

EVALUACIÓN DEL EXTRACTO DE LICOPENO PARTIENDO DE RESIDUOS DE
DIFERENTES FRUTAS Y HORTALIZAS, APLICADO EN UN PRODUCTO
COSMÉTICO

LINA MARÍA DELGADO SÁNCHEZ
CAROLINA MALLAMA DÍAZ

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C
2019

EVALUACIÓN DEL EXTRACTO DE LICOPENO PARTIENDO DE RESIDUOS DE
DIFERENTES FRUTAS Y HORTALIZAS, APLICADO EN UN PRODUCTO
COSMÉTICO

LINA MARÍA DELGADO SÁNCHEZ
CAROLINA MALLAMA DÍAZ

Proyecto Integral de grado para optar el título de
INGENIERO QUÍMICO

Director:
MARTHA CECILIA ACOSTA MORENO
Ingeniera química

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ
2019

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C, Junio 2019

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente Institucional y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Vicerrector de Desarrollo y Recursos humanos

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrector Académico y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Decano general Facultad de Ingenierías

Ing. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director del Departamento de Ingeniería Química

Ing. Leonardo de Jesús Herrera Gutiérrez

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y los docentes no son responsables por las ideas y conceptos emitidos en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores

DEDICATORIA

Este proyecto lo dedico en primera instancia a Dios, que ha sido quien me ha dado la fuerza necesaria para seguir en los momentos más difíciles.

A mi mamá, Nubia Rocío Sánchez, quien ha sido la persona más determinante en este arduo camino, ha sido quien me ha levantado cuando he querido dejarme caer, y quien más ha creído en mí, su fortaleza me hizo ser valiente y emprender los retos diarios con más temple, es mi modelo a seguir y además la que hace que todo esto sea posible.

A mi papa, Carlos Antonio Delgado Díaz, por ser ese hombre incansable y trabajador, entregado a su familia y quien ha estado para ver mis logros y metas; a mi hermana quien ha estado de manera incondicional y para quien espero llegar a ser algún día un ejemplo a seguir.

A mi abuela, María de Jesús Díaz de Delgado, por todo su cariño inquebrantable, y por esa valentía que me ha transmitido día a día; a mi abuelo que ha estado siempre en mi vida, acompañándome en cada paso que doy, sin soltarme la mano.

A mi familia por ser partícipes de mis logros.

A mi mejor amiga, Ivonne, por estar en las buenas, en las malas y seguir conmigo pese al tiempo y a veces la distancia.

A Carolina Mallama Díaz, quien me ha acompañado y apoyado en este camino académico, sin ella la culminación de este proyecto no sería una realidad.

A mis amigos, compañeros y colegas de vida universitaria, jugaron un papel determinante para nunca desistir, me ayudaron a crecer como persona y como profesional.

Y por último a todas aquellas personas que de una u otra manera me han empujado, me han influenciado o me han enseñado; todos quienes han tocado mi vida de alguna manera y me han formado para emprender este largo proyecto de vida con valores, valentía y conocimientos.

Lina María Delgado Sánchez

A Dios porque, solo El hace posibles todas las cosas y fue aquel que permitió el desarrollo de este proyecto; y su feliz culminación.

A mi familia por todo su esfuerzo y apoyo tanto económico como emocional. A mis amigos y compañeros de estudio por sus consejos, oraciones, apoyo y paciencia.

Carolina Mallama Diaz

AGRADECIMIENTOS

Han sido varias las personas que han contribuido con el proceso y finalización de este proyecto, en primer lugar, agradecemos al ingeniero Oscar Lombana, quien ha sido un apoyo imprescindible tanto en el desarrollo experimental como en la redacción de este documento, sin su aporte y conocimiento este proyecto no habría salido adelante.

Agradecemos a la ingeniera Martha Cecilia Acosta, quien nos dirigió, ayudo y reviso, todo lo desarrollado en este documento, de la misma manera a la química Ana María Gómez, quien también nos asesoró de manera constante.

A nuestros padres, quienes nos colaboraron incondicionalmente, de manera emocional y económica.

A la empresa Asava Colombia, por la confianza depositada en nosotras desde el primer momento, y brindarnos el apoyo necesario para desarrollar la experimentación en los laboratorios del Tecnoparque-SENA.

Al Tecnoparque-Sena agradecemos la atención siempre brindada, la disponibilidad de los laboratorios y el asesoramiento constante que nos dieron en todo momento.

Lina María Delgado Sánchez

Carolina Mallama Díaz

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	23
INTRODUCCIÓN	27
OBJETIVOS	28
1. MARCO TEORICO	29
1.1 COLORANTES	29
1.1.1 Definición.	29
1.1.2 Clasificación.	30
1.1.2.1 Artificiales.	30
1.1.2.2 Naturales.	31
1.2 LICOPENO	31
1.2.1 Estructura química y propiedades biológicas del licopeno.	32
1.2.2 Generalidades del licopeno.	34
1.2.2.1 Salud.	34
1.2.2.2 Fuentes.	34
1.2.2.3 Diferentes aplicaciones en la industria.	34
1.2.2.4 Propiedades bactericidas.	35
1.3 FRUTAS Y HORTALIZAS DE COLOR ROJO	35
1.3.1 Frutas y hortalizas rojas.	35
1.3.2 Variedades en colombia.	36
1.3.3 Características generales frutas y hortalizas rojas producidas en Colombia.	37
1.3.3.1 Características del tomate.	37
1.3.3.2 Características del pimentón.	38
1.3.3.3 Características de la sandía (patilla).	38
1.3.3.4 Características del tomate de árbol.	39
1.3.3.5 Características de la papaya.	40
1.3.3.6 Características de la guayaba.	41
1.3.4 Disponibilidad de residuos de frutas y hortalizas	42
1.4 GENERALIDADES PROCESO DE EXTRACCIÓN	48
1.4.1 Solventes verdes y biosolventes	49
1.5 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	51
1.5.1 Extracción por soxhelt.	52
1.5.2 Microondas.	59
1.5.3 Ultrasonido.	62
1.5.4 Métodos enzimáticos.	67
1.5.5 Solubilización directa.	69
1.5.6 Fluidos supercríticos.	69
1.6 MÉTODOS DE IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LICOPENO	70
1.6.1 Cromatografía de capa fina.	70

1.6.2 Métodos espectrofotométricos.	71
1.6.3 Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).	72
1.6.4 Otros métodos de identificación.	72
2. SELECCIÓN RESIDUOS DE FRUTAS	74
2.1 PROCESO DE SELECCIÓN DE RESIDUOS DE FRUTAS	74
2.1.1 Análisis parámetros de selección.	77
2.1.1.1 Contenido de licopeno.	77
2.1.1.2 Cifras de producción en Colombia.	78
2.1.1.3 Contenido de agua.	78
2.1.1.4 Tamaño del fruto.	79
2.1.1.5 Facilidad en la separación de las semillas.	79
2.2 RESIDUOS SELECCIONADOS	80
3. SELECCIÓN MÉTODO DE EXTRACCIÓN	83
3.1 PROCESO DE SELECCIÓN DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN A EVALUAR	83
3.2 ANÁLISIS ATRIBUTOS DE SELECCIÓN	84
3.2.1 Relación material vegetal/solvente.	84
3.2.2 Rendimiento teórico.	84
3.2.3 Peligrosidad del solvente.	84
3.2.4 Costo del método de extracción.	84
3.3 TABLA COMPARATIVA	85
3.4 MATERIA PRIMA ENSAYOS PRELIMINARES	88
3.4.1 Solventes evaluados.	88
3.4.1.1 Aceite de ricino.	90
3.4.1.2 Aceite de coco.	91
3.4.1.3 Aceite de almendras dulces.	91
3.4.1.4 Aceite de oliva.	92
3.5 EQUIPOS ENSAYOS PRELIMINARES	92
3.5.1 Preparación de la materia prima.	92
3.5.2 Montaje extracción asistida por ultrasonido.	95
3.5.3 Montaje extracción enzimática.	96
3.5.4 Cuantificación licopeno.	98
3.6 EVALUACIÓN MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	98
3.6.1 Acondicionamiento materia prima.	96
3.6.2 UAE	101
3.6.3 Extracción enzimática.	107
3.7 CUANTIFICACIÓN DE LICOPENO EN OLEORRESINA	111
3.7.1 Comprobación modelo de cuantificación.	112
3.7.2 Resultados comprobación modelo de cuantificación de licopeno.	113
3.8 RESULTADOS ETAPA PRE-EXPERIMENTAL	114
3.8.1 Resultados UAE.	114
3.8.2 Resultados extracción enzimática.	123
3.9 ANALISIS DE RESULTADOS ETAPA PRE-EXPERIMENTAL	126

4. EVALUACIÓN LICOPENO EN PRODUCTO COSMÉTICO	130
4.1 MATERIA PRIMA EVALUACIÓN LICOPENO	130
4.2 EQUIPOS EVALUACIÓN DE LICOPENO	132
4.3 DESARROLLO ETAPA EXPERIMENTAL	133
4.4 RESULTADOS Y ANALISIS ETAPA EXPERIMENTAL	133
4.5 EVALUACIÓN DE LICOPENO EXTRAÍDO SOBRE PRODUCTO COSMÉTICO	135
4.5.1 Pruebas organolépticas.	136
4.5.1.1 Color.	136
4.5.1.2 Textura o uniformidad de color.	137
4.5.1.3 Cubrimiento.	137
4.5.2 Pruebas fisicoquímicas.	137
4.5.2.1 Densidad.	138
4.5.2.2 pH.	140
4.5.3 Pruebas microbiologías.	140
4.5.4 Pruebas de estabilidad.	142
4.5.4.1 Temperatura.	142
4.5.4.2 Luz.	143
4.6 RESULTADOS PRUEBAS DE EVALUACIÓN DE LICOPENO	144
4.6.1 Resultados pruebas organolépticas	144
4.6.1.1 Resultados pruebas de color	144
4.6.1.2 Resultados pruebas de textura o uniformidad de color.	145
4.6.1.3 Resultado pruebas de cubrimiento	146
4.6.2 Resultados pruebas fisicoquímicas	146
4.6.2.1 Resultados pruebas de densidad	146
4.6.2.2 Resultados pruebas de pH	147
4.6.3 Resultados pruebas microbiológicas	148
4.6.4 Resultados pruebas de estabilidad.	149
4.6.4.1 Resultados pruebas de temperatura.	149
4.6.4.2 Resultados pruebas de luz	150
4.7 ANALISIS DE RESULTADO DE PRUEBAS DE EVALUACIÓN DE LICOPENO	157
5. ANALISIS DE COSTOS	159
5.1 GENERALIDADES DEL PROCESO	159
5.1.1 Acondicionamiento de la materia prima	162
5.1.2 Extracción de licopeno	162
5.1.3 Separación del extracto	162
5.1.4 Adición del extracto de licopeno	162
5.2 BALANCE DE MASA	162
5.2.1 Separación	163
5.2.2 Trituración.	164
5.2.3 Secado o deshidratación	164
5.2.4 Molienda	165
5.2.5 Tamizado	166

5.2.6 Extracción	167
5.2.7 Separación extracto	168
5.2.8 Preparación producto cosmético	169
5.3 EQUIPOS PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PRODUCTO COSMÉTICO	170
5.3.1 Licuadora industrial.	171
5.3.2 Horno deshidratador	171
5.3.3 Molino	173
5.3.4 Tamiz malla 60 con fondo y tapa.	174
5.3.5 Baño ultrasónico	175
5.3.6 Centrifuga	175
5.3.7 Estuda de inducción	176
5.4 DETERMINACIÓN DE COSTOS	177
5.4.1 Costos de inversión	177
5.4.2 Costos de fabricación	178
5.4.2.1 Costo de materias primas.	178
5.4.2.2 Gasto energético	179
5.4.2.3 Gastos de mano de obra	180
5.4.3 Costo total del proceso	181
6. CONCLUSIONES	182
7. RECOMENDACIONES	184
BIBLIOGRAFIA	185
ANEXOS	201

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1 Clases de pigmentos y algunas fuentes	30
Tabla 2 Pérdidas diarias de alimentos transados en los mercados mayoristas	44
Tabla 3 Principales líneas hortofrutícolas 2017	47
Tabla 4 Ventajas y desventajas de algunos métodos de extracción	52
Tabla 5 Factores que afectan la UAE	63
Tabla 6.Tabla determinacion de pocentajes de ponderación	76
Tabla 7.Tabla ranking de factores	77
Tabla 8. Condiciones de operación extracción UAE	101
Tabla 9. Viscosidad aceites extractantes	125
Tabla 10. Generación CO ₂ por método de extracción empleado	128
Tabla 11. Resultados medición de densidad extractos	147
Tabla 12. Resultados medición de pH	148
Tabla 13. Balances de materia proceso de separación	163
Tabla 14. Balances de materia proceso de trituración	164
Tabla 15. Balances de materia proceso de secado	165
Tabla 16. Balances de materia proceso de molienda	166
Tabla 17. Balances de materia proceso de tamizado	167
Tabla 18. Balances de materia proceso de extracción	168
Tabla 19. Balances de materia proceso de separación del extracto (centrifugado)	169
Tabla 20. Balances de materia proceso de preparación del producto cosmético (mezclado)	170
Tabla 21. Costos de inversión	178
Tabla 22. Costos materias primas	179
Tabla 23. Gasto energético del proceso	180
Tabla 24. Gastos mano de obra	181
Tabla 25. Costo total del proceso	181

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 Estructura del licopeno	32
Figura 2. Resultados: Pérdida y desperdicio en Colombia	43
Figura 3. Extracción soxhelt	53
Figura 4. Clasificación de riesgos de diclorometano	55
Figura 5. Clasificación de riesgos de etilacetato	56
Figura 6. Clasificación de riesgos de etilacetato	57
Figura 7. Clasificación de riesgos de hexano	57
Figura 8. Clasificación de riesgos de metanol	58
Figura 9. Clasificación de riesgos de diclorometano	58
Figura 10. Clasificación de riesgos de diclorometano	59
Figura 11. Clasificación de riesgos de acetonitrilo	61
Figura 12. Polaridad compuestos orgánicos en orden decreciente	71
Figura 46. Parte del Pantone de color naranja	137
Figura 14. Balance de masa en la separación a) Diagrama escala laboratorio b) diagrama escala banco	163
Figura 15. Balance de masa en la trituración. a) Escala laboratorio b) escala banco	164
Figura 16. Balance de masa en el secado. a) Escala laboratorio b) escala banco	165
Figura 17. Balance de masa en la molienda. a) Escala laboratorio b) escala banco	166
Figura 18. Balance de masa en el tamizado. a) Escala laboratorio b) escala banco	167
Figura 19. Balance de masa en la extracción. a) Escala laboratorio b) escala banco	168
Figura 20. Balance de masa en el centrifugado. a) Escala laboratorio b) escala banco	169
Figura 21. Balance de masa en el mezclado. a) Escala laboratorio b) escala banco	170
Figura 22. Licuadora industrial	171
Figura 23 Deshidratador de alimentos 1000W	172
Figura 24. Molino de café	173
Figura 25. a) Tamiz acero inoxidable b) fondo y tapa tamiz	174
Figura 26. Baño ultrasónico	175
Figura 27. Centrifuga PowerSpin Fx Velocidad variable lineal 8 puestos	176
Figura 28. Estufa de inducción	177

LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1 Producción y rendimiento del cultivo de tomate de árbol 2007-2014	40
Gráfica 2 Producción de Papaya en Colombia	41
Gráfica 3 Producción (ton) de Guayaba Pera y Común	41
Gráfica 4 Cifras de consumo potencial por grupo de alimentos en Colombia	43
Gráfica 5 Cifras de producción (hectáreas) hortofrutícola en Colombia de 2013-2017	46
Gráfica 6 .Cifras de producción (toneladas) hortofrutícola en Colombia de 2013-2017.	47
Gráfica 7 Producción hortofrutícola 2017 (Ton)	78
Gráfica 8 Comparación del espectro de licopeno	113
Gráfica 9 Comparación condiciones de proceso	119
Gráfica 10 Comparación solventes en UAE	121
Gráfica 11 Efecto de tamizado en UAE	123
Gráfica 12 Comparación solventes en extracción enzimática	124
Gráfica 13 Comparación métodos evaluados en ensayos preliminares	127
Gráfica 14 Comparación residuos evaluados en etapa experimental	134

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Matriz ranking de factores	pág. 81
Cuadro 2 seleccion metodos de extracción	85
Cuadro 3 Grados de coloración en la madurez del tomate	88
Cuadro 4 Evaluación UAE	105
Cuadro 5 Comparación resultados condiciones ensayos UAE	118
Cuadro 6 Especificaciones Resolución 1482 de 2012	141
Cuadro 7 Métodos utilizados para el desarrollo de las pruebas microbiológicas	141

LISTA DE DIAGRAMAS

	pág.
Diagrama 1 Tanto el α como β -caroteno se derivan del licopeno a través de vías biosintéticas separadas, a través de la hidroxilación, los carotenos se convierten en el grupo oxigenado de carotenoides conocidas como xantofilas.	33
Diagrama 2 Acondicionamiento materia prima	99
Diagrama 3 Metodología extracción UAE	103
Diagrama 4 Metodología extracción enzimática	110
Diagrama 5 Metodología cuantificación Licopeno	112
Diagrama 6 Determinación densidad del extracto	139
Diagrama 7 Determinación de pH. a) Medición pH con pH-metro b) medición pH con tirillas	140
Diagrama 8 Evaluación de estabilidad a la temperatura	142
Diagrama 9 Diagrama de proceso general (extracción del licopeno y aplicación sobre el bálsamo base de ASAVA)	161

LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1 Materia prima para ensayos preliminares (residuos de tomate)	89
Imagen 2 Balanza Lexus	93
Imagen 3. a) Vista lateral licuadora fitmix b) Vista frontal licuadora fitmix	93
Imagen 4. Horno de secado para la eliminación de agua de la pasta del residuo	94
Imagen 5 a) Vista frontal del procesador de alimentos fitmix. b) Vista lateral del procesador fitmix. c. Vista superior del procesador fitmix	94
Imagen 6 Montaje para el método por baño ultrasónico	95
Imagen 7 Balanza analítica	96
Imagen 8 Centrifuga	96
Imagen 9 Montaje para la extracción por método enzimático	97
Imagen 10 Espectrofotometro	97
Imagen 11 Acondicionamiento de materia prima. a) Residuos troceados y sin semillas b) residuos licuados (pasta)	100
Imagen 12 Reduccion tamaño de partícula de la muestra	100
Imagen 13 Muestra final acondicionada	101
Imagen 14 Muestra en baño ultrasónico	102
Imagen 15 Extracto ensayo 1 aceite de ricino	115
Imagen 16 Ruptura recipiente ensayo 2	116
Imagen 17 Extracto ensayo 2 aceite de ricino	117
Imagen 18 a) Extracto aceite de almendras dulces b) extracto aceite de ricino c) extracto aceite de coco d) extracto aceite de oliva	120
Imagen 19 Evaluacion efecto del tamizado en la UAE	122
Imagen 20 Extractos proceso de extracción enzimática a) Extracto aceite de almendras dulces b) extracto aceite de ricino c) extracto aceite de coco d) extracto aceite de oliva	126
Imagen 21 Materia prima etapa experimental (residuos pimentón)	131
Imagen 22 Materia prima etapa experimental (residuos papaya)	131
Imagen 23 pH-metro Jenway	132
Imagen 24 Lampara UV Lexmana	133
Imagen 25 Extractos etapa experimental. a) Extracto de residuos tomate b) Extracto de residuos de pimentón c) extracto de residuos de papaya	134
Imagen 26 Montaje para las pruebas de estabilidad con luz ultravioleta de 6W	143
Imagen 27 Evaluación estabilidad a la luz	143
Imagen 28 Producto final con los respectivos extractos de tomate, papaya y pimentón	144
Imagen 29 Identificación de cada producto con su respectivo código hex a) Cosmético elaborado a partir de extracto de pimentón b) Cosmético elaborado a partir de extracto de tomate c) Cosmético elaborado a partir de extracto de papaya	145

Imagen 30 Comparación de cada una de las texturas	146
Imagen 31 Pruebas de cubrimiento para el pimentón, papaya, tomate y bálsamo base	146
Imagen 32 Picnómetros con cada uno de los extractos (pimentón, papaya y tomate) para determinar la densidad	147
Imagen 33 a. Tirillas de medición del pH de cada uno de los productos con el extracto y en comparación con el bálsamo base (sin extracto) b. Patrón de comparación para determinar el pH	148
Imagen 34 Evaluación estabilidad a la temperatura. a) Inicio ciclo 24h (Ambiente) b) Fin ciclo 24h (Ambiente) c) Fin ciclo 24h (Refrigeración)	150
Imagen 35 Día 1. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate) a) Vista frontal b) Vista focal	150
Imagen 36 Día 2. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate) a) Vista periférica b) Vista focal	151
Imagen 37 Día 3. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate) a) bálsamos sometidos a la luz ultravioleta constante b) Vista frontal de las muestras	152
Imagen 38 Día 4. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate) a) Vista lateral de los bálsamos a través de los envases de vidrio b) Vista frontal de cada bálsamo	152
Imagen 39 Día 5. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate)	153
Imagen 40 Día 6. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate)	153
Imagen 41 Día 7. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate)	154
Imagen 42 Día 8. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate)	154
Imagen 43 Día 9. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate)	154
Imagen 44 Día 10. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate)	155
Imagen 45 Día 11. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate)	155
Imagen 46 Día 12. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate)	155
Imagen 47 Día 13. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate)	156
Imagen 48 Día 14. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate)	156

Imagen 49 . Día 15. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate)

156

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Especificaciones enzima poligalacturonasa	201
Anexo B. Fichas técnicas solventes	205
Anexo C. Acreditación BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S	208
Anexo D. Resultados extracción de Licopeno ensayos preliminares y etapa experimental	214
Anexo E. Resultados comprobacion modelo de cuantificacion de Licopeno	217
Anexo F. Resultados pruebas microbiológicas	219
Anexo G. Cálculos proceso escalado a banco	225
Anexo H. Cotizaciones equipos	230

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Calificación criterio	82
Ecuación 2. Cálculo puntaje total fruta	82
Ecuación 3. Ejemplo cálculo de valor total para el tomate	82
Ecuación 4. Viscosidad cinemática	91
Ecuación 5. Cálculo concentración de enzima (ppm) propuesta por literatura	107
Ecuación 6. Cálculo concentración final de enzima	108
Ecuación 7. Cálculo concentración de Poligalacturonasa	108
Ecuación 8. Contenido de Licopeno	111
Ecuación 9. Cálculo densidad relativa muestra	138
Ecuación 10. Cálculo densidad absoluta muestra	138
Ecuación 11. Proyección de la producción para el nuevo producto cosmético	160

ABREVIATURAS Y UNIDADES

μm	Micrómetros
pH	Índice de acidez y basicidad
Nm	Nanómetros
mm	Milímetros
ppm	Partes por millón
w/v	peso/volumen
v/v	volumen/volumen
mg/L	miligramos por litro
L	Litros
W	Vatio
kW	Kilovatio
kWh	Kilovatio hora
kHz	Kilo Hertz
UAE	Extracción asistida por ultrasonido
MAE	Extracción asistida por microondas
GRAS	Generalmente reconocido como seguro
T	Temperatura
cP	Centipoise
cSt	Centistokes
min	Minutos
h	Horas
η	Viscosidad dinámica
υ	Viscosidad cinemática
ρ	Densidad
CCB	Cámara de comercio de Bogotá
MeTHF	2-Metiltetrahidrofurano
THF	tetrahidrofurano
CPME	Ciclopentilmetileter
DMPU	n, n'-Dimetilpropileno-urea
DCM	Carbonato de dimetilo
EA	Acetato de etilo
IPA	Alcohol isopropílico

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el extracto de licopeno obtenido de los residuos de diferentes frutas y hortalizas, para su uso en un producto cosmético. Este proyecto se llevó cabo bajo la dirección de Martha Cecilia Acosta.

En términos generales en la industria cosmética los colorantes son ampliamente utilizados para generar productos con una gran diversidad de tonalidades; sin embargo, muchos de estos contienen sustancias que pueden llegar a generar afectaciones en la salud de sus consumidores; de esta manera se hace necesario recurrir al uso de colorantes naturales, los cuales puedan cumplir con el objetivo deseado por la industria sin generar perjuicios sobre el cliente.

Uno de estos compuestos es el Licopeno, el cual además de proporcionar tonalidades rojas, también cuenta con propiedades nutraceuticas y bactericidas, lo que hacen de este compuesto una gran alternativa de uso en la industria cosmética y muchas otras industrias tales como la alimenticia.

Teniendo en cuenta esto, a través del desarrollo de este proyecto, se pretende efectuar la extracción de licopeno partiendo de los residuos generados en diversas plazas de mercado tanto mayoristas como minoristas; los cuales no son aptos para el consumo humano, pero aún siguen siendo aprovechables como materias primas para la obtención de colorantes naturales (licopeno).

Para ello en primera instancia, se realiza la selección de tres residuos de frutas a través de una completa revisión bibliográfica que permita determinar cuáles son los más idóneos teniendo en cuenta el objetivo de la investigación. Dichos residuos corresponden a tomate, papaya y pimentón.

Es importante recalcar que, aunque se tengan los residuos adecuados es necesario plantear la metodología pertinente, de manera que se pueda dar un buen desempeño del proceso; por esta razón, posterior a la selección de dichos residuos se procede a evaluar dos métodos de extracción los cuales fueron seleccionados previamente mediante revisión bibliográfica. Estos métodos evaluados corresponden a la extracción asistida por ultrasonido (UAE) y la extracción enzimática.

Una vez determinado el método más adecuado se procede a comparar la estabilidad del Licopeno obtenido partir de los tres diferentes residuos seleccionados previamente. Dentro de esta comparación se tienen en cuenta aspectos organolépticos, fisicoquímicos, microbiológicos y de estabilidad, a través de los cuales se pudo determinar que el residuo mas adecuado para efectuar el proceso de extracción de licopeno, corresponde al residuo de pimentón puesto que cuenta con el mejor comportamiento para los cuatro aspectos que se mencionaron previamente.

Finalmente se efectúa un análisis de costos de la propuesta seleccionada teniendo en cuenta tanto los costos de las materias primas como los gastos energéticos y la mano de obra requerida para el desarrollo del proyecto.

Palabras clave: Licopeno, extracción, oleoresina, aceite extractante, cosmético, colorante

ABSTRACT

The purpose of this research is to evaluate the lycopene extract obtained from the residues of different fruits and vegetables, for use in a cosmetic product. This project was carried out under the direction of Martha Cecilia Acosta.

In general terms in the cosmetic industry dyes are widely used to generate products with a great diversity of shades; however, many of these contain substances that can generate health effects for their consumers; In this way it is necessary to resort to the use of natural dyes, which can meet the objective desired by the industry without causing damage to the customer.

One of these compounds is Lycopene, which in addition to providing red tones, also has nutraceutical and bactericidal properties, which make this compound a great alternative for use in the cosmetic industry and many other industries such as food.

Taking this into account, through the development of this project, it is intended to carry out the extraction of lycopene from the waste generated in various market places, both wholesale and retail; which are not suitable for human consumption, but are still usable as raw materials for obtaining natural dyes (lycopene).

For this, in the first instance, the selection of three fruit residues is carried out through a complete bibliographic review that allows to determine which are the most suitable taking into account the objective of the investigation. These residues correspond to tomato, papaya and paprika.

It is important to emphasize that, even if there is adequate waste, it is necessary to consider the relevant methodology, so that the process can perform well; For this reason, after the selection of these wastes, two extraction methods are evaluated, which were previously selected by means of a literature review. These evaluated methods correspond to ultrasound-assisted extraction (UAE) and enzymatic extraction.

Once the most appropriate method has been determined, the stability of Lycopene obtained from the three different previously selected residues is compared. Within this comparison, organoleptic, physicochemical, microbiological and stability aspects are taken into account, through which it was determined that the most suitable residue to carry out the lycopene extraction process, corresponds to the paprika residue since it has the better behavior for the four aspects that were previously mentioned.

Finally, a cost analysis of the selected proposal is carried out taking into account both the costs of raw materials and energy costs and the labor required for the development of the project.

Keywords: Lycopene, extraction, oleoresin, extracting oil, cosmetic, dye

INTRODUCCIÓN

La empresa Asava Colombia se dedica a la generación de productos cosméticos de carácter natural, proporcionando un beneficio a sus clientes no solo al ofrecerles un producto que contribuirá en el cuidado de su imagen personal, sino también proporcionando una mejora en la salud de estos debido a la naturaleza de las materias primas empleadas.

Adicional a esto, respecto a esta industria, se ha venido presentado un crecimiento en la demanda de cosméticos; lo que ha generado dentro de la empresa un deseo de ampliación respecto al portafolio de productos ofrecidos a sus clientes.

Por esta razón se propone la obtención del colorante natural licopeno, a través del cual se pueda abrir una nueva línea de bálsamos que funcionen como tintes de labios y mejillas; dicha obtención se llevaría a cabo mediante mecanismos de extracción fáciles, rápidos y ambientalmente amigables que puedan ser implementados teniendo en cuenta la capacidad de producción la empresa. Cabe aclarar que el licopeno, es considerado el compuesto responsable de proporcionar las tonalidades rojas de diferentes frutas y hortalizas.

Por esta razón, a través de este proyecto se pretende realizar la evaluación del licopeno obtenido a través de diferentes residuos de frutas aplicado sobre un producto cosmético; por medio del desarrollo del proceso de extracción, enfocándose en el desempeño de los métodos y las variedades de residuos evaluados.

Con la elaboración de este proyecto, se logra determinar tanto el método como el residuo más adecuado para la obtención de licopeno teniendo en cuenta que este será posteriormente aplicado en un producto cosmético.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el extracto de licopeno obtenido de los residuos de diferentes frutas y hortalizas, para su uso en un producto cosmético.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Seleccionar los residuos de hortalizas y frutas que serán utilizados para la extracción.
2. Establecer el método de extracción adecuado para la obtención del licopeno partiendo de un desarrollo experimental.
3. Comparar la estabilidad del licopeno aplicado en un producto cosmético para labios y mejillas.
4. Realizar análisis de costos de la propuesta seleccionada.

1. MARCO TEORICO

Durante esta primera parte del documento se encuentra el sustento bibliográfico empleado a lo largo del proyecto. En esta se especifican algunas generalidades de los colorantes, de frutas y hortalizas de color rojo; además se realiza una descripción general del Licopeno y su interés tanto en la industria cosmética, como en diversos campos de acción. Igualmente, se presentan diversos métodos de extracción empleados para la obtención de carotenos, así como algunos métodos usados en la identificación y cuantificación de los mismos.

1.1 COLORANTES

Debido a que el objetivo de este proyecto se centra en la extracción de un tipo de compuesto encargado de aportar color sobre un producto cosmético; es necesario realizar una breve revisión de este tema; teniendo en cuenta aspecto como la definición de colorantes y su respectiva clasificación:

1.1.1 Definición. En términos generales se definen como colorantes a aquellos compuestos que se encargan de “impartir un color a una sustancia. Un colorante puede ser un pigmento, un tinte o una solución ionizada.”¹ Otros autores hacen referencia a los colorantes como “aditivos, sustancias que adicionadas a los alimentos proporcionan, refuerzan o varían su color”².

1.1.2 Clasificación. “Un colorante puede ser un pigmento, un tinte o una solución ionizada. Los colorantes minerales tienen composiciones químicas definidas, características físicas reconocibles (véase el Capítulo 2) y un comportamiento químico constante. Los colorantes orgánicos contienen carbono con hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre con otros elementos menores. Se derivan de fuentes vegetales o se hacen sintéticamente. Aunque algunos colorantes orgánicos son estables y básicamente permanentes, en general tienden a ser fugitivos”³. Debido a que para este proyecto se busca emplear un compuesto de origen natural, la atención se centra específicamente en esta clasificación, sin embargo, es relevante hacer una breve acotación en relación a los colorantes de tipo artificial o sintético.

