6-quinonas de γ -tocoferol. Estos componentes son muy difíciles de eliminar (Mohd et al. 2006).

2. Oxidación química

Algunos pigmentos por ejemplo carotenoides se hacen incoloros o menos coloreados por oxidación. Pero tal oxidación afecta invariablemente los glicéridos y destruye los antioxidantes naturales. En consecuencia, nunca se usa para el aceite comestible, pero restringido a los aceites para usos técnicos, tales como la fabricación de jabón (Mohd et al. 2006).

3. Adsorción

La adsorción es el método común usualmente usado para blanquear el aceite comestible usando agentes blanqueadores. Ejemplos de agentes blanqueadores son tierras blanqueadoras, carbón activado y gel de sílice. Los agentes blanqueadores poseen normalmente una superficie grande que tiene una afinidad más o menos específica para las moléculas de tipo pigmento, eliminándolas así del aceite sin dañar el propio aceite (Mohd et al. 2006).

2.2.20.1. Agentes de blanqueo

La destrucción de las partes coloreadas, la eliminación de los colorantes por adsorción con un absorbente con una gran superficie de la tierra blanqueante. Hay algunos tipos de agentes de blanqueo que están siendo

utilizados en la industria de aceite vegetal tal como tierras naturales de blanqueo, tierra de diatomeas, tierra de fuller, carbón activado, silicatos sintéticos y resinas sintéticas.

a. Tierra de blanqueo natural

La tierra de fuller es un hidrosilicato de aluminio que se puede usar sin activar. Sus propiedades mineralógicas fueron descritas en detalle por Kerr (1932) y Nutting (1933). La tierra de diatomea también es adecuado para el blanqueo, tierras no activadas son ineficientes (Hammond 1999).



Figura 6. tierra de fuller

b. Tierra de blanqueo activado

Las tierras de blanqueo son de origen natural, son diferentes de los no activados que tienen propiedades mejoradas causadas por el tratamiento ácido. Para la activación de la tierra se suspende en agua y se trata con un mineral ácido. El ácido ataca la capa octaédrica de la tierra blanqueadora, por lo tanto, el área de la superficie crece. El ácido se elimina de la suspensión sólida mediante prensas de filtro, se lava con agua y se seca hasta una humedad de 6-10% y luego se muele (Hammond 1999). En general, tierra de blanqueo es un agente decolorante, que cambiará el tinte de cualquier aceite a un tono más claro por el cambio de las unidades de color básicos en aceite, sin alterar las propiedades químicas del aceite. El proceso de adsorción se ve influenciada por algunos factores como siguen: tamaño de partícula, polaridad adsorbente, área de superficie, volumen de poros, tamaño de poro, Natural / neutral tierra de blanqueo (Mohd et al. 2006).



Figura 7. tierra de fuller activado con acido

Son excelentes adsorbentes de metal, ya que son capaces de:

- ▯ Disminuir los niveles de clorofila y cuerpos de color,
- ▯ Eliminar jabones y fosfolípidos,
- ▯ Minimiza el aumento de ácidos grasos libres durante el blanqueo.

c. Tierra de blanqueo sintético

Las tierras naturales de blanqueo tienen una estructura dada, solo se puede cambiar dentro de ciertos límites. Para el proceso de blanqueo, el tamaño del poro óptimo que se desvía solo dentro de los límites estrechos sería muy ventajoso, sin embargo, esto solo se puede lograr si las tierras blanqueadoras se sintetizan. La tierra para uso repetitivo es un problema porque este proceso es muy costoso y la superficie activa disminuye considerablemente. Los agentes de blanqueo sintético que han sido continuamente desarrollado, estos son adsorbentes de sílice amorfa con un tamaño de partícula de 19-11mm, logra un efecto blanqueador equivalente de una arcilla con un nivel mucho más bajo de dosis.

d. Carbón activado

El carbón activado se usa como absorbente en aceites y grasas que son difíciles de blanquear, también se utiliza en combinación con tierra de blanqueo (carbón: tierra, 1:9). Muchas calidades de carbón activado están disponibles comercialmente, si se usa para aceites comestibles, es muy importante verificar estas cualidades minuciosamente para evitar que el absorbente contenga hidrocarburos aromáticos (Hammond 1999). Todo el carbón activado contiene algunos poros micro, meso y macroporos, pero sus proporciones entre sí varían sustancialmente de la clase de

material de partida y los procedimientos de producción. La acción de blanqueo parece ser debido a la gran superficie adsorbente de carbono. Los carbones activados eliminan olores indeseables, colores y componentes no deseados de la solución, y mejorar la calidad (Mohd et al. 2006).



Figura 8. carbón activado

e. Silicato sintético

Los silicatos sintéticos ahora se utilizan comúnmente en el blanqueo de aceite comestible. Aunque silicatos sintéticos tiene una capacidad moderada para la eliminación de pigmento, pequeñas cantidades del mismo se usan en combinación con la arcilla de blanqueo y debido a su acción sinérgica de la cantidad de arcillas de blanqueo necesarios para optimizar los procesos de blanqueo (Mohd et al. 2006). La sílice tenía la capacidad de mejorar la capacidad de la tierra para eliminar cuerpos de color, fósforo y otros componentes menores que afectan la estabilidad del color del aceite (Siew, Tan y Tang 1994).



Figura 9. silicato sintético

2.2.21. Factores que intervienen en el proceso de blanqueo

La reducción de color y la eliminación de otras impurezas indeseables están fuertemente influenciadas por las condiciones de reacción. A temperaturas más altas, la exposición al oxígeno causara la reducción drásticamente del color y la estabilidad del aceite, que es aún más pronunciada con el uso con una tierra de blanqueo altamente activado. Esto explica porque las tierras naturales de blanqueo aparentemente no tengan una mejor reducción de color con las condiciones atmosféricas, que la tierra de blanqueo activada. Por el contrario, las condiciones de blanqueo al vacío, la tierra de blanqueo activado proporcionó una mejor reducción del color que las tierras naturales de blanqueo. Se considera los siguientes factores que afectan en el proceso de blanqueo, según O'Brien, Farr y Wan (2000) y Hammond (1999):

a. Influencia de la temperatura

La decoloración mejora a medida que la temperatura se incrementa, lo que indica que el blanqueo de la tierra es más que un simple absorbente. Las reacciones químicas tienen lugar en la superficie de la tierra blanqueadora de acuerdo a la regla de Van Hoff, la velocidad de reacción se duplica con cada aumento de 10 °C de temperatura. En consecuencia, debe de haber una temperatura óptima. Esta temperatura óptima depende del tipo de aceite, los subproductos y las impurezas. Se puede observar que cuando se excede la temperatura óptima se produce la fijación del color. Esta temperatura debe ser lo suficientemente alta como para proporcionar una baja viscosidad del aceite. Esto debe ser lo suficientemente bajo como para evitar reacciones secundarias indeseables, que dañarían el aceite, reduciendo la calidad y vida útil. La mayoría de los aceites se blanquean a temperaturas entre 90-110°C. Los aceites difíciles de blanquear pueden requerir una temperatura de 120 ° C (Hammond 1999).

b. Influencia del tiempo

La eliminación del color aumenta a medida que se incrementa la temperatura y el tiempo. Sin embargo, mayor tiempo de contacto del aceite con la tierra blanqueadora puede causar la reversión del color a medida que aumenta la temperatura. El tiempo de blanqueo de última generación para la mayoría de

los aceites está en el rango de 20-30 minutos a una temperatura de 90-100°C. Se recomienda tiempos más cortos, cuando se utiliza una temperatura más alto de blanqueo. Largos tiempos de exposición con tierras de blanqueo y altas temperaturas se dañan la estabilidad oxidativa o la calidad de los aceites y grasas comestibles.

c. *Influencia de la presión*

En los primeros días del procesamiento de aceites y grasas, el blanqueamiento generalmente se realiza bajo condiciones atmosféricas. Los hidroperóxidos se descomponen, al menos parcialmente los ácidos grasos conjugados que son más sensibles a la oxidación. El blanqueo atmosférico proporciona condiciones ideales para la oxidación, es decir, la exposición al oxígeno a altas temperaturas. En general, los aceites y grasas deben protegerse de la exposición del oxígeno durante el procesamiento.

d. *Cantidad y calidad de la tierra de blanqueo*

Es difícil calcular la cantidad necesaria de agente de blanqueo para el blanqueo eficiente. Esto se debe al hecho que los aceites contienen cantidades variables de impurezas que reaccionan de manera diferente con la tierra de blanqueo, las impurezas pueden ser jabones o fosfolípidos en el caso de la refinación alcalina. Los jabones se desactivan, los centros activos de la tierra blanqueadora y los fosfolípidos bloquean la superficie. Los jabones y las encías también hacen que las partículas de la tierra blanqueadora se tapen, lo que da como resultado una caída de presión durante la filtración. Por lo tanto, la presencia de estas impurezas requiere el consumo de tierra de blanqueo más alta o una tierra de blanqueo más activo para eliminar los cuerpos de color y descomponer los hidroperóxidos.

e. *Influencia de la humedad*

La cantidad de agua en los aceites a ser blanqueado no debe ser demasiado alta, o el aceite se hidrolizaría, catalizado por la tierra de blanqueo. Sin embargo, se requiere una cierta cantidad de humedad para optimizar la actividad de la tierra. La tierra de blanqueo sin secar puede contener hasta 10 % de humedad, por lo tanto, es necesario mantener una tierra de blanqueo con un bajo nivel de humedad.

2.2. Definición de términos

Desgomado: el proceso consiste en tratar el aceite con agua o vapor, para que los fosfátidos se hidraten y precipiten. Es importante el tratamiento debido a que los triglicéridos se alteran con mayor facilidad (Egbuna 2015).

Blanqueo: se basa en el contacto físico-químico entre la tierra y el aceite con el fin de mejorar su calidad, esencial en la reducción del contenido de fosfátidos residuales, partículas metálicas, jabones, fosfolípidos, clorofilas, carotenos, productos de oxidación y pigmentos (Alcazar 2002).

Neutralización: es un sistema de purificación alcalina trae consigo una reacción física-química, en donde el álcali se combina con el ácido graso libre presente para formar jabones, los fosfátidos se coagulan mediante la hidratación (O'Brien, Farr y Wan 2000).

Fosfolípidos: estos compuestos también se conocen como fosfátidos o gomas. Sus niveles son generalmente expresados en partes por millón de fósforo (Gupta 2017).

Carbón activado: es un absorbente muy versátil, porque el tamaño y la distribución de sus poros, pueden ser controlados para satisfacer las necesidades de la tecnología actual y futura (Rodríguez 2007).

Ácidos grasos libres: es un indicador de calidad del aceite crudo, la hidrólisis causa los triacilglicéridos molécula para dividirse en el enlace éster para formar ácidos grasos libres que tienen un sabor y olor desagradables.

Oxidación: la presencia de metales, aire y calor inducen la incorporación del oxígeno en los dobles enlaces de los aceites, generalmente comienzan con ácidos grasos de tienen uno o más dobles enlaces (O'Brien, Farr y Wan 2000).

Pigmentos: son agentes que causan un color indeseable en el aceite. Ellos promueven fotooxidación, así como inhibir los catalizadores utilizados para la hidrogenación (Gunstone 2011).

Flavonoides: son pigmentos fenólicos que se encuentran en las frutas y verduras, son solubles en agua y se encuentran en la sabia celular (Alcazar 2002).

CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de estudio

La investigación es cuantitativa y experimental.

3.2. Diseño del estudio

Cuantitativo, correlacional, predictivo y experimental, utilizando un tipo de estudio Superficie de Respuesta aleatorizado, para un diseño experimental compuesto central modelo cuadrático, desarrollado en la plataforma de Desing Expert 11.1.0. tal como se presenta en la Tabla 12 y Tabla 16 desgomado y blanqueo respectivamente.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en las instalaciones de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD) en la Facultad de Ingeniería, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial. En la Planta Piloto de Frutas y Hortalizas de la UNAMAD, en el laboratorio de Procesos Agroindustriales, laboratorio de Investigación Agroindustrial, laboratorio de Química y Biología. Así como en la Universidad Nacional del Altiplano - Puno en el laboratorio de Bromatología de Ingeniería Agroindustrial.

3.3.2. Población

La materia prima Copuazú (*T. grandiflorum*) para la realización de la investigación, proviene del fundo del Señor Hernán Huanca de la localidad de Santa Rosa km 84 carretera a Mazuco de la Provincia de Tambopata, Departamento Madre de Dios, a una temperatura máxima de 35°C y mínima a 24°C, con una humedad relativa 82%. El fundo cuenta con 4 hartarías de producción de Copuazú, por hectáreas cuenta con 300 plantones, cada

plantón produce en un promedio de 23 cocos, con un peso promedio de 1,5 a 3,0 kilogramos. Sin embargo, se utilizó 100 kg de Copuazú en coco para la extracción de las semillas.

3.3.3. Muestra

Se utilizó 200 g de manteca de Copuazú para cada tratamiento de desgomado, según el diseño experimental contamos con 13 tratamientos. Para el blanqueado se utilizó 100 g de manteca desgomada para cada tratamiento, de acuerdo al diseño experimental se tiene 20 tratamientos. En total se utilizó 5 kg de manteca cruda de Copuazú.

3.4. Métodos y técnicas

3.4.1. Materiales, equipos y reactivos

a) Materia prima e insumos

- Agua destilada
- Carbón activado
- Foil aluminio de grado alimentario
- Manteca de semillas de Copuazú prensado en frío

b) Materiales de laboratorio

- Bandejas de acero inoxidable
- Cucharilla de metal
- Desecador con porcelana secado placa
- Espátula
- Fiola 1litro, 250 y 100 ml; $\pm 0.2\%$ marca Germany
- Frascos de vidrio acaramelados de 100 ml
- Frascos de vidrio de 1 L y 500 ml
- Gradillas de plástico
- Indumentarias (guardapolvo, barbijo y guantes)
- Materiales de acondicionamiento
- Matraz Erlenmeyer 100, 200, 500, 1000ml marca Germany
- Mesa de trabajo acero inoxidable
- Mortero con pistón de porcelana

- Papel filtro Whatman # 42
- Peras de decantación 250 ml marca Germany
- Piseta de 500 ml y 1 L
- Pipeta graduada de 1, 5 10 ml $\pm 0.1\%$ marca Germany
- Placa Petri marca Germany
- Probeta graduada 50, 100 y 250 ml $\pm 1\%$ Germany
- Soporte universal
- Tamiz # 60, 80, 100, 120, 200 mm acero inoxidable
- Telas de algodón
- Tubos de ensayo tapa rosca de 50 ml
- Vaso precipitado de $50\pm 0,1$ ml, $100\pm 0,5$ ml, 200 ± 1 ml, 500 ± 1 ml y 1000 ± 1.5 ml marca Germany

c) Equipos

- Agitador magnético con calefacción, modelo MC-S, capacidad 1000 ml, potencia de calefacción 500 watt, velocidad 100-2100 rpm, temperatura máxima de trabajo 350°C , tensión 230/50 Hz, placa calefactora circular en acero inoxidable de 150 mm.
- Balanza analítica, marca sartorius capacidad máxima 220 g, tamaño de platillo \varnothing 80 mm, voltaje 230V/ 50Hz, rango de estabilidad 1/4-digital, legibilidad 0,0001g, reproducibilidad 0,1mg, tiempo de estabilización menor a 8 segundos, pantalla LCD, con cubierta en vidrio de tres ventanas, desviación linealidad, ejecutado en acero inoxidable.
- Balanza granataria digital, PCE-BTS 15, capacidad máxima 5 kg $\pm 0.2\%$ modelo: JCS-B, pantalla LCD, sensibilidad 0,1g, tamaño del plato 235x342mm, reproducibilidad 5g, linealidad ± 5 , display digital de tamaño retroiluminado.
- Baño termostático marca Tomos, serie CDK S24, voltaje 220 V, temperatura $5-95^{\circ}\text{C}$, capacidad 8L, potencia 1600Watt, tensión 220V, temperatura -10°C a 80°C , sensor PT-100, presión de control $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$, cuba y bandeja en acero inoxidable 304.

- Prensa hidráulica marca TRUPER presión máximo de trabajo 300 bar; capacidad 100-1200 g, temperatura manual 0-32°C, manejo manual.
- Centrifuga marca GREETMED, modelo 2615, serie GT119-100T, velocidad máxima 0-4000 rpm, tiempo 0-25 min, capacidad 6x15 ml, voltaje 220, temperatura ambiente.
- Congeladora marca LG cap. 300L
- Estufa marca METROTEST modelo MS-H3 Germany, Temperatura regulable desde 0-200°C, voltaje 220, programador 24 horas, ejecutado interior en acero inoxidable, AISI 304.
- Espectrofotómetro UV visible modelo 4211/50, rango de longitud 200-1000 nm, ancho de banda 4 nm, exactitud de longitud de onda ± 1 nm, resolución de longitud de onda ± 1 nm, rango fotométrico -0,097 a 2,5 A; 0 a 125%T, exactitud fotométrica $\pm 0,5\%$ T, reproducibilidad fotométrica $\pm 0,3\%$ T, estabilidad $\pm 0,002$ A/h a 500 nm, lampara tungsteno, detector fotodiodo de silicio, alimentación 220V/50Hz, dimensiones 470x370x180mm, peso 12 kg, comportamiento de muestras 4 cubetas estándar de 10 mm paso de luz.
- Molino de disco, marca CORONA diámetro 15 cm, con tolva alta, material hierro fundido con alimentación de tornillo sin fin mecánico de movimiento manual. Acabado superficial estaño electro chapado almohadilla: caucho, manija de madera, capacidad de peso 3,5 kg.
- Mufla marca METROTEST modelo MS-H8 Germany, temperatura regulable desde 0-800°C, voltaje 220, programador 24 horas, ejecutado en fibra policristalina con revestimiento refractario con alúmina de fibra de 1300°C.
- Plancha eléctrica, marca FISHER SCIENTIFIC; serie:208 N0035; Voltaje:250V 50/60Hz, temperatura máxima 540°C, medidas 5/10/3,6 (12,7x25,4x9,1 cm), tipo de enchufe: varios, tamaño del plato: 4,25''x4,25'' (10.8x10,8cm).

- Pulpeadora marca INOXTRON modelo DFV 27-60, capacidad 500 kg/h potencia, suministro trifásico 5 HP, V:220, acero inoxidable.
- Refractómetro marca ABBE: Schmidt y haensch
- Termómetro de marca Giardino rango de medición -10 a +100°C, exactitud $\pm 1^\circ\text{C}$, color de la varilla de vidrio: franja posterior amarillo, longitud total 300 mm, liquido termométrico alcohol color rojo.
- Termómetro infrarrojo marca benetech, modelo GM320, color naranja+negro, material plástico pantalla 1,2 pulgadas LCD, rango de temperatura -50°C a 380°C, precisión $\pm 1,5^\circ\text{C}$ o el 1,5% durante 0°C, longitud de onda de respuesta 8 a 14 μm , tiempo de reacción 500 microsegundos, el 95% en relación, humedad relativa 10% a 90% RH sin condensación, desarrollado por 2 pilas AAA, duración de la batería laser de 12 horas, objeto relación de la distancia 12:1.

d) Reactivos

- Ácido fosfórico laboratorio Merck
- Ácido clorhídrico laboratorio Merck
- Almidón el polvo laboratorio Merck
- Azul de metileno laboratorio Merck
- Etanol al 96% laboratorio Merck
- Fenolftaleína de laboratorio Merck
- Hidróxido de potasio laboratorio Merck
- Hidróxido de sodio laboratorio Merck
- Reactivo wijs laboratorio Merck
- Tetracloruro de carbono laboratorio Merck
- Tiosulfato de sodio laboratorio Merck
- Yoduro de potasio laboratorio Merck

3.4.2. Metodología

En la Figura 23, se establece la metodología seguida en el estudio y las etapas principales para el proceso de refinamiento, las cuales se describen a continuación.

3.4.3. Acondicionamiento de semillas de Copuazú

- a) **Recepción:** en esta operación se realizó el pesado de las semillas frescas de Copuazú, con el fin de calcular el rendimiento de la extracción de la manteca.