¹ GRUMEZESCU, Alexandru mihai y HOLBAN, Alina María. Pigments and colorants. Natural and Artificial Flavoring Agents and Food Dyes. Academic Press. [en línea]. Academic Press, 201. p. 201 [Citado 8 febrero 2019]. ISBN 0128112697, 9780128112694. Disponible en <https://books.google.com.co/books?hl=en&lr=&id=bHixDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Pigments+and+color+ants.+Natural+and+Artificial+Flavoring+Agents+and+Food+Dyes&ots=YvTkf5bjc5&sig=TOOFcS6AXGWrJCjBtS-MEtKtuJo>.

² GIMENEZ, Pedro j.; ANGOSTO, José M. y FERNANDEZ-LOPEZ, José A.. Bioactividad de colorantes rojos naturales. Jornadas de introducción a la investigación de la UPTC [en línea]. universidad politécnica de Cartagena, abril 2013, no. 6. p. 91-93 [Consultado 8 febrero 2019] ISSN 1888-8356. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10317/3376>

³ GRUMEZESCU. Op. Cit., p.201

1.1.2.1 Artificiales. Teniendo en cuenta que los colorantes pueden ser de tipo tinte o pigmento, Algunos autores mencionan que estos pueden subdividirse de acuerdo a su estructura química, fuente, solubilidad y aplicación ⁴. De esta clasificación pueden destacarse los pigmentos y tintes compuestos por el grupo azo, antraquinona; los tintes índigos, azufrados, ftalocianina; pigmentos de triaril carbonio, policíclicos, entre otros.⁵

1.1.2.2 Naturales. De acuerdo a Rodríguez-Amaya “el color natural de los alimentos se debe principalmente a los carotenoides, antocianinas, betalainas y clorofilas, ya sea como constituyentes alimentarios inherentes o como alimentos o aditivos para piensos “⁶.

En la tabla 1, se presentan algunas de las clases de pigmentos naturales y algunas de sus fuentes:

Tabla 1. Clases de pigmentos y algunas fuentes

Class of pigments	Sources
1. Anthocyanins (Red to Blue)	Blue grape skin, blue berry, cherry plum, kokum fruit, hibiscus
2. Carotenoids (Yellow to Red)	Annatto seeds, paprika, alfalfa, carrot, saffron, marigold
3. Betalains (Red, Purple)	Beetroot
4. Flavones and Chalcones (Orange)	Safflower florets
5. Chlorophylls (Green)	Green plants, spinach, alfalfa
6. Miscellaneous:	
i Caramel (pale yellow to dark brown)	Modified sugar
ii Curcumin (yellow to orange)	Tumeric
iii Carminic acid (Red)	Cochineal
iv Riboflavin (yellow)	Quercitron bark

Fuente. SOWBHAGYA, H.B. y CHITRA V.N.. Enzyme extraction of flavorings and colorants from plant materials. Critical reviews in food science and nutrition. [en línea] 2020, enero, 50(2).146-161 [Consultado 9 febrero 2019]. ISSN 1040-8398. Doi: 10.1080/10408390802248775⁷

⁴ Ibid., p. 51

⁵ Ibid., p. 33-43

⁶ RODRIGUEZ-AMAYA, Delia B. Natural food pigments and colorants. Bioactive molecules in food [en línea]. 2019, enero. p. 867[Consultado 9 febrero 2019]. ISBN 978-3-319-78030-6. Disponible en https://doi.org/10.1007/978-3-319-78030-6_12

⁷ SOWBHAGYA, H.B. y CHITRA V.N.. Enzyme extraction of flavorings and colorants from plant materials. Critical reviews in food science and nutrition. [en línea] 2020, enero, 50(2).146-161 [Consultado 9 febrero 2019]. ISSN 1040-8398. Doi: 10.1080/10408390802248775

- **Carotenoides.** Estos compuestos se definen como “terpenos naturales derivados de la unión de 8 unidades de isopreno”⁸, adicionalmente generan un “esqueleto con 40 átomos de carbono. Aportando coloraciones que pueden oscilar entre amarillo y rojo”⁹.

“Los carotenoides desempeñan diferentes actividades biológicas muy importantes desde el punto de vista nutricional y fisiológico”¹⁰; adicionalmente estos se destacan por una buena capacidad antioxidante, ante los radicales libres¹¹.

- **Antocianinas.** Por su parte las antocianinas hacen parte de los flavonoides y constituyen el grupo más relevante de pigmentos de tipo hidrosoluble; estos corresponden a la gama de colores desde las tonalidades rojas hasta las azules¹².

Su estructura se compone de “un ion flavilo, que consta de 2 grupos aromáticos: un benzopirilio y un anillo fenólico”¹³. Adicionalmente, cabe mencionar que la tonalidad del compuesto dependerá “del número y orientación de los grupos hidroxilo y metoxilo presentes en la molécula”¹⁴.

1.2 LICOPENO

Para el desarrollo del proyecto se propone la utilización del licopeno como un colorante natural, esto debido a que es parte de los carotenoides, los cuales son utilizados para proporcionar color, en especial cuando el pigmento necesitado se encuentra entre los tonos amarillos, anaranjados o rojos.¹⁵

El licopeno es un carotenode soluble en grasa, el cual tiene propiedades antioxidantes, además de otros beneficios para la salud. Este proporciona esencialmente un pigmento rojizo.¹⁶ A continuación se describirán características propias de este compuesto.

⁸ GIMENEZ. Op. Cit., p.92

⁹ Ibíd., p.92.

¹⁰ Ibíd., p.92.

¹¹ Ibíd., p.92.

¹² Ibíd., p.92.

¹³ Ibíd., p.92.

¹⁴ Ibíd., p.92.

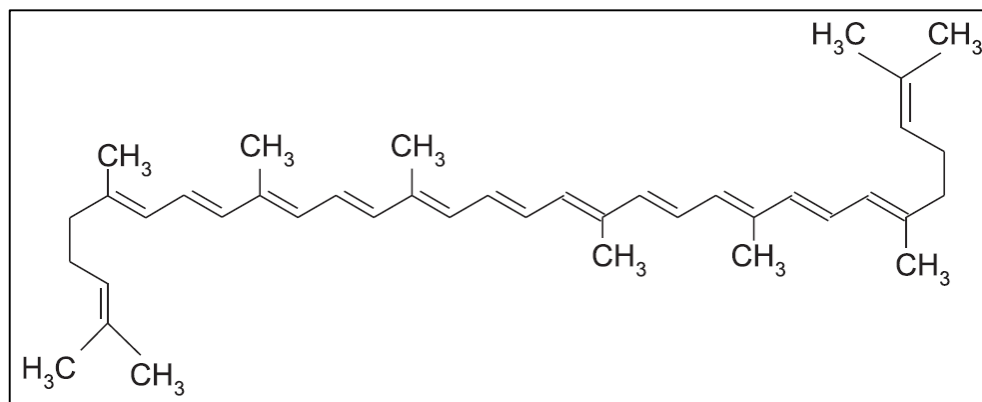
¹⁵ ARANDIGA MARTÍ, Gemma y DIAZ SÁNCHEZ, Sonia. Estudio del licopeno del tomate como colorante natural desde la perspectiva analítica e industrial. Resumen trabajo final de carrera [En línea]. 2008, junio. [Consultado 16 abril 2019]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2099.1/5544>

¹⁶ RANVEER, Rahul C. Lycopene: A Natural Red Pigment. Natural and Artificial Flavoring Agents and Food Dyes. Academic Press. [en línea]. Academic Pres. GRUMEZESCU, Alexandru Mihai et al. p.433,435-436 [Citado 5 marzo 2019] ISBN 018. Disponible: <https://books.google.com.co/books?hl=en&lr=&id=bHixDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Pigments+and+color+ants.+Natural+and+Artificial+Flavoring+Agents+and+Food+Dyes&ots=YvTkf5bjc5&sig=TOOFcS6AXGWrJCjBtS-MEtKtuJo>

1.2.1 Estructura química y propiedades biológicas del licopeno. Las características químicas de un carotenoide pueden definir en gran parte sus propiedades.

El licopeno es el caroteno más simple que está formado por ocho unidades de isopreno¹⁷, su fórmula molecular es $C_{40}H_{56}$ la cual corresponde a un peso molecular de 536.88¹⁸. Es un compuesto hidrocarbonado alifático, que como ya se mencionó es soluble en grasas y lípidos; además puede presentarse en forma *cis* y *trans*. Algunos de los factores que pueden afectar significativamente la estructura del licopeno, son las elevadas temperaturas, luz, oxígeno, pH, entre otros.¹⁹ En su estructura compuesta por hidrocarburos insaturados, tiene 11 dobles enlaces conjugados y 2 dobles enlaces sin conjugar tal como se observa en la figura 1. Esto afecta directamente el color proporcionado por este compuesto debido a que cada uno de los dobles enlaces disminuye la energía necesaria para la transición de electrones a estados de energía más altos, lo que le permite a la molécula absorber longitudes de onda más largas, y de esta manera la luz que es absorbida por el licopeno se encuentra en el espectro visible de la gama de color rojo²⁰.

Figura 1. Estructura del licopeno



Fuente. PERIAGO CASTON, María Jesús, *et al.* Propiedades químicas, biológicas y valor nutritivo del licopeno. Murcia [En línea]. 2001, (17). p. 54. [Consultado 02 agosto 2019]. ISSN 0213-5434. Disponible en: <https://revistas.um.es/analesvet/article/download/16461/15891/>

Adicional a los dobles enlaces que permiten la absorción de la luz, otra característica que está relacionada con la tonalidad roja proporcionada por el carotenoide es el largo en la cadena y al mismo tiempo la actividad antioxidante que es propia de

¹⁷ ARANDIAGA MARTÍ. Op. Cit., p. 1

¹⁸ PERIAGO CASTON, María Jesús, *et al.* Propiedades químicas, biológicas y valor nutritivo del licopeno. Murcia [En línea]. 2001, (17). p. 54. [Consultado 02 agosto 2019]. ISSN 0213-5434. Disponible en: <https://revistas.um.es/analesvet/article/download/16461/15891/>

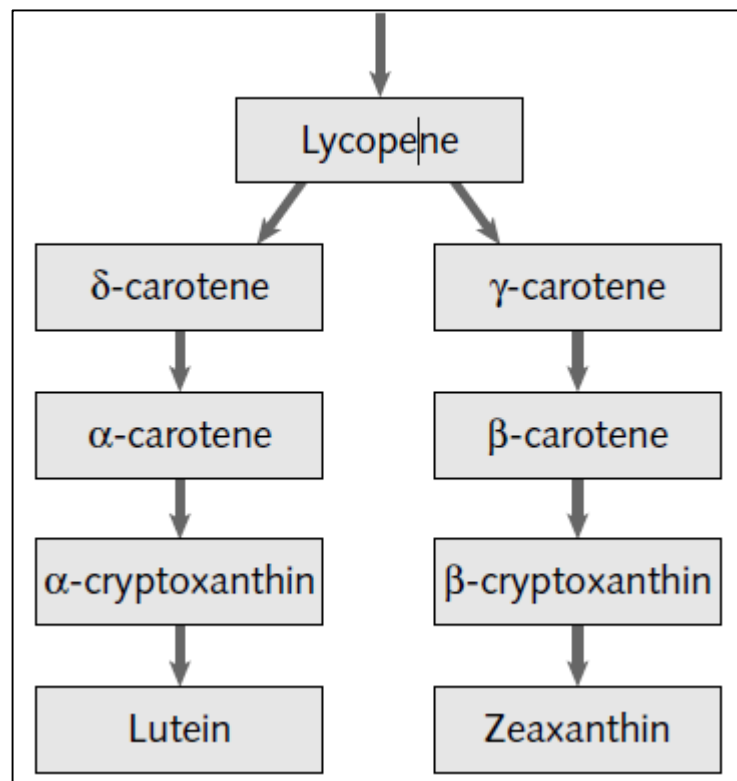
¹⁹ *Ibid.* p. 54

²⁰ RANVEER. Lycopene: A Natural Red Pigment. Natural and Artificial Flavoring Agents and Food Dyes. Op. Cit., p. 413

este. Este carotenoide se sintetiza a través de una serie de cuatro reacciones de desaturación a partir del caroteno fitoeno²¹.

A través de la hidroxilación del licopeno se pueden obtener distintos carotenoides como se observa en el diagrama 1, estas son comúnmente conocidas como Xantofilas²².

Diagrama 1. Tanto el α como β -caroteno se derivan del licopeno a través de vías biosintéticas separadas, a través de la hidroxilación, los carotenos se convierten en el grupo oxigenado de carotenoides conocidas como xantofilas.



Fuente. GRAHAM, Robin D., ROSSER, Julia M. Carotenoids in staple foods: their potential to improve human nutrition. Food and nutrition bulletin [En línea]. 2000, enero, 21(4). p. 405. [Consultado 25 julio 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/156482650002100412>

²¹ BRAMLEY, Peter M. Is Lycopene beneficial to human health?. Phytochemistry [En línea]. 2000, Junio, 54(3). p. 233. [Consultado 02 agosto 2019]. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)00103-5](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)00103-5)

²² GRAHAM, Robin D., ROSSER, Julia M. Carotenoids in staple foods: their potential to improve human nutrition. Food and nutrition bulletin [En línea]. 2000, enero, 21(4). p. 405. [Consultado 25 julio 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/156482650002100412>

1.2.2 Generalidades del licopeno. Algunas de las características que son propias de este carotenoide influyen directamente en factores que serán descritos a continuación.

1.2.2.1 Salud. De acuerdo a varios estudios que se han realizado en cuanto a los beneficios que ofrece el licopeno para la salud, además de sus propiedades antioxidantes como ya se había mencionado, se pueden encontrar la prevención de distintas enfermedades, tal como enfermedades cardiovasculares, síndrome de inmuno deficiencia adquirida, enfermedades del sistema nervioso central o la reducción del riesgo de cáncer, especialmente el cáncer de tracto digestivo, del cuello del utero, de pecho, de sangre, de próstata o de piel, en donde para este ultimo este proyecto tiene cabida, ya que este tipo de cáncer esta asociado con la producción local de oxígeno singlete y radicales libres, en donde este carotenoide entra en acción para extinguir esencialmente los productos oxidativos inducidos por los rayos UV²³. Es por esto que en su mayoría los efectos beneficiosos derivan de la capacidad que posee de secuestrar radicales libres²⁴.

1.2.2.2 Fuentes. Algunas de las fuentes encontradas de licopeno son el gac, el tomate, la sandía, la guayaba rosada, *jackfruit*, banano, uvas, naranjas, papaya, el pimentón²⁵, albaricoque, pomelo rosa. También se encuentra en cantidades mas grandes en el suero humano y en los diferentes tejidos es decir sus órganos, el hígado, riñones, testículos, entre otros²⁶.

1.2.2.3 Diferentes aplicaciones en la industria. Este compuesto es ampliamente utilizado en diferentes industrias debido a los diversos beneficios que este ofrece, por ejemplo en la industria de alimentos y bebidas a sido utilizado como colorante y adicionalmente como suplemento ya que proporciona un color rojo-naranja y funciona como un excelente antioxidante, así funciona en la gelatina²⁷ también es utilizado en la industria farmacéutica como como complemento, y en la cosmética como colorante²⁸. También es utilizado en muchas cremas para inflamaciones ya que de acuerdo a estudios realizados in vitro este funciona muy bien en procesos inflamatorios suprimiendo la proliferación de las células mitogenicas que inhiben la activación de las células T.²⁹ En la industria cosmética

²³ CLINTON, Steven K. Lycopene: Chemistry, biology, and implications for human health and desase. PubliMed [En línea]. 1998, Febrero, 56(2). p. 35-51. [Consultado 02 agosto 2019]. DOI: 10.1111/j.1753-4887.1998.tb01691.x

²⁴ PERIAGO CASTON, Op. Cit. p. 51

²⁵ SUWANARUANG, Theeranat. Analyzing lycopene content in fruits. Agriculture and agricultural science procedia [En línea]. 2016, vol. 11. p. 46-47. [consultado 05 de julio 2019]. doi: 10.1016/j.aaspro.2016.12.008

²⁶ CRUZ BOJORQUEZ, Reyna María; GALLEGO-GONZALEZ, Javier y SANCHEZ COLLADO, Pilar. Propiedades funcionales y beneficios para la salud del licopeno.nutrición hospitalaria [en línea] 2013, febrero, 28(1). 6-15. [Consultado 7 agosto 2019] ISSN 1699-5198. Doi: 10.3305/nh.2013.28.1.6302

²⁷ ARANDIGA-MARTI. Op. Cit., p. 4

²⁸ *Ibíd.* p. 4

²⁹ CRUZ BOJORQUEZ. Op. Cit., p. 9

ofrece un beneficio adicional para la línea de cuidado personal ya que ofrece protección al daño producido por la luz ultravioleta³⁰.

1.2.2.4 Propiedades bactericidas. De acuerdo a varios estudios que se han realizado el licopeno posee propiedades que inhiben la proliferación celular³¹ esto por medio de la recepción de oxígeno que en su capacidad posee. Por medio de reacciones enzimáticas produce daño a las membranas celulares, a las proteínas y por ende a la transcripción del ADN, lo cual entre otras consecuencias puede producir homeostasis celular³².

1.3 FRUTAS Y HORTALIZAS DE COLOR ROJO

A continuación, se presenta una contextualización referente a algunas de las diferentes frutas y hortalizas de color rojo que se pueden encontrar en el mercado tanto nacional como internacional, esto con el fin de conocer características importantes de la materia prima que empleada en la realización del proceso de extracción:

1.3.1 Frutas y hortalizas rojas. Tal como se mencionó previamente existen diferentes clases de colorantes naturales, los cuales están presentes en numerosos compuestos de origen natural tales como frutas y hortalizas.

Gimenez, et al hace mención de que “los carotenoides, antocianinas y betalainas son los pigmentos responsables de las tonalidades rojas³³; estos se encuentran en especies vegetales tales como, fresas, frambuesas, sandía, tomates, pimentón, cerezas, granada, entre otras variedades.³⁴ Uno de estos es el Licopeno, el cual es un carotenoide encargado de proporcionar el color rojo a frutas como el tomate³⁵; de esta manera a pesar de que existen numerosos compuestos que pueden estar relacionados con esta tonalidad roja; la atención se centra en aquellas variedades de frutas y hortalizas, compuestas por Licopeno.

³⁰ FAZEKAS, Zsuzsanna. *et. al.* Protective effects of lycopene against ultraviolet B- induced photodamage . Nutrition and cáncer. [En línea]. 2009, noviembre, 47(2). 181-187. [Consultado 8 agosto 2019]. Doi: 10.1207/s15327914nc4702_11

³¹ CRUZ BOJORQUEZ. Op. Cit., p. 9

³² *Ibíd*, p.9

³³ GIMENEZ. Op. Cit., p.91

³⁴ *Ibíd.*, p.92.

³⁵ ARANDIGA MARTÍ, Gemma. Op. Cit., p.

Teniendo en cuenta esto, autores como Kong, et al,³⁶ Zuknik, et al ³⁷ , Salazar-Lugo³⁸, Figueroa Cares, et al ³⁹expresan que frutas como el albaricoque, la sandía, la papaya, el pomelo rosa, las uvas rojas, el tomate, la guayaba, tomate de árbol, pimentón, entre otros; presentan Licopeno dentro de su composición.

Sin embargo, es importante también centrar la mirada no solo en el contenido de Licopeno; sino también en las diferentes características relacionadas con el fruto, la cuales también pueden influir en el proceso de obtención de dicho compuesto de interés.

1.3.2 Variedades en Colombia. En términos generales alrededor del mundo se pueden encontrar diferentes tipos de frutas y hortalizas con presencia de Licopeno dentro de su composición; sin embargo, es importante tener en principal consideración aquellas especies producidas en Colombia; puesto que el proyecto se desarrolla en Bogotá D.C, Colombia.

La FAO destaca que “Colombia es el tercer país latinoamericano con mayor número de hectáreas cultivadas en frutales”, caracterizándose por ser “una de las ‘despensas más grandes del mundo’⁴⁰.”

Adicionalmente Colombia presenta un alto potencial de producción en el área hortofrutícola a causa de su ubicación, lo que “le permite ofrecer la más amplia gama de productos bajo condiciones favorables durante casi todo el año. Es así como existen en el país más de ciento cincuenta especies de frutas⁴¹”. Teniendo en cuenta las variedades de frutas y hortalizas mencionadas previamente (Ver Sección 1.3.1), es importante referirse a aquellas producidas en el territorio nacional, dentro de las que se encuentra: tomate, pimentón, sandía, papaya, tomate de árbol, guayaba⁴².

³⁶ KING-WENG, Kong, et. al.. Revealing the power of the natural red pigment lycopene. PubMed.gov [en línea]2010, febrero, 15(2). 959-987. [Consultado 6 marzo 2019]. ISSN 1420-3049. Doi: doi: 10.3390/molecules15020959

³⁷ ZUKNIK, Mark; NIK-NORULAINI, N.A. y MOHD-OMAR, A.K. Supercritical carbon dioxide extraction of lycopene: A review. Journal of Food Engineering. [en línea] 2012, octubre,112(4).253-262. [Consultado 18 marzo 2019]. ISSN 0260-8774. Doi: 10.1016/j.jfoodeng.2012.05.012

³⁸ SALAZAR-LUGO, Raquel, et, al. Efecto del consumo de jugo de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) sobre el perfil lipídico y las concentraciones de glucosa en adultos con hiperlipidemia, Ecuador. ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICIÓN. [en línea]. 2016, Junio, 66(2).121-128. [Consultado 25 marzo 2019]. ISSN 0004-0622. Disponible en:<http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/3970>

³⁹ FIGUEROA, Ines. et, al. Capacidad antioxidante en variedades de pimiento morron (*Capsicum annum L.*). Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. [En línea] 2015, october, 40(10). 696-703[Consultado 24 marzo 2019]. ISSN 0378-1844. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/339/33941643008.pdf>

⁴⁰ Colombia, el tercer país latinoamericano con mayores hectáreas cultivadas de fruta [En línea].Bogotá D.C. El heraldo, 2017–.[Consulta: 3 abril 2019] . Disponible en internet: <https://www.elheraldo.co/economia/colombia-el-tercer-pais-latinoamericano-con-mayores-hectareas-cultivadas-de-fruta-409223>

⁴¹ Colombia: Frutas y hortalizas frescas,Proexpo FONDO DE PROMOCION DE EXPORTACIONES DE COLOMBIA [En línea]. Proexpo,1990. [Consultado 5 abril 2019]. Disponible en: https://books.google.com.co/books/about/Colombia_frutas_y_hortalizas_frescas.html?id=YF-5DAEACAAJ&redir_esc=y

⁴² Ibid., p. 2

1.3.3 Características generales frutas y hortalizas rojas producidas en Colombia. Cada una de las frutas y hortalizas presenta características diferenciadoras, tanto en color y forma como en composición; de hecho, aunque todas las frutas contengan Licopeno, debido a la variación en concentración de dicho compuesto dentro de cada tipo de fruta, el color de estas tendrá diversificaciones. Por esta razón a continuación se presentan algunas de las características generales de seis diferentes variedades de frutas y hortalizas rojas producidas en el territorio nacional, sobre las cuales se busca efectuar esta revisión bibliográfica:

1.3.3.1 Características del tomate. El tomate, jitomate o tomatara es una fruta de la familia de las Solanáceas del género *Solanum*.⁴³ Como su nombre científico lo indica (*Solanum lycopersicum*) es una de las variedades que presenta mayor contenido de Licopeno siendo este de “0,72-20 mg/100 g base húmeda”⁴⁴. Su tamaño oscila entre “2-10,2 cm”⁴⁵ y cuenta con un elevado porcentaje de humedad, siendo este de aproximadamente “93.5%”⁴⁶.

En relación a las cifras de producción de esta fruta, las estadísticas destacan que hacia el año 2011 “Colombia con 14.855 has y rendimiento promedio de 28.1 Ton/ha, ocupó el lugar 34 en el mundo en cuanto a producción de Tomate”⁴⁷.

Posteriormente “en el año 2013 en el país se contó con 14.320,9 ha dedicadas a la producción de tomate, a partir de las cuales se obtuvieron 412.351,2 ton de este producto”⁴⁸ y un rendimiento de 28,78 Ton/ha; presentando un incremento respecto al obtenido en el año 2011.

La CCB destaca que “en Colombia, la producción de tomate es común en casi todas las zonas. Sin embargo, el departamento del Norte de Santander lidera la producción participando con el 29% del total de la producción nacional, seguido de Antioquia con 11,4%, Boyacá con 11,3%, Santander con 10,4% y Cundinamarca con el 6,5%”⁴⁹ Para el año 2016 las cifras de producción descendieron, a causa de

⁴³ CAMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. Manual Tomate. [Sitio web]. Bogotá: cámara de comercio de Bogotá p. 10 [Consulta 18 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11520/14307>

⁴⁴ WALISZEWSK, Krzysztof y BLASCO, Gabriela. Propiedades nutraceuticas del licopeno. Salud Publica Mex [en línea]. 2010, mayo-junio, 52(3).254-265. [Consultado 2 abril 2019]. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=25813>

⁴⁵ FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Norma del codex para el tomate. Codex stan 293-2007. Codex alimentarius, 2007, 6 p.[Consultado 8 abril 2019]. Disponible en: http://www.fao.org/input/download/standards/11013/CXS_293s.pdf

⁴⁶ CAMARA DE COMERCIO. Op. Cit., p. 13

⁴⁷ FONDO PARA EL FINANCIAMIENTO DEL SECTOR AGROPECUARIO. El tomate [en línea]. Agronet. Bogotá D.C.: [Consultado 3 abril 2019]. Archivo docx. Disponible en internet: https://www.finagro.com.co/sites/default/files/node/info_sect/image/tomate_0.docx

⁴⁸ CAMARA DE COMERCIO, Op. Cit., p. 42

⁴⁹ CAMARA DE COMERCIO, Op. Cit., p. 42

una disminución en las hectáreas empleadas para la producción de tomate; obteniendo 382.609 ton de dicho producto⁵⁰.

1.3.3.2 Características del pimentón. “Fruto de la planta del pimiento, herbácea de la familia de las solanáceas. Es una variedad gruesa, carnosa y de gran tamaño. Su piel roja brillante es lisa y sin manchas, su carne firme y de sabor suave y su tallo verde y rígido”⁵¹.

Este fruto cuenta con un contenido de licopeno de aproximadamente “2,872-5,242 mg/100”⁵², un tamaño de “6.25-9,28 cm”⁵³ y contenido de agua de “89,4%”⁵⁴.

Respecto a su producción en el territorio nacional, hacia el año 2017 se “llegó a una producción de 37.058 toneladas”⁵⁵, siendo este “el segundo pico más alto en los últimos 10 años”⁵⁶. De acuerdo a la revista portafolio aquellos departamentos que presentaron una mayor participación para ese año “fueron Santander (9.934 toneladas), Valle del Cauca (9.016 toneladas) y Norte de Santander (6.565 toneladas)”⁵⁷. Adicionalmente menciona que “uno de los aspectos a mejorar de cara al futuro es el del rendimiento”⁵⁸.

1.3.3.3 Características de la sandía (patilla). “La sandía pertenece a la familia Cucurbitácea cuyo nombre científico es *Citrullus Lanatus*. El fruto es normalmente redondo y de un verde oscuro, aunque también existen variedades alargadas y de un verde más claro que pueden llegar a ser considerablemente más grandes, alcanzando 20 kg de peso”⁵⁹.

⁵⁰ DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADISTICA. [Sitio web]. Bogotá D.C.: DANE Encuesta nacional agropecuaria ENA-2016. Boletín técnico ENA-2016. [Consulta 16 mayo 2019] Disponible en https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/2016/boletin_ena_2016.pdf

⁵¹ FUNDACIÓN ESPAÑOLA DE LA NUTRICIÓN. Pimiento morrón. Red bell pepper *capsicum annum* [Sitio web]. España: FEN: Verduras y hortalizas. [Consulta 20 marzo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/pimientomorrón.pdf>

⁵² FIGUEROA. Op. Cit., p.693

⁵³ ELIZONDO-CABALCETA, Esteban y MONGE-PEREZ, Jose Eladio. Caracterización morfológica de 15 genotipos de pimiento (*capsicum annum*) cultivados bajo invernadero en costa rica. InterSedes [en línea]. 2017, junio, 18(37),2-27. [Consultado 5 abril 2019]. ISSN 2215-2458. Doi: 10.15517/isucr.v18i37.28652

⁵⁴ FUNDACIÓN ESPAÑOLA DE LA NUTRICIÓN. Op. Cit., p.2

⁵⁵ PORTAFOLIO. Pimentón, melón y patilla, las tres frutas estrellas del agro [Sitio web]. Bogotá: Portafolio, 2018 [Consulta 6 abril 2019]. Disponible en: <https://www.portafolio.co/economia/pimenton-melon-y-patilla-las-tres-futuras-estrellas-del-agro-523595>

⁵⁶ *Ibid.*, parr. 3

⁵⁷ *Ibid.*, parr. 4

⁵⁸ *Ibid.*, parr. 4

⁵⁹ MACIAS VALDIVIEZO, Jorge Andrés y LOPEZ REYES, Mariela. Extracción del carotenoide licopeno a partir de los rechazos post cosecha del mercado interno de *Citrullus lantus* (sandía) para su futura aplicación en alimentos. Escuela superior politécnica del litoral centro de investigación científica y tecnológica. Guayaquil, Ecuador. [en línea] 2010, febrero, p. 26 [Consultado 19 abril 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/9079>

En relación al contenido de licopeno para esta fruta se reportan valores en el rango de “2,3-7,2 mg/100g base húmeda”⁶⁰; por otra parte, respecto al tamaño del fruto y el contenido de agua, la sandía cuenta con valores elevados para ambas características siendo estos de “25-30 cm”⁶¹ y “94,6%”⁶² respectivamente.

Respecto a la producción, las estadísticas destacan que en el territorio nacional “se cultivan más de cinco variedades en un área cercana a las 600 hectáreas, con rendimientos entre 10 y 20 toneladas por hectárea”⁶³; de esta manera hacia el año 2010 el mercado regional y local de este producto contaba con una disponibilidad de “más de 23 cultivos diferentes”⁶⁴. En el 2017 se tuvo una producción total en el país de 195.830 toneladas⁶⁵, siendo este uno de los registros más elevados del periodo 2007-2017⁶⁶. Sin embargo, el rendimiento de esta fruta se ha visto estancado en los últimos años puesto que en 2017 fue de 14,7 toneladas por hectárea, muy lejos de las 20,2 toneladas que se dieron durante el 2011”⁶⁷.

1.3.3.4 Características del tomate de árbol. “El tomate de árbol, tamarillo o tomate de agua, conocido por el nombre científico de *Solanum betaceum* es un fruto perteneciente a la familia Solanaceae, del género *Cyphomandra betaceum*”⁶⁸. Este fruto cuenta con un contenido de licopeno de “0,15-1,22 mg/100g base húmeda”⁶⁹, un tamaño de “8-10 cm”⁷⁰ y un porcentaje de humedad de “85,84%”⁷¹.

⁶⁰ WALISZEWSK, Krzysztof . Op. Cit., p.260

⁶¹ INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. Manual de manejo agronómico para cultivo de sandía. *Citrullus lanatus (thunb.) Matsum.*[Sitio web]. Santiago, Chile: INDAP, a, 2017,p.94[consulta 10 abril 2019]. ISSN 0717-4829. Disponible en: <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/02%20Manual%20Sandia.pdf>

⁶² FUNDACIÓN ESPAÑOLA DE LA NUTRICIÓN.Sandía. Watermelon. *Citrullus lanatus* [Sitio web]. España: FEN: Verduras y hortalizas. [Consulta 20 marzo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/pimientomorrón.pdf>

⁶³ AGRONEGOCIOS. El futuro del pimentón que se produce en Colombia está en la más exclusiva gastronomía [Sitio web].Bogotá: Agronegocios, 2015 [Consultado 8 abril 2019]. Disponible en <https://www.agronegocios.co/agricultura/el-futuro-del-pimenton-esta-en-la-mas-exclusiva-gastronomia-2621159>

⁶⁴ *Ibid.*, parr. 3

⁶⁵ AGRONEGOCIOS. El departamento de Meta es la despensa de patilla con 2.125 hectáreas sembradas en 2017 [Sitio web].Bogotá: Agronegocios, 2018 [Consulta 8 abril 2019]. Disponible en: <https://www.agronegocios.co/agricultura/el-departamento-de-meta-es-la-despensa-de-patilla-con-2125-hectareas-sembradas-2737240>

⁶⁶ PORTAFOLIO. Op. Cit., parr. 3

⁶⁷ PORTAFOLIO. Op. Cit., parr. 2

⁶⁸ CAMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. Op. Cit.,p.13

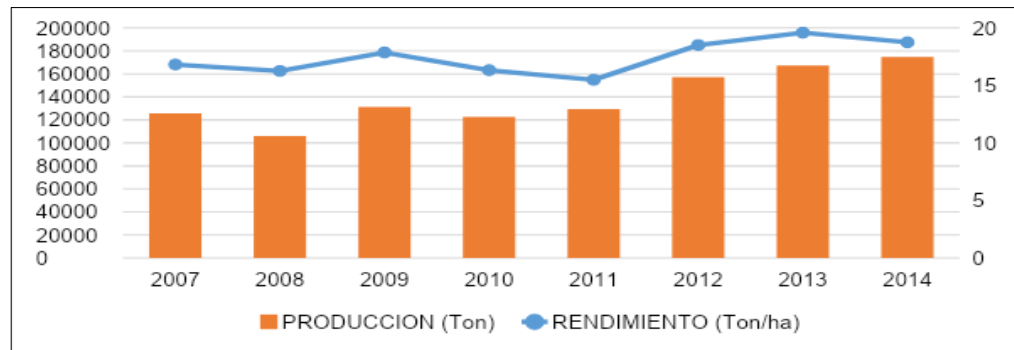
⁶⁹ TORRES, Alexia. Caracterización física, química y compuestos bioactivos de pulpa madura de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) (Cav.) Sendth. Archivos latinoamericanos de nutrición. [en línea] 2012, febrero,62(4),381-388. [Consultado 6 abril 2019]. ISSN: 381-388. Disponible en: <https://www.alanrevista.org/ediciones/2012/4/art-10/>

⁷⁰ DE CARRASCO, Ritva repo y ENCINA ZELADA, Christian René. Determinación de la capacidad antioxidante y compuesto bioactivos de frutas nativas peruanas.Revista de sociedad química de Perú[en línea]. 2008, junio, 74(2),108-124. [Consultado 25 mayo 2019]. ISSN 1810-634x. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2008000200004

⁷¹ CAMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. Op. Cit.,p.13

De acuerdo a Agronet, para el año 2014 esta fruta tuvo una producción de 174.895 ton con un rendimiento 18.75 ton/ha, siendo estas las cifras más altas en los últimos siete años; a continuación, se presentan algunas estadísticas de producción de esta fruta⁷²:

Gráfica 1. Producción y rendimiento del cultivo de tomate de árbol 2007-2014



Fuente. MINISTERIO DE AGRICULTURA. Tomate de árbol [Sitio web]. Bogotá: Miniagricultura. Evaluaciones agropecuarias municipales. 2007-2014-[Consulta 5 abril 2019]. Disponible en <http://www.agronet.gov.co/Documents/Tomate%20de%20%C3%81rbol.pdf>

Los departamentos con mayor participación en la producción de tomate de Árbol son: Antioquia (82.390 ton), Cundinamarca (42.120 ton), Tolima (10.905 ton), Boyacá (6.543 ton) y Huila (4.307)⁷³.

1.3.3.5 Características de la papaya. “El fruto de la papaya es una baya, que puede ser cilíndrico, alargado, en forma de pera o de forma globular oval o redondo. La forma de los frutos depende de la variedad y del tipo de tipo de flor del cual se han formado”⁷⁴, su tamaño puede oscilar entre “10-25 cm”⁷⁵. Respecto al contenido de licopeno y el porcentaje de humedad, para esta fruta se reporta valores de “0,11-5,3 mg/100 g base húmeda”⁷⁶ y “88,1%”⁷⁷ respectivamente. En relación a la papaya, la FAO hacia el año 2010 destaca a Colombia, como uno de los mayores productores a nivel mundial⁷⁸. En años posteriores (2015) el DANE, de acuerdo a la

⁷² MINISTERIO DE AGRICULTURA. Tomate de árbol [Sitio web]. Bogotá: Miniagricultura. Evaluaciones agropecuarias municipales. 2007-2014-[Consulta 5 abril 2019]. Disponible en <http://www.agronet.gov.co/Documents/Tomate%20de%20%C3%81rbol.pdf>

⁷³ CAMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. Op. Cit., p. 35

⁷⁴ GARCIA, Mario Alfonso. Guía técnica del cultivo de la papaya. Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal “Enrique Álvarez Córdova”. Mag-centra-frutales, La libertad, 2010. 37 p.12

⁷⁵ GARCIA, Mario Alfonso. Guía técnica del cultivo de la papaya. En: Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal “Enrique Álvarez Córdova”. [Sitio web] La libertad, 2010. 37 p.12 [Consulta 8 abril 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/frutales/GUIA%20CULTIVO%20PAPAYA.pdf>

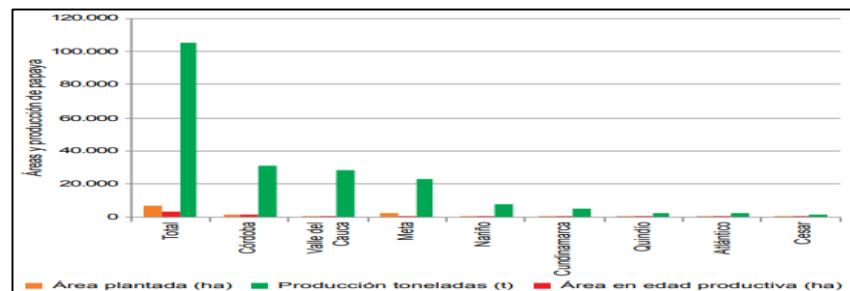
⁷⁶ WALISZEWSK. Op. Cit., p.256

⁷⁷ GARCÍA. Op. Cit., p.12.

⁷⁸ DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADISTICA. El cultivo de la papaya (*Carica papaya* L.) y sus principales enfermedades en época de lluvias [Sitio web]. Bogotá: DANE, Boletín mensual insumos y

encuesta nacional agropecuaria menciona que en el territorio nacional “se obtuvo una producción de 105.459 toneladas de papaya, con rendimientos promedios de 29,7 toneladas por hectárea al año; siendo el departamento de Córdoba el principal productor con 31.563 toneladas, seguido por los departamentos de Valle del Cauca, Meta y Nariño, entre otros”⁷⁹. En la gráfica 2 se muestra dicho comportamiento:

Gráfica 2. Producción de Papaya en Colombia



Fuente. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADISTICA. El cultivo de la papaya (*Carica papaya* L.) y sus principales enfermedades en época de lluvias [Sitio web]. Bogotá: DANE, Boletín mensual insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. [Consulta 8 abril 2019]. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuaria/sipsa/Bol_Insumos_may_2016.pdf

1.3.3.6 Características de la guayaba. “El fruto de la guayaba es una baya de formas variadas. Puede ser redonda o alargada. El color del fruto va desde amarilla, roja o rosada muy olorosa y tamaño variado”⁸⁰ siendo este de entre “3-10 cm”⁸¹. La guayaba cuenta con un contenido teórico de licopeno de “5,23-5,50 mg/100g base húmeda”⁸² y un porcentaje de agua de “77%”⁸³. A nivel general se destacan tres tipos guayaba común, guayaba pera y guayaba roja. A continuación, se muestran algunas cifras de producción para dos tipos de guayaba (pera y común):

Gráfica 3. Producción (ton) de Guayaba Pera y Común

factores asociados a la producción agropecuaria. [Consulta 8 abril 2019]. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuaria/sipsa/Bol_Insumos_may_2016.pdf

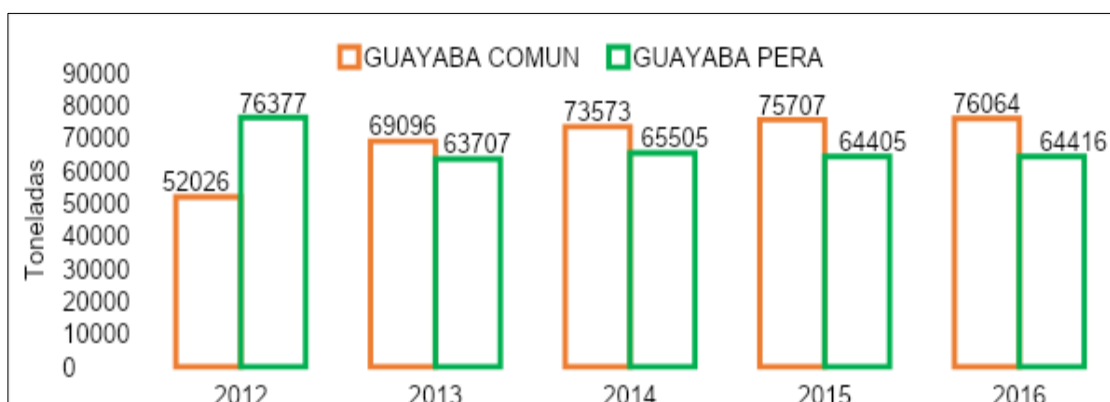
⁷⁹ Ibid., p.1

⁸⁰ Ibid., p. 1

⁸¹ FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Frutas y hortalizas frescas. Codex alimentarius, 2007 Roma, 2007, primera edición. ISSN 1020-2579

⁸² WALISZEWSK. Op., Cit., p.254-265

⁸³ AGROINDUSTRIA. Ficha técnica industrialización de la guayaba (*Psidium guajava* L.) [Sitio web]. Agroindustria desarrollo de producto. MURILLO, Olga Marta. [Consulta 19 marzo 2019]. Disponible en: https://www.cnp.go.cr/biblioteca/fichas/Guayaba_FTP.pdf



Fuente. AGROINDUSTRIA. Ficha técnica industrialización de la guayaba (*Psidium guajava* L.) [Sitio web]. Agroindustria desarrollo de producto. MURILLO, Olga Marta. [Consulta 19 marzo 2019]. Disponible en: https://www.cnp.go.cr/biblioteca/fichas/Guayaba_FTP.pdf

Por otra parte, respecto a la guayaba roja “en Colombia se cultivaron 20.792 hectáreas de guayaba en 2016, los departamentos líderes en producción son Santander con 6.173 hectáreas lo que representa 30% del total producido, le sigue Meta con 4.918 hectáreas que significa 24% y el top 3 lo completa Boyacá con 1.653 hectáreas, es decir 8% de la producción nacional.”⁸⁴ Adicionalmente “En Colombia se produjeron 149.842 toneladas de guayaba en 2015, esta cifra demostró un crecimiento de 6,9%”⁸⁵.

1.3.4 Disponibilidad de residuos de frutas y hortalizas. Es importante iniciar con una revisión preliminar del panorama de generación de residuos, puesto que para el desarrollo de este proyecto se tendrán en cuenta únicamente frutas y hortalizas consideradas como tal. Respecto a la perspectiva global; de acuerdo a la FAO, para el año 2011 las frutas y verduras tuvieron una participación del 44% en relación a la pérdida y desperdicio total mundial, siendo este grupo alimenticio el de mayor porcentaje de pérdida⁸⁶.

Por otra parte, en relación a la perspectiva nacional el Departamento Nacional de Planeación (DNP), determino que para el año 2016 las frutas y verduras estuvieron a la cabeza en la lista de pérdidas y desperdicios, puesto que “por cada 10.434.327 toneladas disponibles al año, se pierden o desperdician 6.081.134 toneladas, lo que

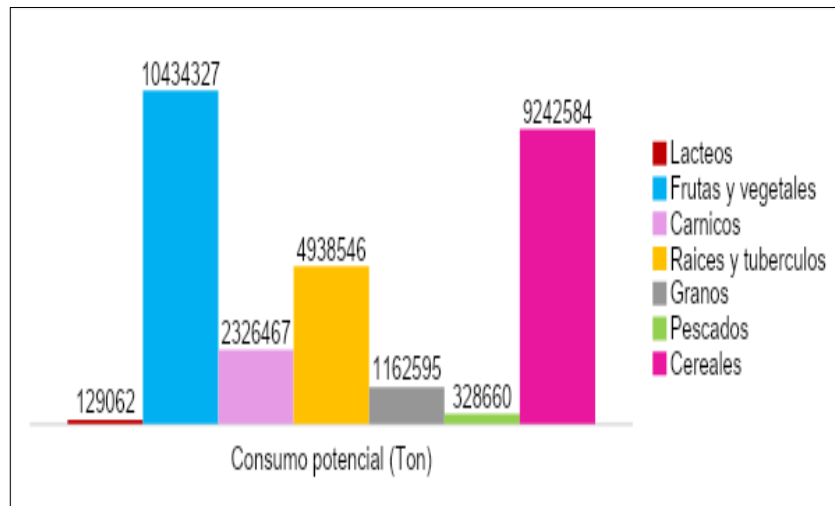
⁸⁴ LA REPUBLICA. Escasez de guayaba roja por baja cosecha tiene contra la pared a los productores de bocadillo [sitio web]. Bogotá D.C.: La republica. [Consulta 7 abril 2019]. Disponible en <https://www.larepublica.co/economia/escasez-de-guayaba-roja-por-baja-cosecha-tiene-contra-la-pared-a-los-productores-de-bocadillo-2470696>

⁸⁵ *Ibid.*, p.1

⁸⁶ DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia. [Sitio web] Bogotá: DNP, . Estudio de la dirección de seguimiento y evaluación de políticas públicas, 2016. p.11-12 [Consultado 12 marzo 2019]. Disponible en: https://mrv.dnp.gov.co/Documentos%20de%20Interes/Perdida_y_Desperdicio_de_Alimentos_en_colombia.pdf

equivale al 58%. El 64% de las pérdidas se ocasionan en la etapa de producción, postcosecha, almacenamiento y procesamiento industrial; el 36% restante se desperdicia en las etapas de distribución y retail y en los hogares”⁸⁷. En la gráfica 4 se presenta el consumo potencial en Colombia por grupo de alimentos:

Gráfica 4. Cifras de consumo potencial por grupo de alimentos en Colombia



Fuente. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia. [Sitio web] Bogotá: DNP, . Estudio de la dirección de seguimiento y evaluación de políticas públicas, 2016. p.11-12 [Consultado 12 marzo 2019]. Disponible en: https://mrv.dnp.gov.co/Documentos%20de%20Interes/Perdida_y_Desperdicio_de_Alimentos_en_colombia.pdf

Cabe aclarar que se define como “desperdicios aquello que se desecha en los supermercados, tiendas de barrio, plazas de mercado y hogares”⁸⁸. A pesar del panorama nacional de los últimos años, “el Departamento Nacional de Planeación proyectó para el 2018, el 20% en aprovechamiento de residuos”⁸⁹.

Figura 2. Resultados: Pérdida y desperdicio en Colombia

⁸⁷ DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Colombianos botan 9,76 millones de toneladas de comida al año [Sitio web] Bogotá: DNP [Consulta marzo 2019]. Disponible en <https://www.dnp.gov.co/Paginas/Colombianos-botan-9,76-millones-de-toneladas-de-comida-al-a%C3%B1o.aspx>

⁸⁸ Ibíd, parr.2.

⁸⁹ Ibíd, parr.1



Fuente. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Colombianos botan 9,76 millones de toneladas de comida al año [Sitio web] Bogotá: DNP [Consulta marzo 2019]. Disponible en <https://www.dnp.gov.co/Paginas/Colombianos-botan-9,76-millones-de-toneladas-de-comida-al-a%C3%B1o.aspx>

Por otra parte, un aspecto importante a considerar es la disponibilidad de residuos de frutas y hortalizas en las diferentes plazas de mercado y centrales de abastos. De acuerdo a la FAO en Colombia “en todos los mercados cada comerciante es el responsable de la descarga de los productos, sin que existan horarios o normas claras para el desempeño de esta actividad”⁹⁰.

En términos generales, a nivel nacional se destacan siete plazas de mercado mayoristas: Corabastos, CMA, Centroabastos, Granabastos, Cavasa, Galería y Mercabastos; en la tabla 2, se presentan algunas cifras de pérdidas diarias de frutas, verduras y hortalizas de dichos mercados mayoristas:

Tabla 2. Pérdidas diarias de alimentos transados en los mercados mayoristas

Mercado	Frutas		Verduras y hortalizas	
	%	ton	%	Ton
Corabastos	3	2,5	8.5	71.4
CMA	21	18	36	33.12
Centroabastos	30	n.d.	25	n.d.

⁹⁰ FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. La función de los mercados mayoristas en los centros urbanos de Colombia. EN: FAO [Sitio web]. Bogotá D.C.:FAO [Consulta 6 abril 2019]. Archivo pdf. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-as344s.pdf>.

Tabla 2. (Continuación)

Mercado	Frutas		Verduras y hortalizas	
	%	ton	%	Ton
Granabastos	15	n.d.	15	n.d.
Cavasa		5		10
Galería	17	0.6	45.2	1.6
Mercabastos	1	0.1	1	0.1
		26		116

Fuente. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. La función de los mercados mayoristas en los centros urbanos de Colombia. EN: FAO [Sitio web]. Bogotá D.C.:FAO [Consulta 6 abril 2019]. Archivo pdf. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-as344s.pdf>.

Un número considerable de estas plazas de mercado mayoristas, no cuentan con un programa adecuado de manejo de residuos, de acuerdo a estudios realizados hacia el año 2006 “los residuos que se generan se manejan en dos de los mercados mediante la elaboración de compost y otros abonos orgánicos; en otros dos se disponen en canecas y containers adecuados para tal fin, que luego son recogidos por las empresas públicas de recolección de basuras que los disponen en los basureros municipales; sólo uno de los mercados cuenta con un plan estratégico de manejo integrado de los residuos sólidos”⁹¹.

Esta situación genera dificultades en temas operativos, ambientales y monetarios puesto que existe un costo elevado de evacuación para este tipo de residuos⁹².

Una de aquellas plazas que realizan procesos de compostaje reportan “ingresos anuales por 36 millones COP”⁹³ provenientes de esta tarea; “en otro de los mercados también se realiza proceso de compostaje, pero el abono resultante es utilizado para las zonas verdes del mismo mercado; en un tercer mercado se donan para alimento de animales y para su uso en lombricultivos y compostaje. Sin embargo, aún es alto el volumen de desechos que es dispuesto como basura que es transportada hacia los rellenos sanitarios de las ciudades”⁹⁴.

Teniendo en cuenta las cifras de pérdida, desperdicio y disponibilidad de frutas y hortalizas mostradas previamente, es importante revisar el panorama respecto a la producción hortofrutícola en Colombia, con el objetivo de relacionar las estadísticas generación de residuos con la variedad de fruta específica; debido a que dichas

⁹¹ Ibid., p. 13.

⁹² Ibid., p. 13.

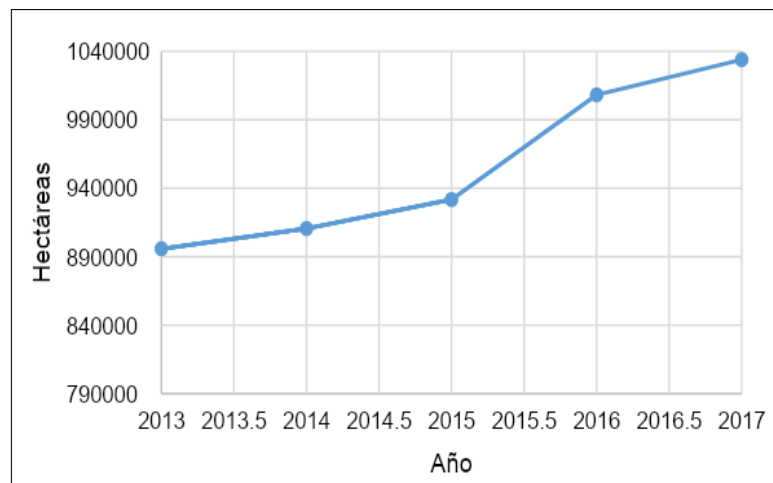
⁹³ Ibid., p. 13.

⁹⁴ Ibid., p. 13.

estadísticas se encuentran expresada por grupo de alimentos y no por fruta u hortaliza en particular.

De acuerdo a Asohofrucol para el año 2017 “el área sembrada reportó una tasa de crecimiento de 2.7%, incrementándose en 25 mil hectáreas con respecto al año anterior, pasando de 1’008.201 hectáreas en 2016 a 1’033.983”⁹⁵; cómo se puede observar en la gráfica 5.

Gráfica 5. Cifras de producción (hectáreas) hortofrutícola en Colombia de 2013-2017



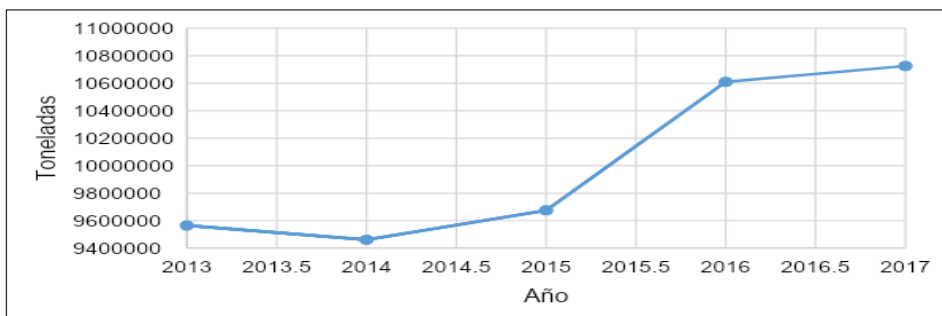
Fuente. ASOHOFRUCOL. Balance del sector hortifruticultura en 2017 [Sitio web].Bogotá, Asohofrucol. [Consulta 11 marzo 2019]. Archivo pdf. Disponible en http://www.asohofrucol.com.co/imagenes/BALANCE_SECTOR_HORTIFRUTICOLA_DICIEMBRE_2017.pdf

En términos de toneladas, se dio un “aumentó a una tasa de crecimiento de 1,1% anual, pasando de 10.6 millones de toneladas en el 2016 a 10.7 millones de toneladas en el 2017”⁹⁶.En la grafica 6, se puede observar dicho comportamiento:

⁹⁵ASOHOFRUCOL. Balance del sector hortifruticultura en 2017 [Sitio web].Bogotá, Asohofrucol. [Consulta 11 marzo 2019]. Archivo pdf. Disponible en http://www.asohofrucol.com.co/imagenes/BALANCE_SECTOR_HORTIFRUTICOLA_DICIEMBRE_2017.pdf

⁹⁶ Ibíd, p.2

Gráfica 6 .Cifras de producción (toneladas) hortofrutícola en Colombia de 2013-2017.



Fuente. ASOHOFrucOL. Balance del sector hortifruticultura en 2017 [Sitio web].Bogotá, Asohofrucol. [Consulta 11 marzo 2019]. Archivo pdf. Disponible en http://www.asohofrucol.com.co/imagenes/BALANCE_SECTOR_HORTIFRUTICOLA_DICIEMBRE_2017.pdf

De igual manera, “se destaca que la producción hortofrutícola participó con un 26 % en el total del sector agrícola de 2017, lo cual ubica al sector como uno de los más relevantes en el desarrollo del agro en Colombia, siendo superado únicamente por la Caña Panelera y de Azúcar”⁹⁷. En la tabla 3 se presentan las principales líneas hortofrutícolas del año 2017:

Tabla 3. Principales líneas hortofrutícolas 2017

Cultivos	Ton		Crecim. %	% Partic.
	2016	2017		
PLATANO	3,915,750	4,316,727	10%	40%
CITRICOS	1,122,177	1,201,272	7%	11%
PIÑA	755,471	896,98	19%	8%
ÑAME	440,002	549,391	25%	5%
TOMATE	685,240	418,079	-39%	4%
AGUACATE	335,877	396,002	18%	4%
MANGO	281,960	315,663	12%	3%
PASIFLORAS	193,590	226,072	17%	2%
PAPAYA	172,391	191,042	11%	2%
TOMATE DE ARBOL	186,032	190,833	3%	2%
MORA	110,453	130,072	10%	1%
COCO	133,769	127,163	4%	1%
LULO	76,611	89,233	14%	1%
AHUYAMA	116,834	84,759	-27%	1%

⁹⁷ Ibid, p.,3

Tabla 3. (Continuación)

Cultivos	Ton		Crecim. %	% Partic.
	2016	2017		
FRESA	61,468	67,264	9%	1%
HORTALIZAS VARIAS	99,541	59,914	-43%	1%
MELON	67,404	53,147	-21%	0%
LECHUGA	92,447	51,155	-45%	0%
OTROS CULTIVOS	611,020	593,873	-3%	6%
Total	10,609,849	10,725,382	100%	100%

Fuente. ASOHOFrucOL. Balance del sector hortifructicultura en 2017 [Sitio web].Bogotá, Asohofrucol. [Consulta 11 marzo 2019]. Archivo pdf. Disponible en http://www.asohofrucol.com.co/imagenes/BALANCE_SECTOR_HORTIFRUTICOLA_DICIEMBRE_2017.pdf

1.4 GENERALIDADES PROCESO DE EXTRACCION

El proceso de separación o extracción de los componentes de una mezcla química ha sido practicado desde hace algunos miles de años por diversas civilizaciones; de acuerdo a la literatura dichas civilizaciones, tenían en cuenta diferentes técnicas para la separación de metales provenientes de minerales, obtención de compuestos aromáticos de las flores, extracción de tintes provenientes de plantas, destilación de licores y la substracción de sal a través de la evaporación de agua de mar, etc⁹⁸.

“Las separaciones, incluyen el enriquecimiento, la concentración, la purificación, el refinado y el aislamiento, las cuales son importantes para los químicos y los ingenieros químicos”⁹⁹, puesto que a través de estos se propicia la obtención de diferentes compuestos los cuales pueden generar beneficios en diferentes industrias tales como cosmética, alimenticia, entre otros.

Por su parte el proceso de mezcla se destaca como algo espontaneo y natural; sin embargo, el proceso inverso correspondiente a la separación de los constituyentes de dicha mezcla, se considera como no espontaneo por lo cual requerirá energía para su realización¹⁰⁰.

Existen diferentes mecanismos para efectuar la separación; Seader & Heanly mencionan algunos, tales como la adición o creación de una fase adicional, el uso

⁹⁸ SEADER, J. D.; HENLEY, Ernest J. y ROPER, Keith. Separation process principles. Chemical and biochemical operations. Jhon wiley & Sons, Inc.. 3 ed. Estados unidos: Wiley, 2011. 821 p. ISBN 978-0-470-48183-7

⁹⁹ *Ibíd.*, p. 3

¹⁰⁰ *Ibíd.*, p. 7

de barrera, separación empleando un agente sólido y separación por un campo o gradiente externo¹⁰¹.

Por otra parte, respecto a la extracción de biocompuestos, tales como los carotenos; Martins & Ferreira¹⁰² destacan que la técnica de extracción dependerá en gran medida de la materia prima empleada y dado que algunos de estos compuestos tienen un carácter liposoluble, se presenta la extracción con solventes orgánicos como una de las más empleadas para la obtención de dichos compuestos; sin embargo, también se presentan algunos métodos alternativos como la extracción por medio de fluidos supercríticos; extracciones asistidas por enzimas, ultrasonido o microondas; extracciones mecánicas; tratamiento con alta presión y extracción con líquido presurizado¹⁰³. Cabe mencionar que algunas de estas se describirán en secciones posteriores de este documento.

Respecto a la extracción con solventes orgánicos Saini & Keum¹⁰⁴ afirman que, dichos solventes tienen su origen en recursos no renovables, por lo que “son altamente inflamables, volátiles y con frecuencia tóxicos, causando la contaminación ambiental y el efecto invernadero. Por lo tanto, las industrias se están moviendo hacia solventes verdes más amigables con el medio ambiente, comúnmente producidos a partir de recursos renovables de materia prima de biomasa (por ejemplo, madera, almidón, frutas y aceites vegetales) o de productos petroquímicos que no son tóxicos y biodegradables”¹⁰⁵.

Saini & Keum¹⁰⁶ también hace mención del estudio realizada por Yara-Varón et al.¹⁰⁷ a través del cual se ponen a prueba cinco solventes verdes (CPME, DMC, EA, IPA y 2-MeTHF) como reemplazo de hexano para la obtención de carotenos a partir de zanahoria deshidratada¹⁰⁸.

A continuación, se realiza una breve descripción de algunos de estos solventes verdes:

1.4.1 Solventes verdes y biosolventes. El proceso de extracción por solventes es una técnica eficiente en términos generales; sin embargo, la mayoría de estos

¹⁰¹ *Ibíd.*, p. 8

¹⁰² MARTINS, natalia y FERREIRA, Isabel. Wastes and by-products: Upcoming sources of carotenoids for biotechnological purposes and health-related applications. *Trends in Food Science & Technology*. [en línea]. 2017, Febrero, vol. 62. p.39. [Consultado 31 marzo 2019]. ISSN 5300-253. Doi: 10.1016/j.tifs.2017.01.014

¹⁰³ *Ibíd.*, p. 39

¹⁰⁴ SAINI, Ramesh Kumar y KEUM, Young.soo. Carotenoid extraction methods: A review of recent developments. *Food Chemistry* [en línea] 2017, Vol. 240, 90-103 [Consultado 1 abril 2019] ISSN 0308-8146. Doi: 10.1016/j.foodchem.2017.07.099

¹⁰⁵ *Ibíd.*, p.99

¹⁰⁶ *Ibíd.*, p.99

¹⁰⁷ VARON, Yara, *et al.*. Is it possible to substitute hexane with green solvents for extraction of carotenoids? A theoretical versus experimental solubility study. *RSC Advances*. [en línea] 2016, marzo- Febrero, 6(33),27750-27759 [Consultado 6 abril 2019]. Doi: 10.1039/C6RA03016E

¹⁰⁸ *Ibíd.*, p.27750

presentan un grado de toxicidad considerable, ya que en su mayoría provienen de la industria petroquímica. A causa de esto, se han planteado alternativas de extracción empleando solventes verdes, los cuales reducen los inconvenientes presentados con los solventes convencionales dado que se consideran como opciones más amigables dada la reducción en su peligrosidad.

Un solvente verde se define como una sustancia que “permite reducir o eliminar el uso o síntesis de sustancias peligrosas”¹⁰⁹; en la literatura se destacan los siguientes compuestos como solventes verdes:

- 2-Metiltetrahidrofurano (MeTHF): El MeTHF se presenta como una alternativa al tetrahidrofurano (THF) y al diclorometano, combinando “las propiedades químicas del THF y las propiedades físicas del tolueno”¹¹⁰. Su principal característica es que proviene de fuentes naturales renovables como lo son el azúcar de caña y el maíz; adicionalmente, como ventaja se destaca “un excelente poder de separación, secado fácil, mejora en los rendimientos de las reacciones y estabilidad en medio ácido o básico”¹¹¹.
- Ciclopentilmetileter (CPME): El CPME, se plantea como una nueva propuesta para reemplazar el THF, el ter-butilmetileter, al éter dietílico, entre otro tipo de solventes de éter¹⁹. Tiene una miscibilidad limitada al agua lo que permite un fácil reciclado y secado; además, tiene un carácter hidrófobo y una estabilidad relativa a los ácidos y bases¹¹².
- n, n'-Dimetilpropileno-urea (DMPU): Este solvente se propone en reemplazo de la dimetilformamida y la n-Metildirrolidona; este “combina fuerzas extraordinarias que dan como resultado un producto muy especial: aprotico, polar y acelerados de sustancias nucleofílicas (SN2)”¹¹³. Además de los solventes verdes también existen alternativas como los bio-solventes, caracterizados por un alto poder solvente, biodegradabilidad, ausencia de toxicidad e inflamabilidad¹¹⁴; sin embargo, dentro de sus limitaciones se encuentra el costo, la viscosidad y el punto de ebullición, adicionalmente estos pueden generar sabores extraños lo cual en muchos casos puede crear problemáticas posteriores¹¹⁵. Como ejemplo de este tipo de solventes se pueden encontrar los siguientes.