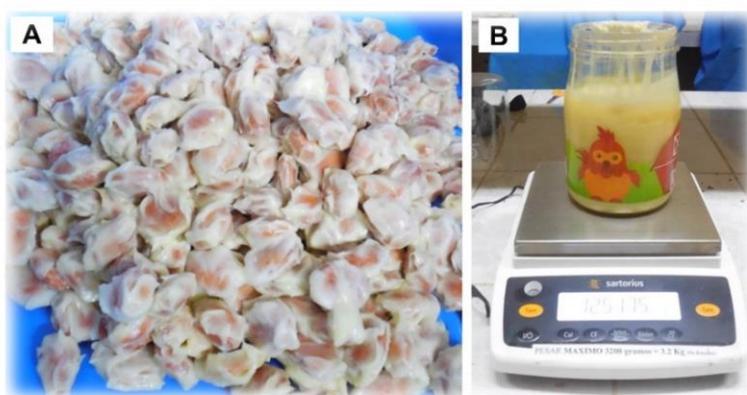


Figura 10. semillas frescas (A); pesado de manteca de Copuazú (B)
Fuente: elaboración propia, 2020.

- b) **Selección y clasificación:** la selección es muy importante, para separar aquellas semillas que se encuentran podridas o tienen alguna afección, se muestra en la Figura 11 (A), esto repercute en la calidad de la manteca. Además, consideramos importante la clasificación de las semillas (Figura 11-C), ya que, trae el fruto las semillas de diferentes tamaño y volumen, esto ayuda a mejorar el proceso de secado de una manera uniforme y los resultados del % humedad de las semillas son más estables.



Figura 11. selección de semillas buenas de Copuazú (A), tamaño uniforme de semillas (B) y clasificación de acuerdo al tamaño (C).

Fuente: elaboración propia,2020.

- c) Pelado:** la semilla seleccionada (Figura 12-A) fue pelado de manera manual con la ayuda de un cuchillo para retirar la cascara, en la cual se recomienda el pelado en fresco, ya que es más sencillo retirar la cascara. También se puede retirar la cascara en semiseco, sometiendo a un secado previo.



Figura 12. Semilla seleccionada (A), pelado manual (B) pelado fresco (C).

Fuente: elaboración propia,2020.

- d) Deshidratado con aire convectivo:** el secado de las semillas se realizó en una estufa con corriente de aire convectivo a una temperatura de 60°C, aproximadamente durante 36 horas, hasta alcanzar una humedad de 3,5 – 4,5%.



Figura 13. Estufa modelo MS-H3 (A) y semillas deshidratadas (B).
Fuente: Elaboración propia, 2020.

- e) **Molienda:** para facilitar la extracción de la grasa, se realizará la molienda a un tamaño de partícula de malla # 20-40 (841- 400 μm). La reducción del tamaño se realizará en un disco manual con una alimentación de tornillo sin fin.

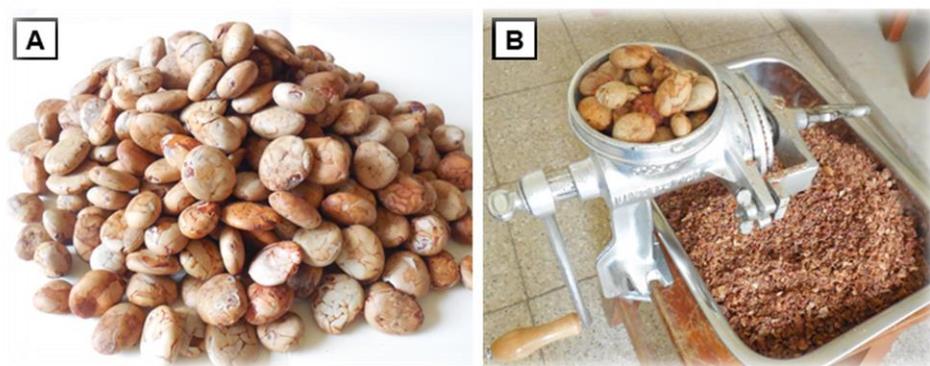


Figura 14. semillas secas (A) y molino de disco manual (B)
Fuente: Elaboración propia, 2020.

- f) **Envasado:** luego será envasado en una bolsa de polietileno con cierre hermético de 1 kg, se conservará hasta el momento de la extracción por prensado hidráulico.

3.4.4. Extracción de manteca por prensado hidráulico

- a) **Calentamiento de semilla extruida:** el calentamiento se realizará en una estufa, ya que es muy importante para facilitar la extracción de las grasas de la semilla molida, recomiendan a una temperatura de 70°C durante 30 minutos en una bandeja de acero inoxidable.

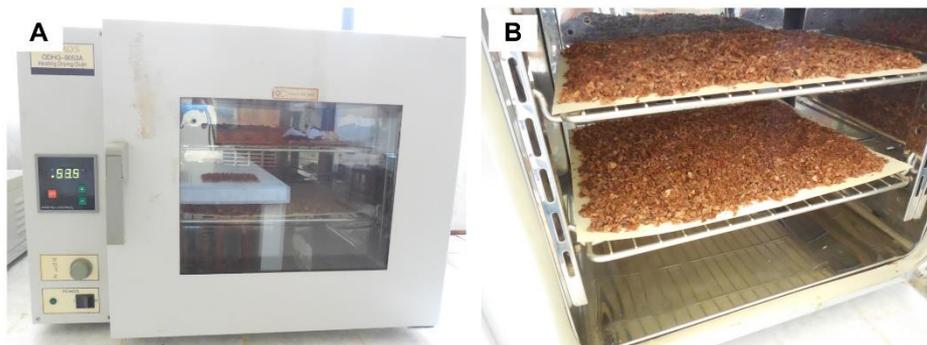


Figura 15. equipo estufa (A) y calentamiento de semilla molida(B)

Fuente: Elaboración propia, 2020.

- b) Prensado hidráulico:** la semilla molida se carga al cilindro de extracción, inmediatamente se extrae por el prensado hidráulico a presiones de 150 – 250 bar durante 30 minutos.

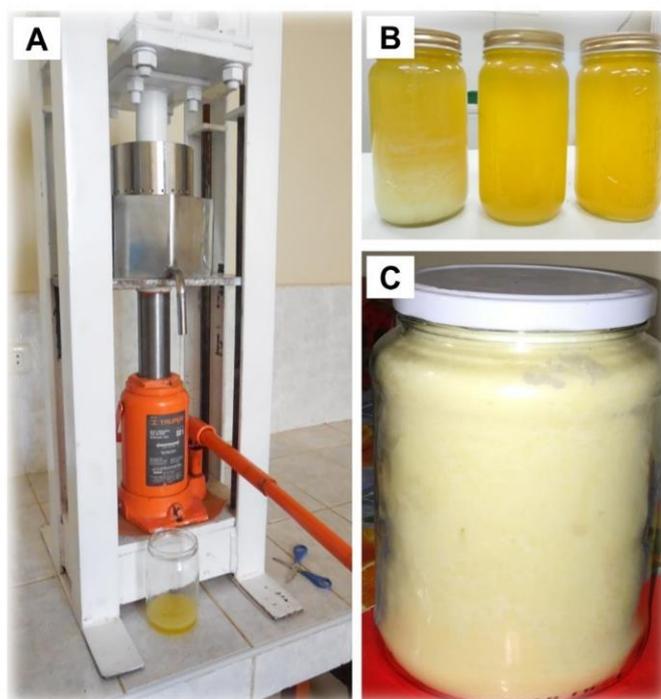


Figura 16. prensa hidráulica de extracción (A), manteca en estado líquido (B) y envasado de la manteca de Copuazú (C).

Fuente: Elaboración propia, 2020.

- c) Envasado de la manteca:** esta operación se realiza para mantener su estabilidad y propiedades organolépticas, se envasa en frascos de 1 kg.
- d) Almacenamiento:** bajo refrigeración a 5°C, hasta completar la cantidad necesaria para el proceso de experimentación.

3.4.5. Análisis físico químico de la manteca de Copuazú

Se realizó el análisis de índices de calidad, fosfolípidos y pigmentos, desde la obtención de la manteca cruda, después del proceso de desgomado y al final del proceso de blanqueado.

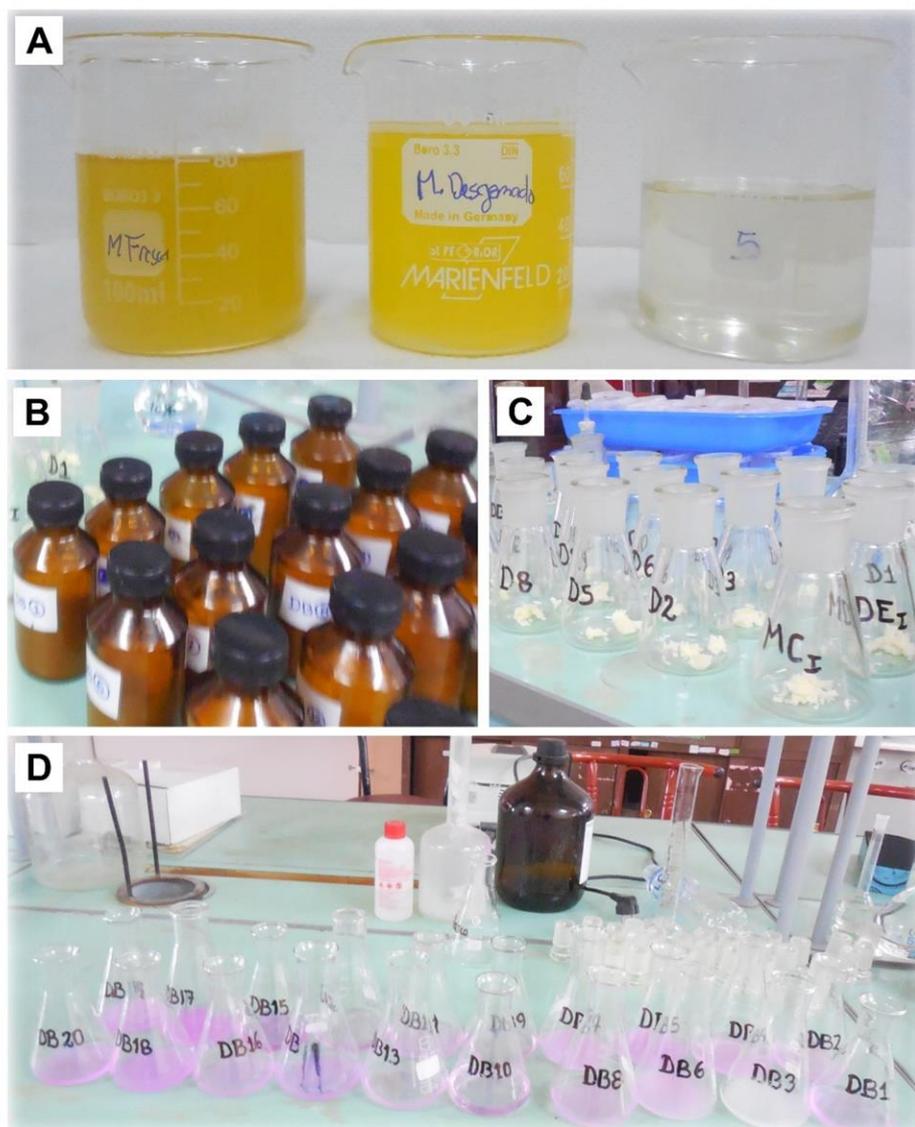


Figura 17. Muestra de manteca cruda, desgomado, blanqueado (A); muestras de desgomado y blanqueado (B); análisis de índice de peróxidos (C) y índice de acidez (D).

Fuente: Elaboración propia, 2020.

3.4.6. Desgomado de la manteca de Copuazú

- a) **Calentamiento:** en esta operación se realiza en una plancha de calentamiento con agitación como se muestra Figura 18-A, en los diferentes intervalos de temperatura de operación según el diseño de experimentación, con una agitación de 650 rpm.

b) Hidratación: consiste en la adición de agua destilada a una temperatura de 60°C en diferentes porcentajes a la manteca en estado líquido a una temperatura de operación según el diseño experimental, en la Figura 18-B se observa el ligero cambio en la coloración por la adición del agua. Se muestra en la Figura 18-C la separación por fases del aceite, los fosfolípidos hidratables u otros componentes. El tiempo de residencia fue de 30 min y una velocidad de agitación de 650 rpm.

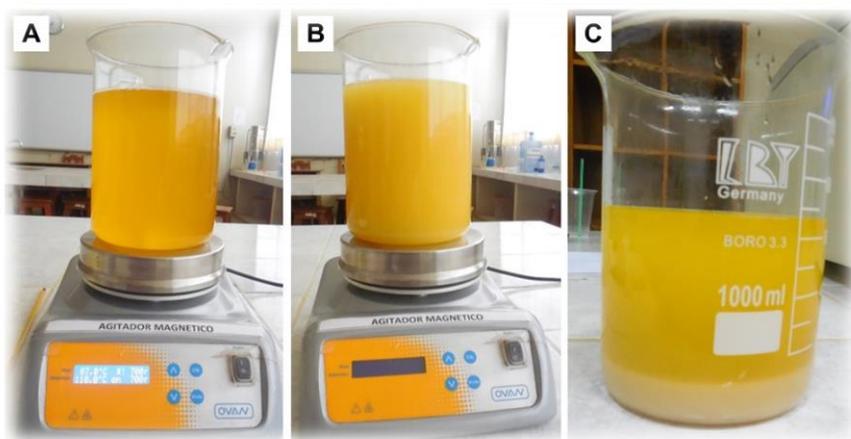


Figura 18. Calentamiento de la manteca (A); manteca agregada con agua destilada (B); separación del aceite y las gomas (C).

Fuente: Elaboración propia, 2020.

c) Centrifugado: se realiza en un equipo centrifuga con refrigeración (Figura 19-A) en tubos de ensayo de plástico de 50 ml, a una velocidad de 4000 rpm a una temperatura de 15°C durante 10 minutos para todos los tratamientos del experimento, en esta operación consiste en la separación total de los fosfolípidos hidratables u otros componentes presentes del aceite de Copuazú. En la Figura 19-B, C se observa los fosfolípidos hidratables y otros componentes indeseables, se separa gracias a la velocidad de centrifugación aplicada, la temperatura de refrigeración del equipo y la diferencia de densidad de los componentes, estos llegan a aglomerarse en la base del tubo de ensayo como se muestra en la Figura 19-C.

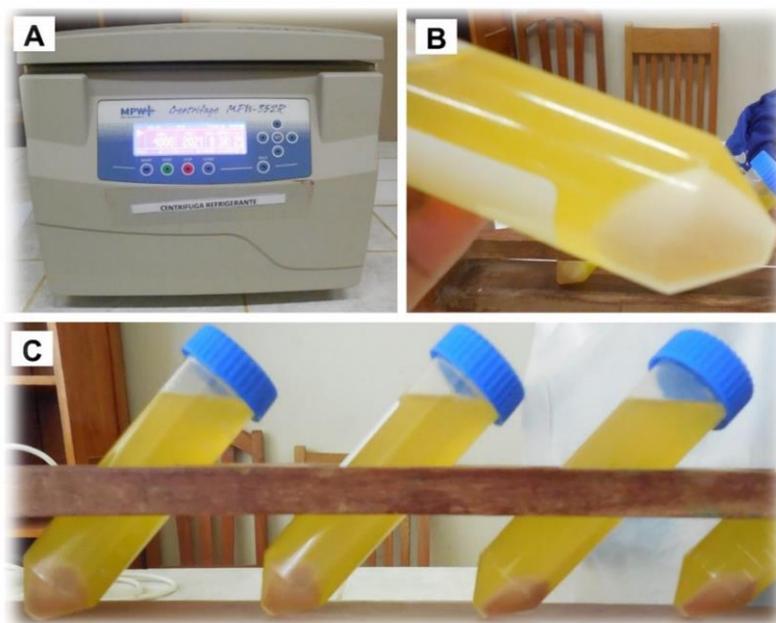


Figura 19. Equipo centrifuga con refrigeración (A); centrifugado de fosfolípidos hidratables (B) y otros componentes indeseables del aceite (C).

Fuente: Elaboración propia,2020.

3.4.7. Blanqueado de la manteca de Copuazú

- a) **Calentamiento:** se muestra en la Figura 20-A, la temperatura de operación fue una variable de estudio en el proceso de experimentación en rango de 60-140°C.
- b) **Blanqueo:** en este proceso se adiciono el carbón activado de diferente tamaño de partícula y en porcentaje variable, según el diseño experimental. Se muestra en la Figura 20-B en donde cambia la coloración por completo al aceite desgomado.
- c) **Filtrado:** se realizará con un papel filtro Whatman # 42 en donde se eliminará las partículas de carbón activado de la manteca en estado líquido. En la Figura 20-C el color del aceite aun es oscuro, por ende, se somete a un proceso de neutralización, justamente para la eliminación de las partículas suspendidos del carbón activado en el aceite blanqueado.

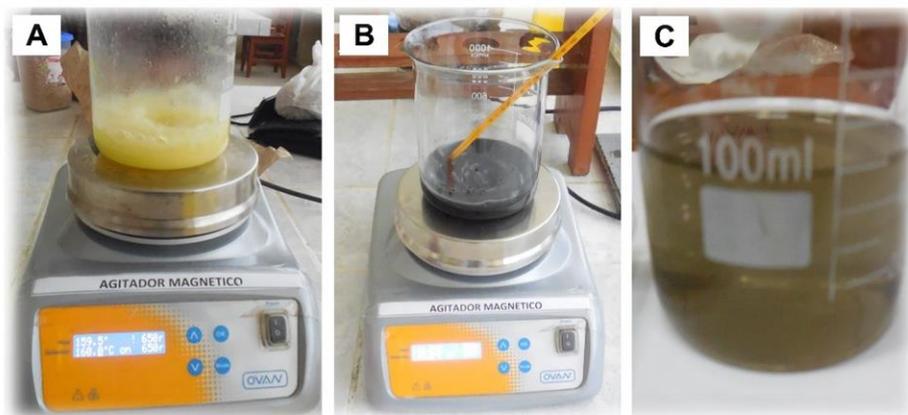


Figura 20. Calentamiento del aceite desgomado (A); adición del carbón activado (B); filtrado del aceite blanqueado (C).

Fuente: elaboración propia,2020.

3.4.8. Neutralización

Se realizará adicionando una solución de NaOH necesario para neutralizar una determinada cantidad de manteca, la cantidad de solución nos la determina el porcentaje de acidez de la manteca, este proceso es muy importante ya que nos permite la remoción de partículas suspendidas de carbón activado, luego se llevará a una centrifugación para separar los jabones o goma formado por el NaOH.

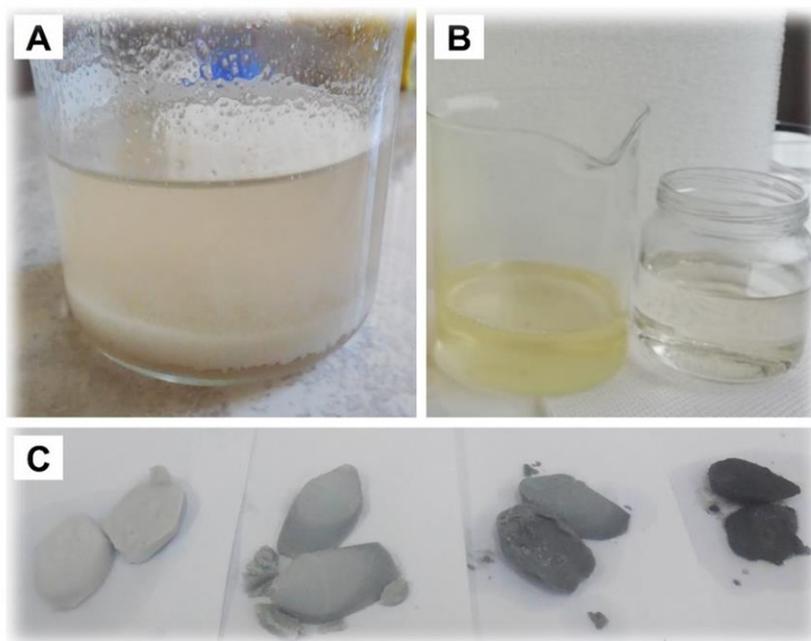


Figura 21. Aceite neutralizado (A); neutralizado y centrifugado (B); gomas del centrifugado con diferente grado de color (C).

Fuente: Elaboración propia,2020.

3.4.9. Lavado

Para concluir con el proceso de refinamiento se realizará un proceso de lavado, con la finalidad de eliminar los restos de la solución de hidróxido de sodio y jabón presente el aceite de Copuazú en condiciones de temperatura del agua destilada a 60°C, agitación por 20 minutos en una pera de decantación, hasta retinar la totalidad de espuma formada por el jabón y presentar un aceite traslucido.

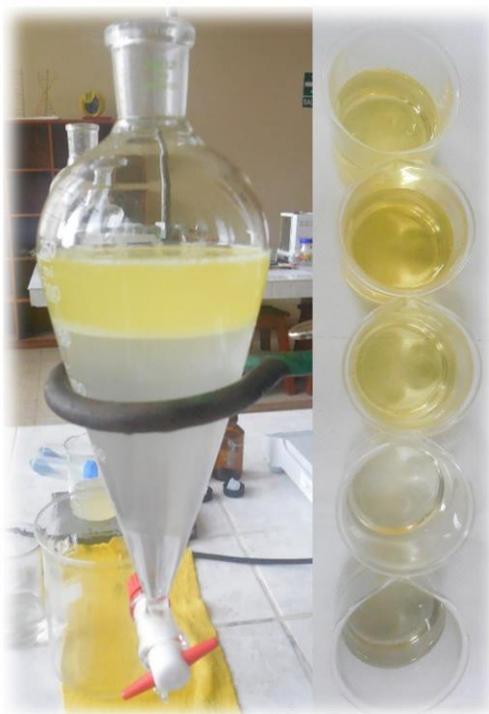


Figura 22. Lavado del aceite desgomado, blanqueado y neutralizado.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

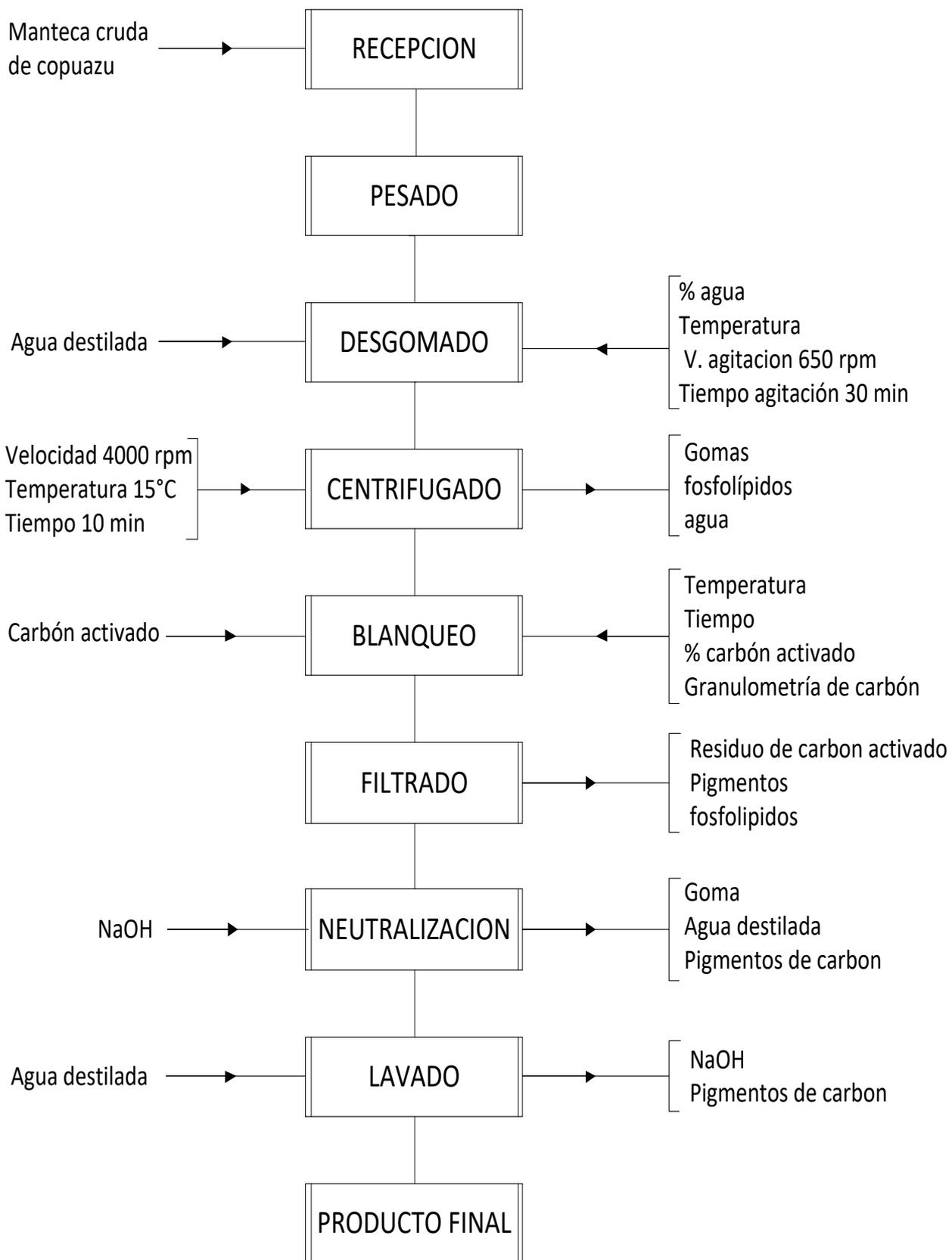


Figura 23. Diagrama de bloques del proceso de refinamiento de la manteca cruda de Copuazú.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

3.4.10. Método de determinación de fosforo

Método del color amarillo del vanadomolibdofosforico (modificado)

Se conoce exactamente la naturaleza del compuesto cromógeno amarillo, pero el color se atribuye a la sustitución de los átomos del oxígeno del radical PO_3 por radicales oxivanadio y oximolibdeno, para dar un heteropoliconjunto que es cromógeno.

Instrumentos y materiales

- Colorímetro
- Tubos de colorímetro
- Fiola de 10 ml
- Buretas de 100 ml

Reactivos

1. Solución A

Disolver 25 ml de molibdato de amonio(cristalizado) en 400 ml de agua destilada.

2. Solución B

Disolver 1,25 g de metavanadato de amonio en 300 ml de agua hirviendo; dejar enfriar y luego añadir 250 ml de HNO_3 concentrado; enfriar nuevamente hasta la temperatura ambiente.

Finalmente, la solución A se vierte sobre la solución B y el conjunto resultante se diluye hasta un litro.

3. Solución patrón de fosforo (50 ppm)

Secar la sal de KH_2PO_4 (fosfato monopotasio) a $40^\circ C$, hasta peso constante.

Luego pesar 0,2195 g de sal (seca), disolver en 400 ml de agua destilada, añadir 25 ml de una solución de H_2SO_4 7N y llevar a volumen de un litro con agua destilada; guardar la solución en un frasco color caramelo y bien tapado.

Procedimiento: Pipetear 2 ml de la solución madre y poner en Fiola de 10 ml, añadir 3 ml de una solución de bicarbonato de sodio 0,5 M de 5ml de la solución metavanadato de amonio, homogenizar bien y dejar que desarrolle

el color durante 30 minutos. Paralelamente se debe desarrollar una muestra en blanco; leer usando la longitud de onda de 470.

Nota: la concentración de ácido de la solución madre es de 1,45 N; la técnica recomienda que la concentración final ideal debe ser de 0,5 N, pero tal motivo se le añaden los 3 ml de la solución de bicarbonato de sodio.

Preparación de la curva

A partir de la solución standard de P (50 ppm) tomar alícuotas de 0,4-0,8 y 1,2 ml y poner tres Fiola de 10 ml, añadir 5ml de la solución de metavanadato y llevar a volumen con agua destilada; homogenizar bien, las fiolas tendrán una concentración de 2,4 y 6 ppm respectivamente. Después de 30 minutos leer usando la longitud de onda de 470 nm, con las lecturas obtenidas, se elabora la curva en papel semilogarítmico (lecturas en transmitancia).

Cálculos

Una muestra tiene una lectura de 83 (transmitancia) que ploteada en la curva corresponde a 2 ppm en:

$$\%P = \frac{2 \text{ ppm} \times 50 \text{ ml} \times 10 \text{ ml}}{0,250 \text{ g} \times 2 \times 10,000} = 0,20$$

En donde: 50 ml es el volumen de la solución madre; 10 ml es el volumen del desarrollo de color; 0,250 g peso de la muestra; 2 ml alícuota de la solución madre para el desarrollo del color; 10,000 es el factor para pasar de ppm a porcentaje.

3.4.11. Método de análisis físico-químico de la manteca de Copuazú

Índice de peróxido

(Nota: realizar análisis con luz diurna difusa o con luz artificial protegido de la fuente de luz directa.)

A. Reactivos

(a) *Solución de ácido acético-cloroformo.*

Mezcla de tres volúmenes de CH₃COOH con 2 volúmenes de CHCl₃, USP.

(b) Solución de yoduro de potasio, saturada.

Disuelva el exceso de KI en H₂O recién hervido. Debe permanecer el exceso de sólido. Almacenar en la oscuridad. Prueba diariamente agregando 0,5 ml a 30 ml de CH₃COOH-CHCl₃, (a); Luego añada 2 gotas de solución de almidón al 1%, (mezcle aproximadamente 1 g de almidón soluble con suficiente H₂O fría para hacer una pasta fina, agregue 100 ml de H₂O hirviendo y hierva a 1 min mientras revuelve). Si la solución se vuelve azul, requiere 1 gota 0.1 N Na₂S₂O₃ para descargar el color, preparar una solución nueva;

(c) Soluciones estándar de tiosulfato de sodio. 0.1 y 0.01N.

Prepare y estandarice como en 942.27 (ver A.1.13). Para 0.01N, diluir 0,1 N con H₂O recién hervida y enfriada.

B. Determinación

Grasas y aceites. Pese 5,00 ± 0,05 g de muestra en 250 ml Erlenmeyer con tapón de vidrio. Agregar 30 ml de CH₃COOH-CHCl₃, (a), y girar para disolver. Agregue 0.5 ml de solución saturada de KI, (b), de Pipetear con una pipeta de Mohr, dejar reposar con agitación ocasional 1 min y añadir 30 ml H₂O. Valorar lentamente con Na₂S₂O₃ 0,1 N con agitación vigorosa hasta el amarillo casi se ha ido.

Agregue aproximadamente 0,5 ml de solución de almidón al 1% y Continúe la titulación, agitando vigorosamente para liberar todo el I₂ del CHCl₃ capa, hasta que el azul simplemente desaparezca. Si se usa <0.5 ml 0.1N Na₂S₂O₃, Repita la determinación con Na₂S₂O₃ 0.01N.

Realice la determinación del blanco diariamente (debe ser ≤0.1 ml 0.1N Na₂S₂O₃). Reste de la titulación de la muestra.

$$\text{Índice de peróxido} = \frac{S \times N \times 1000}{g \text{ de muestra}}$$

En donde: S = ml Na₂S₂O₃ (blanco corregido), N = solución de normalidad N Na₂S₂O₃.

Índice de saponificación

El valor de saponificación es la cantidad de álcali necesaria para saponificar una cantidad definida de la muestra de prueba. Se expresa como el número de miligramos de hidróxido de potasio (KOH) requerido para saponificar 1 gramo de la muestra de prueba.

Instrumentos:

Matraz Erlenmeyer resistentes a los álcalis, 250^a 300 ml, junta de vidrio esmerilado T24/40.

Condensadores: conjunto de vidrio esmerilado T24/40 para disparar matraces Erlenmeyer.

Baño de agua, o una placa de hor con control de calor variable.

Reactivos:

Ácido clorhídrico 0,5 M estandarizado con precisión.

Hidróxido de potasio alcohólico (KOH) se puede comprar o colocando 5-10 g de gránulos de KOH de grado reactivo, en un matraz de 2 L, agregando 1-1,5 L de alcohol etílico al 95% y hervir en agua con un reflujo durante 30-60 min. Destile y recoja alcohol en un recipiente limpio con tapa de vidrio. Disuelva 40 g de hidróxido de potasio, bajo en carbono, en 1 L del alcohol destilado, con enfriamiento para mantener la temperatura o el lurion debe permanecer despejado la solución de indicador 1% en 95% de alcohol etílico.

Procedimiento:

1. Derrita la muestra de prueba, coloque todo el líquido y el filtro seco para eliminar las impurezas y la humedad. La muestra de prueba debe estar completamente seca.
2. Pese una porción de prueba de tal tamaño que el título trasero sea de 45-55% del costado. Esto generalmente requiere una porción reposo de 1,0-2,2 g si se usan 25 ml de KOH o 4-5 g si se usa 50 ml de KOH. Agregue el KOH alcohólico con una pipeta permita que la pipeta se drene por aproximadamente 10 minutos.
3. Prepare y lleve en blanco al mismo tiempo que la porción de prueba de la grasa o el aceite.

4. Conecte el condensador y hierva suavemente, sin dejar de hervir, hasta que la porción de prueba este completamente saponificada. Esto generalmente requiere al menos 30 minutos para las porciones de prueba normal. Asegure de que el anillo de vapor en el condensador no se eleve hasta la parte superior del condensador, ya que podría producirse una pérdida.
5. Después de que alsk y el condensador se hayan enfriado un poco, pero no lo suficiente como para formar un gel, lave el interior del condensador con una pequeña cantidad de agua destilada. Desconecte el condensador, agregue aproximadamente 1 ml del indicador de fenolftaleína y valore con 0,5 M hasta que el color rosa desaparezca. Registre el volumen de 0.5 M HCL requerido para titular.

$$\text{Indice de Saponificacion} = \frac{(A - B)(N)(56,1)}{(m)}$$

En donde: *A* volumen de solución de HCl gastados en la titulación en blanco, *B* volumen de solución de HCl gastados en la titulación de la muestra, *N* normalidad de la solución de HCl estandarizado, 56,1 equivalentes de KOH y *m* masa de la muestra en gramos.

Indice de acidez

Fundamento del método

La acidez libre es una de las características químicas que mejor definen la calidad de un aceite, pues representa el deterioro hidrolítico a que ha sido sometido. Este parámetro nos da idea de cómo ha sido cultivada, recolectada, almacenada, transportada la aceituna, así como ha sido elaborado el aceite en la almazara.

La acidez libre se expresa en porcentaje de ácido oleico y se determina según la norma UNE-EN ISO 660:2010 midiendo la cantidad de hidróxido potásico al 0,1% en solución alcohol y éter, necesaria para neutralizar los ácidos presentes, utilizando como indicador una solución al 1% de fenolftaleína en metanol. Existen dos formas de expresar la acidez de un aceite:

- Grado de acidez: es el porcentaje de los ácidos libres contenidos en el aceite. En general, los aceites vegetales se expresan como si todos los ácidos libres fueran ácido oleico ($C_{18}H_{34}O_2$).
- Índice de acidez. Indicándose por tal denominación el número de miligramos de hidróxido potásico necesarios para neutralizar los ácidos libres contenidos en 1 g de materia grasa.

Reactivos

- Alcohol etílico de 96° y éter etílico (1:1 v/v)
- Disolución alcohólica de fenolftaleína al 1%
- Disolución de hidróxido potásico 0.1 N y 0.5 N

Procedimiento

- 1.- En un matraz Erlenmeyer de 250 ml, se colocan 25 ml de alcohol etílico de 96° y éter etílico, adicionándole 1 ml de disolución alcohólica de fenolftaleína al 1%. La mezcla, adicionada al indicador, se neutraliza con disolución de hidróxido potásico 0.1 N, hasta el viraje incipiente del indicador.
- 2.- En otro matraz Erlenmeyer igual al anterior, se pesan entre 5-10 g de aceite. El disolvente neutralizado, preparado según se indica anteriormente, se vierte en el matraz y se agita, hasta conseguir la disolución completa de la grasa.
- 3.- Seguidamente se valora con disolución de hidróxido potásico 0,5 ó 0,1 N, según sea la acidez de la muestra; para aceites de poca acidez, se emplea la disolución más diluida, y para aceites de fuerte acidez, la disolución más concentrada.

Precauciones a tener en cuenta durante la realización del análisis:

- Si se separan 2 capas debe repetirse la valoración usando una cantidad menor de muestra.
- La adición de hidróxido potásico, se hace agitando constantemente, dándose por terminada la valoración cuando la adición de una sola gota produce un viraje débil, pero definido, que persista durante unos segundos.

- Debe procurarse que el matiz de color del punto final sea lo más parecida posible al obtenido en la neutralización del disolvente. Si la coloración intensa de la muestra de aceite o su turbidez dificultan la apreciación del viraje del indicador, puede emplearse un pH-metro.

$$\text{Indice de Acidez} = \frac{(V)(N)(56,1)}{(P)}$$

En donde: *V* mililitros de la solución de KOH gastados en la titulación de la muestra, *N* normalidad de la solución de KOH utilizado en la titulación de la muestra, *56,1* equivalentes de KOH y *P* masa de la muestra en gramos.

3.4.12. Método de colorimetría

La visión digital es una nueva tecnología con la generación de imágenes por medio de cámaras digitales o escáneres seguido del procesamiento y análisis de dichas imágenes en computadoras, en la cual se refleja la muestra para luego determinar la coloración, basados en dispositivos triestimulares (tres filtros) para cada longitud de onda: filtros rojo, verde y azul. En donde a: +rojo – verde b: +amarillo – azul L: luminancia, H: giro de color, C: intensidad de color (Gómez et al. 1998). En donde la luminosidad es de 0 a 100, saturación croma de 0 a 100 y tono un valor de 0 a 360°.

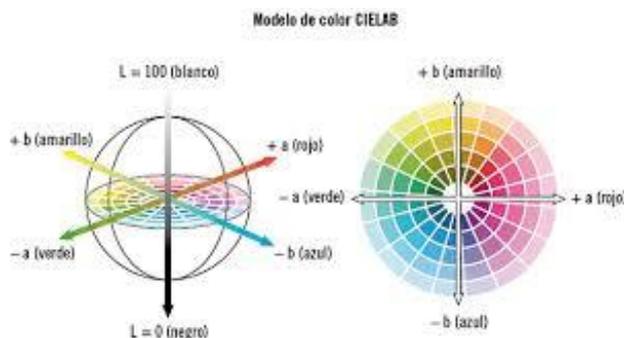


Figura 24. Diagrama de cromaticidad de espacio de color CIELAB

Fuente: Boscarol,2007.

Con L^* fijado, el color se puede representar con las coordenadas rectangulares a^* y b^* . También se puede hacer con las coordenadas polares C^* y h , definidas así: $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ y $h = \arctan (b^* / a^*)$.

Los valores de C^* y h se corresponden respectivamente con croma (chroma) y tono o matiz (hue). El valor de h es el ángulo del tono, y se expresa en grados que van de 0° (inclusive) a 360° (excluido).

3.4.13. Método de activación química del carbón

Establecer tamaño de las partículas del carbón a utilizar. Secar las partículas de carbón a 200 °C durante 12 horas, luego reposar en la solución de HCL al 15% de pureza durante 24 horas en un frasco cerrado de material de vidrio. Someter a 550°C en una plancha de calentamiento durante 2 horas. Más adelante lavar el carbón con agua destilada hasta llegar a la neutralidad. Secar en un horno a 600 °C durante 2 horas. Mantener en desecador hasta el momento del trabajo.

2.4. Tratamiento de los datos

El objetivo principal de este estudio de investigación es desarrollar un modelo que puede sugerir una relación adecuado de % de carbón activado y el tamaño de partícula del carbón activado (#malla) para blanquear manteca de Copuazú, teniendo como parámetros de estudio la temperatura, tiempo. Por otro lado, para el desgomado % de agua para diferentes grados de temperatura. Los datos experimentales serán evaluados mediante el software DESING EXPERT V 10. En la Tabla 9, se representa las características del diseño experimental para el proceso de desgomado, para un tipo de estudio de superficie de respuesta, tipo de diseño compuesto central, teniendo 13 tratamientos.

Tabla 9. Información del diseño experimental del desgomado

Versión del Software Desing Expert 11.1.2.0	
Tipo de estudio	Superficie de respuesta
subtipo	Aleatorizado
Tipo de diseño	Compuesto central
Modelo de diseño	Cuadrático
Corridas	13

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 10. Matriz de factores y niveles para el estudio del desgomado.

Factor	Nombre	Unidad	Mínimo (-1)	Medio (0)	Máximo (+1)	Dev. Estándar
A	agua	%	3,0	5,0	7,0	1,63
B	temperatura	°C	55,0	67,5	80,0	10,21

Fuente: elaboración propia, 2020.

En la Tabla 10, se representa la matriz de factores y niveles para el estudio del desgomado, en ello, se describe el rango mínimo y máximo para el porcentaje de agua y temperatura, con su respectiva desviación estándar. En la Tabla 11, se representa la matriz de respuesta para el estudio del desgomado, representando los modelos ajustados para los valores experimentales. Además, se determina los valores mínimos, máximos y la desviación estándar para cada modelo ajustado.