¹⁰⁹ERBA, Carlo. Disolventes verdes. En: Universidad de Guanajuato [Sitio web] Guanajuato: División de ciencias naturales y exactas. [Consulta 8 abril 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <http://www.dcne.ugto.mx/Contenido/MaterialDidactico/amezquita/Analitica3/Disolventes%20verdes.pdf>

¹¹⁰ Ibíd., 68

¹¹¹ Ibíd., 68

¹¹² Ibíd., 68

¹¹³ Ibíd., 69

¹¹⁴ CHEMAT, Farid; ABERT VIAN, Maryline y CRAVOTTO, Giancarlo. Green extraction of natural products: concept and principles. International Journal of molecular sciences [en línea] 2012, Julio, 13(7), 8615-8627 [Consultado 28 mayo 2019]. ISSN 1422-0067. Doi: 10.3390/ijms13078615

¹¹⁵ CHEMAT, op. cit, p.8619

- Etanol: “Se destaca por ser uno de los bio-solventes más comunes, este puede ser obtenido por fermentación de materias primas ricas en azúcares; adicionalmente se caracteriza por su uso a gran escala, puesto que se puede obtener a una pureza considerable por un bajo precio; cabe resaltar de igual manera que este solvente es completamente biodegradable”¹¹⁶.
- Ésteres metílicos de ácidos grasos del aceite vegetal: En la literatura se destaca que “además de ser biodegradables y no ser tóxicos los ésteres de ácidos grasos no emiten compuestos orgánicos volátiles”¹¹⁷.
- Glicerol: “Se obtiene de la transesterificación de aceites vegetales y es empleado usualmente como solvente en procesos de extracción por maceración de hierbas y especias para la industria cosmética”¹¹⁸.

Por otra parte, en la literatura también se destaca la realización de diversas investigaciones en las cuales se efectúa la extracción de diversos compuestos empleando como solvente extractante aceite. Tal es el caso de Goula, et al ¹¹⁹, los cuales presentan un proceso de extracción de carotenoides a partir de los residuos de granada, usando aceite de girasol; adicionalmente, estos autores hacen mención de diferentes estudios en los que se hace uso de aceites; afirmando que estos se posicionan como una buena alternativa para la obtención de carotenos, gracias a la solubilidad que tienen este tipo de compuestos en los aceites¹²⁰.

1.5 MÉTODOS DE EXTRACCION

Como se mencionó previamente, la literatura destaca diferentes técnicas para la obtención biocompuestos, especialmente de carotenos a partir de diversas fuentes. La tabla 4 resume algunas de las ventajas y desventajas de diversos métodos de extracción; sin embargo, a continuación, se presenta una descripción general de dichos métodos, su principio de funcionamiento, entre otras generalidades de los mismos:

¹¹⁶ *Ibíd*, p. 8620

¹¹⁷ *Ibíd.*, p. 8620

¹¹⁸ *Ibíd.*, p.8620

¹¹⁹ GOULA, Athanasia M., *et al.* Green ultrasound-assisted extraction of carotenoids from pomegranate wastes using vegetable oils. *Ultrasonics sonochemistry* [en línea]. 2017, enero , Vol.34,821-830 [Consultado 12 abril 2019] Doi: 10.1016/j.ultsonch.2016.07.022

¹²⁰ *Ibíd.*, p. 821

Tabla 4. Ventajas y desventajas de algunos métodos de extracción

metodo de extracción	Ventajas	Desventajas
extracción líquida atmosférica con maceración	Altos rendimientos de extracción utilizando instrumentos sofisticados	Requiere largas cantidades de solventes tóxicos, estos incrementan el costo de producción
extracción Soxhlet	-Método simple y convencional proveiendo la más alta recuperación de carotenoides -No requiere instrumentación sofisticada	Tiempo de consumo y también usa largas cantidades de solventes, el cual incrementa el costo de extracción
Extracción asistida de microondas (MAE)	Método simple, rápido y económico	Puede causar degradación térmica y isomerización cis-trans de carotenoides
Extracción asistida de ultrasonido (UAE)	Extracción rápida, no térmica y eficiente	Puede causar degradación térmica y isomerización cis-trans de carotenoides
Extracción presurizada líquida	Rápida (pocos minutos), requiere mínima cantidad de solventes orgánicos	-El envejecimiento de la superficie de la sonda ultrasónica puede cambiar la eficiencia -Tamaño de partícula pequeño (50 µm) es requerido para lograr una buena extracción
Extracción por pulsos de campos eléctricos (PEF)	-Altamente aplicable a un contexto de escala laboratorio -Alto rendimiento de extracción -Proceso no térmico -Uso bajo de energía	-Dificulta aplicar a largos volúmenes debido al atasco causado por azúcares y pectinas de las matrices de las plantas Altos costos de instrumentación -Burbujas en las muestras pueden causar problemas técnicos -Los parámetros pueden diferir con cambiar la muestra de conductividad eléctrica
Extracción por fluidos supercríticos	-Uso de solventes no inflamables, no tóxicos y reciclables (CO ₂ y etanol) -Proceso de extracción continua en lugar de un proceso batch	-No es adecuado para muestras con altos contenidos de agua -Bajo rendimiento de carotenoides polares -Altos costos de instrumentación
Extracción enzimática asistida	-Usado para extracción de compuestos termolábiles -Provee carotenoides con alta pureza -Extracción rápida y eficiente con uso mínimo de solventes	Altos costos de enzimas

Fuente. SAINI, Ramesh Kumar y KEUM, Young.soo. Carotenoid extraction methods: A review of recent developments. Food Chemistry [en línea] 2017, Vol. 240, 90-103 [Consultado 1 abril 2019] ISSN 0308-8146. Doi: 10.1016/j.foodchem.2017.07.099

1.5.1 Extracción por Soxhlet. El método de extracción por Soxhlet “es un tipo de extracción líquido atmosférica que utiliza disolventes a temperatura de ebullición y bajas presiones”¹²¹, se caracteriza por tener excelentes rendimientos ya que se emplea en muchos casos para valorar el rendimiento de otro tipo de métodos sólido-líquido¹²² u otros no convencionales¹²³; sin embargo, presenta una desventaja frente al elevado tiempo de extracción y la alta cantidad de solvente requerido para su

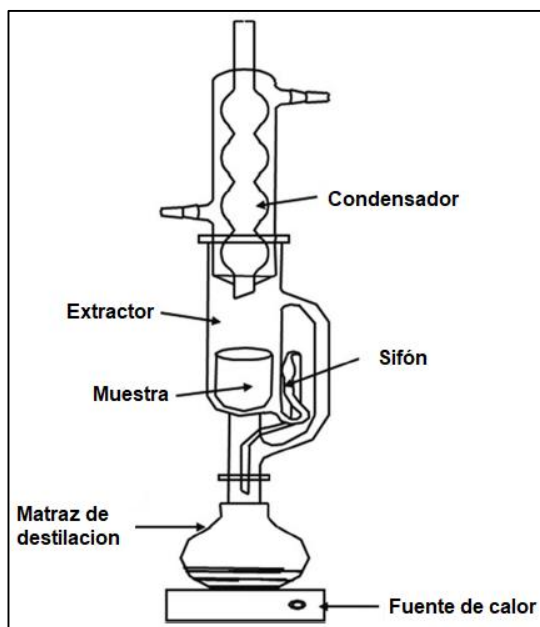
¹²¹ KUMAR. Op. Cit., p.95

¹²² *Ibíd.*, p.95

¹²³ TIWARI, B. K.; BRUNTON, Nigel P. y BRENNAN, Charles S. Conventional extraction techniques for phytochemicals. Handbook of Plant Food Phytochemicals: Sources, stability and extraction. John Wiley & Sons. [en línea] Wiley & Sons, 2013, enero, 580 p. [Citado 28 abril 2019]. ISBN 1118464680. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?hl=en&lr=&id=Wz7sUPOqKvAC&oi=fnd&pg=PA1888&dq=Conventional+extraction+techniques+for+phytochemicals+tiwari&ots=CZNJxO3bNi&sig=3YXVMbC2oJkOAFtqWreo1KxTHD0>

desarrollo¹²⁴. Además, a causa de la temperatura a la que se somete la materia prima a extraer, se genera un aumento en la posibilidad de degradación de carotenoides o su isomerización cis-trans, en el caso de materias primas vegetales¹²⁵.

Figura 3. Extracción soxhelt



Fuente. LUQUE DE CASTRO, M.D. Y PRIEGO CAPOTE, P. Soxhlet extraction: Past and present panacea. *Journal of chromatography A*. [en línea] 2010, abril, 1217(16), 2383-2389 [Consultado 15 abril 2019]. ISSN 0021-9673. Doi: doi:10.1016/j.chroma.2009.11.027

En esta técnica, el material a extraer es colocado “en un soporte de dedal, que tiene los lados y el fondo perforados”¹²⁶ con el fin de dejar caer el líquido; adicionalmente en la parte inferior del dedal se encuentra un recipiente de recolección y en la zona superior hay un condensador de reflujo¹²⁷. El proceso de extracción se realiza de la siguiente manera: Sobre el matraz que contiene el solvente es aplicado calor generando que este se evapore y viaje a través del condensador, posteriormente cae en el dedal el cual tiene el material vegetal y en el momento en el que el solvente

¹²⁴ LUQUE DE CASTRO, M.D. Y PRIEGO CAPOTE, P. Soxhlet extraction: Past and present panacea. *Journal of chromatography A*. [en línea] 2010, abril, 1217(16), 2383-2389 [Consultado 15 abril 2019]. ISSN 0021-9673. Doi: doi:10.1016/j.chroma.2009.11.027

¹²⁵ KUMAR, op. cit. P.95

¹²⁶ TIWARI, op. cit, p.400

¹²⁷ *Ibíd.*, p.400

alcanza determinado nivel se descarga nuevamente en el matraz¹²⁸. “El soluto se separa del solvente por destilación, ya que el soluto se deja en el matraz y el solvente fresco pasa al material vegetal; este procedimiento se repite hasta que se logra la extracción completa del material vegetal”¹²⁹.

Para este método se trabaja con una relación material vegetal/ solvente de 1:6 de modo que por 20 g de material vegetal se requerirán 120 mL de solvente, realizando un número de 10 reflujos¹³⁰. Cabe mencionar que, es necesario realizar un proceso previo de “troceado, secado y molienda”¹³¹ del material vegetal, con el fin de efectuar la extracción.

Respecto al rendimiento, este se ve afectado por factores como el pretratamiento de la muestra y el tipo de solvente utilizado; de esta manera la literatura destaca que, dicho proceso tiene mayor efectividad si se emplea la materia prima seca y molida, dado que un alto contenido de agua dificulta el acceso del solvente dentro de esta¹³².

Cardona, et al presentan un rendimiento aproximado de 35%, empleando etanol como solvente extractante¹³³. Adicionalmente algunas investigaciones demuestran que al efectuarse extracciones empleando hexano/ acetona o hexano/etanol la cantidad de carotenos extraídos se ve incrementada, respecto a solventes como “metanol, diclorometano o cloroformo”¹³⁴.

Como se mencionó previamente el uso de un solvente adecuado, es una variable importante; este dependerá del material a extraer. En la literatura se menciona el uso de solventes de carácter orgánico para la extracción de carotenoides como el Licopeno; como ejemplos se presentan: hexano, diclorometano, éter de petróleo, entre otros¹³⁵.

Sin embargo, estos solventes presentan una desventaja considerable, puesto que los solventes empleados para dicho proceso “son tóxicos por naturaleza y no tienen trazas”¹³⁶, lo que puede ocasionar afecciones respecto a la salud.

¹²⁸ *Ibíd.*, p.401

¹²⁹ *Ibíd.*, p.401

¹³⁰ CARDONA, Eliana M; RIOS, Luis a. y RESTREPO V., Gloria M. Extracción del carotenoide licopeno del tomate chonto (*Lycopersicum esculentum*). *Vitae*. [en línea]. 2006, octubre, 13(2), 44-53. [Consultado 13 mayo 2019]. ISSN 0121-4004. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v13n2/v13n2a06.pdf>

¹³¹ *Ibíd.*, p. 45

¹³² *Ibíd.*, p.48

¹³³ *Ibíd.*, p.48

¹³⁴ RANVEER. Lycopene: A Natural Red Pigment. *Natural and Artificial Flavoring Agents and Food Dyes*. Op. cit., p.433

¹³⁵ *Ibíd.*, p.433

¹³⁶ *Ibíd.*, p.433

Los solventes más empleados son acetona, etil acetato, etanol, hexano, metanol, diclorometano y cloroformo. A continuación, se presenta una breve descripción de cada uno de estos solventes, en relación a su peligrosidad:

- **Acetona.** De acuerdo a las especificaciones de seguridad, este solvente presenta una rápida biodegradabilidad “cuando se elimina en el suelo”¹³⁷ y respecto a la eliminación en el agua, “se espera que este material se biodegrade y evapore rápidamente”¹³⁸; adicionalmente “no se espera que este material se bioacumule significativamente”¹³⁹. De acuerdo a la clasificación NFPA 704 esta sustancia “bajo exposición, causa irritación y genera daños residuales menores respecto a la salud; adicionalmente este compuesto se considerable estable en condiciones de incendio y no reacciona con el agua”¹⁴⁰. Sin embargo, presenta un alto riesgo de inflamabilidad de modo que “puede encenderse en casi todas las condiciones de temperatura ambiente”¹⁴¹.

Por otra parte, de acuerdo a la clasificación HMIS; para esta sustancia se requiere el uso de “gafas, guantes, respirador para polvos y delantal”¹⁴².

En la figura 4 mostrada a continuación se presenta la clasificación NFPA 704 y HMIS para este solvente:

Figura 4. Clasificación de riesgos de diclorometano

	SALUD	2
	INFLAMABILIDAD	1
	REACTIVIDAD	0
	PROTECCIÓN PERSONAL	

Fuente. ARL SURA. Clasificación de productos químicos según la norma NFPA 704 [Sitio web].Medellin: SURA. [Consulta 3 junio 2019]. Disponible en https://www.arlsura.com/index.php?option=com_content&view=article&id=739

- **Etilacetato.** Esta sustancia es considerada fácilmente biodegradable. La clasificación NFPA 704 especifica el Etilacetato como una sustancia de riesgo bajo

¹³⁷ GTM. [Sitio web]. Brazil: GTM. Medio ambiente, salud y seguridad. Acetona. Ficha de datos de seguridad [Consulta 3 junio 2019] Arhivo pdf. Disponible en <http://www.gtm.net/images/industrial/a/ACETONA.pdf>

¹³⁸ *Ibíd.*

¹³⁹ *Ibíd.*

¹⁴⁰ ARL SURA. Clasificación de productos químicos según la norma NFPA 704 [Sitio web].Medellin: SURA. [Consulta 3 junio 2019]. Disponible en https://www.arlsura.com/index.php?option=com_content&view=article&id=739

¹⁴¹ *Ibíd.* parr. 5

¹⁴² ARL SURA. Sistema de identificación de riesgos HMIS III [Sitio web]. Medellin SURATEP.[Consulta 10 abril 2019]. Disponible en: https://www.arlsura.com/images/stories/documentos/hmis_iii.pdf

a la salud y buena estabilidad; sin embargo, en relación a la inflamabilidad, esta “puede encenderse en casi todas las condiciones”¹⁴³. Adicionalmente la clasificación HMIS expresa el uso de gafas, guantes y respirador de vapores para el manejo de esta sustancia¹⁴⁴. En la figura 5 mostrada a continuación se presenta la clasificación NFPA 704 y HMIS para este solvente:

Figura 5. Clasificación de riesgos de etilacetato



Fuente. GTM. [Sitio web]. Brazil: GTM. Medio ambiente, salud y seguridad. etilacetato. Ficha de datos de seguridad [Consulta 3 junio 2019] Archivo pdf. Disponible en <http://www.gtm.net/images/industrial/a/ETILACE TATO.pdf>

- **Etanol.** Este compuesto se considera “fácilmente biodegradable con un bajo potencial de acumulación”¹⁴⁵; sin embargo “ante exposición intensa puede causar daño temporal”¹⁴⁶ por lo cual la clasificación HMIS declara el uso de gafas de seguridad, guantes y respirador para vapores¹⁴⁷. En la figura 6 mostrada a continuación se presenta la clasificación NFPA 704 y HMIS para este solvente:

¹⁴³ ARL SURA. Clasificación de productos químicos según la norma NFPA 704. Op. Cit. Parr 6

¹⁴⁴ ARL SURA. Sistema de identificación de riesgos HMIS III. Op. Cit., p. 1-7

¹⁴⁵ GTM. [Sitio web]. Brazil: GTM. Medio ambiente, salud y seguridad. Etanol. Ficha de datos de seguridad [Consulta 3 junio 2019] Archivo pdf. Disponible en: <http://www.gtm.net/images/industrial/e/ETANOL.pdf>

¹⁴⁶ ARL SURA. Clasificación de productos químicos según la norma NFPA 704. Op. Cit., Parr. 5

¹⁴⁷ ARL SURA. Sistema de identificación de riesgos HMIS III. Op. Cit., Parr. 8

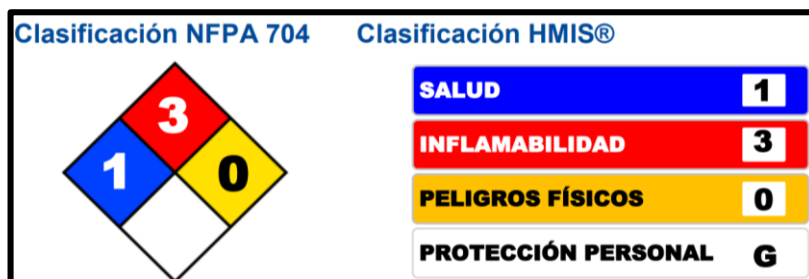
Figura 6. Clasificación de riesgos de etilacetato



Fuente. GTM. [Sitio web]. Brazil: GTM. Medio ambiente, salud y seguridad. etilacetato. Ficha de datos de seguridad [Consulta 3 junio 2019] Arhivo pdf. Disponible en <http://www.gtm.net/images/industrial/a/ACETATO%20DE%20ETILO.pdf>

- **Hexano.** Este es un producto contaminante, con riesgo de formación de vapores inflamables, además es toxico organismos acuáticos “pudiendo provocar efectos negativos en el medio ambiente”¹⁴⁸. En relación a las clasificaciones NFPA 704 y HMIS, el hexano tiene especificaciones similares que la acetona y el Etilacetato; cómo se puede observar en la figura 7 mostrada a continuación:

Figura 7. Clasificación de riesgos de hexano



Fuente. GTM. [Sitio web]. Brazil: GTM. Medio ambiente, salud y seguridad. Hexano. Ficha de datos de seguridad [Consulta 3 junio 2019] Arhivo pdf. Disponible en <http://www.gtm.net/images/industrial/h/HEXANO.pdf>

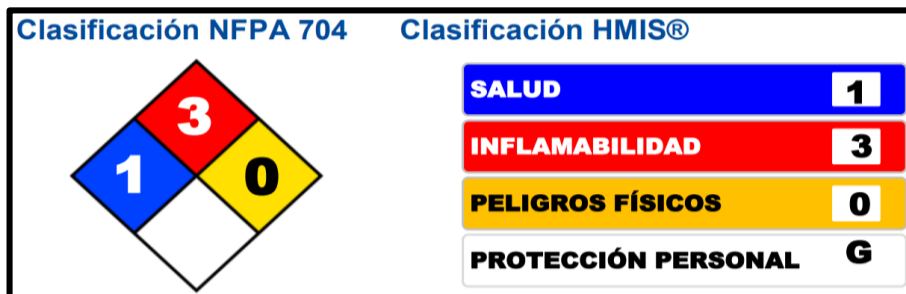
- **Metanol.** Se considera un producto biodegradable cuando se elimina en el suelo o en el agua. Además, presenta leve riesgo a la salud y buena estabilidad; sin embargo, este compuesto se caracteriza por una alta inflamabilidad¹⁴⁹. Al igual que la acetona, hexano y etilacetato; en relación a las clasificaciones NFPA 704 y

¹⁴⁸CARL ROTH. Hexano. Ficha de datos de seguridad [Sitio web].US:Carl Roth. [Consulta 3 junio 2019] Archivo pdf. Disponible en https://www.carlroth.com/downloads/sdb/es/K/SDB_KK48_ES_ES.pdf

¹⁴⁹ GTM. [Sitio web]. Brazil: GTM. Medio ambiente, salud y seguridad. Metanol. Ficha de datos de seguridad [Consulta 3 junio 2019] Arhivo pdf. Disponible en <http://www.gtm.net/images/industrial/m/METANOL.pdf>.

HMIS, este tiene especificaciones similares; cómo se puede observar en la figura 8 mostrada a continuación:

Figura 8. Clasificación de riesgos de metanol



Fuente. GTM. [Sitio web]. Brazil: GTM. Medio ambiente, salud y seguridad. Metanol. Ficha de datos de seguridad [Consulta 3 junio 2019] Archivo pdf. Disponible en <http://www.gtm.net/images/industrial/m/METANOL.pdf>

- **Diclorometano.** Este compuesto no es biodegradable y presenta evidencias de carcinogenicidad, mutagenicidad y teratogenicidad¹⁵⁰. Por esta razón presenta una clasificación de dos en riesgos a la salud, de modo que bajo exposición prolongada se pueden causar daños permanentes a la salud¹⁵¹. En la figura 9 mostrada a continuación, se presentan las especificaciones en relación a la clasificación NFPA 704 y HMIS:

Figura 9. Clasificación de riesgos de diclorometano



Fuente. UNIVERSIDAD NACIONAL COSTA RICA. Hoja de seguridad Diclorometano MSDS [Sitio web]. Costa Rica: UNA. [Consulta 3 junio 2019] Archivo pdf. Disponible en: <http://www.quimica.una.ac.cr/index.php/documentos-electronicos/category/13-hojas-de-seguridad?download=215:diclorometano&start=120>

¹⁵⁰ UNIVERSIDAD NACIONAL COSTA RICA. Hoja de seguridad Diclorometano MSDS [Sitio web]. Costa Rica: UNA. [Consulta 3 junio 2019] Archivo pdf. Disponible en: <http://www.quimica.una.ac.cr/index.php/documentos-electronicos/category/13-hojas-de-seguridad?download=215:diclorometano&start=120>

¹⁵¹ ARL SURA. Clasificación de productos químicos según la norma NFPA 704. Op. Cit. Parr. 1

- **Cloroformo.** Este compuesto se clasifica “como moderadamente tóxico, sin embargo, está considerado como posible carcinogénico humano”¹⁵²; por esta razón presenta una clasificación de dos, respecto a los riesgos a la salud. Adicionalmente en relación al aspecto ambiental, el cloroformo presenta una alta toxicidad¹⁵³, como se puede observar en la figura 10 mostrada a continuación en la cual se presenta la clasificación NFPA 704 para este solvente:

Figura 10. Clasificación de riesgos de diclorometano



Fuente. UNIVERSIDAD NACIONAL COSTA RICA. Hoja de seguridad Cloroformo MSDS [Sitio web]. Costa Rica: UNA. [Consulta 3 junio 2019] Archivo pdf. Disponible en: <http://www.quimica.una.ac.cr/index.php/documentos-electronicos/category/13-hojas-de-seguridad?download=183:cloroformo&start=80>

Adicionalmente es importante aclarar que en la literatura se efectúan diversas comparaciones en relación al aspecto económico; afirmando que el método Soxhlet presenta un costo aproximado de 98.1 USD/kg¹⁵⁴.

1.5.2 Microondas. Otra de las propuestas para la obtención de carotenoides es la extracción asistida por microondas (MAE); esta se caracteriza por su simpleza, economía y rapidez, requiriendo un corto tiempo para su desarrollo y una cantidad mínima de solvente¹⁵⁵.

Este método presenta un fundamento de extracción diferente a los procesos convencionales; debido a que “la extracción se produce como resultado de cambios en la estructura celular causados por las ondas electromagnéticas”¹⁵⁶.

¹⁵² UNIVERSIDAD NACIONAL COSTA RICA. Hoja de seguridad Cloroformo MSDS [Sitio web]. Costa Rica: UNA. [Consulta 3 junio 2019] Archivo pdf. Disponible en: <http://www.quimica.una.ac.cr/index.php/documentos-electronicos/category/13-hojas-de-seguridad?download=183:cloroformo&start=80>

¹⁵³ *Ibíd.*, p. 5

¹⁵⁴ SAINI. *Op. Cit.*, p. 96

¹⁵⁵ *Ibíd.*, p.95

¹⁵⁶ CHEMAT, Farid y CRAVOTTO, Giancarlo. Microwave-assisted Extraction for Bioactive Compounds. Chapter 2. Fundamentals of Microwave Extraction [En línea] Springer science & business, p. 5 [Citado 10 mayo 2019] ISBN 978-1-4614-4830-3 (eBook). Doi:10.1007/978-1-4614-4830-3_2

De acuerdo a la literatura: “esta técnica emergente se basa en el principio de que al aumentar la presión interna dentro de las células conduce a la ruptura de sus paredes celulares y, posteriormente, a la liberación de compuestos diana al disolvente. El aumento de la presión interna conduce a modificaciones celulares en sus propiedades físicas y tejidos biológicos, es decir, mejora la porosidad general de la matriz biológica y, posteriormente, permite la penetración de solventes de extracción a través de la matriz y aumenta el rendimiento de los compuestos objetivo. Por lo tanto, la matriz se calienta interna y externamente sin crear un gradiente térmico, siendo los compuestos objetivo extraídos de manera fácil y eficiente utilizando menos energía y volúmenes de solvente”¹⁵⁷.

Existen diferentes variables que afectan tanto positiva como negativamente el desarrollo de la extracción; uno de estos factores es el pretratamiento realizado sobre la muestra, puesto que en diversos estudios realizados se demostró, como los procedimientos previos ejecutados sobre esta afectaron los rendimientos obtenidos al final del proceso.¹⁵⁸ De esta manera dependiendo de las características generales de la materia prima se debe seleccionar el pretratamiento adecuado, de modo que se pueda favorecer la obtención de altos rendimientos de extracción del carotenoide de interés.

Otra variable crítica de este método es la temperatura sobre todo para carotenoides microalgales; los autores destacan que “es importante definir con precisión la temperatura de extracción más alta para una extracción rápida para obtener los rendimientos más altos”¹⁵⁹; sin embargo, se debe tener en cuenta que la temperatura seleccionada no puede exceder la temperatura de degradación de los carotenoides, puesto que se podrían generar daños en la materia prima afectando negativamente el proceso; teniendo en cuenta esto en la literatura define una temperatura óptima de 60°C para evitar la desnaturalización del carotenoide licopeno¹⁶⁰.

La relación material vegetal /solvente es de igual manera un aspecto importante a tener en cuenta respecto a este método de extracción; Feruzzi, et al afirma que con una relación 1:1 se obtienen algunos de los rendimientos más altos sometiendo la muestra a condiciones energéticas de 36 KJ y con un tiempo de extracción de aproximadamente 30 segundos¹⁶¹.

Para este método, el rendimiento viene dado en la cantidad de licopeno extraído sobre 100 gramos base, en este caso 13,592 mg/100 g; es posible afirmar que este valor es relativamente bajo teniendo en cuenta que es un método asistido por

¹⁵⁷ MARTINS. Op. Cit., p.42

¹⁵⁸ SAINI. Op. Cit., p.95

¹⁵⁹ *Ibíd.*, p.95

¹⁶⁰ *Ibíd.*, p.95

¹⁶¹ Ho, K.K.H.Y., *et. al.* Microwave-assisted extraction of lycopene in tomato peels: effect of extraction conditions on all-trans and cis-isomer yields. Food science and technology. [En línea]. 2014, Diciembre, 61(1). 160-168. [Consultado 25 mayo 2019]. DOI: 10.1016/j.lwt.2014.12.061

distintos solventes; sin embargo, es necesario tener en cuenta que la ventaja de este método radica en la rapidez del mismo, la cual se da gracias a la manera en la que la energía calórica es transmitida¹⁶², tal como se mencionó previamente.

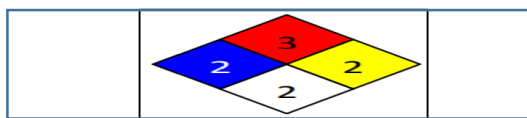
Respecto a los solventes empleados Al igual que en los métodos anteriores los solventes utilizados para este caso pueden ser: acetona, metanol, hexano, entre otros; tal como menciona en el libro *“Microwave-assisted extraction for bioactive compounds”*¹⁶³. Sin embargo, también se destaca el uso de acetonitrilo y Gosipol¹⁶⁴.

- **Acetonitrilo:** “La sustancia se descompone al calentarla intensamente, al arder o en contacto con superficies calientes, produciendo humos tóxicos, incluyendo ácido cianhídrico y óxidos de nitrógeno. Reacciona con ácidos y bases, produciendo ácido cianhídrico tóxico e inflamable”¹⁶⁵.

Adicionalmente “La sustancia irrita los ojos. La sustancia puede afectar a la respiración celular (inhibición), dando lugar a convulsiones y fallo respiratorio. La exposición muy por encima del OEL puede producir la muerte. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica”¹⁶⁶.

En la figura 11 presenta la clasificación NFPA 704 para esta sustancia:

Figura 11. Clasificación de riesgos de acetonitrilo



Fuente. INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN. Hojas de datos de seguridad Acetonitrilo. [Sitio web] Mexico D.F.: inr. [Consulta 3 junio 2019]. Archivo pdf. Disponible en: /Descargas/bioSeguridad/acetonitrilo37.pdf

¹⁶² *Ibíd.* p. 170-171

¹⁶³ LEONELLI, Cristina; VERONESI, Paolo y CRAVOTTO, Giancarlo. Microwave-assisted extraction: an introduction to dielectric heating. GUSTAVO V. BARBOSA-CÁNOVAS. Microwave-assisted extraction for bioactive compounds. Springer [En línea] 2012, octubre, p.3. [Consultado 3 junio 2019]. ISBN 978-1-4614-4830-3. DOI: 978-1-4614-4830-3_1

¹⁶⁴ HUAT, Ong thean y GAPOR MD, Abdul. Usos de las tecnologías de microondas y su asimilación potencial en la industria del aceite de palma. Revista Palmas. [En línea] 1998, enero, 19(3), 75-86 [Consultado 3 junio 2019]. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/636>

¹⁶⁵ INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO. Acetonitrilo [Sitio web]. Torrelunga: INSST, Fichas de internacionales de seguridad química [Consulta 3 junio 2019]. Archivo pdf. Disponible en <https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0088.pdf>

¹⁶⁶ *Ibíd.*, par. 3

- **Gosipol:** Respecto a esta sustancia la información toxicológica es limitada; sin embargo, se hace referencia a esta como una sustancia toxica proveniente de la planta de algodón¹⁶⁷.

Por otra parte, en relación al costo, este está dado por el consumo energético que puede llegar a tener; es por esto que, realizar este tipo de extracciones tiene costos aproximados de \$27.860,90¹⁶⁸por hora de utilización.