Tabla 11. Matriz de respuestas para el estudio de desgomado

Nombre	Unidad	Mínimo	Media	Máximo	Dev. Estd.	Modelo
R1	%	0,024	0,032	0,036	0,003	CR
R2	mEqO ₂ /Kg	5,983	13,37	23,962	4,92	QR
R3	mg KOH/g	1,12	1,29	2,240	0,353	L
R4	mg KOH/g	21,866	34,50	40,392	4,51	2FI
R5	%	0	20,34	49,786	14,77	CR
R6	%	0,265	1,55	2,652	0,568	2FI
R7	%	94,43	96,46	98,260	1,03	CR

R1: % fosfolípidos, **R2:** índice de peróxidos **R3:** índice de acidez, **R4:** índice de saponificación, **R5:** remoción de agua, **R6:** rendimiento de remoción de goma, **R7:** retención de grasa, **CR:** cubico reducido, **2FI:** modelo de interacción de dos factores, **QR:** cuadrático reducido **L:** lineal.

Tabla 12. Matriz de diseño para el tratamiento de desgomado

Corrida	Factor 1	Factor 2
	A: Agua (%)	B: Temperatura (°C)
1	2.2	67.5
2	5	49.8
3	5	67.5
4	5	67.5
5	7.8	67.5
6	5	67.5
7	3	55
8	5	85.2
9	7	80
10	7	55
11	5	67.5
12	5	67.5
13	3	80

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la Tabla 12, se muestra la matriz de diseño para el tratamiento de desgomado, para un diseño compuesto central teniendo los tratamientos

3,4,6, 11 y 12 para un porcentaje de agua de 5% y una temperatura de 67.5 °C y tipo de estudio superficie de respuesta, teniendo en total 13 tratamientos para el estudio del desgomado.

En la Tabla 13, se muestra la información del diseño de blanqueo, se realizó con un diseño compuesto central, tipo de estudio superficie de respuesta, con dos bloques.

Tabla 13. Información del diseño de blanqueo

Versión del Software Desing Expert 11.1.2.0	
Tipo de estudio	Superficie de respuesta
Subtipo	Aleatorizado
Tipo de diseño	Compuesto central
Modelo del diseño	Cuadrático
Bloques	2

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la Tabla 14, se representa la matriz de factores y niveles para el estudio de blanqueo, en ello se muestra los niveles mínimos y máximos para los diferentes factores, con su respectiva desviación estándar.

Tabla 14. Matriz de factores y niveles para el estudio de blanqueo

Factor	Unidad	Mínimo (-1)	Medio (0)	Máximo (+1)	Dev. Estándar
A	°C	80,0	100,0	120,0	18,35
B	min	20,0	30,0	40,0	9,18
C	%	8,0	10,0	12,0	1,84
D	# malla	80,0	100,0	120,0	18,35

A: temperatura de operación, B: tiempo de proceso, C: relación másica de carbón activado en aceite crudo, D: tamaño de partícula del carbón activado.

En la Tabla 15, se presentando los modelos ajustados para los valores experimentales. Además, se determina los valores mínimos, máximos y la desviación estándar para cada modelo ajustado.

Tabla 15. Matriz de respuesta para el estudio del blanqueado.

Nombre	Unidad	Mínimo	Media	Máximo	Dev. Estd.	Modelo
R1	mEqO ₂ /Kg	9,994	22,36	41,983	9,82	CR
R2	mg KOH/g	1,12	1,12	1,122	0,001	L
R3	g I ₂ /100g	1,292	2,37	2,892	0,346	L
R4	mg KOH/g	24,684	29,53	36,026	2,93	R 2FI
R5	%	0,019	0,022	0,024	0,001	R 2FI
R6	chromo	0,6	2,33	6	1,38	R 2FI

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la Tabla 16, se muestra la matriz de diseño con tratamiento para el blanqueo, para un diseño compuesto central teniendo los tratamientos 2,7,9 y 17 con una temperatura de 100 °C, tiempo 30 min, porcentaje de carbón activado 10% y # malla 100, teniendo 20 tratamientos.

Tabla 16. matriz de diseño con tratamiento para el blanqueo

N	B	TO (°C)	TP (min)	RCM	TP (#malla)
1	1	120	40	8	80
2	1	100	30	10	100
3	1	120	20	12	120
4	1	80	20	12	80
5	1	80	20	8	80
6	1	80	40	12	120
7	1	100	30	10	100
8	1	80	40	8	120
9	1	100	30	10	100
10	1	120	20	8	120
11	1	120	40	12	80
12	2	100	30	10	60
13	2	100	10	10	100
14	2	100	30	10	140
15	2	100	30	14	100
16	2	100	50	10	100
17	2	100	30	10	100
18	2	100	30	6	100
19	2	60	30	10	100
20	2	140	30	10	100

N: número de tratamientos, B: bloques, TP: Temperatura de operación, TO: tiempo de operación, RCM: relación de carbón activado manteca, TP: tamaño de partícula.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

4.1. Extracción y análisis físico-químico de la manteca de Copuazú

La extracción de la manteca de semillas de Copuazú (SC) se realizó utilizando el método de prensado hidráulico en frío, equipo diseñado y manufacturado en acero al carbono y acero inoxidable AISI 304 por *Natural Process Intensified Technology*, equipo ubicado en el laboratorio de proceso agroindustriales de la UNAMAD, como se muestra en la Figura 1. La muestra de semilla deshidratada y molida de Copuazú que fue cargado a un cilindro de una capacidad de 1000 g, sometiéndose ésta a una presión de 350 bar. La cantidad de manteca obtenida de tres lotes fue 60 g/100 g SC, con un error estándar de $\pm 0,87$ g, el cual hace un rendimiento en base seca de 60 %. Datos que se pueden observar en la Tabla 17.

Tabla 17. Cantidad de manteca cruda obtenido por prensado hidráulico (base de cálculo: 100 g muestra b.s)

Nº	Cantidad de manteca (g)
1	58,50
2	60,00
3	61,50
Promedio	60,00
Dev. stand	0,117
Stand Error	0,866
rendimiento	60,00 \pm 0,87

Fuente: Elaboración propia, 2020.

El rendimiento en manteca obtenida por prensado hidráulico en el estudio fue mayor que los reportados en la literatura utilizando métodos de extracción por solventes, es así que, Moreno, Sandoval y Criollo (2013), reporta un rendimiento de 57,19 % de manteca a partir de semillas de Copuazú molida con tamaño de partícula promedio de 500 μ m, y extraída por solvente (método Soxhlet) durante 6 horas con bencina de petróleo. Estudios realizados por

Mosquera en el 2012 y 2014, se reportaron diferentes rendimientos de extracción empleando semillas de Copuazú molida (diámetro promedio de 2,0 mm): 39% en peso por el método de extracción por inmersión con isopropanol asistido por microondas (770 watt y 15 min); 37,5% en peso mediante el método de prensado continuo (100°C, 1 kg/h); y 45% por el método soxhlet utilizando hexano a una temperatura de 60°C por 6 horas (Mosquera et al. 2014; Mosquera et al. 2012).

Los diferentes resultados en rendimiento de manteca de Copuazú referidos en las literaturas citadas, probablemente se debe a los diferentes tamaños de partícula utilizados en estos estudios, cuando comparamos los resultados con el presente trabajo. Otros posibles factores que afectaron el rendimiento de extracción de la manteca de Copuazú podrían ser las condiciones edafoclimáticas y variedad de cultivo.



Figura 1. prensa hidráulica
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Los resultados del análisis físico-químico de la manteca cruda obtenidos en el estudio, se reporta en la Tabla 18. Cada parámetro analizado se ha repetido por cuatro veces, obteniéndose con ella el error estándar respecto a la media, con un mínimo error por efectos varios y dentro el rango establecido para el análisis volumétrico e instrumental en la literatura.

Tabla 18. Análisis físico químico de manteca cruda de Copuazú

N°	IP	IA	IS	IR	F	C
1	9,91	1,72	164,48	1,458	0,030	10,5
2	10,2	1,68	163,90	1,465	0,042	8,6
3	9,98	1,54	165,36	1,460	0,038	7,5
4	9,75	1,78	167,58	1,463	0,052	11,0
μ	9,960	1,68	165,33	1,462	0,041	9,4
σ	0,188	0,101	1,616	0,003	0,009	1,635
es	0,093	0,051	0,809	0,002	0,005	0,818
r	9,96±0,09	1,68±0,5	165,33±0,8	1,46±0,02	0,04±0,005	9,4±0,8

IP: índice de peróxidos (meq de O₂/kg), IA: índice de acidez (mgKOH/g manteca), IS: índice de saponificación (mgKOH/g manteca), IR: índice de refracción, F: % fosfolípidos, C: cromo, μ : promedio, σ : desviación estándar, es: error estándar, r: rendimiento.

Tabla 19. Análisis estadístico de resultados indicados en la tabla 19 (n= 4)

P	UM	DE	EE	V	Mín.	Med.	Máx.
IP	mEq O ₂ /Kg	0.18673	0.09336	0.03487	9.75	9.95	10.2
IA	mgKOH/gM	0.10198	0.05099	0.0104	1.54	1.7	1.78
IS	mgKOH/gM	1.61563	0.80782	2.61027	163.9	164.92	167.58
IR	-	0.00311	0.00155	9.67E-06	1.458	1.46	1.47
F	%	0.00915	0.00457	8.37E-05	0.03	0.04	0.05
C		1.63503	0.81752	2.67333	7.5	9.55	11

P: parámetro, UM: unidad de medida, DE: desviación estándar, EE: error estándar, V: varianza.

Según el Codex Alimentarius (2015) para grasas y aceites prensados en frío el índice de peróxido hasta 15 miliequivalente de oxígeno activo/ kilogramo de aceite es aceptable, por ende 9,97 de IP de nuestra manteca cruda de semillas de Copuazú está dentro de los parámetros permisibles. Los peróxidos en los aceites son inestables, porque se descomponen en varios compuestos, en su mayoría en carbonílicos, estos pueden acelerar por la exposición a altas temperaturas. Por lo tanto, el índice de peróxidos es un buen parámetro para medir la formación de compuestos de oxidación en aceites vegetales. El índice de acidez para grasas y aceites prensados enfriado máximo es 4,0 mg de KOH/g de grasa o aceite, por lo tanto 1,68 está por muy debajo de los establecido en el Codex alimentario, considerándose apto para el consumo humano y relativamente estable ante procesos oxidativos.

Los resultados reportados en la literatura sobre las características fisicoquímicas de la manteca de Copuazú y cacao se muestra en la Tabla 20. En esta tabla se puede observar que hay una variabilidad de IP, IA, IS, IR y PF, esta variación probablemente se debe el índice de acides para aceites a

las condiciones del proceso de extracción de la manteca. El índice de peróxido alto indica la susceptibilidad a la oxidación que se presentaron en la extracción, en cuanto es bajo, refleja que el proceso de extracción de la manteca fue adecuado y este producto fue altamente resistente a la oxidación.

Tabla 20. Índice de calidad (autores varios)

PFQ	Copuzú*	Copuzú ¹	Copuzú ²	Copuzú ³	Cacao ⁴	Cacao ³
IP	9.96±0.09	2,95	4,7-26,0	-	1,0-1,1	-
IA	1.68±0.5	1,04	1,4-3,9	4.6	1,0-1,7	1-4
IS	165.3±0.8	188,15	156-325	174.6	192-199	192-198
IR	1.46±0.02	1,38	1,45-1,46	1.46	-	1,45-1,46

PFQ: Parámetros físico-químicos, IP: índice de peróxido (meq de O₂/kg), IA: índice de acidez (mgKOH/g muestra), IS: índice de saponificación (mgKOH/g muestra), IR: índice de refracción a 20°C.

Alviárez et al. (2016)¹, Moreno et al. (2013)², Vasconcelos et al. (1975)³, Jahurul et al. (2013)⁴, * Valores experimentales.

En la Tabla 18 del análisis físico químico de la manteca de Copuzú, de los índices de calidad de IP, IS, IA y IR se aprecia los resultados similares con los resultados publicados de diferentes autores.

En cuanto a los fosfolípidos en la Tabla 8 se muestra la variabilidad de los fosfolípidos en las diferentes muestras, el porcentaje de fosfolípidos en el Copuzú de nuestra investigación fue de 0.041% (teoría de fosfolípidos = fósforo/40), el porcentaje de fosfolípido reportado por Cohen et al. (2003) fue de 0.04 %, en la cual se puede apreciar una variación mínima. Además, reporto el porcentaje de fosfolípidos para Cacao que fue de 0.13%, un poco más alto a diferencia de Copuzú.

4.2. Desgomado

En la Tabla 21, se observa los resultados del desgomado de la manteca cruda de semillas de Copuazú, efectuados según el diseño compuesto central en condiciones de temperatura y relación agua: manteca, según la Tabla 12. En donde la mayor cantidad de remoción de fosfolípidos se ha llevado al cabo en el tratamiento 5 con un 0,036%, El contenido de fosfolípido vario de 0,024 % (Tratamiento 13: 3% de agua y 80°C) a 0,036 % (tratamiento 5: 7,8% de agua y 67,5°C), la remoción de agua vario de 0,0% (tratamiento 13: 3% de agua y 80 °C) a 49,79 %(tratamiento 10: 7% de agua y 55°C), rendimiento de remoción de 0,265% (tratamiento 10: 7% de agua y 55 °C) a 2,652 % (tratamiento 2: 5% agua y 49.8°C), retención de grasa de 94,43% (tratamiento 10: 7% de agua y 55°C) a 98,26% (tratamiento 13: 3% de agua y 80°C), el índice de peróxido de 5,98 meq de O₂/kg (tratamiento 2: 5% agua y 49.8°C) a 23,96 meq de O₂/kg (tratamiento 10: 7% de agua y 55°C), índice de acidez de 1,121 mg KOH/g manteca (T3,T5, T6, T9) a 2,24 mg KOH/g manteca (tratamiento 2: 5% de agua y 49.8°C), índice de saponificación de 137,36 mg KOH/g manteca (tratamiento 9: 7% de agua y 80°C) a 201,96 mg KOH/g manteca(tratamiento 1: 2,2% de agua y 67.5°C).

La concentración de fosfolípidos después del proceso del desgomado fue menor al encontrado en la manteca cruda (Tabla 18), así como también, a lo reportado en la literatura para manteca cruda de Copuazú (Cohen et al. 2003). El IP en el proceso de desgomado hay una gran variabilidad para las diferentes temperaturas según mostrado en la Tabla 21. Según la literatura IP tiende a disminuir en el proceso de desgomado en comparación al aceite crudo en las siguientes materias primas reportado, aceite de moringa de 1,00 a 0,6 (Sánchez-Machado et al. 2015), aceite de coco de 3,85 a 1,36 (Torres-González et al. 2009). En otros tiende a aumentar como en aceite de palma 18,70 a 23,5 (Idoko et al. 2013), aceite de girasol de 3,66 a 3,9, señalaron que el aumento de este valor se debe, a las bajas temperaturas durante la última fase de maduración de las semillas o al uso de altas temperaturas durante el proceso de extracción de aceite (Lamas, Constenla y Raab 2016) resultados expresados en meq de O₂/kg de aceite.

El IA en nuestra investigación no hubo variabilidad para los diferentes tratamientos. Para aceite de girasol se reportó un incremento de 2,29 a 2,35, a diferencia del aceite de coco 2,37 a 2,0 y aceite de moringa 1,29 a 0 presentado en mg KOH/ g de aceite.

En cuanto al IS en el resultado hay una variabilidad en los diferentes tratamientos para el proceso de desgomado, pero disminuyo respecto a la manteca cruda según la Tabla 18. Un efecto similar en el desgomado en el aceite de palma, encontrándose que el IS disminuyo de 208,79 a 179.52 mg KOH/g aceite (Idoko et al. 2013). Esto se debe como resultado de los procesos de refinamiento que ha eliminado alguno de los ácidos grasos presentes en el aceite que también se confirma con el índice de acidez.

Tabla 21. Resultados del proceso de desgomado

n	A	B	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
1	2.2	67,5	0,031	7,979	1,120	201,96	1,044	96,035	2,76
2	5	49,8	0,029	5,983	1,682	179,39	2,652	95,285	41,42
3	5	67,5	0,034	17,982	1,121	159,84	1,605	96,780	19,42
4	5	67,5	0,032	15,984	1,122	159,68	1,564	97,275	19,82
5	7,8	67,5	0,036	9,972	1,121	182,25	2,289	95,990	24,08
6	5	67,5	0,031	13,997	1,121	182,03	1,599	97,275	20,50
7	3	55,0	0,034	17,964	1,120	184,82	1,415	97,185	34,00
8	5	85,2	0,032	9,984	1,120	168,07	1,274	95,615	5,00
9	7	80,0	0,033	15,999	1,121	137,36	1,495	95,855	8,50
10	7	55,0	0,032	23,962	1,121	179,45	1,850	94,430	49,79
11	5	67,5	0,034	11,995	1,681	173,75	1,615	96,985	21,00
12	5	67,5	0,034	9,992	2,240	193,41	1,491	96,960	18,20
13	3	80,0	0,024	11,986	1,122	168,22	0,265	98,259	0,00

n: Tratamiento **A**: % Agua, **B**: Temperatura (°C), **R1**: Concentración de fosfolípidos (%), **R2**: Índice de peróxido (meq de O₂/kg) **R3**: Índice de acidez (mg KOH/g manteca) **R4**: Índice de saponificación (mg KOH/g manteca) **R5**: Rendimiento de remoción de gomas (%), **R6**: Rendimiento retención de grasa (%), **R7**: Remoción agua (%).

4.2.1. Concentración de fosfolípidos en el desgomado

El contenido de fosfolípidos de la manteca de Copuazú obtenidos en el proceso de desgomado bajo diferentes condiciones experimentales (Tabla 21), presento un coeficiente de variación de 9.01%. Los datos experimentales fueron ajustados a un modelo cubico reducido, el cual se mostró estadísticamente significativo (p-valor = 0,0021) para describir la variación de estos datos experimentales. Así mismo, el R² ordinario fue de 0.9014 y el R² ajustado fue de 0.8309, estos valores indican que el modelo

cubico reducido ajusto adecuadamente los datos experimentales. El valor F de falta de ajuste de 1.01 implica que la falta de ajuste no es significativa en relación con el error puro. Hay un 47,66% de posibilidades de que se produzca un valor F de falta de ajuste tan grande debido al ruido. Por lo tanto, la falta de ajuste observado nos indica que la variación del contenido de fosfolípidos por efecto del factor A y B son ajustados adecuadamente por el modelo cubico reducido.

En la Tabla 23, se puede observar las estadísticas de ajuste, donde se muestra la precisión adecuada que mide la relación señal/ruido fue de 12,87, esto indica una señal adecuada, por tanto, el modelo se puede usar para describir la variación de los datos experimentales en los datos experimentales adoptados para las variables estudiados.

El análisis de varianza del modelo ajustado se muestra en la Tabla 22, en la cual se puede observar que el componente lineal del porcentaje de agua (A) empleado en el proceso de desgomado fue estadísticamente significativo con un p-valor = 0,0069, a diferencia del factor temperatura (B) que no mostro efecto significativo. La interacción entre el porcentaje de agua y la temperatura también se mostraron significativo, con un p-valor de 0,0028, de la misma forma el componente cuadrático y el componente del modelo cubico reducido se mostraron estadísticamente significativo con un p-valor de 0,0091 y 0,0079, respectivamente.

Tabla 22. ANOVA para modelo cúbico reducido de la remoción de fosfolípidos

fuelle	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Valor F	Valor P	
Modelo	0,0001	5	0,0000	12,79	0,0021	**
A	0,0000	1	0,0000	14,24	0,0069	**
B	2,531E-06	1	2,531E-06	1,77	0,2250	
AB	0,0000	1	0,0000	20,21	0,0028	**
B ²	0,0000	1	0,0000	12,77	0,0091	**
A ² B	0,0000	1	0,0000	13,52	0,0079	**
Residual	0,0000	7	1,429E-06			
Falta de ajuste	4,305E-06	3	1,435E-06	1,01	0,4766	
Error	5,700E-06	4	1,425E-06			
total	0,0001	12				

A: % de agua, B: temperatura, SC: suma de cuadrados, GL: grados de libertad, CM: cuadrado medio, ** altamente significativo (p≤0.01).

Tabla 23. Estadísticas de ajuste

σ	0,0012	R^2	0,9014
μ	0,0318	R^2 ajustado	0,8309
C.V. %	3,76	R^2 previsto	0,0909
		Precisión adeq	12,8749

σ : desviación estándar, μ : promedio, %VC: porcentaje de valor calculado

En la Tabla 24 se muestran los coeficientes del modelo cubico reducido, en términos de factores codificados y decodificados. La estimación del coeficiente representa el cambio esperado en la respuesta por unidad de cambio en el valor del factor cuando todos los factores restantes se mantienen constantes. La intercepción en un diseño ortogonal es la respuesta promedio general de todas las corridas. Los coeficientes son ajustes alrededor de ese promedio basados en la configuración del factor.

A partir de los coeficientes mostrados en la tabla 24 se pueden construir dos ecuaciones en términos de factores de coeficientes codificados y decodificados, que se muestran a continuación:

$$R1 = 0,0328 + 0,0016A + 0,0008B + 0,0027AB - 0,0016B^2 - 0,0031A^2B \quad (1)$$

$$R1(*) = 0,021 - 0,007A + 0,001 + 7,9 \times 10^{-4}AB - 1,1 \times 10^{-5}B^2 - 1 \times 10^{-6}A^2B \quad (2)$$

En donde: $R1$ y $R1(*)$, es el porcentaje de fosfolípido removido con factores codificados y decodificados, respectivamente, A es el porcentaje de agua y B es la temperatura de operación ($^{\circ}C$).

Tabla 24. Coeficientes en términos de factores codificados y decodificados

Factor	CEC	CED	GL	EE	95% CI bajo	95% CI alto	VIF
Intercepto	0,0328	0,021	1	0,0004	0,0318	0,0338	
A	0,0016	-0,007	1	0,0004	0,0006	0,0026	1
B	0,0008	0,001	1	0,0006	-0,0006	0,0022	2
AB	0,0027	7,9E-4	1	0,0006	0,0013	0,0041	1
B^2	-0,0016	-1,1E-5	1	0,0004	-0,0027	-0,0005	1
A^2B	-0,0031	-1,05E-6	1	0,0008	-0,0051	-0,0011	2

CEC: coeficiente estimado codificado, CED: coeficiente estimado decodificado, EE: error estándar, GL: grados de libertad, A: agua, B: temperatura

La superficie de contorno que se muestra en la Figura 25 fue graficado empleando la Ecuación (2), esta ecuación es expresado con los valores reales de las variables independientes (% de agua y temperatura), por tanto, la variable de respuesta obtenida con esta ecuación muestra valores reales. En el gráfico se observa que el color azul, verde y rojo, indican valores mínimos, medios y máximos, respectivamente, para los factores temperatura, % de agua, y para el porcentaje de fosfolípidos removidos en el proceso de desgomado. Una mínima remoción de fosfolípidos fue observada en la región de la superficie de contorno que comprende en temperaturas de 75 hasta 80°C, para un rango de porcentaje de agua de 3 hasta 3,5 aproximadamente (Figura 25), esto se debe a la evaporación del agua a temperaturas altas empleadas en el presente estudio, lo que disminuyó el tiempo de contacto del agua con la manteca de Copuazú, por tanto, limitó la hidratación de fosfolípidos y por consecuencia su remoción.

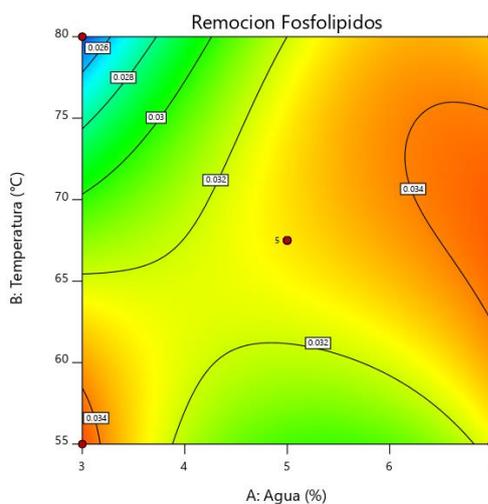


Figura 25. Superficie de contorno para la remoción de fosfolípidos

Una máxima remoción se observó en dos regiones de la superficie de contorno entre los intervalos de 55 a 60°C, para un porcentaje de agua de 3 a 3,5 para la primera región de menor área de superficie. Esto se debe a que hubo una máxima hidratación de los fosfolípidos, a pesar del menor porcentaje de agua añadido al proceso, pero como se empleó temperaturas bajas, el agua no fue evaporada durante el proceso, por tanto, hubo un tiempo de contacto adecuado para su hidratación, del agua y los fosfolípidos.

En cuanto a la región de mayor área de superficie de contorno que representa mayor remoción de fosfolípidos que comprende entre 65 a 75°C, para un porcentaje de agua entre 6 a 7%. En estas condiciones se observó mayor hidratación de los fosfolípidos, aunque la temperatura de proceso fue mayor provocando la evaporación del agua, esto fue compensado por el mayor porcentaje de agua empleado en el proceso, permitiendo un mayor tiempo de interacción del agua con los fosfolípidos, por ende, una mayor remoción.

4.2.2. Índice de peróxidos

El índice de peróxidos de la manteca de Copuazú obtenidos en el proceso de desgomado bajo condiciones experimentales presento un coeficiente de variación de 35,37%. Los datos experimentales fueron ajustados a un modelo cuadrático reducido, en el cual mostro estadísticamente no significativo con un p-valor de 0,144 para describir la variación de estos datos experimentales. Las diferentes condiciones experimentales del desgomado, tanto la temperatura de operación y el porcentaje de agua no incitaron la generan productos de oxidación en la manteca de Copuazú.

El índice de peróxido es un indicador de la presencia de oxidación en los aceites, que estos se pueden generar desde el acondicionamiento de la materia prima hasta el producto terminado. Los resultados encontrados del proceso de desgomado en diferentes condiciones el índice de peróxidos no tuvo influencias significativas en la manteca de Copuazú.

Tabla 25. ANOVA para modelo cuadrático reducido del índice de peróxidos

f fuente	SC	GL	CM	Valor F	Valor P	
Modelo	126,73	3	42,24	2,32	0,144	No sign
A	20,57	1	20,57	1,13	0,316	
B	8,58	1	8,58	0,47	0,509	
A ² B ²	97,58	1	97,58	5,36	0,046	
Residual	163,81	9	18,20			
Falta de ajuste	123,94	5	24,79	2,49	0,199	No sign
Error	39,88	4	9,97			
Total	290,54	12				

A: agua, B: temperatura, SC: suma de cuadrados, GL: grados de libertad, CM: cuadrados medios.

4.2.3. Índice de acidez

El contenido del índice de acidez de manteca de Copuazú en el proceso de desgomado bajo diferentes condiciones experimentales, presento un coeficiente de variación de 26,22%. Los datos fueron ajustados a un modelo lineal (Tabla 26), en el cual se mostró estadísticamente no significativo con un p-valor de 0,763 para describir la variación de estos datos experimentales. Este resultado es el reflejo del adecuado manejo de materia prima, ya que esta reacción ocurre más aun en grasas crudos con mayor contenido de ácidos grasos inicial, como resultado del hidrolisis enzimático, o abuso durante la cosecha, el transporte o almacenamiento. Por lo tanto, el índice de acidez es una buena medida de la calidad de la manteca crudo, durante el procesamiento y en productos terminados.

Tabla 26. ANOVA para modelo lineal del índice de acidez

fuelle	SC	GL	CM	Valor F	Valor P	
Modelo	0,0786	2	0,039	0,277	0,763	No sign
A	6,84E-7	1	6,84E-06	4,83E-06	0,998	
B	0,079	1	0,079	0,555	0,474	
Residual	1,42	10	0,142			
Falta de ajuste	0,414	6	0,069	0,276	0,922	No sign
Error	1,00	4	0,250			
Cor total	1,49	12				

A: agua, B: temperatura, SC: suma de cuadrados, GL: grados de libertad, CM: cuadrado medio

4.2.4. Índice de saponificación

El contenido del índice de saponificación de manteca de Copuazú obtenidos en el proceso de desgomado bajo diferentes condiciones experimentales, presento un coeficiente de variación 9,09%. Los datos experimentales fueron ajustados a un modelo de interacción de dos factores, el cual se mostró estadísticamente no significativo para un p-valor de 0,162 para describir la variación de estos datos experimentales.

La temperatura de operación y el porcentaje de agua añadida no influenciaron en el índice de saponificación, por ende, las diferentes condiciones experimentales son adecuados para el proceso de desgomado.

Tabla 27. ANOVA para el modelo 2FI del índice de saponificación

Fuente	SC	GL	CM	Valor F	Valor P	
Modelo	1373,59	3	457,86	2,16	0,162	No sign
A	513,67	1	513,67	2,43	0,154	
B	697,49	1	697,49	3,30	0,103	
AB	162,44	1	162,44	0,77	0,404	
Residual	1904,77	9	211,64			
Falta de ajuste	1058,24	5	211,65	1,00	0,514	No sign
Error	846,53	4	211,63			
Total	3278,36	12				

A: agua, B: temperatura, SC: suma de cuadrados, GL: grados de libertad, CM: cuadrado medio

4.2.5. Remoción de agua

La remoción de agua de la manteca de Copuazú obtenidos en el proceso de desgomado bajo diferentes condiciones experimentales, presento un coeficiente de variación de 69,7%. los datos experimentales fueron ajustados a un modelo cubico reducido, en el cual se mostró estadísticamente altamente significativo (p -valor $< 0,0001$) para describir la variación de estos datos experimentales. Así mismo, el R^2 ordinario fue de 0,9687 y el R^2 ajustado fue de 0,9464, estos valores indican que el modelo cubico reducido ajusto adecuadamente los datos experimentales.

El análisis de varianza del modelo ajustado se muestra en la Tabla 28, en la cual se puede observar que el componente lineal del porcentaje de agua (A) empleado en el proceso de desgomado fue estadísticamente altamente significativo con un p -valor = 0,0008, de igual manera con el factor temperatura (B) de p -valor=0,0001. La interacción entre el porcentaje de agua y la temperatura no se mostró significativo, con un p -valor de 0,3221, de la misma forma el componente cuadrático y el componente del modelo cubico reducido se mostraron estadísticamente significativo con un p -valor de 0,0436 y 0,0435, respectivamente.

En la Tabla 30 se muestra los coeficientes del modelo cubico reducido, en términos de factores codificados y decodificados. La estimación del coeficiente representa el cambio esperado en la respuesta por unidad de cambio en el valor del factor cuando todos los factores restantes se mantienen constantes. La intercepción en un diseño ortogonal es la

respuesta promedio general de todas las corridas. Los coeficientes son ajustes alrededor de ese promedio basados en la configuración del factor. Cuando los factores son ortogonales, los VIF son 1; Los VIF superiores a 1 indican multicolinealidad, cuanto mayor sea el VIF, más grave será la correlación de factores. Como regla general, los VIF inferiores a 10 son tolerables.

Tabla 28. ANOVA para modelo cúbico reducido

fuerza	SC	GL	CM	Valor F	Valor P	
Modelo	2534,26	5	506,85	43,35	<0,0001	**
A	370,34	1	370,34	31,67	0,0008	**
B	663,03	1	663,03	56,70	0,0001	**
AB	13,27	1	13,27	1,13	0,3221	
B ²	70,64	1	70,64	6,04	0,0436	*
A ² B	70,73	1	70,73	6,05	0,0435	*
Residual	81,85	7	11,69			
Falta de ajuste	77,21	3	25,74	22,21	0,0059	**
Error	4,64	4	1,16			
Total	2616,11	12				

A: agua, B: temperatura, SC: suma de cuadrados, GL: grados de libertad, CM: cuadrado medio, * significativo, ** altamente significativo.

Fuente: elaboración propia, 2020.

Tabla 29. Estadísticas de ajuste

σ	3,42	R ²	0,9687
μ	20,34	R ² ajustado	0,9464
C.V. %	16,81	R ² previsto	0,8097
		Precisión adeq	22,0615

σ : desviación estándar, μ : promedio, %VC: porcentaje de valor calculado

A partir de los coeficientes mostrados en la Tabla 30 se pueden construir dos ecuaciones en términos de factores de coeficientes codificados y decodificados, que se muestran a continuación:

$$R1 = 18,40 + 6,80A - 12,87B - 1,82AB + 3,16B^2 - 5,59A^2B \quad (3)$$

$$R1(*) = 146,25 + 8,32A - 3,57B + 0,012AB + 0,018B^2 - 0,008A^2B \quad (4)$$

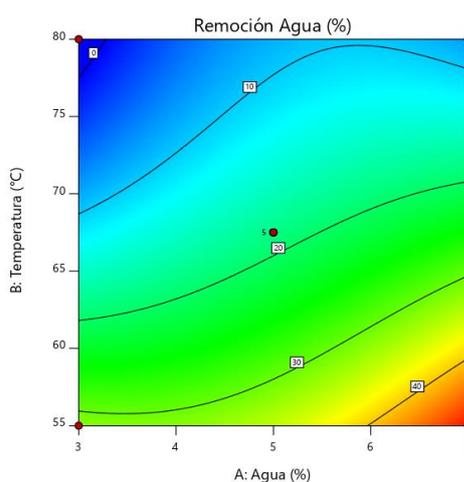
En donde: $R1$ y $R1(*)$, es el porcentaje de remoción de agua con factores codificados y decodificados, respectivamente, A es el porcentaje de agua y B es la temperatura de operación (°C).

Tabla 30. Coeficientes en términos de factores codificados y decodificados

Factor	CEC	CED	GL	EE	95% CI bajo	95% CI alto	VIF
Intercepto	18,40	146,25	1	1,23	15,48	21,32	
A	6,80	8,32	1	1,21	3,95	9,66	1
B	-12,87	-3,57	1	1,71	-16,92	-8,83	2
AB	-1,82	0,012	1	1,71	-5,86	2,22	1
B ²	3,16	0,018	1	1,29	0,119	6,20	1
A ² B	-5,59	-0,008	1	2,42	-11,66	-0,23	2

A: agua, B: temperatura, CEC: coeficiente estimado codificado, CED: coeficiente estimado decodificado, GL: grados de libertad, EE: error estándar.

La superficie de contorno que se muestra en la Figura 26 fue graficado empleando la ecuación (4), esta ecuación es expresado con los valores reales de las variables independientes, por tanto, la variable de respuesta obtenida con esta ecuación muestra valores reales. En el grafico se observa que el color azul, verde y rojo, indican valores mínimos, medios máximos, respectivamente, para los factores temperatura, % de agua y para el porcentaje de remoción de agua en el proceso de desgomado. Una mínima remoción de agua se observa en la región de la superficie de contorno que comprende en temperaturas 75 hasta 80 °C, para un rango de porcentaje de agua de 3 hasta 3,5 según la Figura 26, esto se debe a las altas temperaturas de operación en la cual el agua se evapora, por consecuencia, la remoción de agua fue mínima.

**Figura 26.** Superficie de contorno para la remoción de agua

Una máxima remoción de agua se observa en a la región de la superficie de contorno entre los intervalos de temperatura de 55 hasta 60°C, para un

porcentaje de agua de 6 hasta 7 %. En estas condiciones se observó mayor remoción de agua, porque, en estos rangos también se agregó mayor porcentaje de agua, una cierta cantidad hidrató los fosfolípidos y el resto es un sobrante. Se observa una remoción media en la región de la superficie de contorno entre los intervalos de 57 hasta 62 °C, para un porcentaje de agua de 3 hasta 5.5 %, serían los intervalos más adecuados para la hidratación de los fosfolípidos, sin exceder la cantidad de agua innecesaria añadida al proceso de desgomado.

4.2.6. Rendimiento de Remoción de goma

El rendimiento de la remoción de gomas de la manteca de Copuazú obtenidos en proceso de desgomado bajo diferentes condiciones experimentales, presento un coeficiente de variación de 38,93%. Los datos experimentales fueron ajustados a un modelo de interacción de dos factores en el cual se mostró estadísticamente altamente significativo (p-valor= 0,0015) para describir la variación. Así mismo, el R^2 ordinario fue de 0,8054 y el R^2 ajustado fue de 0,7406, estos valores indican que el modelo de interacción de dos factores ajusto adecuadamente los datos experimentales. En la Tabla 31, se puede observar las estadísticas de ajuste, donde se muestra la precisión adecuada que mide la relación señal/ ruido que fue de 10,7218, esto indica una señal adecuada para el modelo de interacción de dos factores.

El análisis de varianza del modelo ajustado se muestra en la Tabla 32, en la cual se puede observar que el componente lineal del porcentaje de agua (A) empleado en el proceso de desgomado fue estadísticamente altamente significativo con un p-valor 0,0023 y la temperatura con un p-valor 0,0022. La interacción porcentaje de agua y temperatura no mostro un efecto significativo.

Tabla 31. Estadísticas de ajuste

σ	0.2892	R^2	0.8054
μ	1.55	R^2 ajustado	0.7406
C.V. %	18.65	R^2 previsto	0.2597
		Precisión adeq	10.7218

σ : desviación estándar, μ : promedio, %VC: porcentaje de valor calculado

Tabla 32. ANOVA para el modelo 2FI

Fuente	SC	GL	CM	Valor F	Valor P	
Modelo	3,12	3	1,04	12,42	0,0015	**
A	1,47	1	1,47	17,55	0,0023	**
B	149	1	1,49	17,82	0,0022	**
AB	0,158	1	0,158	1,89	0,2029	
Residual	0,753	9	0,084			
Falta de ajuste	0,743	5	0,149	58,07	0,0008	**
Error	0,010	4	0,003			
Total	3,87	12				

A: agua, B: temperatura, SC: suma de cuadrados, GL: grados de libertad, CM: cuadrado medio, * significativo, ** altamente significativo.

En la Tabla 33 se muestran los coeficientes del modelo de interacción de dos factores, en términos de factores codificados y decodificados. La estimación del coeficiente representa el cambio esperado en la respuesta por unidad de cambio en el valor del factor cuando todos los factores restantes se mantienen constantes. La intercepción en un diseño ortogonal es la respuesta promedio general de todas las corridas.

A partir de los coeficientes mostrados en la tabla 33 se pueden construir dos ecuaciones en términos de factores de coeficientes codificados y decodificados, que se muestran a continuación:

$$R1 = 1,55 + 0,43A - 0,43B + 0,19AB \quad (5)$$

$$R1(*) = 5,49 - 0,32A - 0,074B + 0,008AB \quad (6)$$

En donde: $R1$ y $R1(*)$, es el rendimiento de remoción de gomas removido con factores codificados y decodificados, respectivamente, A es el porcentaje de agua y B es la temperatura de operación ($^{\circ}\text{C}$).

Tabla 33. Coeficientes en términos de factores codificados y decodificados

Factor	CEC	CED	GL	EE	95% CI bajo	95% CI alto	VIF
Intercepto	1,55	5,49	1	0,080	1,37	1,73	
A	0,43	-0,32	1	0,102	0,19	0,66	1
B	-0,43	-0,074	1	0,102	-0,66	-0,20	1
AB	0,19	0,008	1	0,145	-0,13	0,53	1

A: agua, B: temperatura, CEC: coeficiente estimado codificado, CED: coeficiente estimado decodificado, EE: error estándar

La superficie de contorno que se muestra en la Figura 27 fue graficado empleando la ecuación (6), esta ecuación es expresado con los valores reales

de las variables independientes (% de agua y temperatura), por lo tanto, la variable de respuesta obtenida con esta ecuación muestra valores reales. En el gráfico se observa que el color azul, verde y rojo, indican valores mínimos, medios y máximos, respectivamente, para los factores temperatura, % de agua, y para el porcentaje de fosfolípidos removidos en el proceso de desgomado. Una mínima remoción de gomas fue observada en la región de la superficie de contorno que comprende en temperatura de 70 hasta 80°C, para un rango de porcentaje de agua de 3 hasta 4% aproximadamente, esto se debe a que no hubo un adecuado contacto del agua con la manteca, justamente por la alta temperatura de operación, por ende, una mínima remoción de gomas.

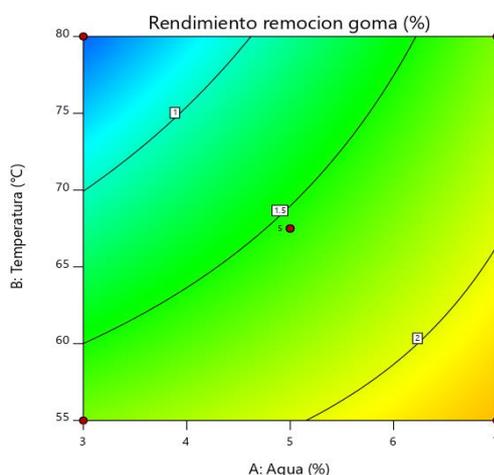


Figura 27. superficie de contorno de rendimiento de remoción de gomas

Una máxima remoción se observó en la región de la superficie de contorno entre los intervalos 55 hasta 60°C, para un porcentaje de agua de 5,5 hasta 7%, en donde hubo mayor contacto con el agua y en bajas temperaturas lo cual logro una mejor hidratación de los fosfolípidos, por ende, mayor remoción de gomas.