A pesar de que este método de extracción presenta buenos beneficios; dentro de sus desventajas se encuentra el hecho de que para este tipo de proceso se requiere de un tiempo prolongado, lo que ocasiona un riesgo en la degradación de las muestras¹⁶⁹.

Otro de los inconvenientes de este método es que a través del mismo se puede propiciar la degradación térmica de los compuestos; por lo cual se ha propuesto el uso de radiación intermitente¹⁷⁰.

1.5.3 Ultrasonido. Otra de las tecnologías verdes propuestas para el desarrollo de procesos de extracción es el método de extracción asistido por ultrasonido; de acuerdo a la literatura esta tiene su fundamento en el estudio del sonido realizado por Isaac Newton, destacando que: “la diferencia fundamental entre el sonido y el ultrasonido es la frecuencia de la onda”¹⁷¹.

Adicionalmente se relaciona como principio esencial el fenómeno de cavitación el cual es “dado por la formación, crecimiento y colapso de burbujas de vapor o gas debido a la acción del campo ultrasonóro dentro de un líquido”¹⁷².

Esta tecnología puede ser tanto de alta intensidad (<1 W/cm²) como como de baja intensidad (10-1000 W/cm²); la primera se emplea en procesamiento y extracción, y la segunda se usa para efectuar controles de proceso y de calidad, con especial

¹⁶⁷ ARIAS, Jesus y HERNANDEZ, Francisco J. Determinación de gosipol en las variedades de algodón comerciales y promisorias de Colombia. Revista ICA.[En línea] 2018, Junio, 12(2).125-134.[Consultado 5 junio 2019]. ISSN. 0018-8794. Disponible en: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=bac.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=001529>

¹⁶⁸ CORREA CUEVAS, Laura y HERNANDEZ BALTAZAR, Efrén. El uso de las microondas en la industria farmacéutica. UAEM. [En línea]. 2011, Octubre-Diciembre. 42(4). [Consultado 3 enero 2019] ISSN 1870-0195. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcf/v42n4/v42n4a2.pdf>

¹⁶⁹ MARTINS. Op. Cit., p. 43

¹⁷⁰SAINI. Op. Cit., p. 95

¹⁷¹ TIWARI, Brijesh k. Ultrasound: a clean, Green extraction technology. Trends in analytical chemistry. [En línea]. 2015, septiembre, Vol 71, p.101. [Consultado 16 octubre 2018]. ISSN 0165-9936. DOI: 10.1016/j.trac.2015.04.013

¹⁷²RODRÍGUEZ-RIERA, Zaluá, *et al.* Empleo de la radiación ultrasónica para la extracción de compuestos bioactivos provenientes de fuentes naturales.. estado actual y perspectivas. Revista CENIC ciencias químicas. [En línea]. 2014, marzo, 45(1). p. 140[Consultado 16 octubre 2018]. ISSN: 2221-2442 Disponible en: https://revista.cnic.edu.cu/revistaCQ/sites/default/files/articulos/CQ%2002-14_new.pdf

énfasis en propiedades físico-químicas tales como el estado físico de la materia, estructura y composición¹⁷³.

Por otra parte, respecto a los procesos de extracción sobre materiales vegetales, este tipo de técnica emplea determinadas ondas de frecuencia las cuales facilitan el proceso; generando como consecuencia que este sea más económico respecto a los métodos convencionales¹⁷⁴.

Una de las características principales es que este método se emplea en casos donde el componente activo o la materia prima se afectan con temperaturas elevadas durante los procesos convencionales¹⁷⁵; de este modo se obtiene un producto extraído el cual además de conservar su actividad biológica, presenta un rendimiento considerable¹⁷⁶.

Al igual que todos los métodos de extracción, esta técnica también presenta variables que pueden afectar el proceso, dependiendo del control que se dé sobre las mismas; para el caso de la extracción por ultrasonido la tabla 5 muestra algunas de estas variables:

Tabla 5. Factores que afectan la UAE

Factores externos	Factores clave
Amplitud o intensidad del ultrasonido, o poder ultrasonico	Alta amplitud provoca erosion de la sonda Alta amplitud mejora la agitación Alta amplitud reduce la formación de cavitación Alta intensidad puede promover la degradación de extraer compuestos
frecuencia ultrasonica	La frecuencia usada para restringir la formacion de burbujas de cavitación la cual deberia ser seleccionada en conjugación con la intensidad ultrasonica para obtener la cavitación deseada La mayoría de sistemas ultrasonicos operan a una frecuencia dada Los mas altos rendimientos de extracción en un rango de baja frecuencia (20-40 KHz)
Temperatura de extracción	La alta temperatura ayuda a interrumpir la interaccion del solvente y la matriz La alta temperatura mejora las tafas de difusión del solvente
Tiempo de extracción	las bajas temperaturas mejora la cavitación tiempos largos de extracción mejora las tasas de extracción

¹⁷³ TIWARI, Ultrasound: a clean, Green extraction technology, Op. Cit., p.101

¹⁷⁴ RODRÍGUEZ-RIERA, Zaluá, *et al.* Empleo de la radiación ultrasónica para la extracción de compuestos bioactivos provenientes de fuentes naturales. Estado actual y perspectivas. En: CENIC Ciencias químicas. 2014, vol. 45, p. 141

¹⁷⁵ *Ibíd.*, p.140

¹⁷⁶ *Ibíd.*, p.140

tiempos largos de extracción podría inducir cambios indeseables en la extracción del componente

Tabla 5. (Continuación)

	Solvente viscoso reduce la cavitación
Propiedades del solvente	Solvente volátil podría evaporarse si la extracción se lleva a cabo a las más altas temperaturas por un largo tiempo. La polaridad y la solubilidad del componente objetivo en el solvente La presión de vapor y tensión superficial influye la cavitación
Matriz	Tamaño de partícula Interacción de la matriz del solvente Radio de solvente a la matriz

Fuente. TIWARI, Brijesh k. Ultrasound: a clean, Green extraction technology. Trends in analytical chemistry. [En línea]. 2015, septiembre, Vol 71, p. 105 [Consultado 16 octubre 2018]. ISSN 0165-9936. DOI: 10.1016/j.trac.2015.04.013

Puesto que este es un método novedoso, en la literatura existen diferentes estudios; en los cuales se plantean diversas condiciones de proceso con el fin de determinar los mejores escenarios para realizar la extracción.

En relación a la relación material vegetal/solvente “Kumcuoglu, et al plantean un valor de 1:35 (w/v), utilizando como solvente una mezcla de BHT (hidroxitolueno butilado) al 0,05% (p / v) de hexano: acetona: etanol (2: 1: 1)”¹⁷⁷.

“Por otra parte Liao, et al proponen una relación de 1:2 (v/w); usando igualmente una mezcla de solventes, formada por 95% de etanol, acetona y éter de petróleo (1: 1: 2, v / v / v) con 0,05% (w / t) de hidroxilo tolueno butilado (BHT) y 2% (p / v) de diclorometano”¹⁷⁸. Adicionalmente otros autores también especifican relaciones de

¹⁷⁷ KUMCUOGLU, Sher; YILMAZ, Tuncay y TAVMAN, Sebnem. Ultrasound assisted extraction of lycopene from tomato processing wastes. Journal of food science and technology. [En línea] 2014, diciembre, 51(12), p. 4105. [Consultado 19 junio 2019] ISSN 0022-1155. DOI: 10.1007/s13197-013-0926-x

¹⁷⁸ LIAO, Jianqing; ZHENG, Nan y QU, Baida. An improved ultrasonic-assisted extraction method by optimizing the ultrasonic frequency for enhancing the extraction efficiency of lycopene from tomatoes. Food analytical methods. [En línea] 2016, Agosto,9(8), p.2288 [Consultado 30 mayo 2019]. ISSN 1936-976X. DOI: 10.1007/s12161-016-0419-4

material vegetal solvente de 1:8 (w/v)¹⁷⁹ y de 1:20 (w/v)¹⁸⁰; utilizando como solvente extractante acetato de etilo¹⁸¹ y aceite virgen de girasol¹⁸² respectivamente.

Es importante hacer mención de que La extracción asistida por ultrasonido, ha despertado un especial interés puesto que para la obtención de biocompuestos, esta se presenta como con mejores rendimientos y menores costos de mantenimiento¹⁸³, en comparación a otras alternativas.

En este tipo de extracción, estudios han demostrado que factores como la temperatura, la potencia ultrasónica, la relación material/solvente y el tiempo afectan notablemente el proceso de extracción de carotenoides como el Licopeno¹⁸⁴, tal como se muestra en la tabla 5.

Respecto a la temperatura, la literatura destaca que esta oscila “entre 20 y 80 ° C; sin embargo, 30–40 ° C se usa con más frecuencia porque este rango de temperatura puede evitar la degradación térmica de los compuestos sensibles”¹⁸⁵. En otros estudios se ha concluido que la potencia más efectiva era de 475 W con frecuencias de 20-25 kHz¹⁸⁶.

Rahimi y Mikani¹⁸⁷ especifican que empleando una relación material vegetal/solvente de 1:20 (w/v) con potencia ultrasónica de 70 W/m², durante un tiempo de 10 minutos se logran rendimientos de extracción de 81.75%.

Adicionalmente en otras investigaciones se ha llegado a obtener un rendimiento de 89.4%, empleando una relación de 1:8 (w/v), una temperatura de 86.4 °C y un tiempo de extracción de 29.1 min¹⁸⁸.

Dado que este tipo de tecnología lo que busca es efectuar una asistencia a los métodos convencionales de extracción, con el fin de mejorar el desempeño del

¹⁷⁹ LIANFU, Zhang y ZELONG, Liu. Optimization and comparasion of ultrasound/microwave assisted extraction (UMAE) and ultrasonic assisted extraction (UAE) of lycopene from tomates. *Ultrasonics Sonochemistry*. [En línea] 2008, Julio, 15(5). p. 731. [Consultado 30 mayo 2019] ISSN 1350-4177. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2007.12.001

¹⁸⁰ RAHIMI, Somayeh y MIKANI, Mohaddeseh. Lycopene green ultrasound-assisted extraction using edible oil accompany with response surface methodology (RSM) optimization performance: application in tomato processing wastes. *Microchemical journal*. [En línea] 2019, mayo, vol 146, 1033-1042. [Consultado 4 junio 2019] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.02.039>

¹⁸¹ LIANFU. Op. Cit., p.732

¹⁸²RAHIMI. Op. Cit., p. 1036

¹⁸³ WEN, Chaoting, *et. al.*,Advances in ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from cash crops – A review. *Ultrasonics Sonochemistry*. [En línea] 2018, noviembre, vol 48, p. 541 [Consultado 18 mayo 2019] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.07.018>

¹⁸⁴ LIAO. Op. Cit., p. 2288

¹⁸⁵ PRADO, Juliana M.; VEGGI, Priscilla C. y MEIRELES, M. Angela. Scale-Up Issues and Cost of Manufacturing Bioactive Compounds by Supercritical Fluid Extraction and Ultrasound Assisted Extraction. *Global food security and wellness*. [En línea]. 2017, Mayo. p. 377 [Consultado 5 marzo 2019]. ISBN. 978-1-4939-6496-3. DOI: 10.1007/978-1-4939-6496-3_20

¹⁸⁶ LIAO. Op. Cit., p. 2289

¹⁸⁷ RAHIMI. Op. Cit., p. 1033

¹⁸⁸ LIANFU. Op. Cit., p. 736

proceso; dentro de los reactivos a utilizar aún se tiene en cuenta el uso de solventes; estos pueden ser los mismos mencionados en el método de extracción Soxhlet.

Wen, et al ¹⁸⁹ menciona que, en el proceso de extracción por ultrasonido se emplean solventes como metanol, hexano y etanol; adicionalmente aclara que, respecto a la extracción de compuestos bioactivos, el etanol se presenta como uno de los más empleados debido a su seguridad. De igual manera Prado, et al ¹⁹⁰ destaca el uso de metanol, hexano y etanol; ratificando que este último es categorizado como GRAS, lo que implica que esta generalmente reconocido como seguro. Además, algunos estudios también se señalan el uso de mezclas de solventes tales como hexano, metanol y acetona en proporciones 2:1:1 (v/v) junto con 0.05% (w/v) de BHT (hidroxitolueno butilado), para los procesos de extracción de carotenoides¹⁹¹.

Sin embargo, también existen algunas investigaciones en las que se reporta el uso de aceites como solvente extractante¹⁹²; lo que implica una ventaja respecto a los métodos convencionales puesto que estos solventes no presentan ningún tipo de riesgo a la salud y además no requieren de un proceso de eliminación.

Por otra parte, en relación al costo del método De acuerdo a la literatura “esta técnica es la más económica y tiene los requerimientos instrumentales más bajos entre las últimas técnicas de extracción desarrolladas¹⁹³.

Estudios afirman que “el equipo de UAE es fácil de instalar, tiene una alta eficiencia energética (alrededor del 85%), lo que lleva a costos de energía competitivos, requiere un bajo mantenimiento y la tecnología de UAE presenta un gran potencial de propiedad intelectual”¹⁹⁴.

Vieira, et al. destaca que “los costos de fabricación de los extractos crudos obtenidos por UAE oscilan entre 90.57–165.34 USD/kg”¹⁹⁵.

Respecto a las desventajas de la UAE, la literatura hace mención de que un envejecimiento en la superficie de la sonda ultrasónica puede afectar en los

¹⁸⁹ WEN. Op. Cit., p. 549

¹⁹⁰ PRADO: Op. Cit., p. 383

¹⁹¹ KUMCUOGLU, Sher; YILMAZ, Tuncay y TAVMAN, Sebnem. Ultrasound-assisted extraction of lycopene and β -carotene from tomato-processing wastes. Italian Journal of food science [en línea]. 2016, Julio, 29(1) p.3 [Consultado 8 marzo 2019]. ISSN 1120-1770. DOI: 10.14674/1120-1770/ijfs.v481

¹⁹² RAHIMI. Op. Cit. p. 1033

¹⁹³ VARGAS-AGUILAR, Pedro y AZUOLA, Rocio. Extracción de sustancias asistida por ultrasonido (EUA). Revista tecnología en marcha. [En línea]. 2007, Noviembre, 20(4), p. 36, [Consultado 20 marzo 2019]. ISSN 2215-3241 Disponible en: https://campus.exactas.uba.ar/pluginfile.php/62406/mod_resource/content/1/extracci%C3%B3n%20usae.pdf

¹⁹⁴ PRADO. Op. Cit., p. 384

¹⁹⁵ VIERA, Gláucia, et al. Chemical and economic evaluation of natural antioxidant extracts obtained by ultrasound-assisted and agitated bed extraction from jussara pulp (*Euterpe edulis*). Journal of food engineering. [En línea]. 2013, Noviembre, 119(2), p. 196-204 [Consultado 28 abril 2019]. ISSN 0260-8774. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2013.05.030

rendimientos; adicionalmente, para esta técnica el buen rendimiento de la extracción también está condicionado al uso de tamaños de partícula pequeños ($\approx 50 \mu\text{m}$)¹⁹⁶.

1.5.4 Métodos enzimáticos. Respecto a los métodos enzimáticos, en la literatura no se considera propiamente como un tipo de extracción; sino que se ha catalogado como un pretratamiento efectivo a través del cual se proporcionan beneficios en el rendimiento¹⁹⁷.

Sin embargo, Zuorro & Lavecchia¹⁹⁸ proponen un método enzimático leve para la extracción de Licopeno a partir de pasta de tomate; cabe mencionar que, para este estudio en una de las etapas se hace uso de un solvente acorde al compuesto; sin embargo, la protagonista del proceso es la enzima poligalacturonasa, pues esta es la encargada de la degradación de los tejidos de tomate permitiendo así la obtención del compuesto de interés¹⁹⁹.

“De hecho, las enzimas pueden favorecer múltiples reacciones químicas, es decir, catalizar la degradación de estructuras vegetales complejas (es decir, paredes celulares y membranas), y luego permitir la liberación de numerosas moléculas bioactivas presentes dentro de las células”²⁰⁰. Teniendo en cuenta esta afirmación, este método ha sido considerado como uno de los más efectivos, gracias a los altos rendimientos que permite obtener con un día aproximado de proceso; algunos autores han reportado rendimientos de extracción entre el 85 y 90%²⁰¹.

Debido a que este método también incluye el uso de solventes es necesario considerar la relación material vegetal/solvente, la cual corresponde a un valor de 1:6, de acuerdo a lo planteado por Zuorro & Lavecchia; sin embargo, esta puede variar dependiendo de la materia prima y el tipo de enzima que sea utilizada, pudiéndose emplear enzimas de tipo hidrolasas, pectinasas y/o poligalacturonasas²⁰².

Por otra parte en relación al tipo de solvente empleado, estos suelen ser los ya mencionados previamente para otros métodos de extracción o en su defecto una mezcla de los mismos²⁰³.

Sin embargo; la ventaja presentada por este, es que permite la flexibilización de los solventes empleados, de manera que un solvente verde se puede acomodar a las

¹⁹⁶SAINI.Op. Cit., p. 97

¹⁹⁷ MARTINS. Op. Cit., p.41

¹⁹⁸ ZUORRO, A. y LAVECCHIA, R. Mild Enzymatic Method for the Extraction of Lycopene from Tomato Paste. *Biotechnology & Biotechnological equipment*. [En línea] 2014, Abril, 24(2), p. 1856 [Consultado 26 abril 2019]. ISSN 1854-1857. DOI: 10.2478/V10133-010-0028-0

¹⁹⁹ *Ibíd.*, p. 1856

²⁰⁰ *Ibíd.*, p. 1856

²⁰¹ *Ibíd.*, p.1855-1857

²⁰² *Ibíd.*, p. 1854

²⁰³ RANVEER,. Lycopene: A Natural Red Pigment. Op. Cit., p.8

necesidades del proceso; debido a que, como se menciono previamente la protagonista del proceso es la enzima.

Martins & Ferreria afirma que dentro de los beneficios de este método se encuentra el hecho de que las enzimas mejoran el desempeño de los solventes extractantes previo al proceso; adicionalmente, con el uso de estas se da una disminución en la cantidad de solvente empleada²⁰⁴.

De igual manera, es importante tener en cuenta que “los componentes principales de las paredes celulares son celulosa, hemicelulosas, pectina y proteínas”²⁰⁵; de esta manera, “el uso de enzimas mejorará notablemente la liberación de numerosas sustancias, como el licopeno, el b-caroteno y muchos otros carotenoides”²⁰⁶.

Como es de esperarse, debido a la composición mayoritaria de las paredes celulares de las materias primas vegetales; “las celulasas, pectinasas, hemicelulasas se encuentran entre las enzimas más utilizadas, siendo responsables de la hidrólisis de los componentes de la pared celular y la alteración de la integridad estructural de una matriz particular”²⁰⁷.

Por otro, lado en relación a las dificultades de este método se destaca la especificidad característica que presentan las enzima; de esta manera, se debe hacer una selección adecuada de la misma, teniendo en cuenta el compuesto de interés; además, la literatura afirma que “el uso de esta técnica aumenta notablemente la extracción de compuestos no polares debido a que a través de la ruptura de las células vegetales, estas moléculas no polares serán más fácilmente accesibles a estos solventes y, por el contrario, la penetración de estos solventes en material húmedo será muy difícil debido a su baja porosidad /polaridad”²⁰⁸; de esta manera, se pueden extraer compuestos no deseados dentro del proceso.

Otro inconveniente, relacionado con el desarrollo de este método, es el hecho de que, el costo de las enzimas es elevado cuando se busca procesar grandes cantidades de material; por lo que su aplicabilidad a gran escala es limitada²⁰⁹.

Respecto al costo, Este método está determinado principalmente por el valor de la enzima, más allá del mantenimiento de las condiciones necesarias para propiciar la actividad enzimática adecuada; debido a que no se requiere de ningún equipo específico; de esta manera de acuerdo a lo especificado en la literatura, un kilogramo de poligalacturonasa tiene un costo aproximado de \$ 201.000 de acuerdo

²⁰⁴ MARTINS. Op. Cit., p.41

²⁰⁵ *Ibíd.*, p.41

²⁰⁶ *Ibíd.*, p.41

²⁰⁷ *Ibíd.*, p.41

²⁰⁸ *Ibíd.*, p.42

²⁰⁹ *Ibíd.*, p.42

a lo especificado por el proveedor Novozymes, el cual corresponde a un proveedor de este producto (Ver anexo A).

1.5.5 Solubilización directa. El método de solubilización directa, se plantea como una alternativa para la preparación de formulaciones enriquecidas en Licopeno libres de disolventes orgánicos²¹⁰.

El autor de esta patente destaca que uno de los objetos de la invención es el uso de formulaciones o composiciones usadas en la elaboración de productos nutracéuticos, cosméticos, farmacéuticos o alimentarios²¹¹.

Este método de extracción en términos generales, consiste en mezclar a una velocidad considerable -aproximadamente de 500-10000 rpm-un lípido extractante y una muestra que contiene el compuesto de interés, para posteriormente ser sometido a un calentamiento no mayor a 120 °C; luego se procede a realizar el proceso de separación de la fase lipídica, la cual estará enriquecida en el compuesto de interés; para esto el autor propone el uso de decantación o centrifugación²¹².

Cabe resaltar que existen variantes de este método propuestas por el mismo autor, en las que destaca el uso de atmosferas inertes para el proceso de extracción o la adición de una etapa previa de deshidratación para facilitar el proceso, puesto que en muchos casos la solubilización se ve afectada con contenidos elevados de humedad²¹³.

1.5.6 Fluidos supercríticos. La técnica de fluidos supercríticos es un método de extracción, que ha presentado un creciente interés debido a que se está posicionando como reemplazo eficiente a los procesos de extracción convencionales; ya que en estos últimos a pesar de que se tienen buenos rendimientos, el proceso se ve afectado por el carácter toxico de algunos de los solventes empleados, así como también por los restos químicos que se mantienen en el producto final²¹⁴.

El principio de funcionamiento de este tipo de técnica; se basa en el uso de un fluido, el cual se encuentra a una temperatura y una presión superior a los valores críticos;

²¹⁰ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA PROPIEDAD INTERNACIONAL. Procedimiento para preparar formulaciones enriquecidas en licopeno libres de disolventes orgánicos, formulaciones obtenidas, composiciones que comprenden dichas formulaciones y uso de las mismas. Inventor: E. SABIO REY. Int WO 2006/111591 A1. Fecha de solicitud: 19, abril, 2005. España, Patente de investigación. PCT/ES2006/000114. 26, octubre, 2006

²¹¹ Ibíd., p.2-6

²¹² Ibíd., p.2-6

²¹³ Ibíd., p.2-6

²¹⁴EGYDIO, Juliana A.; MORAES, Ángela M. y ROSA, Paulo T.V.. Supercritical fluid extraction of lycopene from tomato juice and characterization of its antioxidation activity. The journal of supercritical fluids.[En línea]. 2010, Marzo-abril, 54(2), p.171 [Consultado 16 octubre 2018]. ISSN 0896-8446. DOI: 10.1016/j.supflu.2010.04.009

adicionalmente las propiedades de dicho fluido pueden ser moduladas, lo cual genera que este método presente una especificidad considerable²¹⁵.

Como ventajas, este método presenta una buena selectividad, inocuidad respecto al medio ambiente y facilidad de eliminación de los productos; esto se debe a que, a las condiciones empleadas, los compuestos termolábiles involucrados en el estado supercrítico se degradan con facilidad²¹⁶.

De igual manera en la literatura se menciona que existe una variedad de compuestos que se pueden emplear como fluidos supercríticos; tal es el caso del “etileno, metano, nitrógeno, xenón y fluorocarbonos”²¹⁷; sin embargo, se destaca el CO₂ como el más empleado para la extracción de productos naturales²¹⁸.

En la tabla 4 se presentan algunas desventajas respecto a la extracción por medio de fluidos supercríticos; en esta se observa que una de las dificultades que presenta este método es el alto costo de la instrumentación y el bajo rendimiento para carotenoides de naturaleza polar²¹⁹.

1.6 MÉTODOS DE IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LICOPENO

Parte importante del proceso de extracción es la determinación de la cantidad obtenida del compuesto de interés, para ello existen diferentes métodos de cuantificación tanto a nivel cualitativo como cuantitativo:

1.6.1 Cromatografía de capa fina. Una de las técnicas cromatográficas más conocidas es la cromatografía de capa fina la cual “se basa en la preparación de una capa, uniforme, de un adsorbente mantenido sobre una placa de vidrio u otro soporte”²²⁰; este sistema se compone de dos fases una móvil y una estacionaria: la primera se caracteriza por tener carácter líquido y la segunda por estar compuesta de un sólido de carácter polar; adicional a esto, se requiere el uso de un diluyente el cual contribuirá a que el desplazamiento de los componentes menos polares se realice de más rápidamente, cuando esté presente una polaridad menor a la de la fase estacionaria.²²¹ En la figura 12 se presenta la polaridad de compuestos orgánicos en orden decreciente:

²¹⁵ CHEMAT, Farid, *et al.* Review of Green food processing techniques. Preservation, transformation and extraction. Innovate Food science and emerging technologies [En línea] 2017, Mayo, Vol 41, p.364 [Consultado 16 abril 2019]. ISSN 1466-8564. DOI: 10.1016/j.ifset.2017.04.016

²¹⁶ *Ibíd.*, p.365

²¹⁷ MARTINS. *Op. Cit.*, p.41

²¹⁸ *Ibíd.*, p.41

²¹⁹ SAINI. *Op. Cit.*, p. 97

²²⁰ UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. Técnicas cromatográficas. [Sitio web] Mexico D.F: UNAM. Introducción a los métodos de separación. p.3 [Consulta 16 octubre 2018] Archivo pdf. Disponible en: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/M.Cromatograficos_6700.pdf

²²¹ *Ibíd.*, p. 4

Figura 12. Polaridad compuestos orgánicos en orden decreciente

hidrocarburos < olefinas < flúor < cloro < nitro < aldehído
aldehído < ester < alcohol < cetonas < aminas < ácidos < amidas

Fuente. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. Técnicas cromatográficas. [Sitio web] Mexico D.F: UNAM. Introducción a los métodos de separación. p.3 [Consulta 16 octubre 2018] Archivo pdf. Disponible en: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/M.Cromatograficos_6700.pdf

Este tipo de método de cuantificación es bastante empleado, debido a que su montaje es simple y el tiempo requerido es corto, presentando buenos resultados; además parte importante del proceso es la selección adecuada del absorbente para lo cual es importante considerar el tamaño de partícula del mismo, de manera que entre más fino se tendrá una mayor adhesión²²².

De igual manera, existen diferentes tipos de reactivos reveladores, dentro de estos se puede destacar el yodo y el ácido sulfhídrico; el primero formara complejos coloreados y el segundo producirá manchas negras, ambos ante la aparición de compuestos orgánicos; sin embargo, al ser este un método de carácter cualitativo, no presentara una relación entre el tamaño de las manchas presentes y la cantidad de componente presente en la muestra²²³.

1.6.2 Métodos espectrofotométricos. Este es uno los métodos más empleados para la determinación de compuestos, dentro de esta se encuentra la espectrofotometría ultravioleta visible (UV-VIS); la cual es empleada con gran frecuencia en la determinación de carotenoides, adicionalmente, esta también ha sido empleada en el estudio de procesos de carácter bioquímico²²⁴.

La literatura destaca que “esta técnica permite la determinación de concentraciones micromolares de sustancias”²²⁵, sin embargo, en algunos casos se presentan interferencias con el uso de espectrofotometría derivada²²⁶.

Para este método generalmente se tiene en cuenta una curva patrón, la cual va a ser indispensable para la determinación de la cantidad del compuesto de interés;

²²² *Ibíd.*, p.4

²²³ *Ibíd.*, pp.5

²²⁴ SANCHEZ ROJAS, F; BOSCH OJEDA, c y CANO PAVON, jm. Automated on-line separation preconcentration system for palladium determination by graphite furnace atomic absorption spectrometry and its application to palladium determination in environmental and food samples. *Talanta* [En línea] 2006, diciembre, 70(5), p. 980 [Consultado 8 abril 2019]. ISSN 0039-9140. DOI: 10.1016/j.talanta.2006.05.048

²²⁵ *Ibíd.*, p.979

²²⁶ *Ibíd.*, p. 979

sin embargo, autores como Fish, et al ²²⁷ y Goula, et al ²²⁸ proponen variaciones en la metodología utilizada para la determinación de la concentración de dichos compuestos. De igual manera, David, A; utiliza este método de identificación para efectuar un análisis del contenido de Licopeno en tomates y productos derivados²²⁹.

Por otra parte, se considera este tipo de tecnología como “más conveniente, rápida y económica que el análisis HPLC”²³⁰; no obstante, este método presenta dificultades al momento de detectar bajas cantidades de compuestos como Licopeno (menor a 1 µg); a diferencia del método HPLC el cual detecta muestras con estas cantidades²³¹.

1.6.3 Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Para procesos de cuantificación en materiales vegetales, se puede destacar la cromatografía líquida de alta de alta eficiencia (HPLC), como una técnica de separación que permite “analizar compuestos de diferentes propiedades desde sustancias de masa molecular baja hasta muy alta”²³².

Tiene un principio similar a la cromatografía de capa fina, presentando una fase móvil y una estacionaria las cuales son inmiscibles entre sí ²³³. En la literatura se destaca que, “la identificación, cuantificación y determinación de los perfiles de carotenoides se han realizado mediante cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC), utilizando la columna de fase inversa y el detector de matriz de fotodiodos, que permiten una recopilación continua de datos espectrofotométricos durante el análisis”²³⁴.

1.6.4 Otros métodos de identificación. Otro tipo de métodos de identificación que se pueden encontrar son: cromatografía líquida, espectroscopia infrarroja, cromatografía contracorriente de alta velocidad, espectroscopia de reflectancia visible de fibra óptica, entre otros²³⁵.

²²⁷ FISH, Wayne W.; PERKINS-VEAZIE Penelope y COLLINS, Julie K..A Quantitative Assay for Lycopene That Utilizes Reduced Volumes of Organic Solvents. Journal of food composition and analysis [En línea] 2002,Junio, 15(3), p.309 [Consultado 25 febrero 2019]. ISSN 0889-1575. DOI: 10.1006/jfca.2002.1069

²²⁸ GOULA. Op. Cit., p, 821

²²⁹ DAVIS, Angela R.; FISH, Wayne w. y PERKINS-VEAZIE, Penelope. A rapid spectrophotometric method for analyzing lycopene content in tomato and tomato Products. Postharvest biology and technology [en línea]. 2003, Junio, 28(3), 425-430 [Consultado 28 marzo 2019]. ISSN 0925-5214/02. DOI: 10.1016/S0925-5214(02)00203-X

²³⁰ RANVEER. Lycopene: A Natural Red Pigment. Natural and Artificial Flavoring Agents and Food Dyes. Op. Cit., p.439

²³¹ *Ibid.*, 436

²³² SANCHEZ-LOZANO, Jesus *et. al.* Chapter 13-Chromatographic Technique: High-Performance Liquid Chromatography (HPLC).. Modern Techniques for Food Authentication [En línea] , 2018, 459-526. [Consultado 19 mayo 2019] DOI: 10.1016/B978-0-12-814264-6.00013-X

²³³ *Ibid.*, p.459

²³⁴ PACHECO, Sidney, *et al.*, Microscale extraction method for HPLC carotenoid analysis in vegetable matrices. Scientia agrícola[En línea]. 2014, Octubre,71(5), p. 416-419[Consultado 11 enero 2019]. ISSN 1678-992X. DOI: 10.1590/0103-9016-2013-0402

²³⁵ RANVEER. Lycopene: A Natural Red Pigment. Natural and Artificial Flavoring Agents and Food Dyes. Op. Cit., p. 486

Sin embargo la determinación del método adecuado de cuantificación, está íntimamente relacionada con el estado en el que se encuentre la muestra después de realizar el proceso de extracción; puesto que para cada método las condiciones dicha muestra serán diferentes, por lo tanto, este será un parámetro indispensable a la hora de seleccionar el método de cuantificación adecuado.