4.2.7. Retención de grasa

La retención de la grasa en el proceso de desgomado bajo diferentes condiciones experimentales, presento un coeficiente de variación de 1,02%. Los datos experimentales fueron ajustados a un modelo cubico reducido, el cual se mostró estadísticamente altamente significativo (p -valor = 0,007) para describir la variación de estos datos experimentales. Así mismo, el R^2

ordinario fue de 0,7993 y el R^2 ajustado fue de 0,699, estos valores indican que el modelo cubico reducido ajusto adecuadamente los datos experimentales. En la Tabla 35, se puede observar las estadísticas de ajuste, donde se muestra la precisión adecuada que mide la relación señal/ruido fue de 9,487, esto indica una señal adecuada, por tanto, el modelo se puede usar para describir la variación de los datos experimentales en los datos experimentales adoptados para las variables estudiados.

El análisis de varianza del modelo ajustado se muestra en la Tabla 34 en la cual se puede observar que el componente lineal del porcentaje de agua (A) empleado en el proceso de desgomado no fue estadísticamente significativo con un p-valor = 0,956, de igual forma el factor temperatura (B) que no mostro efecto significativo. El componente cuadrático de la temperatura fue altamente significativo con un p-valor 0,025 y el componente del modelo cubico reducido se mostraron estadísticamente significativo con un p-valor de 0,013.

Tabla 34. ANOVA para modelo cúbico reducido

Fuente	SC	GL	CM	Valor F	Valor P
Modelo	10,15	4	2,54	7,97	0,007**
A	0,001	1	0,001	0,003	0,956
B	1,10	1	1,10	3,45	0,100
B ²	2,40	1	2,40	7,52	0,025**
AB ²	3,25	1	3,25	10,19	0,013**
Residual	2,55	8	0,319		
Falta de ajuste	2,36	4	0,591	12,68	0,015
Error	0,19	4	0,047		
Total	12,70	12			

A: agua, B: temperatura, SC: suma de cuadrado, GL: grados de libertad, CM: cuadrado medio.

* significativo.

** altamente significativo.

Tabla 35. Estadísticas de ajuste

σ	0,5645	R^2	0,7993
μ	96,46	R^2 ajustado	0,6990
C.V. %	0,585	R^2 previsto	-0,0826
		Precisión adeq	9,4870

σ : desviación estándar, μ : promedio, %VC: porcentaje de valor calculado

En la Tabla 36 se muestran los coeficientes del modelo cubico reducido, en términos de factores codificados y decodificados. La estimación del coeficiente representa el cambio esperado en la respuesta por unidad de

cambio en el valor del factor cuando todos los factores restantes se mantienen constantes. La intercepción en un diseño ortogonal es la respuesta promedio general de todas las corridas. Los coeficientes son ajustes alrededor de ese promedio basados en la configuración del factor. A partir de los coeficientes mostrados en la Tabla 36 se pueden construir dos ecuaciones en términos de factores de coeficientes codificados y decodificados, que se muestran a continuación:

$$R1 = 96,81 - 0,016A + 0,37B - 0,58B^2 - 1,27AB^2 \quad (7)$$

$$R1(*) = 79,67 - 0,37A + 0,53B - 0,004B^2 + 8,44AB^2 \quad (8)$$

En donde: $R1$ y $R1(*)$, es el porcentaje de retención de grasas con factores codificados y decodificados, respectivamente. A es el porcentaje de agua, B es la temperatura de operación ($^{\circ}\text{C}$).

Tabla 36. Coeficientes en términos de factores codificados y decodificados

Factor	CEC	CED	GL	EE	95% CI bajo	95% CI alto	VIF
Intercepto	96,81	79,67	1	0,204	96,34	97,28	
A	-0,016	-0,37	1	0,282	-0,67	0,64	2
B	0,37	0,53	1	0,199	-0,09	0,83	1
B^2	-0,58	-0,004	1	0,212	-1,07	-0,09	1
AB^2	-1,27	8,44	1	0,399	-2,19	-0,35	2

A: agua, B: temperatura, CEC: coeficiente estimado codificado, CED: coeficiente estimado decodificado, GL: grados de libertad, EE: Error estándar

La superficie de contorno que se muestra en la Figura 28 fue graficado empleando la ecuación (8), esta ecuación es expresado con los valores reales de las variables independientes (% de agua y temperatura), por tanto, la variable de respuesta obtenida con esta ecuación muestra valores reales. Una mínima retención de grasa fue observada en la región de la superficie de contorno que comprende en temperaturas de 55 hasta 57°C , aproximadamente, para un rango de porcentaje de agua de 6 hasta 7% aproximadamente. En este rango de parámetros de operación para el desgomado no es recomendable, ya que genera una pérdida significativa de la grasa, además, el porcentaje de agua añadido a la operación son valores altos, estos también intervienen en la viscosidad de la grasa, y por tanto, se retiene la grasa en la superficie del material de trabajo, generando pérdidas.

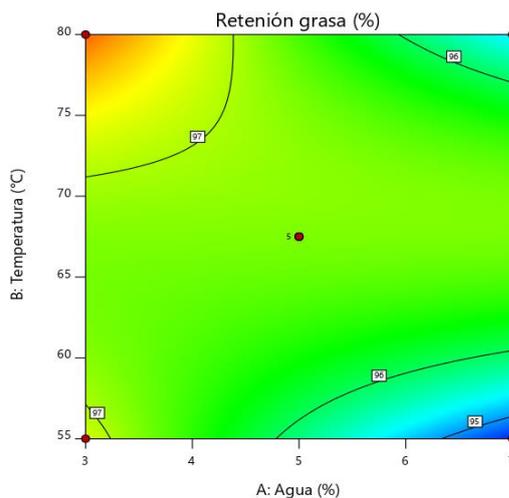


Figura 28. superficie de contorno para el porcentaje de retención de grasa

Una máxima retención de grasa se observó en la región de la superficie de contorno entre los intervalos de 75 hasta 80°C, para un porcentaje de agua de 3 hasta 3,5 respectivamente, estos parámetros fueron adecuados para el proceso de desgomado, permitiendo mayor retención de la grasa, por otro lado es importante determinar estos parámetros para mejorar el rendimiento en el proceso de desgomado, generalmente en este proceso existe pérdida de la grasa, ya sea por el contacto de la grasa con superficie del material de trabajo, esto produce una gran pérdida de la grasa.

4.3. Blanqueo

En la tabla 37, se observa los resultados del proceso de blanqueo a diferentes condiciones de temperatura, tiempo de proceso, % en masa de carbón activa, tamaño de partícula de carbón. Los resultados del blanqueo en las diferentes condiciones experimentales muestran que el IP varía de 9,95 (T5: 80°C, 20 min, 8% carbón y 80 #malla) a 41,98 meq O₂/ kg de manteca (T14: 100°C, 30 min, 10% carbón y 140 #malla), un IA de 1,12 mg KOH/g manteca (T1, T6, T7, T12, T15 y T19) a 1,122 mg KOH/g manteca (T2, T3, T5, T16 y T17), el IS de 123,42 mgKOH/g manteca (Tratamiento 20: 140°C, 30 min, 10% carbón y 100 #malla) a 180,13 mg KOH/g manteca (Tratamiento 6: 80°C, 40 min, 12% y 120 #malla), los fosfolípidos de 0,019 % (Tratamiento 19: 60°C, 30 min, 10% carbón y 100 #malla) a 0,024 (T2, T4, T8, T18 y T20). El color de 6.0 de cromo (T 8: 80°C, 40 min, 8% carbón y 120 #malla) a 0,6 (T5: 80°C, 20 min, 8% carbón y 80 #malla).

Tabla 37. Resultados del proceso de blanqueo

B	T	A	B	C	D	R1	R2	R3	R4	R5
1	1	120	40	8	80	17,975	1,120	143,06	0,023	1,0
1	2	100	30	10	100	29,892	1,122	148,16	0,024	2,3
1	3	120	20	12	120	9,966	1,122	137,31	0,022	2,3
1	4	80	20	12	80	9,994	1,121	145,80	0,024	1,2
1	5	80	20	8	80	9,949	1,122	131,84	0,023	0,6
1	6	80	40	12	120	21,952	1,120	180,13	0,023	2,4
1	7	100	30	10	100	29,976	1,120	148,90	0,023	1,9
1	8	80	40	8	120	17,978	1,121	137,38	0,024	6,0
1	9	100	30	10	100	29,922	1,121	148,67	0,022	2,4
1	10	120	20	8	120	13,989	1,121	157,06	0,022	4,1
1	11	120	40	12	80	19,98	1,121	131,80	0,021	1,8
2	12	100	30	10	60	11,986	1,120	148,67	0,022	0,7
2	13	100	10	10	100	11,986	1,121	159,74	0,022	1,0
2	14	100	30	10	140	41,983	1,121	134,52	0,019	3,2
2	15	100	30	14	100	37,970	1,120	162,59	0,021	4,7
2	16	100	50	10	100	39,944	1,122	134,41	0,022	3,1
2	17	100	30	10	100	29,916	1,122	145,66	0,022	2,5
2	18	100	30	6	100	19,968	1,121	145,92	0,024	1,9
2	19	60	30	10	100	11,990	1,120	165,45	0,019	2,3
2	20	140	30	10	100	27,950	1,121	123,42	0,024	2,7

B: bloques, **T:** tratamiento **A:** temperatura (°C), **B:** tiempo de proceso (min), **C:** % en masa de carbón activado (MCA), **D:** tamaño de partícula de carbón activado, **R1:** índice de peróxidos, **R2:** índice de acidez, **R3:** índice de saponificación, **R4:** % fosfolípidos, **R5:** color (cromo).

4.3.1. Índice de peróxidos

El contenido del índice de peróxido de manteca de Copuazú desgomado obtenidos en el proceso de blanqueado bajo diferentes condiciones experimentales en la tabla 38, presento un coeficiente de variación de 0,46%. Los datos experimentales fueron ajustados al modelo lineal, el cual mostro estadísticamente significativo (p -valor = 0,0349) para describir la variación de estos datos experimentales. Así mismo, el R^2 ordinario fue de 0.5 y el R^2 ajustado fue de 0.36, estos valores indican que el modelo lineal ajusto adecuadamente los datos experimentales. El valor F de falta de ajuste de 41728,69 implica que la falta de ajuste es significativa. El valor F del modelo de 3,51 implica que hay una probabilidad del 3,49% de que un valor F tan grande pueda ocurrir debido al ruido. El valor F de falta de ajuste de 41728,69 implica que la falta de ajuste es significativa. Solo existe un 0,01% de probabilidad de que se produzca un valor F de falta de ajuste tan grande debido al ruido. Una falta significativa de ajuste es mala: queremos que el modelo se ajuste. Por lo tanto, la falta de ajuste observado nos indica que la variación del contenido de fosfolípidos por efecto del factor A y B no son ajustados adecuadamente por el modelo lineal.

En la Tabla 39, se puede observar las estadísticas de ajuste, donde se muestra la precisión adecuada que mide la relación señal/ruido fue de 7,19, esto indica una señal adecuada, por tanto, el modelo se puede usar para describir la variación de los datos experimentales adoptados para las variables estudiados.

El análisis de varianza del modelo ajustado se muestra en la Tabla 38, en la cual se puede observar que el componente lineal del tiempo de proceso (B) empleado en el proceso de blanqueo fue estadísticamente significativo con un p -valor = 0,016, a diferencia del factor temperatura de operación (A), relación masa de carbón activado respecto a masa de aceite crudo (C) y tamaño de partícula de carbón activado (D) que no mostro efecto significativo. Esto indica el tiempo es un factor determinante para dar inicio el proceso de oxidación, a menor tiempo de proceso de blanqueo menor es la incidencia de productos de oxidación.

Tabla 38. ANOVA para modelo lineal del índice de peróxidos

Fuente	SC	GL	CM	Valor F	Valor P
bloque	224,41	1	224,41		
Modelo	939,61	4	234,90	3,51	0,035 *
A	72,06	1	72,06	1,08	0,317
B	505,18	1	505,18	7,54	0,016
C	90,27	1	90,27	1,35	0,265
D	272,09	1	272,09	4,06	0,063
Residual	937,40	14	66,96		
Falta de ajuste	937,39	12	78,12	41728,7	<0,0001 **
Error	0,0037	2	0,0019		
Total	2101,42	19			

A: temperatura de operación, B: tiempo de proceso, C: relación masa de carbón activado respecto a masa de aceite crudo, D: tamaño de partícula de carbón activado, SC: suma de cuadrados, GL: grados de libertad, CM: cuadrado medio, * significativo, ** altamente significativo.

Tabla 39. Estadísticas ajuste

σ	8,18	R^2	0,5006
μ	22,26	R^2 ajustado	0,3579
C.V. %	36,75	R^2 previsto	0,0380
		Precisión adeq	7,1871

σ : desviación estándar, μ : promedio, %VC: porcentaje de valor calculado

En la Tabla 40 se muestran los coeficientes del modelo lineal, en términos de factores codificados y decodificados. La estimación del coeficiente representa el cambio esperado en la respuesta por unidad de cambio en el valor del factor cuando todos los factores restantes se mantienen constantes. La intercepción en un diseño ortogonal es la respuesta promedio general de todas las corridas. Los coeficientes son ajustes alrededor de ese promedio basados en la configuración del factor.

A partir de los coeficientes mostrados en la Tabla 40 se pueden construir dos ecuaciones en términos de factores de coeficientes codificados y decodificados, que se muestran a continuación:

$$R1 = 22,6 + 2,12A + 5,62B + 2,38C + 4,12D \quad (9)$$

$$R1(*) = -37,36 + 0,106A + 0,562B + 1,188C + 0,206D \quad (10)$$

En donde: $R1$ y $R1(*)$, es el porcentaje de fosfolípido removido con factores codificados y decodificados, respectivamente, A: temperatura de operación,

B: tiempo de proceso, C: relación masa de carbón activado respecto a masa de aceite crudo y D: tamaño de partícula de carbón activado.

Tabla 40. Coeficientes en términos de factores codificados y decodificados

Factor	CEC	CED	GL	EE	95% CI bajo	95% CI alto	VIF
Intercepto	22,60	-37.36	1	1,84	18,66	26,54	
Bloque 1	-3,37		1				
Bloque 2	3,37						
A	2,12	0,106	1	2,05	-2,27	6,51	1
B	5,62	0,562	1	2,05	1,23	10,01	1
C	2,38	1,188	1	2,05	-2,01	6,76	1
D	4,12	0,206	1	2,05	-0,26	8,51	1

A: temperatura de operación, B: tiempo de proceso, C: relación masa de carbón activado respecto a masa de aceite crudo, D: tamaño de partícula de carbón activado, CEC: coeficiente estimado codificado, CED: coeficiente estimado decodificado, GL: grados de libertad, EE: error estándar

La superficie de contorno que se muestra en la Figura 29 fue graficado empleando la ecuación (10), esta ecuación es expresado con los valores reales de las variables independientes (temperatura de operación, tiempo de proceso, relación masa de carbón activado respecto a masa de aceite crudo y tamaño de partícula de carbón activado), por tanto, la variable de respuesta obtenida con esta ecuación muestra valores reales. Una mínima variación del índice de peróxidos fue observada en la región de la superficie de contorno que comprende a temperaturas menores a 100°C, para un tiempo de 25 minutos aproximadamente, esto se debe a que no está sometido altas temperatura, por ende, el índice de peróxidos no es afectado por la temperatura de operación.

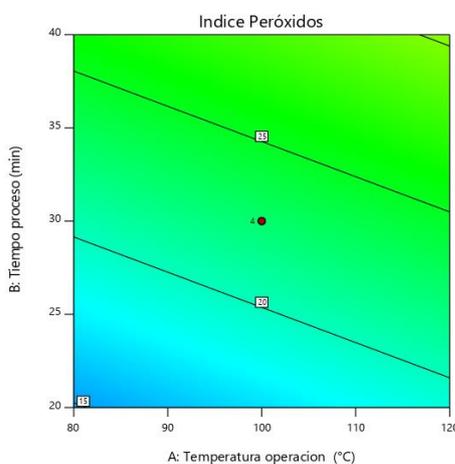


Figura 29. superficie de contorno para el índice de peróxido

4.3.2. Índice de acidez

El contenido de índice de acidez de la manteca desgomada obtenidos en el proceso de blanqueado bajo diferentes condiciones experimentales, presento un coeficiente de variación de 0,00057%. Los datos experimentales fueron ajustados a un modelo lineal, en el cual mostro estadísticamente no significativo (p -valor = 0,992) para describir la variación de estos datos experimentales. El análisis de varianza Tabla 41, mostro que, las variables independientes del proceso de blanqueado fueron estadísticamente no significativo. Por lo tanto, decimos que no hubo un efecto sobre el índice de acidez, no incremento, ni disminuyo a pesar que se llevó a altas temperaturas de operación y tiempo prolongado.

Tabla 41. ANOVA para modelo lineal del índice de acidez

Fuente	SC	GL	CM	Valor F	Valor P	
Bloque	7,1E-7	1	7,10E-7			
Modelo	1,27E-7	4	3,19E-8	0,062	0,992	No sign
A	7,56E-8	1	7,56E-8	0,147	0,707	
B	3,06E-8	1	3,06E-8	0,059	0,811	
C	5,63E-9	1	5,63E-9	0,011	0,918	
D	1,56E-8	1	1,56E-8	0,030	0,864	
Residual	7,2E-6	14	5,14E-7			
Falta de ajuste	5,26E-6	12	4,38E-7	0,452	0,848	No sign
Error	1,94E-6	2	9,70E-7			
Total	8,04E-6	19				

A: temperatura de operación, B: tiempo de proceso, C: relación masa de carbón activado respecto a masa de aceite crudo, D: tamaño de partícula de carbón activado, SC: suma de cuadrados, GL: grados de libertad, CM: cuadrado medio

4.3.3. Índice de saponificación

El contenido de índice de saponificación de la manteca desgomado obtenido en el proceso de blanqueado bajo diferentes condiciones experimentales, presento un coeficiente de variación de 0,09%. Estos datos experimentales fueron ajustados a un modelo cuadrático, en el cual mostro estadísticamente significativo (p -valor $< 0,0001$), para describir la variación de estos datos experimentales. Así mismo, el R^2 ordinario fue de 0,988 y el R^2 ajustado fue de 0,965, estos valores indican que el modelo cuadrático ajusto adecuadamente los datos experimentales. El valor F de falta de ajuste de 69,41 implica que la falta de ajuste es significativa en relación con el error

puro. Hay un 0,0143% de posibilidades de que se produzca un valor F de falta de ajuste tan grande debido al ruido. Por lo tanto, la falta de ajuste observado nos indica que la variación del contenido del índice de saponificación por el factor A, B, C y D son ajustados adecuadamente por el modelo cuadrático.

Tabla 42. ANOVA para modelo cuadrático del índice de saponificación

Fuente	SC	GL	CM	Valor F	Valor P	
Bloque	0,558	1	0,558			
Modelo	3447,3	12	287,27	42,33	<0,0001	**
A	883,05	1	883,05	130,11	<0,0001	**
B	320,78	1	320,78	47,27	0,0005	
C	217,97	1	217,97	32,12	0,0013	
D	100,05	1	100,05	14,74	0,0086	
AB	480,54	1	480,54	70,81	0,0002	
AC	962,27	1	962,27	141,79	<0,0001	
AD	315,12	1	315,12	46,43	0,0005	
BC	173,77	1	173,77	25,60	0,0023	
BD	211,17	1	211,17	31,12	0,0014	
CD	51,48	1	51,48	7,58	0,0331	
C ²	77,77	1	77,77	11,46	0,0148	
D ²	54,42	1	54,42	8,02	0,0299	
Residual	40,72	6	6,79			
Falta de ajuste	40,43	4	10,11	69,41	0,0143	**
Error	0,291	2	0,146			
Total	3488,58	19				

A: temperatura de operación, B: tiempo de proceso, C: relación masa de carbón activado respecto a masa de aceite crudo, D: tamaño de partícula de carbón activado, SC: suma de cuadrados, GL: grados de libertad, CM: cuadrado medio

En la Tabla 43, se puede observar las estadísticas de ajuste, donde se muestra la precisión adecuada que mide la relación señal/ruido fue de 25,72, esto indica una señal adecuada, por tanto, el modelo se puede usar para describir la variación de los datos experimentales en los datos experimentales adoptados para las variables estudiados. El análisis de varianza del modelo ajustado se muestra en la Tabla 42, en la cual se puede observar que el componente lineal de temperatura de operación (A) empleado en el proceso de blanqueado fue estadísticamente significativo con un p-valor de <0,0001, factor tiempo (B) que no mostro efecto

significativo (p-valor = 0,0005), para el factor del % de carbón añadido (C) mostró un efecto significativo (p-valor = 0,0013) de igual manera para el factor de tamaño de partícula del carbón (D) estadísticamente significativo (p-valor = 0,0086). La interacción entre el factor A y B estadísticamente significativo (p-valor = 0,0002), la intersección de los factores A y C mostró estadísticamente significativo con un p-valor <0,0001, A y D un p-valor 0,0005, B y C un p-valor 0,0023, B y D un p-valor 0,0014, C y D un p-valor de 0,03, para el componente cuadrático C y D con un p-valor de 0,015 y 0,03, respectivamente.

Tabla 43. estadística de ajuste para el índice de saponificación

Σ	2,61	R^2	0,988
μ	146,52	R^2 ajustado	0,965
C.V. %	1,78	R^2 previsto	0,034
		Precisión adeq	25,723

σ : desviación estándar, μ : promedio, %VC: porcentaje de valor calculado

En la Tabla 44 se muestra los coeficientes del modelo cuadrático, en términos de factores codificados y decodificados. La estimación del coeficiente representa el cambio esperado en la respuesta por unidad de cambio en el valor del factor cuando todos los factores restantes se mantienen constantes. La intercepción en un diseño ortogonal es la respuesta promedio general de todas las corridas. Los coeficientes son ajustes alrededor de ese promedio basados en la configuración del factor.

A partir de los coeficientes mostrados en la Tabla 44 se pueden construir dos ecuaciones en términos de factores de coeficientes codificados y decodificados, que se muestran a continuación:

$$R1 = 146,31 - 10,51A - 6,33B + 3,69C - 3,54D - 10,96AB - 10,97AC - 8,88AD + 4,66BC - 7,27BD + 2,54CD + 1,72C^2 - 1,44D^2 \quad (11)$$

$$R1(*) = 146,31 - 10,51A - 6,33B + 3,69C - 3,54D - 10,96AB - 10,97AC - 8,88AD + 4,66BC - 7,27BD + 2,54CD + 1,72C^2 - 1,44D^2 \quad (12)$$

En donde: $R1$ y $R1(*)$, es el contenido de índice de saponificación removido con factores codificados y decodificados, respectivamente, A es la

temperatura de operación ($^{\circ}\text{C}$), *B* es el tiempo de operación (min), *C* es el porcentaje de carbón añadido (%) y *D* es el tamaño de partícula del carbón activado (#malla).

Tabla 44. factores de coeficientes codificados y decodificados

Factor	CEC	CED	GL	EE	95% CI bajo	95% CI alto	VIF
Intercepto	146,31	146,31	1	0,862	144,20	148,42	
Bloque 1	-0,145		1				
Bloque 2	0,145						
A	-10,51	-10,51	1	0,921	-12,76	-8,25	2
B	-6,33	-6,33	1	0,921	-8,59	-4,08	2
C	3,69	3,69	1	0,651	2,10	5,28	1
D	-3,54	-3,54	1	0,921	-5,79	-1,28	2
AB	-10,96	-10,96	1	1,30	-14,15	-7,77	2
AC	-10,97	-10,97	1	0,921	-13,22	-8,71	1
AD	-8,88	-8,88	1	1,30	-12,06	-5,69	2
BC	4,66	4,66	1	0,921	2,41	6,91	1
BD	-7,27	-7,27	1	1,30	-10,45	-4,08	2
CD	2,54	2,54	1	0,921	0,283	4,79	1
C ²	1,72	1,72	1	0,509	0,477	2,97	1
D ²	-1,44	-1,44	1	0,509	-2,69	-0,196	1

A: temperatura de operación, B: tiempo de proceso, C: relación masa de carbón activado respecto a masa de aceite crudo, D: tamaño de partícula de carbón activado, CEC: coeficiente estimado codificado, CED: coeficiente estimado decodificado, GL: grados de libertad, EE: error estándar

La superficie de contorno que se muestra en la Figura 30 fue graficado empleando la ecuación (12), esta ecuación es expresado con los valores reales de las variables independientes, por tanto, la variable de respuesta obtenida con esta ecuación muestra valores reales.

En la figura A, se puede observar un mínimo índice de saponificación en la región de la superficie de contorno, que comprende en las temperaturas 110 hasta 120, para un rango de tiempo de 32 hasta 40 min aproximadamente.

En la figura B se muestra la superficie de contorno de índice de saponificación en relación de temperatura de operación con la relación másica de manteca cruda y carbón activado, por ende se puede verificar en la región de la superficie, que comprende en temperaturas de 110 hasta 120 $^{\circ}\text{C}$ hubo mayor extracción de jabones a una relación de carbón activado de 10 hasta 12%, la razón de ello, fue la capacidad de absorción del carbón activado, también ello influye la temperatura en que se encuentra los jabones

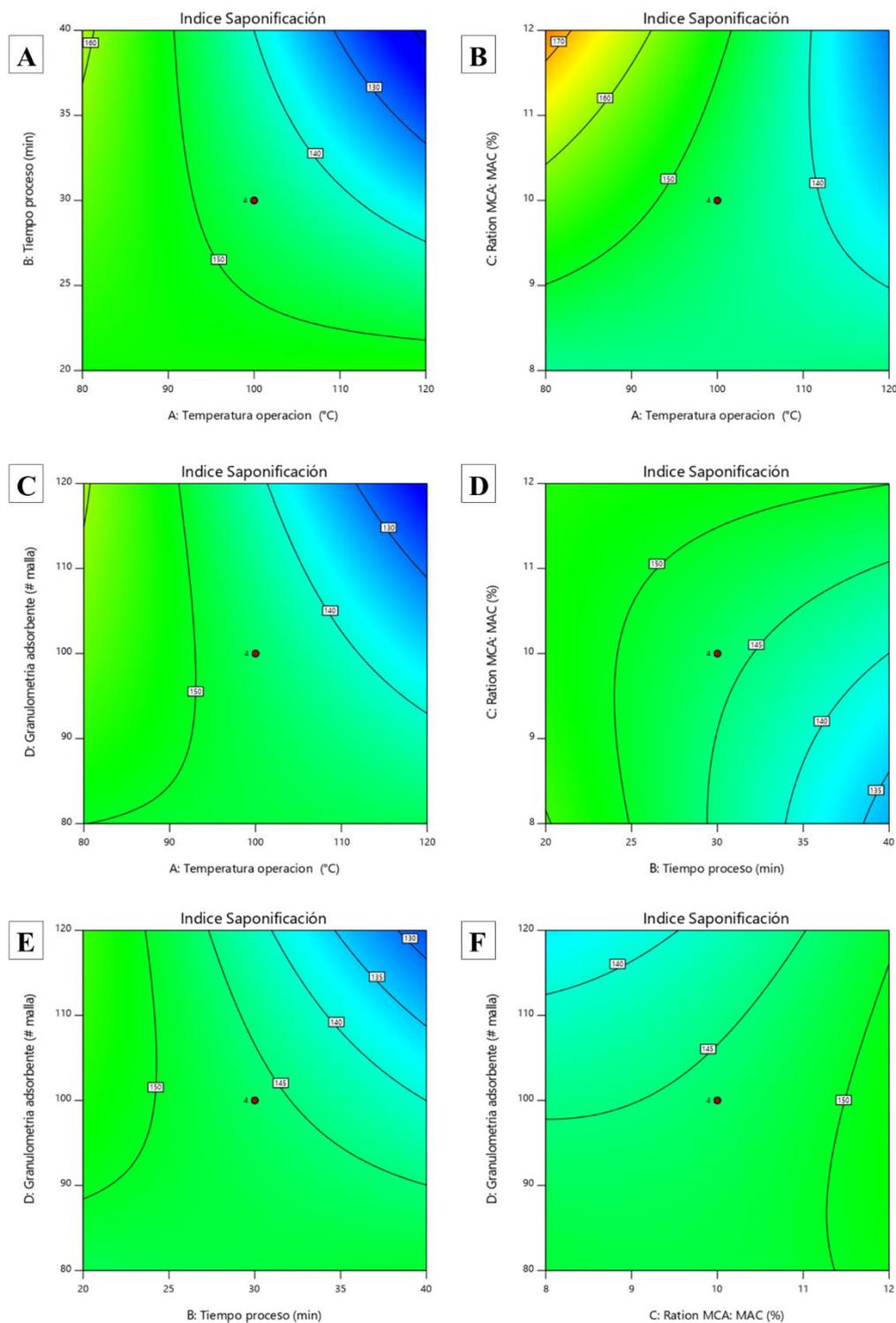


Figura 30. superficie de contorno con I2F del índice de saponificación

son más ligeros, por lo tanto, hubo mayor desplazamiento de las partículas de jabón en el microporo del carbón activado.

En la figura C se muestra la superficie de contorno de índice de saponificación de temperatura de operación en relación a la granulometría

del absorbente, en donde, se puede apreciar en la región de la superficie 105 a 120°C para una granulometría del absorbente de 110 a 120 # malla hubo mayor retención de jabones, porque tiene mayor superficie de absorción.

En la figura D, se muestra la superficie de contorno del índice de saponificación, en donde el tiempo de proceso en relación de aceite crudo y porcentaje de carbón activado, en la región de 35 a 40 min para un 0 a 9% de carbón activado, hubo una mayor extracción de jabones.

En la figura E, se observa la superficie de contorno en relación tiempo de operación y la granulometría del absorbente, en la región de 35 a 45 min para un 110 a 120 malla hubo mayor extracción de jabones.

En la figura F se muestra la superficie de contorno del índice de saponificación en relación de porcentaje de carbón activado frente la granulometría el carbón activado, en la región 110 a 120 #malla para un 0 a 9% de carbón activado hubo mayor retención de jabones. En la granulometría de 110 a 120 #malla se ha observado mejor retención de los cuerpos de jabón de la manteca de Copuazú.

4.3.4. Concentración de fosfolípidos

El contenido de fosfolípidos de la manteca desgomado obtenidos en el proceso de blanqueado bajo diferentes condiciones experimentales, presento un coeficiente de variación de 0,071%. Los datos experimentales fueron ajustados a un modelo lineal, el cual mostro estadísticamente no significativo con un p-valor de 0,38, para describir la variación de estos datos experimentales. El valor F del modelo de 1,12 implica que el modelo no es significativo en relación con el ruido. Existe un 38,46% de probabilidad de que un valor F tan grande se produzca debido al ruido. El valor F de falta de ajuste de 7,69 implica que la falta de ajuste no es significativa en relación con el error puro. Existe una probabilidad del 12,07% de que un valor F de falta de ajuste tan grande se produzca debido al ruido. La falta de ajuste no significativa es buena; queremos que el modelo se ajuste.

Por tanto, la falta de ajuste observado nos indica la variación del contenido de fosfolípidos por efecto del factor A, B, C y D son ajustados adecuadamente por el modelo de interacción de dos factores.

Tabla 45. ANOVA para modelo lineal para el porcentaje de fosfolípidos

Fuente	SC	GL	CM	Valor F	Valor P	
Bloque	1,56E-6	1	1,56E-6			
Modelo	0,0000	4	2,99E-6	1,12	0,38	No sig
A	5,62E-7	1	5,63E-7	0,21	0,65	
B	1,56E-8	1	1,56E-8	0,006	0,94	
C	1,56E-8	1	1,56E-8	0,006	0,94	
D	0,000	1	0,000	4,27	0,058	
Residual	0,000	14	2,67E-6			
Falta de ajuste	0,000	12	3,04E-6	7,69	0,12	No sig
Error	7,92E-7	2	3,96E-7			
Total	0,0001	19				

A: temperatura de operación, B: tiempo de proceso, C: relación masa de carbón activado respecto a masa de aceite crudo, D: tamaño de partícula de carbón activado, SC: suma de cuadrados, GL: grados de libertad, CM: cuadrado medio

4.3.5. Opacidad

El nivel de opacidad de la manteca desgomado obtenidos en el proceso de blanqueado bajo diferentes condiciones experimentales, presento un coeficiente de variación de 0,28%. Los datos experimentales fueron ajustados a un modelo lineal, el cual se mostró estadísticamente significativo para un p-valor de 0,017 para describir la variación de estos datos experimentales. Así mismo, el R^2 ordinario fue de 0,677 y el R^2 ajustado 0,516, estos valores indican que el modelo de interacción de dos factores ajusto adecuadamente los datos experimentales. El valor F de falta de ajuste de 2.12 implica que la falta de ajuste no es significativa en relación con el error puro. Hay un 36,31% de posibilidades de que se produzca un valor F de falta de ajuste tan grande debido al ruido.

En la Tabla 47, se puede observar las estadísticas de ajuste, donde se muestra la precisión adecuada que mide la relación señal/ruido fue de 6,675, esto indica una señal adecuada, por tanto, el modelo se puede usar para describir la variación de los datos experimentales en los datos experimentales adoptados para las variables estudiados. El análisis de varianza del modelo ajustado se muestra en la Tabla 46, en la cual se puede observar que el componente lineal para el factor A, B, C empleado en el proceso de blanqueado fue estadísticamente no significativo, a diferencia del factor D, mostro un efecto significativo (p-valor = 0,038) el tamaño de partícula fue determinante para el proceso de blanqueo.

Tabla 46. ANOVA para modelo lineal para el porcentaje de opacidad

Fuente	SC	GL	CM	Valor F	Valor P
Block	0,0418	1	0,0418		
modelo	17,84	4	4,46	3,70	0,029 *
A	0,0025	1	0,0025	0,0021	0,9643
B	3,24	1	3,24	2,69	0,1233
C	0,16	1	0,16	0,13	0,721
D	14,44	1	14,44	11,99	0,0038 **
Residual	16,87	14	1,20		
Falta de ajuste	16,73	12	1,39	19,91	0,049 *
Error	0,14	2	0,07		
Total	34,75	19			

A: temperatura de operación, B: tiempo de proceso, C: relación masa de carbón activado respecto a masa de aceite crudo, D: tamaño de partícula de carbón activado, SC: suma de cuadrados, GL: grados de libertad, CM: cuadrado medio

Tabla 47. estadística de ajuste para el porcentaje de opacidad

σ	1,10	R^2	0,5141
μ	2,41	R^2 ajustado	0,3752
C.V. %	45,64	R^2 previsto	-0,1378
		Precisión adeq	6,3211

σ : desviación estándar, μ : promedio, %VC: porcentaje de valor calculado

A partir de los coeficientes mostrados en la Tabla 48 se pueden construir dos ecuaciones en términos de factores de coeficientes codificados y decodificados, que se muestran a continuación:

$$R1 = 2,41 - 0,0125A + 0,45B + 0,1C + 0,95D \quad (13)$$

$$R1(*) = -4,128 - 0,0006A - 0,045B + 0,05C - 0,047D \quad (14)$$

En donde: $R1$ y $R1(*)$, es el porcentaje de fosfolípido removido con factores codificados y decodificados, respectivamente, A es la temperatura de operación ($^{\circ}C$), B es el tiempo de operación (min), C es el porcentaje de carbón añadido (%) y D es el tamaño de partícula del carbón activado (#malla).

La superficie de contorno que se muestra en la Figura 31 fue graficado empleando la ecuación (16), esta ecuación es expresado con los valores reales de las variables independientes, por tanto, la variable de respuesta obtenida con esta ecuación muestra valores reales. En la Figura 31 se puede observar una mayor disminución del color fue en un rango de 80 a 90 tamaño de partícula de carbón activado, el cual mostro estadísticamente significativo

para el modelo lineal del componente D, para un tiempo de proceso de 20 hasta 27 minutos. Esto se debe a que el color ha sido atrapado mucho mejor por el carbón activa por la superficie y porosidad, en menor tiempo y alta temperatura, por ende, el porcentaje de color es mínimo en la manteca.

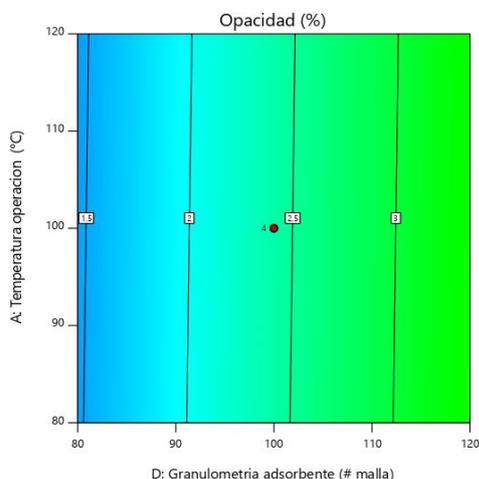


Figura 31. superficie de contorno para el nivel de opacidad.

Tabla 48. Coeficientes en términos de factores codificados y decodificados

Factor	CEC	CED	GL	EE	95% CI bajo	95% CI alto	VIF
Intercepto	2,41	-4,128	1	0,2467	1,88	2,94	
Bloque 1	-0,046		1				
Bloque 2	0,046						
A	-0,0125	-0,0006	1	0,2744	-0,6010	0,5760	1
B	0,45	0,045	1	0,2744	-0,1385	1,04	1
C	0,10	0,050	1	0,2744	-0,4885	0,6885	1
D	0,95	0,0475	1	0,2744	0,3615	1,54	1

A: temperatura de operación, B: tiempo de proceso, C: relación masa de carbón activado respecto a masa de aceite crudo, D: tamaño de partícula de carbón activado, CEC: coeficiente estimado codificado, CED: coeficiente estimado decodificado, GL: grados de libertad, EE: error estándar.

En la Tabla 49, se observa los resultados del giro de color del proceso de blanqueo de los diferentes tratamientos tanto de la muestra inicial de manteca cruda de la manteca desgomado estandarizado y de los tratamientos de blanqueo. En donde el mayor retiro de color se ha llevado en el tratamiento 5 (+93,4L -0,5 a +0,3 b 0,6C 210,7 H 93,4L*) y menor retiro de color fue el tratamiento 20 (+81,5L +0,9 a -2,5b 2,7C 290,9 H 81,5L*). En la Tabla 49 se mostró el resultado del giro de color, el tratamiento 5, es más próximo el valor C al cero, por ende, es más claro, en estado líquido de la grasa se aprecia

con la tonalidad cristalino, tomando en cuenta el valor L de 93,4 de luminosidad, sería nuestro mejor tratamiento.

Tabla 49. Resultado del giro de color en el proceso de blanqueo

T	L	A	b	C	H	L*
1	+84,1	+1,0	+0,2	1,0	14,4	84,6
2	+90,5	-0,3	-2,5	2,3	285,5	94,2
3	+86,3	+1,1	-2,0	2,3	298,6	86,3
4	+86,7	+1,1	-0,2	1,2	347,7	86,7
5	+93,4	-0,5	+0,3	0,6	210,7	93,4
6	+85,8	+0,9	-1,7	2,4	299,0	85,5
7	+88,2	+1,4	-1,2	1,9	318,7	88,2
8	+86,6	+0,2	-6,0	6,0	272,0	86,6
9	+86,4	+1,0	-2,0	2,4	292,0	86,4
10	+84,1	+0,8	-4,1	4,1	281,7	84,1
11	+89,8	+0,7	-1,7	1,8	291,9	88,8
12	+88,6	-0,6	-0,3	0,7	212,4	88,6
13	+90,0	-0,1	-1,0	1,0	262,5	90,0
14	+84,6	+0,2	-3,2	3,2	274,1	84,6
15	+86,7	+0,6	-4,7	4,7	278,1	86,7
16	+91,8	+0,8	-3,0	3,1	285,8	91,8
17	+89,7	+0,4	-3,7	2,5	290,9	81,5
18	+90,1	+1,7	+0,1	1,9	268,2	89,9
19	+89,0	+2,0	-0,9	2,3	334,6	89,0
20	+81,5	+0,9	-2,5	2,7	290,9	81,5
MDE	+84,7	-1,1	+8,4	8,4	97,9	84,7
MC	+84,0	+0,2	+9,4	9,4	88,7	84,0

T: Tratamiento, MDE: manteca desgomada estandarizado, MC: manteca cruda, L: Luminosidad, C: Intensidad de color (croma), H: Angulo de matiz, L*: Luminosidad

CONCLUSIONES

En la investigación se utilizó la metodología de superficie de respuesta (MSR) con el objetivo de determinar la relación que se presenta entre las condiciones de operación del desgomado y blanqueado de la manteca de Copuazú (*T. grandiflorum*). A partir de los resultados obtenidos, se arribaron las siguientes conclusiones:

- La composición físico-química de manteca cruda de semillas de Copuazú utilizado como materia prima presenta las siguientes características: índice de peróxidos de $9,96 \pm 0,09$ meq de O_2/Kg de manteca, índice de acidez $1,68 \pm 0,5$ mgKOH/g manteca, índice de saponificación de $165,33 \pm 0,8$ mgKOH/g manteca, índice de refracción de $1,46 \pm 0,02$, %fosfolípidos de $0,04 \pm 0,005$ y un color de $9,4 \pm 0,8$ en la escala de Garner.
- Para el proceso de desgomado de la manteca de semillas de Copuazú, las condiciones óptimas establecidas fueron: porcentaje de agua añadida 5%, temperatura de operación $49,8^\circ C$ ($50^\circ C$) a estos valores se tiene una remoción de 41,4% de agua, rendimiento de la remoción de gomas 2.7% y un rendimiento de retención de grasa del 95,3%. Obteniéndose una manteca desgomada con un 0.029% de fosfolípido, con un índice de peróxido de 5,98 meq de O_2/Kg , índice de acidez 1,68 mgKOH/g manteca y un índice de saponificación de 179.4 mgKOH/g manteca.