2. SELECCIÓN RESIDUOS DE FRUTAS

Debido a que el Licopeno se encuentra en una gran variedad de frutas y hortalizas, fue necesario realizar un proceso de selección de aquellas frutas que presentaban las mejores condiciones para el proceso de extracción de acuerdo al objetivo del proyecto. Para ello se tuvieron en cuenta cinco parámetros, los cuales se pusieron a prueba a través de la elaboración de una matriz semicualitativa denominada matriz de ranking de factores, a partir de la cual se obtuvieron los tres residuos de frutas y hortalizas más favorables para el desarrollo del proceso, partiendo inicialmente de seis residuos elegidos a partir de una extensa revisión bibliográfica.

En este capítulo se presenta dicho proceso de selección, el cual consistió de un desarrollo netamente bibliográfico, que permitió la determinación de los tres residuos, los cuales fueron posteriormente evaluados durante el capítulo II y III.

2.1 PROCESO DE SELECCIÓN DE RESIDUOS DE FRUTAS

El primer paso consistió en la selección de los residuos de frutas y hortalizas que serían puestos a evaluación en una matriz de ranking de factores; para ello, fue necesario tener en cuenta que el proyecto fue completamente desarrollado en Colombia, específicamente en la ciudad de Bogotá D.C..

De esta manera se escogieron seis residuos, los cuales tenían como principales características la presencia de licopeno en su composición y la producción frecuente de estos en el territorio nacional; dichos residuos corresponden a tomate, pimentón, sandía, papaya, guayaba y tomate de árbol (Ver 1.3.2). Cabe aclarar que de entrada se descartaron aquellas variedades de frutas y hortalizas que a pesar de que exhiben contenido de licopeno, no cuentan con una buena disponibilidad debido a su escasa a nula producción en el territorio nacional.

Posteriormente se plantearon cinco criterios o parámetros de selección, a través de los cuales se permitió comparar el desempeño de los seis residuos, con el fin de escoger nuevamente tres residuos los cuales se evaluaron posteriormente en la etapa preexperimental y experimental (capítulo II y capítulo III).

Los cinco parámetros de selección corresponden a contenido de licopeno, cifras de producción, contenido de agua, tamaño del fruto y facilidad de separación de las semillas.

El contenido de licopeno se escogió como criterio debido a que este es el compuesto de interés del proyecto; de esta manera fue importante centrar la mirada de ante mano en los valores reportados para las seis variedades de residuos por diversos autores para este criterio; puesto que es necesario conocer cuanta es la disponibilidad del compuesto en la materia prima.

El tamaño del fruto fue otro de los parámetros considerados, el cual, si bien no es de las más relevantes, es importante a la hora de relacionar la cantidad de materia prima disponible por unidad de fruta; de modo que para frutas y hortalizas con un tamaño del fruto más grande existirá la posibilidad de disponer de una mayor cantidad de materia prima para extraer el compuesto de interés.

Por otro lado, en relación al contenido de humedad, se podría afirmar que es una característica importante a la hora de seleccionar una materia prima adecuada para el proceso de extracción, puesto que autores como Ranveer, et al.²³⁶ y Rahimi, et al.²³⁷ proponen un proceso de secado como acondicionamiento previo; de esta manera, si la materia prima cuenta con un mayor porcentaje de humedad, se requerirá un mayor tiempo para procesar dicha materia prima. Adicionalmente un elevado contenido de humedad puede generar un favorecimiento en el crecimiento microbiano y un detrimento en la materia prima debido a que “los nutrientes, a partir de los cuales los microorganismos sintetizan sus principales biomoléculas y obtienen su energía, están disueltos en agua, razón por la cual el crecimiento celular depende de la disponibilidad de agua”²³⁸.

Respecto al parámetro de cifras de producción, este se seleccionó debido a que era importante garantizar una buena disponibilidad de la materia prima para que de esta manera el proceso de extracción se pudiera realizar sin ningún inconveniente.

El parámetro de facilidad de separación de las semillas, se escogió debido a que algunos autores afirman que estas no cuentan con licopeno, lo que implica que no son de importancia para el proyecto²³⁹. De esta manera es importante considerar el proceso de remoción de las mismas, ya que esto puede generar un aumento en el tiempo de proceso dado que dicha remoción debe realizarse de forma manual.

²³⁶ RANVEER, Rahul C.; PATIL, Samsher N. y SAHOO, Akshya K. Effect of different parameters on enzyme-assisted extraction of lycopene from tomato processing waste. Food and bioproducts processing. [En línea]. 2013, Octubre,91(4), 370-375. [consultado 18 mayo 2019] ISSN 0960-3085. DOI: 10.1016/j.fbp.2013.01.006

²³⁷ RAHIMI. Op. Cit., p. 1033-1042

²³⁸ APELLA, Marica C. y ARAUJO, Paula Z. Microbiología del agua. Conceptos básicos. En: Solar safe wáter. [Sitio web] Almería: La plataforma solar de Almería. [Consulta 25 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <http://www.psa.es/es/index.php>

²³⁹ RANVEER. Lycopene: A Natural Red Pigment. Op. Cit., p.432

La comparación de los residuos se efectuó, de forma semicualitativa; para lo cual, se realizó una matriz de ranking de factores, que consistió, en primer lugar, en confrontar los criterios seleccionados uno a uno, con el fin de determinar los porcentajes ponderados de cada parámetro; dichos porcentajes corresponden al nivel de relevancia que tiene dicho criterio en el desarrollo del proyecto. Para ello se asignaron valores de 1 o 0 teniendo en consideración que si el criterio encontrado en la parte izquierda de la matriz presentaba una relevancia mayor o igual respecto al criterio ubicado en la parte superior este tendría un valor de 1; sin embargo, si el criterio de la zona izquierda contaba con menor importancia que el criterio superior este tendría un valor de 0. Finalmente se realizó una sumatoria de forma horizontal para cada uno de los criterios obteniendo el conteo y enseguida se determinó el equivalente de dicho valor en términos de porcentaje. En la tabla 6 se presentan los porcentajes obtenidos para cada criterio:

Tabla 6. Tabla determinación de porcentajes de ponderación

CRITERIOS	<i>Contenido de licopeno</i>	<i>Cifras de producción</i>	<i>Contenido de agua</i>	<i>Tamaño fruto</i>	<i>Facilidad en separación de semillas</i>	CONTEO	PONDERACION (%)
<i>Contenido de licopeno</i>	-----	1	1	1	1	4	36%
<i>Cifras de producción</i>	0	-----	1	1	1	3	27%
<i>Contenido de agua</i>	0	0	-----	1	1	2	18%
<i>Tamaño fruto</i>	0	0	0	-----	1	1	9%
<i>Facilidad en separación de semillas</i>	0	0	0	1	----- -	1	9%
TOTAL						11	100%

Fuente: elaboración propia.

A continuación; se dio una puntuación cualitativa del desempeño de la fruta de cara al criterio evaluado teniendo en cuenta la revisión bibliográfica presentada en el marco teórico, respecto a las variedades de frutas y hortalizas rojas producidas en el territorio nacional y la tabla de ranking de factores.

Tabla 7. Tabla ranking de factores

RANKING DE FACTORES	
Excelente	10
Muy bueno	8
Bueno	6
Regular	4
Deficiente	2

Fuente. VERA, Duvian. Diseño del proceso [Diapositivas]. Bogotá D.C.: Universidad América, 2019. 42 Diapositiva

Enseguida se multiplico dicha puntuación por el conteo, el cual representa la ponderación calculada previamente en términos de cantidad y no de porcentaje; con el fin de obtener la calificación de cada fruta respecto a cada al criterio puntuado. Finalmente se sumaron todas las calificaciones obtenidas en cada criterio y se obtuvo un valor total para cada una de las frutas evaluadas a través de la matriz.

La matriz de ranking de factores se escogió debido a que a través de esta se pudo realizar un análisis de diversos parámetros relacionados con las diferentes variedades de frutas, los cuales pueden afectar el proceso de extracción del compuesto de interés. De esta manera se pudo garantizar una adecuada selección se los residuos de frutas.

2.1.1 Análisis parámetros de selección. Teniendo en cuenta el proceso de construcción de la matriz de ranking de factores presentado previamente; a continuación, se plantean los argumentos relacionados con la asignación de puntajes para cada uno de los criterios respecto a las seis variedades de frutas seleccionadas:

2.1.1.1 Contenido de licopeno. De acuerdo a las ponderaciones calculadas por medio de la matriz de ranking de factores, el contenido de Licopeno cuenta con el porcentaje más alto, siendo este de 36%. Este valor se debe a que el compuesto de interés es el licopeno, de manera que si se cuenta con una materia prima con un bajo contenido de este dentro de su composición; se generará de entrada un impacto negativo en el proyecto puesto que desde un inicio de dispondrá de una cantidad mínima del mismo para efectuar la extracción.

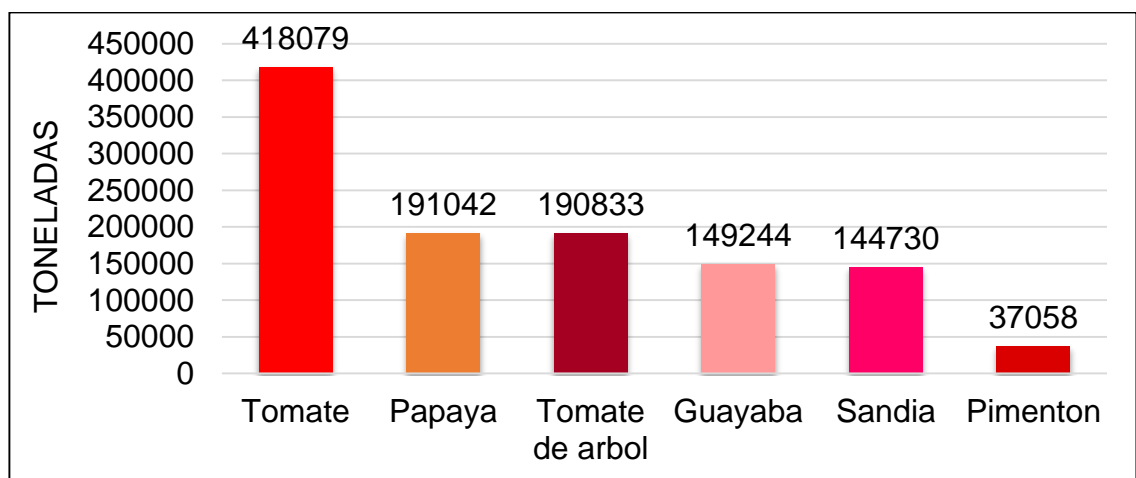
Respecto a este criterio el tomate presento la mayor calificación (10), debido a que cuenta con el valor más alto, (Ver marco teórico). En seguida se ubicaron la papaya, la guayaba, el pimentón y sandia con la misma puntuación (6), debido a que la

cantidad de Licopeno presente en estas frutas es muy similar. Finalmente, el tomate de árbol se situó en el último lugar con la calificación más baja (4) puesto que exhibe el contenido más bajo de licopeno de los seis residuos evaluados.

2.1.1.2 Cifras de producción en Colombia. El siguiente criterio a considerar fueron las cifras de producción en Colombia para cada una de las frutas y hortalizas; este cuenta con un porcentaje de relevancia del 27%.

En la gráfica 7 se observa un compilado de las cifras de producción en toneladas en el año 2017 para cada una de las frutas; teniendo en cuenta esta información, se determinaron los puntajes para cada una de las frutas respecto a este criterio en particular:

Gráfica 7. Producción hortofrutícola 2017 (Ton)



Fuente. elaboracion propia

En esta se puede observar que el tomate lleva la delantera respecto a este criterio puesto que cuenta con la producción más alta, por esta razón se le asigno una puntuación de 10; en seguida se encuentran la papaya y el tomate de árbol con una puntuación de 8, cabe mencionar que estas dos últimas frutas presentan valores de producción cercanos. En tercer lugar, se encuentran la guayaba y la sandía, los cuales, al igual que la papaya y el tomate de árbol cuentan con una producción similar; de manera que a ambas se les asigno una puntuación de 6. En último lugar se ubica el pimentón con un puntaje de 4, debido a que la producción de esta fruta se considera regular.

2.1.1.3 Contenido de agua. Como se mencionó previamente el contenido de agua de la fruta es una característica relevante, relacionada con el tiempo de desarrollo del proceso y el favorecimiento del crecimiento microbiano; sin embargo,

se encuentra por debajo en relevancia respecto a criterios como el contenido de Licopeno y las cifras de producción por lo cual cuenta con un porcentaje de 18%.

Teniendo en cuenta la información planteada en el marco teórico se puede observar que los valores para cada una de las frutas son similares; sin embargo, el tomate y la sandía presentan el menor puntaje (2) debido a que cuentan con un mayor contenido de agua; en seguida se ubica la papaya, el tomate de árbol y el pimentón con valores muy cercanos; a estos se les asignó una puntuación de 4. Finalmente la guayaba se ubica en primer lugar con una puntuación de 6 debido a que es la fruta que presenta una menor cantidad de agua.

2.1.1.4 Tamaño del fruto . El criterio del tamaño del fruto al no ser un criterio de gran relevancia cuenta con un porcentaje de 9%. En relación a dicho criterio la papaya presenta la mejor puntuación (10) debido a que se puede disponer de toda la fruta incluyendo la cascara; a continuación, se posiciona la sandía con un valor de 8. En seguida el pimentón y el tomate de árbol con una puntuación de 6, a causa de su tamaño similar. Finalmente se encuentra la guayaba con un valor de 2, siendo este el más bajo de todos los frutos.

Es importante aclarar que, para la sandía, el tomate de árbol y la guayaba; durante el proceso de extracción será necesario retirar la cascara de estas frutas lo que implica una reducción en la materia prima disponible para estas, por esta razón las puntuaciones dadas disminuyeron para el caso de la sandía y la guayaba; y para el caso del tomate de árbol se igualó a la del pimentón, puesto que esta última no requiere la remoción de la cascara.

2.1.1.5 Facilidad en la separación de las semillas. El último criterio evaluado corresponde a la facilidad en la separación de las semillas; este cuenta con el mismo porcentaje que el tamaño de fruto siendo este del 9%.

Para este caso la papaya y el pimentón presentan los mejores puntajes (10) debido a que todas las semillas se encuentran concentradas en una misma sección del fruto, de modo que son de fácil remoción; en seguida se posicionan todas las demás frutas con un puntaje bastante bajo (2) debido a que para todos estos frutos la remoción de las semillas es un proceso complejo, dado que estas, además de tener un tamaño reducido, se encuentran esparcidas al rededor del fruto lo que implica que no sean de difícil remoción; esto genera a su vez un incremento en el tiempo de proceso representando una desventaja.

La remoción de las semillas es un proceso necesario puesto que, como se mencionó previamente estas nos tienen ningún aporte de licopeno y además debido a que es necesario realizar un proceso de trituración de la fruta, el hecho de conservarlas en el proceso implicaría la posible extracción de compuestos presentes en dicha zona del fruto.

2.2 RESIDUOS SELECCIONADOS

Teniendo en cuenta el proceso de selección de residuos planteado previamente y el desarrollo de la matriz de ranking de factores; se obtuvieron valores totales de 78,76 y 60; para el tomate, papaya y pimentón respectivamente.

El tomate lleva la delantera puesto que es la fruta con el mayor contenido de licopeno y las mejores cifras de producción; además, debido a que estos dos criterios presentan los dos mayores porcentajes de ponderación, se generara un gran impacto en el valor total obtenido.

En segundo lugar se ubico la papaya, esto se debe a que cuenta con buenos puntajes respecto a las cifras de producción, el tamaño del fruto y la facilidad en la separación de las semillas. Sin embargo, a pesar de que cuenta con buenos puntajes en una mayor cantidad de criterios respecto al tomate, el valor total de la papaya es menor, puesto que los criterios de tamaño del fruto y facilidad de separación de las semillas cuentan con el porcentaje de ponderación mas bajo, lo que ocasiona que el impacto sea un poco menos significativo.

En tercer lugar se posiciona el pimentón, el cual presenta puntaje ligeramente buenos y regulares para la mayoría de los criterios evaluados, generando que se obtenga un valor total de 60 para este residuo.

Debido a que dichos valores totales obtenidos fueron los más altos, teniendo en cuenta los seis residuos evaluados; se consideraron estos tres residuos como los más adecuados para el desarrollo del proceso.

En el cuadro 1 se presenta la matriz de ranking de factores final:

Cuadro 1. Matriz ranking de factores

FACTORES		<i>Contenido de licopeno</i>	<i>Cifras de produccion</i>	<i>Contenido de agua</i>	<i>Tamaño fruto</i>	<i>Facilidad en separación de semillas</i>	VALOR TOTAL
CONTEO		4	3	2	1	1	
PONDERACION (%)		36%	27%	18%	9%	9%	
Tomate	Puntuación	10	10	2	2	2	78
	Calificación	40	30	4	2	2	
Papaya	Puntuación	6	8	4	10	10	76
	Calificación	24	24	8	10	10	
Tomate de arbol	Puntuación	2	8	4	6	2	48
	Calificación	8	24	8	6	2	
Guayaba	Puntuación	6	6	6	2	2	58
	Calificación	24	18	12	2	2	
Sandia	Puntuación	6	6	2	8	2	56
	Calificación	24	18	4	8	2	
Pimenton	Puntuación	6	4	4	6	10	60
	Calificación	24	12	8	6	10	

Fuente: elaboración propia

A continuación, las ecuaciones relacionadas con los cálculos asociados a la construcción de la matriz, así como un ejemplo del mismo:

Ecuación 1. Calificación criterio

$$Calificación_{criterio} = Puntuacion * Conteo$$

Fuente. VERA, Duvian. Diseño del proceso [Diapositivas]. Bogotá D.C.: Universidad américa, 2019. 42 Diapositiva

Ecuación 2. Cálculo puntaje total fruta

$$Total\ fruta = \sum Calificaciones_{criterios}$$

Fuente. VERA, Duvian. Diseño del proceso [Diapositivas]. Bogotá D.C.: Universidad américa, 2019. 42 Diapositiva

Ecuación 3. Ejemplo cálculo de valor total para el tomate

$$\begin{aligned} Calificación_{criterio} &= 10 * 4 = 40 \\ Total\ tomate &= 40 + 30 + 4 + 2 + 2 = 78 \end{aligned}$$

Fuente. VERA, Duvian. Diseño del proceso [Diapositivas]. Bogotá D.C.: Universidad américa, 2019. 42 Diapositiva

3. CAPITULO II: SELECCIÓN METODO DE EXTRACCION

En la literatura se presentan diversos métodos para efectuar el proceso de extracción de Licopeno; sin embargo, con el fin de seleccionar el procedimiento más adecuado, se diseñó una tabla comparativa, a través de la cual se escogieron dos métodos para su posterior evaluación en una etapa pre-experimental, en la que se evaluó el comportamiento de dichos métodos, empleando como materia prima residuos de tomate.

En el capítulo mostrado a continuación se presenta dicho proceso de selección, así como los resultados y el análisis obtenidos producto del desarrollo pre-experimental efectuado, adicionalmente se plantea el método opcionado junto con las condiciones y el solvente escogidos para el adecuado desarrollo del mismo.

3.1 PROCESO DE SELECCIÓN DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN A EVALUAR

Tal como se mencionó previamente, existen diferentes métodos que pueden emplearse para la extracción de carotenoides; algunos de estos han sido investigados profundamente durante décadas, mientras que otros se presentan como nuevas alternativas a los procesos convencionales

Con el objetivo de realizar una selección pertinente del método que será empleado en la extracción de Licopeno; en primer lugar se realizó una extensiva búsqueda bibliográfica respecto a diversos métodos de extracción, de esta búsqueda se seleccionaron cuatro métodos (extracción enzimática, extracción asistida por ultrasonido (UAE), extracción soxhlet y extracción asistida por microondas); los cuales se sometieron a un proceso comparativo mediante el desarrollo de una tabla teniendo en cuenta cuatro criterios de selección, a partir de la construcción de dicha tabla se seleccionados dos métodos. Estos métodos escogidos se evaluaron de forma experimental, empleando como materia prima los residuos de tomate y realizando variaciones en las condiciones de proceso y en el tipo de solvente extractante; de esta evaluación se concluyó con la elección de un único método. Adicionalmente se realizó la comprobación del modelo de cuantificación propuesto, esto con el fin de garantizar la presencia del compuesto de interés en las oleorresinas obtenidas

Cabe aclarar que para esta etapa se decidió realizar la evaluación de los métodos sobre los residuos de tomate, debido a que esta fruta se caracteriza por tener un elevado contenido de Licopeno dentro de su composición y además, se han desarrollado numerosos estudios respecto a la extracción de este carotenoide, partiendo de dicha fruta.

3.2 ANÁLISIS ATRIBUTOS DE SELECCIÓN

Como se menciono anteriormente el primer paso del proceso de selección consistió en la construcción de una tabla comparativa; para ello fue necesario centrar la mirada en el comportamiento de los cuatro métodos escogidos respecto a cuatro diferentes criterios los cuales se consideraron como factores influyentes y diferenciadores respecto a cada uno de los métodos.

A través de estos cuatro criterios se permitió efectuar una adecuada comparación de dichos métodos teniendo en cuenta tanto los beneficios, como las desventajas que estos generaban de cara a los criterios seleccionados.

A continuación, se presenta el cada uno de estos criterios o atributos, así como la importancia de los mismos en el proceso comparativo:

3.2.1 Relación material vegetal/solvente. La relación material vegetal/solvente vincula la cantidad de solvente a utilizar en mililitros, teniendo en cuenta los gramos de materia prima disponible. Este criterio es relevante debido a que permite tener un estimado del volumen de solvente requerido, para el adecuado desarrollo del método y además permite vislumbrar un impacto en términos de costo; debido que, si se presenta una relación mas elevada, el costo del método tendrá un leve incremento puesto que se necesitará una mayor cantidad de solvente para efectuar la extracción.

3.2.2 Rendimiento teórico. En relación al rendimiento teórico, este criterio es relevante debido a que permite contar con un estimado respecto al comportamiento del método durante el proceso de extracción; asegurando, de cierto modo la obtención del compuesto de interés.

3.2.3 Peligrosidad del solvente. El criterio de peligrosidad del solvente esta relacionado con la seguridad del producto final y el interés en la creación de productos amigables. De esta manera a través de la consideración de este criterio, se busca optar por metodologías que permitan el uso de solventes seguros.

3.2.4 Costo del método de extracción. Por otra parte, es importante relacionar como uno de los criterios el costo del método de extracción, debido a que a través del estudio de esta variable se puede analizar la facilidad en implementación del método de extracción por parte de la empresa Asava Colombia. De esta manera se optará por metodologías económicas de fácil implementación.

3.3 TABLA COMPARATIVA

De acuerdo a la información presentada en el marco teórico, se elaboró una la tabla comparativa

Cuadro 2. Selecccion metodos de extracción

METODOS	ATRIBUTOS			
	Relación material vegetal/ solvente	Rendimiento teórico	Peligrosidad del solvente	Costo del método
Soxhlet	1:6 ²⁴⁰	35% ²⁴¹	Acetato, Etilacetato, Etanol, Hexano, Metanol, Diclorometano, Cloroformo. ²⁴² (calificación de riesgos de acuerdo a pictograma de seguridad de 1-2)	\$279.010,134/kg ²⁴³
Ultrasonido	1:35 ²⁴⁴ 1:2 ²⁴⁵ 1:8 ²⁴⁶ 1:20 ²⁴⁷	81,75 % ²⁴⁸ 89,4% ²⁴⁹	Etanol, Hexano, Metanol, Acetato, Etilacetato, Diclorometano, Cloroformo. ²⁵⁰ Aceites vegetales ²⁵¹ (calificación de riesgos de acuerdo a pictograma de seguridad de 1-2)	\$226.253,87/kg ²⁵²

²⁴⁰ CARDONA. Op. Cit., p.46

²⁴¹ *Ibíd.*, p.48

²⁴² RANVEER. Lycopene: A Natural Red Pigment. En: Natural and Artificial Flavoring Agents and Food Dyes. Op. Cit., p.433,435-436

²⁴³ SAINI. Op. Cit., p. 96

²⁴⁴ KUMCUOGLU. Op. Cit., p. 4105

²⁴⁵ LIAO. Op. Cit., p.2288

²⁴⁶ LIANFU. Op. Cit., p.731

²⁴⁷ RAHIMI. Op. Cit., p. 16

²⁴⁸ *Ibíd.*, p. 1033

²⁴⁹ LIANFU. Op. Cit., p. 736

²⁵⁰ WEN. Op. Cit., p. 549

²⁵¹ RAHIMI. Op. Cit. p. 1033

²⁵² VIERA, Gláucia, *et al.* Chemical and economic evaluation of natural antioxidant extracts obtained by ultrasound-assisted and agitated bed extraction from jussara pulp (*Euterpe edulis*). Journal of food engineering [En línea]. 2013, Noviembre,119(2), 196-204 [Consultado 3 abril 2019], ISSN 0260-8774. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2013.05.030

Cuadro 2. (Continuación)

METODOS	ATRIBUTOS			
	Relación material vegetal/ solvente	Rendimiento teórico	Peligrosidad del solvente	Costo del método
Microondas	1:1 ²⁵³	13 mg/ 100 g ²⁵⁴	Acetato, Etilacetato, Etanol, Hexano, Metanol, Diclorometano, Cloroformo. ²⁵⁵ Gosipol, Acetonitrilo. ²⁵⁶ (calificación de riesgos de acuerdo a pictograma de seguridad de 1-2)	\$27.869,90/h ²⁵⁷
Enzimático	1:6 ²⁵⁸	75,6% (85-90%) ²⁵⁹	Acetato, Acetonitrilo, Etilacetato, Etanol, Hexano, Metanol, Diclorometano, Cloroformo. ²⁶⁰ (calificación de riesgos de acuerdo a pictograma de seguridad de 1-2)	\$201.000/Kg (enzima) ²⁵⁷

Fuente. elaboración propia

²⁵³ HO. Op. Cit., p. 1-17²⁵⁴ HO. Op. Cit., p. 3-4²⁵⁵ LEONELLI, Op. Cit., p.3²⁵⁶ HUAT. Op. Cit., p.75-86²⁵⁷ CORREA. Op. Cit., parr. 4²⁵⁸ ZUORRO. Op. Cit., p. 1854²⁵⁹ ZUORRO. Op. Cit., p. 1855-1857²⁶⁰ RANVEER. Lycopene: A Natural Red Pigment. Op. Cit., p.8

A partir de la información recopilada en la tabla comparativa, se procedió a seleccionar los dos métodos de extracción que serían posteriormente evaluados de forma experimental; para ello se tuvo en cuenta como uno de los criterios de selección más importantes, el rendimiento teórico de cada uno de los métodos; teniendo en cuenta este aspecto la UAE y el método de extracción enzimático, se presentan como las mejores alternativas, debido a que poseen los valores más altos para este criterio; siendo estos de aproximadamente 89% y 76% respectivamente.

El siguiente criterio a considerar fue la peligrosidad del solvente, la cual es similar para todos los métodos, a excepción del método de microondas, el cual emplea sustancias tóxicas tales como el acetonitrilo y gosispol, lo que implica una desventaja para esta técnica. Es importante mencionar que el método destacado respecto a este criterio corresponde a la UAE, puesto que existen estudios en los que se prueba la efectividad de aceites vegetales en la extracción de biocompuestos²⁶¹, lo que suma una ventaja a esta metodología de extracción en particular. Adicionalmente, cabe aclarar que este aspecto presenta una relevancia similar al criterio de rendimiento teórico, debido a la finalidad que tiene la oleoresina obtenida del proceso de extracción.

Respecto a la relación material vegetal solvente, los valores presentados por diversos autores para los cuatro métodos son muy similares, sin embargo, los que se encuentran en una mejor posición en relación a este atributo son la UAE y la extracción por microondas, debido a que cuentan con las menores relaciones, lo que implica un menor gasto de solvente durante el proceso.

Por otra parte, en relación al costo del método, la extracción enzimática y la extracción por microondas presentan los valores más bajos en comparación a las demás técnicas.

Teniendo en cuenta que la UAE y el método de extracción enzimática, se destacan como los dos mejores métodos de extracción, considerando los cuatro criterios presentados, se decidió seleccionar dichas técnicas de extracción, para ser evaluadas en la etapa pre-experimental. Cabe aclarar que a pesar de que el UAE y la extracción por microondas presentaban características muy similares respecto a los atributos considerados, se decidió optar por el método UAE debido a que como se mencionó previamente este cuenta con estudios a través de los cuales se ha evaluado la efectividad del uso de aceites vegetales en la extracción lo que hace este método más seguro en comparación a la extracción por microondas.

²⁶¹ RAHIMI. Op. Cit. p. 1033

3.4 MATERIA PRIMA ENSAYOS PRELIMINARES

Posterior a la selección de los dos métodos de extracción a partir de la tabla comparativa, se procedió a evaluar dichos métodos a través de un desarrollo pre-experimental, tal y como se ha mencionado previamente.

Para ello, se buscaron residuos de tomate en diversas plazas de mercado tanto mayoristas como minoristas, haciendo especial énfasis en aquellos residuos que presentaban un grado de maduración elevado.

Los residuos de tomates empleados en los la etapa pre-experimental se obtuvieron específicamente de la plaza de mercado mayorista de Paloquemao y la plaza minorista Mega Fruver la Gran Plaza ubicadas en la Calle 19 #25-02, Bogotá D.C y la Calle 1 #68^a-31 Bogotá D.C respectivamente. En estos lugares se seleccionaron aquellos ejemplares que presentaban defectos respecto a la forma, color, magulladuras, manchas, grietas, picaduras del tipo tomate chonto y tomate milano y enseguida se dispusieron en bolsas plásticas de polietileno de baja densidad. Los residuos fueron recibidos y llevados a los laboratorios del Tecnoparque SENA, donde se realizó un nuevo proceso de selección a través del cual se tuvieron en cuenta únicamente aquellos frutos, con grado de coloración roja y grado de coloración avanzada (3/4 pintón) de acuerdo a la NTC 1103-1. Cabe mencionar que los tomates con sobre maduración y/o presencia significativa de hongos fueron desechados puesto que su estado no permitió que fueran empleados para el proceso de extracción.

En el cuadro 3 se presentan los grados de coloración en la madurez del tomate especificados en la NTC 1103-1:

Cuadro 3. Grados de coloración en la madurez del tomate

Grado	Descripción
Verde	La superficie del tomate esta completamente verde y el fruto ha alcanzado su tamaño máximo. El tono puede variar de claro a oscuro.
Coloración incipiente (1/4 pintón)	Cuando muestra un cambio definido de color, de verde a amarillo opaco, rosado o rojo claro pero en no más del 30% de la superficie.
Coloración media (Medio pintón)	Cuando muestra entre 30 y 60% de la superficie un color rosado o rojo.
Coloración avanzada (3/4 pintón)	Cuando muestra más del 60% de la superficie un color rosado-rojizo o rojo, pero el fruto aún no está totalmente rojo.
Rojo	Cuando ha desarrollado un color rojo intenso en toda la superficie.

Fuente. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Industrias alimentarias. Tomate de mesa. NTC 1103-1. Bogotá D.C.: El instituto, 1995. I.C.S.: 67.080.20; 55.220.00

En la imagen 1 se presenta la materia prima empleada en los ensayos preliminares (residuos de tomate):

Imagen 1. Materia prima para ensayos preliminares (residuos de tomate)



Fuente: elaboración propia

Para la evaluación de ambos métodos de extracción (UAE y extracción enzimática) se empleó tanto la misma materia prima, como los mismos solventes; sin embargo para la evaluación del método de extracción enzimática se empleó la enzima Poligalacturonasa, la cual fue proporcionada por la empresa Novozymes. Las especificaciones de la misma se encuentran en el Anexo A.

3.4.1 Solventes evaluados. Para el completo desarrollo del proyecto se estudió la posibilidad de utilizar gran variedad de solventes, esto con el fin de escoger el más adecuado para la correcta realización del proceso de extracción. De esta manera dentro del desarrollo de la etapa pre-experimental se tuvo en cuenta el uso de cuatro diferentes solventes, los cuales corresponden a: aceite de ricino, aceite de coco, aceite de almendras dulces y aceite de oliva.

Dentro de los factores determinantes que se tuvieron en cuenta para seleccionar los solventes a evaluar se encuentra, la toxicidad que de los mismos; de manera que se descartó el uso de solventes convencionales como acetonitrilo, etanol, etano²⁶², hexano, metanol, diclorometano, cloroformo, entre otros²⁶³ y la mezcla de estos, debido a que, aunque han sido bastante utilizados en la extracción de distintos carotenoides estos; presentan valores de inflamabilidad y toxicidad que no pueden ser permitidos en un producto para labios y mejillas, lo que implica que deben ser eliminados al final de la extracción, por medio evaporación a altas temperaturas; sin

²⁶² VALLEJO, Jhon Jairo; MESA, Monica y GALLARDO, Cecilia. Evaluation of the avobenzone photostability in solvents used in cosmetic formulations. *Vitae*. [En línea] 2011, Enero-Abril, 18(1), 63-71. [Consultado 30 marzo 2019]. ISSN 0121-4004. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v18n1/v18n1a09.pdf>

²⁶³ *Ibíd.*, p. 94

embargo esto genera desnaturalización en el licopeno lo que ocasionaría pérdida en las propiedades benéficas que este puede ofrecer.

Es por lo ya mencionado que se opta por el uso de aceites vegetales, los cuales se proponen como una alternativa adecuada en comparación a los solventes convencionales, siendo estos una opción más amigable a los procesos de extracción, cumpliendo de igual manera con los requerimientos de la industria cosmética. En el artículo “The role of fats and oils in cosmetics” realizado por Berdick²⁶⁴ se hace referencia a los beneficios antioxidantes e hidratantes derivado del uso de algunos aceites, tales como el de ricino, soya, oliva, coco o almendras, en productos de la industria cosmética.

Los aceites que se pueden encontrar en la formulación de gran variedad de productos de la industria cosmética; los cuales, además funcionan como solventes extractantes son el aceite de coco, oliva, ricino y almendras, dado a que tienen una amplia gama de propiedades nutricionales además de los beneficios antioxidantes e hidratantes que pueden ofrecer²⁶⁵; por esta razón se opta por realizar la evaluación de los métodos de extracción, empleando estas cuatro opciones.

A continuación, se realiza una breve descripción de los cuatro aceites evaluados:

3.4.1.1 Aceite de ricino. Se obtiene a partir de las semillas de la planta *Ricinus communis*, la cual es un arbusto de tallo grueso y leñoso, dichas semillas suelen ser tóxicas; sin embargo, al efectuar la extracción del aceite, se da una pérdida en la toxicidad y una mejora en las propiedades nutraceúticas²⁶⁶. Este compuesto presenta una alta viscosidad siendo esta de 252,1 cP a 40°C; cabe mencionar que esta propiedad fue hallada empleando un viscosímetro de la marca Fungilab, para un usillo L2.

De igual manera este aceite presenta una densidad de 0,93 g/ml para la cual se determinó empleando el mismo procedimiento utilizado para la determinación de la densidad de la oleoresina obtenida (Ver sección 4.4.2); adicionalmente este presenta un punto de fusión de -10°C a 18°C²⁶⁷ y un punto de ebullición de 313

²⁶⁴ BERDICK, Murray. The role of fats and oils in cosmetics. Journal of the american oil chemist's society. [En línea] 1972, Julio, 49(7), 406-408 [Consultado 25 abril 2018]. ISSN 1558-9331. DOI: 10.1007/BF02582522

²⁶⁵ REGITANO-D'ARCE, Marissa A.B. y FERREIRA, Thais M.. Fuentes de aceites y grasas. Temas selectos en aceites y grasas. Editorial Bluucher, 2009. 5-10 p. ISBN9788521204893

²⁶⁶ INTERNATIONAL JOURNAL OF TOXICOLOGY. Final Report on the Safety Assessment of Ricinus Communis (Castor) Seed Oil, Hydrogenated Castor Oil, ... [En línea] 2007, Mayo, 31(3), 31-77 [Consultado 30 abril 2019] ISSN: 1091-5818. DOI: 10.1080/10915810701663150

²⁶⁷ INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO. Aceite de ricino [Sitio web]. Torrelunga: INSST, Fichas de internacionales de seguridad química [Consulta 4 junio 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/1401a1510/nspn1452.pdf>

°C²⁶⁸. El proveedor de este aceite fue Farmacia Droguería San Jorge la cual se encuentra ubicada en la Calle 53 #13-64, en la ciudad de Bogotá D.C..

3.4.1.2 Aceite de coco. Es un aceite de origen vegetal, con apariencia sólida debido a que el 90% de su composición son ácidos saturados; presenta bastantes aplicaciones tanto a nivel alimenticio como a nivel cosmético, ya que posee vitamina E, vitamina K y una lenta capacidad de oxidación, que le proporciona una mayor vida útil²⁶⁹.

Presenta una viscosidad de 29,6 cP, la cual fue determinada mediante un viscosímetro Fungilab utilizando el usillo L2 y una densidad de 0,96 g/ml. Su punto de fusión es de 25°C y un punto de ebullición de 300 a 313 °C²⁷⁰. Para el desarrollo del proceso de extracción el aceite fue obtenido en la Farmacia Droguería San Jorge.

3.4.1.3 Aceite de almendras dulces. Se obtiene del fruto del árbol conocido como almendro, es utilizado ampliamente en distintas áreas tales como cosmética, alimenticia, salud, entre otras²⁷¹. Cuenta con una viscosidad de 12,94 cP y una densidad de 0,88 g/ml, además su punto de ebullición se encuentra arriba de los 180°C²⁷². Este aceite fue obtenido en Farmacia Droguería San Jorge.

Es importante aclarar que, para este aceite, la viscosidad fue proporcionada por el proveedor; sin embargo, esta se encontraba expresada en centistokes (cSt) por lo cual se realizó la conversión a viscosidad dinámica empleando la densidad, a continuación, se presenta la ecuación empleada:

Ecuación 4. Viscosidad cinemática

$$v = \frac{\eta}{\rho}$$

Fuente. MOTT, Robert L. Mecánica de fluidos. Pearson. [En línea] Prentice hall, Sexta edición, 2006. [Citado 15 mayo 2019] ISBN 970-26-0805-8. Disponible en: <https://deymerg.files.wordpress.com/2013/07/mecanica-de-fluidos-robert-mott-6ta-edicion.pdf>

²⁶⁸ *Ibíd.*, p.2-

²⁶⁹ ABEHSERA, Carlos. Aceite de coco, el elixir de la vida. Estados Unidos.: Kindle, 2014. 109 p. ASIN B00HUCU916

²⁷⁰ INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO. Aceite de ricino Op. Cit. p.2

²⁷¹ HERNANDEZ, Sandra y ZACCONI, Flavia C. M.. Aceite de almendras dulces: extracción, caracterización y aplicación. Química nova. [En línea] 2009, abril, 32(5). 1342-1345 [consultado 28 mayo 2019] ISSN 1678-7064. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n5/v32n5a44.pdf>

²⁷² INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO. Aceite de ricino Op. Cit. p.2.

3.4.1.4 Aceite de oliva. Este aceite es obtenido del fruto del olivo; a pesar de que es ampliamente utilizado en la industria alimentaria, este cuenta con diferentes usos y aplicaciones en otras industrias, debido a que cuenta con compuestos beneficiosos como lo es la vitamina E y polifenoles, lo cuales le conceden una capacidad antioxidante; además, cuenta con una adecuada cantidad de ácidos grasos que beneficia nutricionalmente el aceite ²⁷³. De acuerdo a varias empresas productoras de aceite de oliva como el grupo oleocampo, degustus y rey o jaimé éste presenta una apariencia viscosa, y una densidad aproximada de 0,916 g/mL a una temperatura entre 16 o 17°C, y un punto de humeo de aproximadamente 242°C. El aceite de oliva empleado durante la etapa pre-experimental, corresponde a la marca Sublime; sin embargo, es relevante aclarar que este aceite únicamente fue empleado en esta etapa; debido a que a temperaturas por debajo de 20°C el producto puede enturbiarse y debajo de 10°C puede producir partículas sólidas, de modo que se generaran dificultades en la oleoresina obtenida producto del proceso de extracción, pues esta debe almacenarse a bajas temperaturas para que pueda conservarse.

3.5 EQUIPOS ENSAYOS PRELIMINARES

Previo a la presentación del desarrollo de la etapa pre-experimental, es importante hacer mención de los equipos empleados en el desarrollo de esta etapa, así como de las especificaciones de los mismos; los cuales se presentan a continuación:

3.5.1 Preparación de la materia prima. Para realizar la adecuación de las materias primas, se empleó:

- Una balanza Lexus (imagen 2) con una masa máxima soportada de 7,5 kg, para realizar el pesaje de la materia prima sin acondicionar.
- Una licuadora Livingston fitmix con 18000 RPM (imagen 3), para asegurar la correcta trituración de la muestra.
- Un horno secador Nabertherm (imagen 4) con una temperatura de hasta 3000°C.
- Un procesador de alimentos Fitmix de 600 watt (imagen 5) a través del cual se molió la muestra por completo Cabe mencionar que el acondicionamiento de la materia prima se aplicó para todos los residuos evaluados tal y como se especifica en la sección 3.5.1:

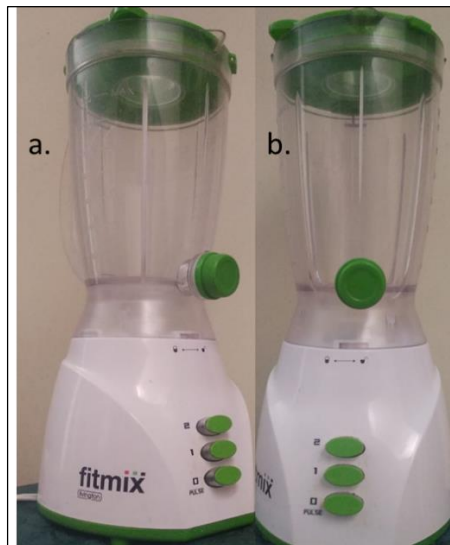
²⁷³ AVILA, Jesus. Enciclopedia del aceite de oliva. Barcelona: Altaya, 2006. 415 p. ISBN 84-487-1689-2

Imagen 2. Balanza Lexus



Fuente: elaboración propia

Imagen 3. a) Vista lateral licuadora fitmix b) Vista frontal licuadora fitmix



Fuente: elaboración propia

Imagen 4. Horno de secado para la eliminación de agua de la pasta del residuo



Fuente: elaboración propia

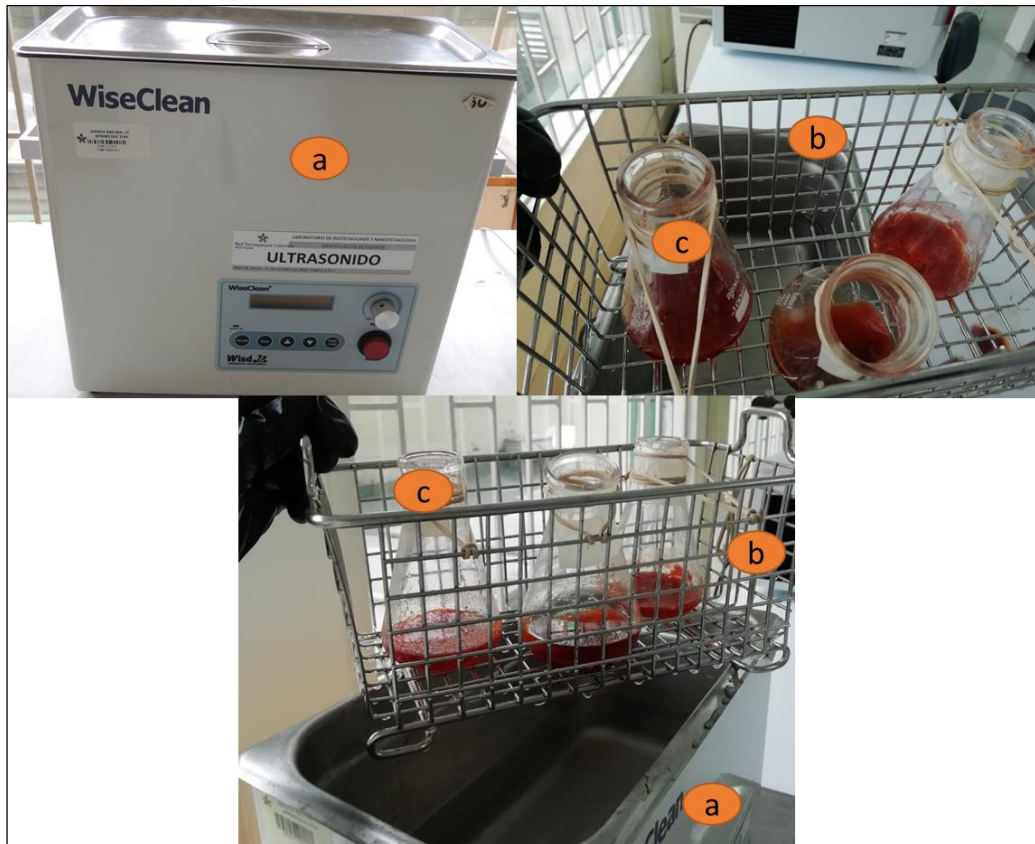
Imagen 5. a) Vista frontal del procesador de alimentos fitmix. b) Vista lateral del procesador fitmix. c. Vista superior del procesador fitmix



Fuente: elaboración propia

3.5.2 Montaje extracción asistida por ultrasonido. El montaje requerido para el desarrollo de este método, presentado en la imagen 6; este consiste en un baño ultrasónico de la marca WiseClean, con potencia de hasta 150 W, temperatura variable de máximo 80°C y frecuencia estándar de 40 kHz, el cual contiene además una canasta en aluminio, adicionalmente se precisó el uso de diferentes matraces o recipientes con tapa en los cuales se colocó la muestra:

Imagen 6. Montaje para el método por baño ultrasónico



Fuente: elaboración propia

En donde:

- a. Baño ultrasónico WiseClean
- b. Canasta aluminio
- c. Matraces

Adicionalmente se requirió el uso de una balanza analítica ADAM® (imagen 7) con lectura de cuatro decimales para mayor exactitud; esta se empleó para efectuar el pesaje de la materia prima acondicionada:

Imagen 7. Balanza analítica



Fuente: elaboración propia

De igual manera se requirió el uso de una centrifuga HERMLE Z 326 K U(imagen 8) de hasta 6000 RPM con control de temperatura, para efectuar separar el material solido de la oleoresina obtenida:

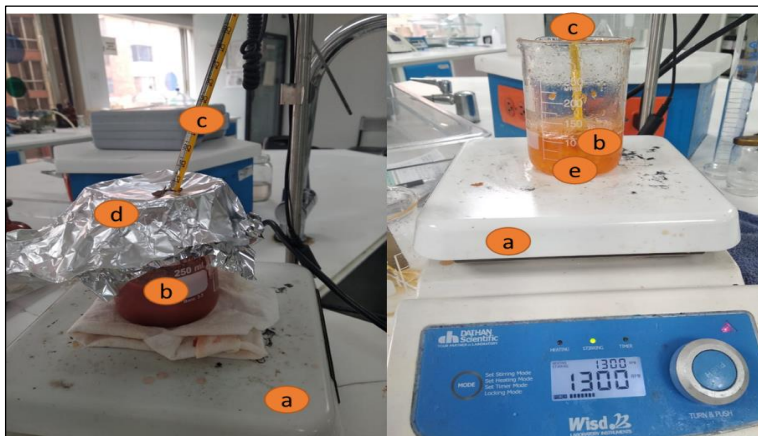
Imagen 8. Centrifuga



Fuente: elaboración propia

3.5.3 Montaje extracción enzimática. Para este montaje se empleó una plancha de calentamiento Wisd, con control de agitación y temperatura, como fuente de energía y agitación; un beaker de 250 ml como recipiente para la incubación de la enzima y la preparación de la solución; un termómetro; papel aluminio para impedir el paso de la luz y la perdida de calor y un agitador magnético. En la imagen 9 se presenta el montaje correspondiente a este proceso de extracción:

Imagen 9. Montaje para la extracción por método enzimático



Fuente: elaboración propia

En donde:

- a. Plancha de calentamiento
- b. Baker de 250 ml
- c. Termómetro de mercurio
- d. Papel aluminio
- e. Agitador magnético

3.5.4 Cuantificación licopeno. Para efectuar la cuantificación del licopeno extraído en la oleorresina obtenida se emplea un espectrofotómetro JENWAY 6320D (imagen 10) con un rango de longitud de onda entre 300 y 600 nm:

Imagen 10. Espectrofotómetro



Fuente: elaboración propia

3.6 EVALUACIÓN MÉTODOS DE EXTRACCIÓN

Como se mencionó previamente, durante esta etapa se realizó la evaluación de dos métodos de extracción, con el fin de determinar el más adecuado para la obtención de Licopeno; dichos métodos fueron: UAE y extracción enzimática. Adicionalmente se pusieron a prueba cuatro solventes extractantes: aceite de oliva, aceite de coco, aceite de ricino y aceite de almendras dulces; teniendo en cuenta la naturaleza del carotenoide y el uso que se le iba a dar a este. Es importante aclarar que en esta etapa se empleó como materia prima para los procesos de extracción residuos de tomate.

Para los métodos propuestos diferentes autores plantean diversas condiciones de operación, las cuales se tuvieron en cuenta para la realización de los ensayos; sin embargo, durante el proceso se propusieron algunos cambios en dichas variables con el fin de mejorar el proceso y determinar el mejor escenario para la extracción. De esta manera a través de la realización de esta etapa se buscó seleccionar un proceso ambientalmente amigable, con un buen rendimiento de extracción, rápido y de fácil desarrollo.

A continuación, se presentan las especificaciones para el desarrollo de cada uno de estos métodos:

3.6.1 Acondicionamiento materia prima. Para efectuar la extracción fue necesario realizar un proceso previo de acondicionamiento de la materia prima para facilitar y mejorar la obtención de licopeno. Es importante aclarar que el proceso de acondicionamiento de la materia prima se realizó para los dos métodos de extracción evaluados, omitiendo únicamente el proceso de tamizado para la extracción enzimática.

Ranveer, et al.²⁷⁴ y Rahimi, et al.²⁷⁵ plantean tanto para la extracción enzimática como para la UAE, el proceso de secado de la muestra como una operación unitaria previa a la extracción a temperaturas de 50°C o 40°C respectivamente. Rahimi, et al. proponen para la extracción asistida por ultrasonido, una reducción en el tamaño de partícula de la muestra junto con la realización de un proceso de tamizado empleando únicamente aquellos tamaños de partícula de aproximadamente 250 μm ²⁷⁶.

²⁷⁴ RANVEER. Effect of different parameters on enzyme-assisted extraction of lycopene from tomato processing waste. Op. Cit. p.371

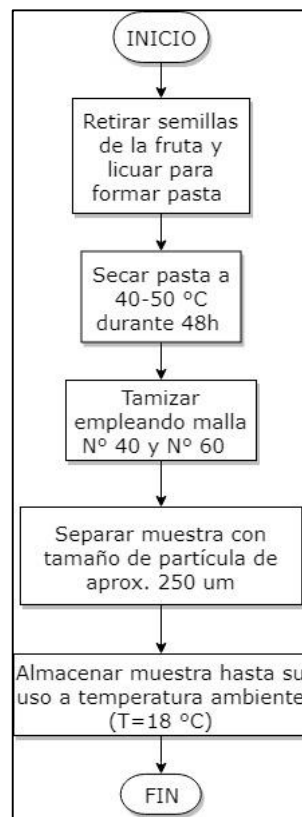
²⁷⁵ RAHIMI. Op. Cit., p. 4

²⁷⁶ RAHIMI. Op. Cit., p. 5

Rahimpour & Dinani²⁷⁷ por su parte también plantean un proceso de molienda, pero no un proceso de tamizado; por lo cual para el proceso de extracción enzimática no se realizó dicha operación unitaria.

Teniendo en cuenta estos estudios, el acondicionamiento realizado sobre la materia prima fue el siguiente:

Diagrama 2.
Acondicionamiento materia prima



Fuente: elaboración propia

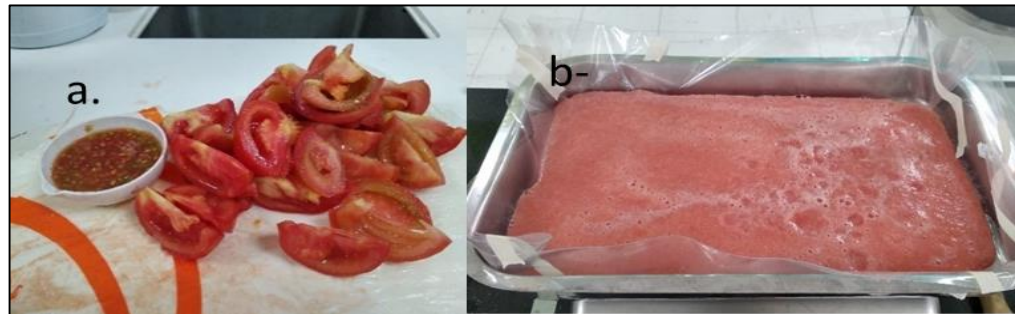
Los residuos de tomate seleccionados de acuerdo a los especificado en previamente, se trocearon con el fin de retirar las semillas pues estas no cuentan con Licopeno por lo cual no son de gran relevancia para el proyecto²⁷⁸. Posteriormente, los trozos fueron licuados obteniendo una pasta; la cual fue

²⁷⁷ RAHIMPOUR, Shamim y TAGHIAN DINANI, Somayeh. Lycopene extraction from tomato Processing waste using ultrasound and cell-wall degrading enzymes. Journal of food measurement and characterization [En línea]. 2018,diciembre, 12(4), 2394-2403. [consultado 25 abril 2019]. ISSN 2193-4134. DOI: 10.1007/s11694-018-9856-7

²⁷⁸ RANVEEER. Lycopene: A Natural Red Pigment. Op. Cit., p.432

colocada en un horno de secado una temperatura de entre 40°C-50°C durante 48h para disminuir el contenido de agua de la muestra.

Imagen 11. Acondicionamiento de materia prima. a) Residuos troceados y sin semillas b) residuos licuados (pasta)



Fuente: elaboración propia

A continuación, se tomó la pasta seca y se realizó una reducción en el tamaño de partícula de esta mediante el uso de un procesador de alimentos; enseguida se efectuó un proceso de tamizado empleando mallas N°40 y N°60. De acuerdo a lo mencionado previamente, algunos autores destacan el uso de tamaños de partícula de 250 μm ; sin embargo, durante el desarrollo de la etapa pre-experimental se decidió evaluar el efecto del tamizado en la UAE, para lo cual se usaron también muestras obtenidas en la malla 40 (450 μm), malla 60 (250 μm), en el fondo del tamiz (< 250 μm); adicionalmente se realizó una prueba en la cual se omitió el proceso de tamizado; con el fin de analizar la incidencia del tamaño de partícula en el contenido de licopeno de la oleorresina final. La imagen 12 muestra el proceso de molienda o reducción de tamaño de partícula de la muestra:

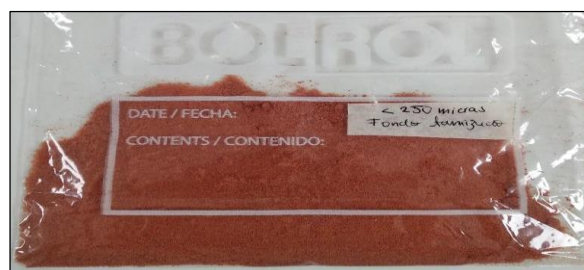
Imagen 12. Reducción tamaño de partícula de la muestra



Fuente: elaboración propia

Posterior al proceso de tamizado la muestra fue almacenada en una bolsa tipo Ziplock a temperatura ambiente (imagen 13). Rahimi, et al sugiere que esta sea almacenada bajo refrigeración a 4 °C²⁷⁹, sin embargo, a estas condiciones la muestra incrementa su porcentaje de humedad con lo cual se desfavorece el secado realizado en etapas anteriores.

Imagen 13. Muestra final acondicionada



Fuente: elaboración propia

3.6.2 UAE. El primer método evaluado en la etapa pre-experimental correspondió al proceso de UAE; para el desarrollo de este se tuvieron en cuenta las condiciones planteadas por tres diferentes autores; sin embargo, como se mencionó previamente durante la realización de los ensayos se decidió realizar variaciones sobre algunas de las variables de la extracción, tales como temperatura, tiempo y potencia, con el fin de mejorar el desarrollo de los mismos, debido a que dichas variables tienen incidencia en el rendimiento del proceso (Ver tabla 5). En la tabla 8 mostrada a continuación se presenta un resumen de las condiciones que se tuvieron en cuenta.

Tabla 8. Condiciones de operación extracción UAE

Autor	Relación material vegetal/ solvente (w/v)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Potencia (W) o intensidad ultrasónica (W/m ²)	Frecuencia (kHz)
Rahimi & Mikani ²⁸⁰	1:20	N. R*	10	70	W/m ² N. R
Lianfu & Zelong ²⁸¹	1:8	86.4	29.1	50	W 40
Kumcuoglu, et al ²⁸²	1:35	5	30	90	W 24

Fuente: elaboración propia

*N.R. No reportado

²⁷⁹ RAHIMI. Op. Cit., p.5

²⁸⁰ RAHIMI. Op. Cit.,p. 5

²⁸¹ LIANFU. Op. Cit.,p. 731

²⁸² KUMCUOGLU. Op. Cit.,p.4106

Para la realización del proceso de UAE, el primer paso consistió en el pesaje de una cantidad determinada de muestra seca de tomate de acuerdo a la relación material vegetal/solvente estipulada previamente para el ensayo (1:8 w/v), a continuación, se agregó el solvente extractante y se mezcló en un recipiente, el cual se colocó posteriormente dentro del baño ultrasónico encargado de realizar el proceso de extracción. Enseguida, se ajustaron las condiciones de temperatura, tiempo y potencia para el baño y luego se ubicó el recipiente con la mezcla realizada previamente dentro del baño (imagen 14); finalmente se encendió el equipo para efectuar la extracción.

Imagen 14. Muestra en baño ultrasónico



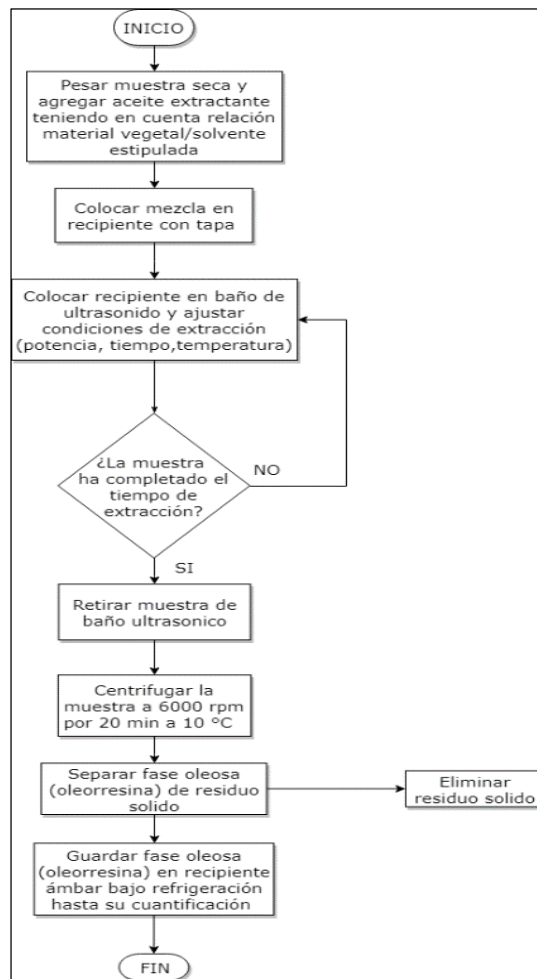
Fuente: elaboración propia

Después de transcurrido el tiempo de proceso, el recipiente fue retirado del baño ultrasónico y el contenido de este fue centrifugado a 6000 rpm durante 20 min a una temperatura de 10°C con el fin de separar el material sólido y la oleorresina, la cual contiene el Licopeno extraído. Enseguida el material sólido fue desechado y la oleorresina fue envasada en recipientes ámbar bajo refrigeración ($T=4^{\circ}\text{C}$), con el fin de evitar degradación del carotenoide por efectos de luz y/o temperatura. Este proceso se realizó con cada uno de los solventes extractantes especificados previamente (aceite de coco, aceite de oliva, aceite de ricino, aceite de almendras dulces).

Es importante mencionar que, a pesar de que se efectuaron variaciones en la condición de proceso, el paso a paso que se tuvo en cuenta para el desarrollo de los diferentes ensayos y evaluaciones respecto al método de UAE, siempre fue el mismo para cada una de dichas variaciones. A excepción de aquellas pruebas en las que se empleó el aceite de coco como solvente extractante; para las cuales fue necesario hacer el proceso de centrifugado a una temperatura de 30°C debido a que a con las condiciones estipuladas para esta variable, la muestra se solidificaba evitando la separación del material sólido de la oleorresina.

A continuación se presenta la metodología empleada para la realización del método 1:

Diagrama 3. Metodología extracción UAE



Fuente: elaboración propia

En términos generales se realizaron tres ensayos para la determinación de las condiciones adecuadas para la realización del proceso de extracción; posteriormente se evaluaron únicamente los cuatro tipos de solventes escogidos, empleando las condiciones seleccionadas y finalmente se evaluó el efecto del tamizado, para lo cual se emplearon muestras de materia prima acondicionadas provenientes de la malla N° 40, N° 60 y fondo del tamiz; tal como se mencionó en secciones anteriores de este documento. En el primer ensayo se empleó una relación material vegetal/solvente de 1:8, potencia de 100%, temperatura de 80 °C y tiempo de extracción de 10 min; adicionalmente en este primer ensayo se empleó como único solvente aceite de ricino.

En el segundo ensayo la potencia se redujo a 50% y el tiempo se aumentó a 30 min, manteniendo la temperatura y la relación material vegetal/solvente. Asimismo, se utilizó aceite de oliva como solvente y se evaluó nuevamente el aceite de ricino a las nuevas condiciones.

En el tercer ensayo la potencia se aumentó en un 10% empleando un valor de 60%, adicionalmente la temperatura se redujo a 50°C manteniendo la relación material vegetal/solvente y el tiempo de extracción. Para este caso se evaluaron como solventes extractantes: aceite de ricino, aceite de almendras dulces, aceite de coco y aceite de oliva.