El modelo matemático que ajusta el comportamiento de la remoción de gomas, con R^2 de 0,80, fue:

$$R1(\%) = 5,49 - 0,32A - 0,074B + 0,008AB$$

- Para el proceso de blanqueado de la manteca desgomada de Copuazú, las condiciones óptimas establecidas fueron: temperatura de operación $80^\circ C$, tiempo de proceso 20 minutos, cantidad de carbón añadido 8% y para tamaño de partícula de # malla 80. Obteniéndose una manteca blanqueada con un 0.023% de fosfolípido, con un índice de peróxido de 9.95 meq de O_2/Kg de manteca, índice de acidez 1,12 mgKOH/g manteca, índice de saponificación de 131,8 mgKOH/g manteca y una intensidad de color 0.6 en la escala Garner.

El modelo matemático que ajusta el comportamiento del índice de saponificación, con R^2 de 0,98, fue:

$$R1(\%) = 146,31 - 10,51A - 6,33B + 3,69C - 3,54D - 10,96AB - 10,97AC - 8,88AD + 4,66BC - 7,27BD + 2,54CD + 1,72C^2 - 1,44D^2$$

- La manteca refinada de Copoazú ha mejorado en las propiedades físico-químicas, manteniéndose el índice de acidez de 1,12 mgKOH/g manteca y el índice de refracción de 1,462 durante todo el proceso de refinamiento, el índice de peróxido vario desde el proceso de desgomado al blanqueado de 5,98 a 9,95 meq de O_2 /Kg de manteca, por otro lado, se redujo el % fosfolípidos 0,04 a 0,023, índice de saponificación 165,33 a 131,84 mgKOH/g manteca y el color de 9,4 a 0,6 en la escala Garner respecto a la manteca cruda de Copuazú.
- Según el Codex alimentario (2015) para grasas y aceites prensados en frío el índice de peróxido hasta 15 meq O_2 /Kg de manteca es aceptable, por ende, un índice de peróxido 9,95 meq O_2 /Kg de manteca, sometido a un proceso de refinamiento es aceptable.

SUGERENCIAS

Las siguientes sugerencias para futuras investigaciones siguiendo la línea del proyecto de investigación.

- Realizar el estudio del proceso de desgomado aplicando tecnologías más sofisticados como: desgomado asistido por ultrasonido, desgomado asistido por microondas, desgomado por membranas y desgomado enzimático.
- Realizar el estudio del proceso de blanqueamiento bajo un vacío con diferentes porcentajes de agente de blanqueo.
- Realizar el estudio del proceso de neutralización en diferentes concentraciones de NaOH para la manteca desgomada.
- Realizar el estudio de la vida útil de la manteca refinada.
- Realizar análisis del perfil de ácidos grasos libres en la muestra cruda de la manteca y en el proceso de refinamiento de la manteca de Copuazú.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ADU, O., OMOJUFEHINSI, M., ESANBORO, M., ABE, D., SHOFOLAHAN, A., UZODINMA, E., BADMUS, K. y MARTINS, O., 2013. Effect of processing on the quality, composition and antioxidant properties of Terminalia catappa (Indian almond) seed oil. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, vol. 13.
- ALCAZAR, J., 2002. *Diccionario tecnico de industrias alimentarias*. Peru, Cusco: s.n.
- ALVES, R.M., SEBBENN, A.M., ARTERO, A.S., CLEMENT, C. y FIGUEIRA, A., 2007. High levels of genetic divergence and inbreeding in populations of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*). *Tree Genetics and Genomes*, ISSN 16142942. DOI 10.1007/s11295-006-0066-9.
- ALVIÁREZ, E., MURILLO, W., MURILLO, E., ... B.R.-C. en y 2016, undefined, 2016. Caracterización y extracción lipídica de las semillas del cacao amazónico .(Characterization and Lipid Extraction of Amazon Cocoa Seeds. *Revistas.Uptc.Edu.Co* [en línea], vol. 7, no. 1, pp. 103-109.
- BERNARDINI, E., 1985. *Los aceites vegetales y grasas de procesamiento*. S.l.: s.n.
- BIERMANN, U., BORNSCHEUER, U., MEIER, M.A.R., METZGER, J.O. y SCHÄFER, H.J., 2011. *Oils and fats as renewable raw materials in chemistry*. 2011. S.l.: s.n.
- BORNER G. H. & SCHNEIDER M., 2003. Latest Developments of saving for bleaching processes. *Chemistry and Technology Conference*,
- BREVEDAN, M., CARELLI, A. y CRAPISTE, G., 2000. Wax composition of sunflower seed oils during extracción on degumming. *Grasas y Aceites*, vol. 51, pp. 417-423.
- CALZAVARA, B., MÜLLER, C. y KAHWAGE, O., 1984. Fruticultura tropical: o cupuaçuzeiro: cultivo, beneficiamento e utilização do fruto. *Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)*,
- CARVALHO, J.E.U. de, MÜLLER, C.H., ALVES, R.M. y NAZARÉ, R.F.R. de, 2004. Cupuaçuzeiro. *Embrapa Comunicado Técnico*. S.l.:
- CASTILLO QUIROGA, Y.M., 2014. Evaluación de la inclusión del asai (*Euterpe precatoria* Mart) en el desarrollo de una bebida funcional. *Universidad Nacional de Colombia*,
- CHEW, S.C., TAN, C.P., LONG, K. y NYAM, K.L., 2016. Effect of chemical refining on the quality of kenaf (*hibiscus cannabinus*) seed oil. *Industrial Crops and Products*, ISSN 09266690. DOI 10.1016/j.indcrop.2016.05.002.
- CODEX ALIMENTARIUS, 2015. Norma para grasas y aceites comestibles no

- regulados por Normas Individuales. *Normas internacionales de los alimentos*, vol. 19-1981, pp. 1-5.
- COHEN, K., LUCCAS, V., SOUSA, M. y JACKIX, M., 2003. Processamento tecnológico das amêndoas de cacau e de cupuaçu. *Embrapa*, pp. 34.
- COHEN, K.O. y JACKIX, M.N., 2005. Estudo do liquor de cupuacu. *Ciencia y Tecnologia de los Alimentos*, vol. 25(1), pp. 182-190.
- CUATRECASAS, J., 1964. *Cacao and its allies: a taxonomic revision of the genus Theobroma*. Smithsonian. S.l.: s.n.
- DE OLIVEIRA, T.B. y GENOVESE, M.I., 2013. Chemical composition of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) and cocoa (*Theobroma cacao*) liquors and their effects on streptozotocin-induced diabetic rats. *Food Research International*, ISSN 09639969. DOI 10.1016/j.foodres.2013.02.019.
- EGBUNA, S.O., 2015. Optimization of the effects of degumming parameters on the removal of phosphotides and the stability of refined palm oil. *International Journal of Scientific Research Engineering & Technology* [en línea], vol. 4, no. 9, pp. 958-972. [Consulta: 2 enero 2019].
- ENRIQUEZ, E., 2013. Productos agroindustriales con alto valor nutricional en la amazonia boliviana. *tinkazos*, vol. 16, pp. 119-130.
- FIRESTONE, D., 1997. Physical and chemical characteristics of oils, fats, and waxes. *AOCS Press*,
- FRANKEL, E.N., 2012. Chapter 11 - Foods. *Oily Press Lipid Library Series*. S.l.: s.n., ISBN 978-0-9531949-8-8.
- GALEANO, P.L., CUELLAR, L. y SCHINELLA, G., 2012. Influencia del procesamiento del grano de copoazu (*Theobroma grandiflorum*), sobre la actividad antioxidante y el contenido fenolico. *Vitae*,
- GILABERT-ESCRIVÁ, M.V., GONÇALVES, L.A.G., SILVA, C.R.S. y FIGUEIRA, A., 2002. Fatty acid and triacylglycerol composition and thermal behaviour of fats from seeds of Brazilian Amazonian *Theobroma* species. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 82, no. 13, pp. 1425-1431. ISSN 00225142. DOI 10.1002/jsfa.1107.
- GÓMEZ, R., PARDO, J.E., NAVARRO, F. y VARÓN, R., 1998. Colour differences in paprika pepper varieties (*Capsicum annum*L) cultivated in a greenhouse and in the open air. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [en línea], vol. 77, no. 2, pp. 268-272. ISSN 0022-5142. DOI 10.1002/(SICI)1097-0010(199806)77:2<268::AID-JSFA35>3.0.CO;2-V.
- GUNSTONE, F.D., 2011. *Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses, Second Edition*. S.l.: s.n. ISBN 9781444332681.
- GUPTA, M., 2017. *Practical Guide to Vegetable Oil Processing*. *AOCS Press*, DOI 10.1126/science.1112122.

- GURDEEP SINGH, H.K., YUSUP, S., ABDULLAH, B., CHEAH, K.W., AZMEE, F.N. y LAM, H.L., 2017. Refining of crude rubber seed oil as a feedstock for biofuel production. *Journal of Environmental Management*, ISSN 10958630. DOI 10.1016/j.jenvman.2017.04.021.
- HAIZAN, S. y MUKHTAR, M., 2015. *Optimization of bleaching earth and extraction of free fatty acid (FFA) in palm oil refinery process*. S.l.: Universiti Malaysia Pahang.
- HAMMOND, E.G., 1999. Fats and Oils Handbook . Michael Bockisch . *The Quarterly Review of Biology*, ISSN 0033-5770. DOI 10.1086/394232.
- HERNÁNDEZ, C., MIERES, A., NIÑO, Z. y PÉREZ, S., 2007. Efecto de la refinación física sobre el aceite de la almendra del corozo (*Acrocomia aculeata*). *Informacion Tecnologica*, vol. 18, no. 5, pp. 59-68. ISSN 07168756. DOI 10.4067/s0718-07642007000500008.
- IDOKO, O., BWAJ, M.D., EMMANUEL, S.A. y THOMAS, S.A., 2013. Effect of bleaching and degumming on the physicochemical properties and antioxidant activity of palm oil. , vol. 2, no. 5, pp. 343-345.
- JAHURUL, M.H.A., Z Aidul, I.S.M., NORULAINI, N.A.N., SAHENA, F., JINAP, S., AZMIR, J., SHARIF, K.M. y MOHD OMAR, A.K., 2013. Cocoa butter fats and possibilities of substitution in food products concerning cocoa varieties, alternative sources, extraction methods, composition, and characteristics. *Journal of Food Engineering* [en línea], vol. 117, no. 4, pp. 467-476. ISSN 02608774. DOI 10.1016/j.jfoodeng.2012.09.024.
- KAUE, E. y ROCHA, A., 2007. *Desenvolvimento e avaliacao da estabilidade fisica de emulsoes contendo cristais liquidos e ativos hidratantes a base de manteiga de cupuacu (theobroma grandiflorum) ou cacau (theobroma cacao)*. S.l.: s.n.
- KREPS, F., VRBIKOVÁ, L. y SCHMIDT, Š., 2014. Influence of industrial physical refining on tocopherol, chlorophyll and beta-carotene content in sunflower and rapeseed oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, ISSN 14389312. DOI 10.1002/ejlt.201300460.
- LAMAS, D.L., CONSTENLA, D.T. y RAAB, D., 2016. Effect of degumming process on physicochemical properties of sunflower oil. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, ISSN 18788181. DOI 10.1016/j.bcab.2016.03.007.
- LANNES, S.C.S., MEDEIROS, M.L. y GIOIELLI, L.A., 2003. Physical interactions between cupuassu and cocoa fats. *Grasas y Aceites*, vol. 54, no. 0017-3495, pp. 253-258. ISSN 00173495. DOI 10.3989/gya.2003.v54.i3.239.
- LEAL, F., 2015. Copuazu (*Theobroma grandiflorum*). *revista ullenez de ciencia y tecnologia*, vol. 33.
- LIN, L., RHEE, K., BUCCI, R., MAGRI, A. y MARINI, D., 2003. Supervised

recognition to discriminate the geographical origin of rice bran oils: a first study. *Microchemical journal*, vol. 74, pp. 239-248.

LIST, G.R., 2009. *Bleaching and Purifying Fats and Oils: Theory and Practice*. S.I.: s.n. ISBN 9780128043509.

LONDOÑO, P., PITRE, A. y HERNANDEZ, C., 2012. extraccion y caracterizacion del aceite crudo de la almendra de durazno prunus persica. *Avances en ciencia e ingenieria*, vol. 3, pp. 37-46.

MACHICADO, A. y MOTTA, L., 2010. *Competitividad y sostenibilidad de la agroindustria del copoazu (theobroma grandiflorum) en Madre de Dios* [en línea]. S.I.: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. [Consulta: 6 enero 2019].

MARRAKCHI, F., KRIAA, K., HADRICH, B. y KECHAOU, N., 2015. Experimental investigation of processing parameters and effects of degumming, neutralization and bleaching on lampante virgin olive oil's quality. *Food and Bioproducts Processing*, ISSN 09603085. DOI 10.1016/j.fbp.2015.02.002.

MELGAREJO, M.L., HERNÁNDEZ, M.S., BARRERA, J.A. y CARRILLO, M., 2006. *Oferta y potencialidades de un banco de germoplasma del género Theobroma en el enriquecimiento de los sistemas productivos de la región amazónica* [en línea]. S.I.: s.n. ISBN 9589795080, 9789589795088.

MOHD, Z., MORAD, N., AZIZ, A. y KAMAL, M., 2006. Process Design in Degumming and Bleaching of Palm Oil. *Thesis*,

MORENO, L., SANDOVAL, A. y CRIOLLO, J., 2013. Caracterizacion de la grasa de semillas del fruto de copuazu (Theobroma grandiflorum, [Willd. ex Spreng]. Schum.). , vol. 22, no. 30, pp. 11-22.

MOSQUERA, D.M., DÍAZ, R.O., CARDONA-JARAMILLO, J.E.C., HERNÁNDEZ, M.S. y GUTIÉRREZ, R.H., 2014. Estudio Preliminar de Extracción Asistida por Microondas de Grasa de Semillas de Copoazú (Theobroma grandiflorum [Willd. ex Spreng.] K. Schum.). *Acta Horticulturae*, vol. 1016, pp. 113-118. ISSN 05677572.

MOSQUERA, D.M., DIAZ S., R.O., CARDONA, J.E., GUTIERREZ B., R.H. y HERNANDEZ G., M.S., 2012. Obtención de aceites vegetales provenientes de especies Amazónicas mediante la Técnica de extracción asistida por microondas (EAM). *Vitae*, vol. 19, no. 1, pp. S57-S59. ISSN 0121-4004.

MOUNTS, T.L., 1981. Chemical and physical effects of processing fats and oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, ISSN 0003021X. DOI 10.1007/BF02666073.

MURILLO A, W., MURILLO P, E., ROJANO, B.A. y MÉNDEZ A, J.J., 1994. *Caracterización y extracción lipídica de las semillas (Theobroma*

- grandiflorum*) [en línea]. S.l.: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Centro de Investigaciones y Extensión de la Facultad de Ciencias. [Consulta: 6 enero 2019].
- O'BRIEN, R., FARR, W. y WAN, P., 2000. *Introduction to Fats and Oils technology*. Second Edi. New Orleans, Louisiana: AOCS Books and Special Publications Committee.
- OMS y FAO, 2005. CODEX ALIMENTARIUS. Alimentos producidos orgánicamente. *Codex alimentarius*,
- PAL, U.S., PATRA, R.K., SAHOO, N.R., BAKHARA, C.K. y PANDA, M.K., 2014. Effect of refining on quality and composition of sunflower oil. *Journal of Food Science and Technology*, ISSN 09758402. DOI 10.1007/s13197-014-1461-0.
- PEREIRA, A.L.F., ABREU, V.K.G. y RODRIGUES, S., 2018. Cupuassu—*Theobroma grandiflorum*. *Exotic Fruits*. S.l.: s.n.,
- PUGLIESE, A.G., TOMAS-BARBERAN, F.A., TRUCHADO, P. y GENOVESE, M.I., 2013. Flavonoids, proanthocyanidins, vitamin C, and antioxidant activity of theobroma grandiflorum (Cupuassu) pulp and seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, ISSN 00218561. DOI 10.1021/jf304349u.
- R FUENTES, J NELITZA, B NÚÑEZ, m. victor, 2010. *Evaluación del efecto del Aceite de Coroba en la elaboración de jabón cosmético*. S.l.: s.n.
- RODRÍGUEZ, F., 2007. El carbón activado como adsorbente universal. *Sólidos porosos. Preparación, caracterización y aplicaciones*. S.l.: s.n., ISBN 978-958-695-276-7.
- ROJAS, S., ZAPATA, J.A., PEREIRA, A.E. y VARÓN, E., 1996a. Cultivo de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) en el piedemonte Amazonico Colombiano. *Corpoica regional 10*, pp. 1-15.
- RUIZ MÉNDEZ, M. V., HUESA LOPE, J., PEREDA, J. y DOBARGANES, M.C., 1991. Ensayos para refinación física de la manteca de karité. *Grasas y Aceites*, ISSN 0017-3495. DOI 10.3989/gya.1991.v42.i2.1259.
- SAID, L. y MARICLEIDE, M., 2011. *Aspectos culturais e potencial de uso do cupuacu (theobroma grandiflorum (willd. ex spreng. schum.)) no estado do amazonas*. S.l.: s.n.
- SÁNCHEZ-MACHADO, D.I., LÓPEZ-CERVANTES, J., NÚÑEZ-GASTÉLUM, J.A., SERVÍN DE LA MORA-LÓPEZ, G., LÓPEZ-HERNÁNDEZ, J. y PASEIRO-LOSADA, P., 2015. Effect of the refining process on Moringa oleifera seed oil quality. *Food Chemistry*, ISSN 18737072. DOI 10.1016/j.foodchem.2015.04.031.
- SEGERS, J. y SANDER, V., 1990. *Degumming theory and practice*. S.l.: s.n.
- SIEW, W.L., TAN, Y.A. y TANG, T.S., 1994. Silica refining of palm oil. *Journal*

of the American Oil Chemists' Society, ISSN 0003021X. DOI 10.1007/BF02542271.

- SILVA, D. y TAKASHI, C., 2014. Analisis critica e comparativa de uma marcacosmetica com apelo antienvhecimento. *Revista de saude e meio ambiente o sustentabilidade*, vol. 9.
- SILVA, J.C., PLIVELIC, T.S., HERRERA, M.L., RUSCHEINSKY, N., KIECKBUSCH, T.G., LUCCAS, V. y TORRIANI, I.L., 2009. Polymorphie phases of natural fat from Cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) beans: A WAXS/SAXS/DSC study. *Crystal Growth and Design*, ISSN 15287483. DOI 10.1021/cg901081j.
- TARADAICHONKO, M. y GLADKII, F., 2013. Application of electromagnetic treatment for degumming process in high phosphorus content of sunflower oil. *Inzynieria I Aparatura Chemiczna*, vol. 5, pp. 490-491.
- TORRES-GONZÁLEZ, M., ANGULO-GUERRERO, O., OLIART-ROS, R.M. y MEDINA-JUÁREZ, L.A., 2009. Efecto de la refinación física sobre la calidad química y sensorial del aceite de coco. *Grasas y Aceites*, ISSN 00173495. DOI 10.3989/gya.043608.
- VASCONCELOS, M.N.L., SILVA, M.L. da, MAIA, J.G.S. y GOTTLIEB, O.R., 1975. Estudo químico das sementes do Cupuaçu. *Acta Amazonica*, vol. 5, no. 3, pp. 293-295. ISSN 0044-5967. DOI 10.1590/1809-43921975053293.
- WU, Y., ZHOU, R., WANG, Z., WANG, B., YANG, Y., JU, X. y HE, R., 2019. The effect of refining process on the physicochemical properties and micronutrients of rapeseed oils. *PLoS ONE*, ISSN 19326203. DOI 10.1371/journal.pone.0212879.
- ZUFAROV, Oybek, SCHMIDT, S. y SEKRETÁR, S., 2008. Degumming of rapeseed and sunflower oils. *Acta Chimica Slovaca*.