En el cuadro 4 se encuentra recopilada de forma esquemática las variaciones efectuadas, durante el desarrollo de este método:

Cuadro 4. Evaluación UAE

EVALUACIÓN CONDICIONES DE OPERACIÓN						
N° Ensayo	Solvente	Observaciones	Variables de proceso			
			Relacion material vegetal/solvente (w/v)	Potencia	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
1	Ac.Ricino	Fondo tamizado	1:8	100% (150 W)	80	10
2	Ac. Ricino	Fondo tamizado	1:8	50% (75 W)	80	30
	Ac.Oliva		1:8			
3	Ac. Ricino	Fondo tamizado	1:8	60% (90 W)	50	30
	Ac.Oliva		1:8			
	Ac. Coco		1:8			
	Ac. Almendras dulces		1:8			
EVALUACIÓN TIPO DE SOLVENTE						
N° Ensayo	Solvente	Observaciones	Variables de proceso			
			Relacion material vegetal/solvente (w/v)	Potencia	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
4	Ac. Ricino	Fondo tamizado	1:8	60% (90 W)	50	30
5	Ac.Oliva					
6	Ac. Coco					
7	Ac. Almendras dulces					

Cuadro 4. (Continuación)

EVALUACIÓN EFECTO DEL TAMIZADO						
N° Ensayo	Solvente	Observaciones	Variables de proceso			
			Relacion material vegetal/solvente (w/v)	Potencia	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
8	Ac. Ricino	Fondo tamizado	1:8	60% (90 W)	50	30
9		Sin tamizado				
10	Ac. Almendras dulces	Malla 40	1:8	60% (90 W)	50	30
11		Malla 60				
12		Fondo tamizado				

Fuente: elaboracion propia

3.6.3 Extracción enzimática. El segundo método evaluado corresponde a la extracción enzimática; esta se desarrolló teniendo en cuenta el estudio realizado por Zuorro & Lavecchia²⁸³, en el cual se presenta la extracción de Licopeno empleando la enzima Poligalacturonasa.

Para ello en primer lugar se determinó la concentración de la enzima propuesta por los autores, en términos de ppm; debido a que, para el desarrollo pre-experimental, era más fácil el manejo de cantidades de enzima en términos de esta unidad.

Es importante aclarar que la cantidad de enzima propuesta por los autores (0,2 mL) se escaló, considerando la cantidad de materia prima a emplear lo que corresponde a 20 g; generando que se tuviera en cuenta en un primer momento un volumen de 1 mL de enzima (1000 µL).

A continuación, se presenta el cálculo efectuado para la determinación de la concentración de enzima en términos de ppm:

Ecuación 5. Cálculo concentración de enzima (ppm) propuesta por literatura

$$\begin{aligned} 1 \text{ ml enzima} * \frac{1,17 \text{ g}}{\text{ml}} * \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} &= 1170 \text{ mg} \\ \text{ppm} &= \frac{1170 \text{ mg}}{0,05 \text{ L muestra total}} = \mathbf{23400 \text{ ppm}} \end{aligned}$$

Fuente: elaboración propia

En donde 1,17 g/ml corresponde a la densidad de la enzima, la cual fue proporcionada por el proveedor de la misma (Ver Anexo A).

No obstante; posterior a la realización del cálculo, se observó que la cantidad propuesta por los autores era bastante elevada, teniendo en cuenta que, el rango de concentración de la enzima especificado por el proveedor es de 100-1000 ppm; de esta manera se decidió reducir la concentración de la enzima para evitar afectaciones sobre está, empleando un valor intermedio de 585 ppm equivalente a 25 µL de enzima; manejando un volumen total 50 mL (25 mL muestra (20 g) + 25 mL agua destilada) de acuerdo a lo especificado los autores.

De esta manera, una vez definida la concentración de enzima a utilizar, se inició con la evaluación del método; para ello se pesaron 20 g de muestra seca de tomate y se mezclaron con 25 ml de agua destilada, para formar una pasta; a continuación, se ajustaron condiciones de pH y temperatura de la mezcla realizada con el fin de

²⁸³ ZUORRO. Op. Cit., p. 1856

propiciar el medio adecuado para la acción de la enzima, dichas condiciones fueron pH=5.5 y T=45°C. Una vez aseguradas las condiciones de la enzima, se adicionaron 0,025 ml (25 µL) de esta y se procedió a realizar una incubación durante 6 horas manteniendo agitación (1500 rpm) y temperatura constantes (40°C).

Sin embargo, al iniciar la agitación de la pasta se observó que esta era viscosa impidiendo la correcta agitación de la misma, por esta razón se decidió incorporar nuevamente 25 ml de agua destilada, con lo que fue necesario adicionar una vez más 25 µL de enzima para evitar una reducción en la concentración. De esta manera se alcanzó una concentración final de 780 ppm. En la ecuación 6 se encuentra el cálculo asociado con dicha concentración:

Ecuación 6. Calculo concentración final de enzima

$$\begin{aligned}
 &25 \mu\text{l enzima inicial} + 25 \mu\text{l enzima adicionada} = 50 \mu\text{L enzima} \\
 &50 \mu\text{L enzima} * \frac{1 \text{ mL}}{1000 \mu\text{L}} = 0,05 \text{ mL enzima} \\
 &0,05 \text{ mL enzima} * \frac{1,17 \text{ g}}{\text{ml}} * \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 58,5 \text{ mg} \\
 &\text{ppm} = \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{58,5 \text{ mg}}{0,075 \text{ L muestra total}} = \mathbf{780 \text{ ppm}}
 \end{aligned}$$

Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta la ficha técnica proporcionada por el proveedor, es relevante mencionar se realizó una comparación de la concentración de enzima respecto al contenido exacto de poligalacturonasas por gramo, con el objetivo de asegurar que la concentración empleada de enzima (780 ppm) se encontraba dentro de los valores especificados por el proveedor; para ello se tuvo en cuenta que la enzima presenta una actividad estándar de 26000 PG/ mL. Al realizar la conversión se observó que la cantidad de obtenida para una concentración de enzima de 780 ppm se encuentra dentro del rango planteado en las especificaciones del producto (3300-50000 PG/mL). En la ecuación 7 se presenta el cálculo realizado:

Ecuación 7. Calculo concentración de Poligalacturonasa

$$\begin{aligned}
 \text{Concentracion poligalacturonasa (PG/g)} &= \frac{26000 \text{ PG}}{\text{mL}} * \frac{0,05 \text{ mL}}{0,0558 \text{ g}} \\
 &= 22222 \text{ PG/g}
 \end{aligned}$$

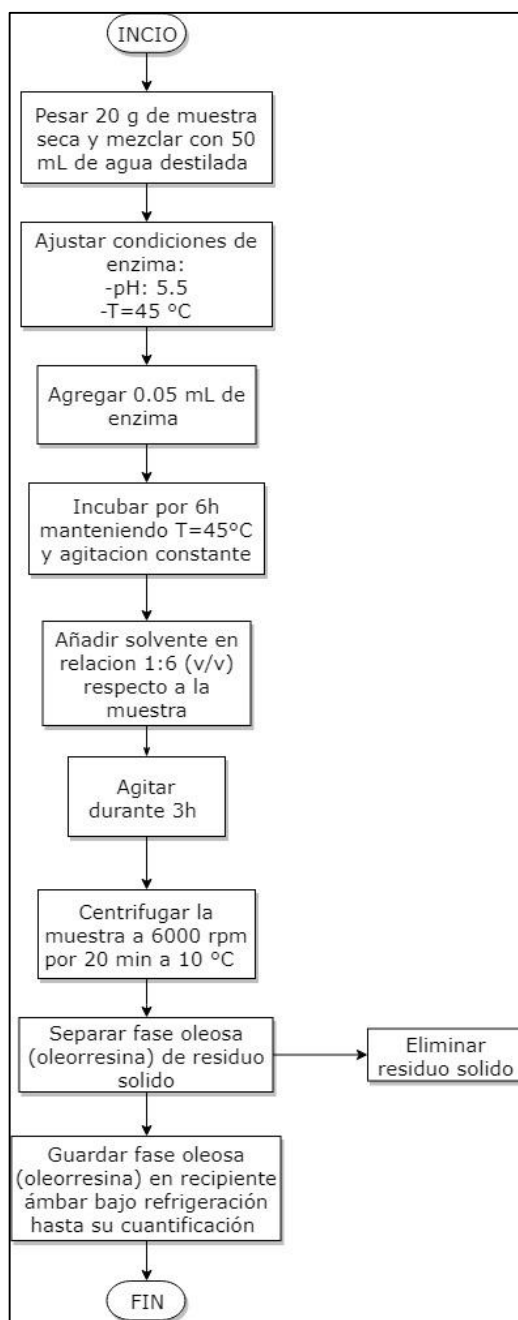
Fuente: elaboración propia

Donde 0.0558 g y 0.05 mL corresponde a la cantidad de enzima empleada en términos de masa y volumen respectivamente.

En el momento en que finalizó el tiempo de incubación, se adicionó solvente extractante en relación 1:6 (v/v) respecto a la muestra y se mantuvo con agitación constante durante 3 horas. Cabe mencionar que al igual que el método 1, en esta evaluación también se tuvieron en cuenta los solventes especificados en la sección 3.4.1.

Finalmente se centrifugó la muestra a 6000 rpm durante 20 min a 10°C, separando la fase oleosa del residuo sólido el cual se desechó; enseguida, la oleorresina fue almacenada en recipientes ámbar bajo refrigeración ($T=4^{\circ}\text{C}$) para evitar afectaciones sobre el carotenoide por efecto de la luz y/o la temperatura. Cabe mencionar que, para esta extracción, similar al método UAE, también se realizó el proceso de centrifugado de la muestra de aceite de coco a una temperatura mayor, por las mismas razones presentadas en el desarrollo del método UAE. En el diagrama 4 se muestra la metodología empleada durante la extracción enzimática:

Diagrama 4. Metodología extracción enzimática



Fuente. elaboración propia

3.7 CUANTIFICACION DE LICOPENO EN OLEORRESINA

Con el fin de determinar la cantidad de licopeno extraído en las oleorresinas obtenidas, se realizó un proceso de cuantificación para el cual se tuvo en cuenta el análisis de carotenoides efectuado por Goula, et al²⁸⁴; debido a que en este estudio se realiza la extracción del carotenoide Luteína empleando como solvente extracte aceite de girasol.

Para efectuar el proceso de cuantificación, se pesaron 3g de la muestra (oleorresina) y se disolvieron en éter de petróleo hasta completar un volumen de 10 ml. Adicionalmente se preparó un blanco, para lo cual se pesaron 3 g del solvente extractante empleado en la muestra e igualmente se disolvió en éter de petróleo hasta completar 10 ml. En seguida se determinó el valor de absorbancia a través de un espectrofotómetro empleando una longitud de onda de 470 nm.

Posteriormente se realizó el cálculo del contenido de Licopeno (C) en las oleorresinas obtenidas expresado en mg de carotenoide por kg de aceite para lo cual se aplicó la siguiente ecuación:

Ecuación 8. Contenido de Licopeno

$$C \text{ (} mg/kg \text{ aceite)} = \frac{A * 10^6}{E_o * 100 * d}$$

Fuente. GOULA, Athanasia M., et al. Green ultrasound-assisted extraction of carotenoids from pomegranate wastes using vegetable oils. Ultrasonics sonochemistry [en línea]. 2017,enero , Vol.34,821-830 [Consultado 12 abril 2019] Doi: 10.1016/j.ultsonch.2016.07.022

Donde d es el espesor de la celda del espectrofotómetro (1 cm), A el valor de absorbancia calculado a una longitud de onda de 470 nm y E_o el coeficiente molar de extinción para el Licopeno el cual corresponde a un valor de 3450²⁸⁵.

Es necesario aclarar que la longitud de onda considerada para la lectura corresponde a la máxima longitud de onda reportada en la literatura para el valor de

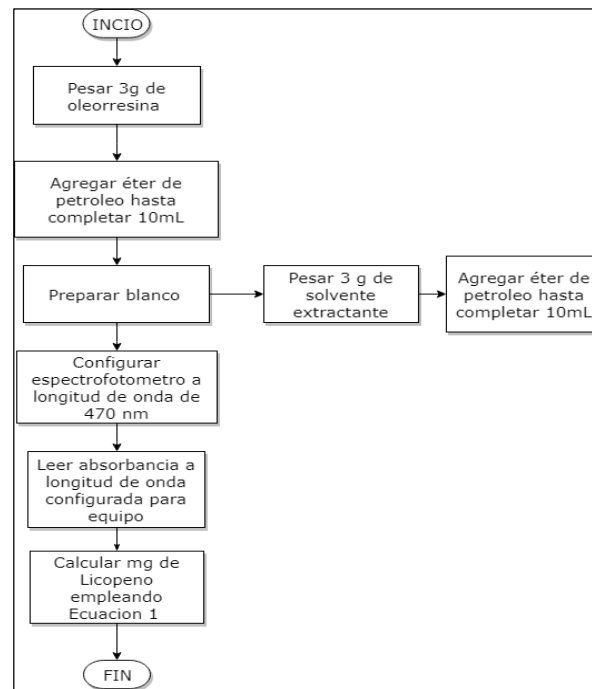
²⁸⁴ GOULA. Op. Cit., p.823

²⁸⁵ RODRIGUEZ-AMAYA, Delia B. A guide to carotenoid analysis in foods. Universidad estatal de campinas [En línea] Estados unidos: Universidad estatal de campinas. ILSI, 2001.[Citado 23 mayo 2019]. ISBN 1-57881-072-8. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Mark_Bruno/post/What_wavelength_should_I_use_to_quantify_carotenoids/attachment/59d63352c49f478072ea21b8/AS:273642296938498@1442252815121/download/carotenoid+Analysis+Guide.pdf

coeficiente molar de extinción, empleando como solvente éter de petróleo (Ver sección 3.2.4).

En el diagrama 5 mostrado a continuación se presenta la metodología empleada para la realización del proceso de cuantificación:

Diagrama 5. Metodología cuantificación Licopeno



Fuente: elaboración propia

3.7.1 Comprobación modelo de cuantificación. Con el objetivo de asegurar la obtención de resultados confiables y garantizar la presencia de licopeno en la oleorresina obtenida, se resolvió realizar un proceso de comprobación del modelo de cuantificación propuesto por Goula, et al²⁸⁶. Para ello se realizaron dos ensayos en los cuales se empleó el mismo procedimiento especificado para la cuantificación de Licopeno presentado previamente, efectuando algunas modificaciones.

El proceso de preparación de las muestras fue el mismo; no obstante, para este caso se elaboró una muestra con éter de petróleo y una adicional empleando como solvente Hexano, puesto que también se encuentra expresado el coeficiente molar de extinción en términos de este disolvente²⁸⁷. Posterior a la preparación de las

²⁸⁶ GOULA. Op. Cit., p. 823

²⁸⁷ FERNANDEZ, Celeste, et al. Evaluación del Contenido de Licopeno en Pastas de Tomate Comerciales. Información tecnológica [En línea]. 2007, 18(3), 31-38. [Consultado 29 mayo 2019]. ISSN 0718-0764. DOI: 10.4067/S0718-07642007000300005

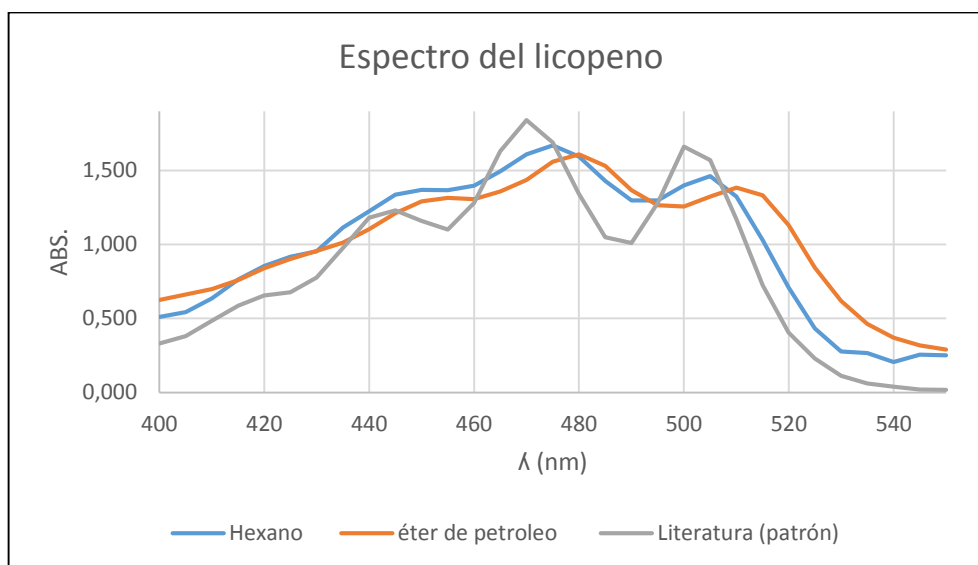
muestras, se procedió a realizar la lectura de las mismas por medio de un espectrofotómetro; realizando variaciones en la longitud de onda, desde 400 nm hasta 550 nm con intervalos de 5 nm; dicho rango se seleccionó teniendo en cuenta que los picos más altos encontrados en la literatura, se presentan en dicho rango²⁸⁸.

La preparación de las muestras empleando un solvente diferente se realizó con el objetivo de comparar las lecturas obtenidas para ambos solventes (éter de petróleo y hexano) respecto a la literatura y comprobar la veracidad del modelo empleado.

3.7.2 Resultados comprobación modelo de cuantificación de licopeno. A partir del desarrollo planteado en previamente, se obtuvieron resultados de absorbancia para cada una de las longitudes de onda evaluadas. Los valores obtenidos se presentan en el Anexo E.

A partir de los resultados obtenidos en el Anexo E se elaboró la gráfica 8, a través de la cual se compararon las lecturas obtenidas en la evaluación del modelo de cuantificación, empleando como solventes éter de petróleo y hexano; y el espectro correspondiente a Licopeno, presentado en la literatura:

Gráfica 8. Comparación del espectro de licopeno



Fuente: elaboración propia, con base ARANDIGA MARTÍ, Gemma y DIAZ SÁNCHEZ, Sonia. Estudio del licopeno del tomate como colorante natural desde la perspectiva analítica e industrial. Resumen trabajo final de carrera [En línea]. 2008, junio. [Consultado 16 abril 2019]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2099.1/5544>

Por medio de la gráfica 8 se puede confirmar que, el componente encontrado en las muestras obtenidas durante el proceso de extracción corresponde a Licopeno;

²⁸⁸ DAVIS. Op. Cit., p. 428

debido a que los picos obtenidos durante el desarrollo del ensayo de comprobación y el comportamiento de la gráfica planteada en la literatura son muy similares ²⁸⁹. De esta manera se ve ratificado el uso de la ecuación 8 con el coeficiente de extinción molar correspondiente a 3450 encontrado por medio de tablas ²⁹⁰.

3.8 RESULTADOS ETAPA PRE-EXPERIMENTAL

Durante la etapa pre-experimental la atención se centró en el análisis de los procesos de extracción, para ello en el transcurso de los mismos se consideró la evaluación de diferentes variables como las condiciones de extracción, el tipo de solvente extractante, entre otras; todo esto con el fin de procurar el escenario más adecuado para la obtención de Licopeno.

De igual manera se tuvo en cuenta una evaluación de carácter cualitativo, a través de la observación del color del extracto obtenido ya que esta se convirtió en una característica relevante al momento de la aplicación de dicho extracto sobre el producto cosmético.

A continuación, se describen los resultados obtenidos durante esta etapa:

3.8.1 Resultados UAE. Como se especificó anteriormente la evaluación del primer método de extracción inicio con un ensayo de prueba, para lo que se tuvieron en cuenta las condiciones planteadas por Lianfu & Zelong ²⁹¹, la cuales corresponden a una relación material vegetal de 1:8, frecuencia de 40 kHz y temperatura de 86.4°C. Es importante aclarar que respecto a la temperatura durante el ensayo se empleó un valor de 80°C debido a que este era el máximo permitido por el equipo.

Para esta primera prueba no se tomaron en consideración los valores propuestos por Lianfu & Zelong para tiempo y potencia; ya que como el objetivo de la prueba era comprobar el correcto funcionamiento del equipo con el aceite extractante como solvente y bajo las condiciones preliminares propuestas por la literatura, se decidió reducir el tiempo a 10 min aumentando la potencia a 100 %; buscando garantizar que la extracción se propiciara, puesto que el tiempo de proceso era muy corto a causa del objetivo del ensayo.

En el transcurso de este primer ensayo se observó un desarrollo adecuado de las condiciones planteadas ya que al final del proceso se obtuvo un extracto de color rojizo lo que implicó que, durante la extracción el compuesto quedo retenido en la matriz del solvente; dicha afirmación se ve ratificada a través de los resultados obtenidos para el contenido de Licopeno presentados en el cuadro 5 en los cuales

²⁸⁹ ARANDIGA. Op. Cit., p. 3

²⁹⁰ RODRIGUEZ-AMAYA, Delia B. A guide to carotenoid analysis in foods. Op. Cit., p. 71

²⁹¹ LIANFU. Op. Cit., p. 73

se observa que para el primer ensayo se obtuvo un valor de 4,7536 mg Licopeno/kg aceite.

De acuerdo a la literatura, algunos estudios apuntan a que ante mayores tiempos de extracción se mejorara el rendimiento y por ende el contenido del caroteno en el extracto obtenido²⁹²; no obstante, cuando dichos tiempos son muy prolongados, “se pueden inducir cambios indeseados en los compuestos extraídos”²⁹³. En la imagen 15 se muestra el extracto obtenido durante el desarrollo del primer ensayo:

Imagen 15. Extracto ensayo 1 aceite de ricino



Fuente: elaboración propia

Por esta razón, para el segundo ensayo, se decidió en un primer momento mantener las mismas condiciones de potencia y temperatura, e incrementar únicamente el tiempo de extracción para aumentar el contenido de carotenoides en la muestra; sin embargo, durante el desarrollo del mismo uno de los recipientes presentó ruptura por lo cual se detuvo la prueba y enseguida se realizó nuevamente empleando una potencia del 50%.

A partir de este, se pudo observar que, para valores elevados de potencia, la agitación dentro la muestra a extraer se incrementa²⁹⁴ lo que puede generar afectaciones sobre el recipiente en el cual se está efectuando la extracción.

²⁹² TIWARI. Ultrasound: A clean, green extraction technology. Op. Cit., p. 105

²⁹³ WEN. Op. Cit., p. 543

²⁹⁴ TIWARI. Ultrasound: A clean, green extraction technology. Op. Cit., p. 105

Imagen 16. Ruptura recipiente ensayo 2



Fuente: elaboración propia

Respecto a la potencia, en la literatura Rahimi & Mikani²⁹⁵ proponen un estudio en el cual se emplea el mismo tiempo de extracción utilizado durante el primer ensayo; sin embargo, estos incrementan la relación material vegetal y reducen la potencia ultrasónica, lo que ocasiona mejores resultados respecto a la cantidad del carotenoide extraído.

Considerando los resultados obtenidos en el segundo ensayo, se observó que efectivamente, ante el aumento del tiempo de extracción y la reducción en la potencia, se ocasiono un favorecimiento en el contenido del carotenoide extraído generando que este se incrementara, tal como se muestra en el cuadro 5.

Dicho comportamiento se debe a que con altas intensidades o potencias ultrasónicas se puede promover la degradación de los compuestos extraídos, de modo que reduciendo el valor de esta variable el contenido de los mismos se conservara en el producto final ²⁹⁶. En la imagen 17 se presenta el extracto obtenido durante el desarrollo del ensayo 2:

²⁹⁵ RAHIMI. Op. Cit., p.1035

²⁹⁶ TIWARI. Ultrasound: A clean, green extraction technology. Op. Cit., p. 105

Imagen 17. Extracto ensayo 2
aceite de ricino



Fuente: elaboración propia

Sin embargo, se decidió efectuar un tercer ensayo en el cual se incrementó la potencia en un 10% respecto al ensayo anterior, con el objetivo de emplear el mismo valor planteado en el estudio realizado por Kumcuoglu, et al ²⁹⁷; manteniendo al valor frecuencia de 40 kHz, debido a que el equipo empleado no permitía la variación de frecuencia .Adicionalmente se decidió reducir la temperatura de extracción a 50 °C, debido a que en la literatura se afirma que al someter el carotenoide a temperaturas mayores a 60°C se presenta una degradación del mismo²⁹⁸.

²⁹⁷ KUMCUOGLU. Op. Cit., p. 4106

²⁹⁸ CARDONA. Op. Cit., p. 46

No obstante, a partir de este último ensayo, se pudo observar que la reducción en la temperatura ocasiona una leve disminución en el contenido de Licopeno en la oleorresina, tal y como se puede observar en el cuadro 5.

Debido a que, ante temperaturas más altas se genera una mejoría en la “tasa de difusión del solvente”²⁹⁹, ocasionando un aumento el contenido de Licopeno en la oleorresina; el hecho que se reduzca la temperatura, implica que la tasa de difusión del solvente se vea desfavorecida, generando que la cantidad de licopeno extraída no sea tan alta. Sin embargo, otros autores afirman que, “la cavitación se mejora a una temperatura de extracción más baja, pero una temperatura alta podría provocar la interrupción de la interacción del disolvente y la matriz”³⁰⁰; de esta manera, debido a que la temperatura es una variable bastante sensible dentro del proceso UAE es imprescindible efectuar un adecuado control de esta variable de modo que se mantenga en el rango más conveniente³⁰¹.

Cuadro 5. Comparación resultados condiciones ensayos UAE

N° Ensayo	Método	Solvente	Observaciones	Variables de proceso				Contenido de Licopeno (mg/kg aceite)
				Relación material vegetal/ solvente (w/v)	Potencia	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	
1	Ultrasonido	Ricino	Fondo tamizado	1:8	100% (150 W)	80	10	4.75
2	Ultrasonido	Ricino	Fondo tamizado	1:8	50% (75 W)	80	30	4.97
3	Ultrasonido	Ricino	Fondo tamizado	1:8	60% (90 W)	50	30	4.89

Fuente: elaboración propia

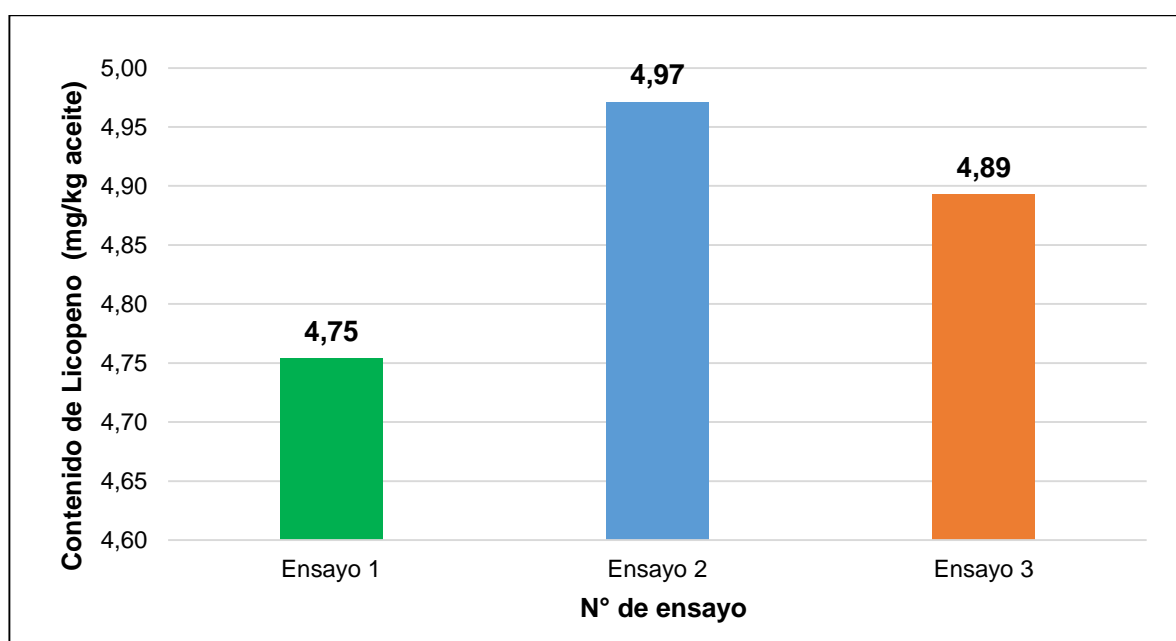
²⁹⁹ WEN. Op. Cit., p. 539

³⁰⁰ WEN. Op. Cit., p. 543

³⁰¹ WEN. Op. Cit., p. 543

En términos generales en la gráfica 9, se puede observar un resumen del comportamiento del contenido de Licopeno para cada uno de los ensayos realizados, en esta se percibe que las condiciones planteadas durante el segundo ensayo son las mejores; puesto que con estas se obtiene una mayor cantidad del compuesto de interés; sin embargo, el tercer ensayo también presenta un elevado contenido del carotenoide a pesar de no ser el máximo. Por otra parte, en el primer ensayo a pesar de que el desarrollo de las condiciones aparentemente fue adecuado, el valor obtenido de Licopeno es bajo, en relación a los otros ensayos efectuados, por lo cual se considera que las condiciones empleadas durante el proceso de extracción, no son las más adecuadas.

Gráfica 9. Comparación condiciones de proceso



Fuente: elaboración propia

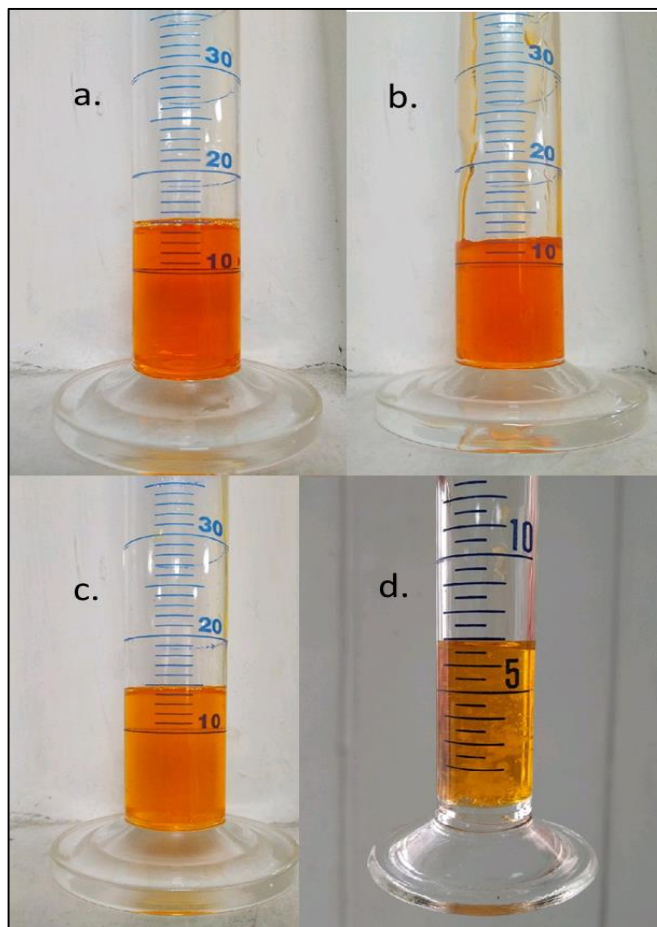
Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se decidió escoger las condiciones planteadas en el ensayo tres; debido a que la temperatura empleada en el ensayo 2 supera los 60°C lo que puede ocasionar degradación del carotenoide³⁰². De esta manera, a través de la selección de las condiciones del ensayo 3, se realiza un control adecuado de temperatura, potencia y tiempo lo que permite obtener un contenido de Licopeno, que si bien no es el máximo; varía únicamente en 0,0783 unidades respecto a dicho valor máximo.

Una vez definidas las condiciones de operación para el proceso UAE, se prosiguió con la evaluación de los cuatro solventes especificados previamente. Durante el

³⁰² CARDONA. Op. Cit., p. 46

proceso de extracción se pudo observar que, en términos generales, para todos los solventes empleados se presentó una pérdida en la cantidad final de extracto obtenido respecto a volumen inicial de solvente adicionado, de aproximadamente 7%- 11% para la mayoría de estos; sin embargo, en el caso del aceite de ricino, dicha pérdida fue mayor (17%-23%) debido a la viscosidad del solvente. Adicionalmente la tonalidad del extracto obtenido empleando aceite de ricino y aceite de almendras es similar, siendo estos un poco más oscuros en relación a los demás extractos. En la imagen 18 se observa los extractos obtenidos:

Imagen 18. a) Extracto aceite de almendras dulces b) extracto aceite de ricino c) extracto aceite de coco d) extracto aceite de oliva



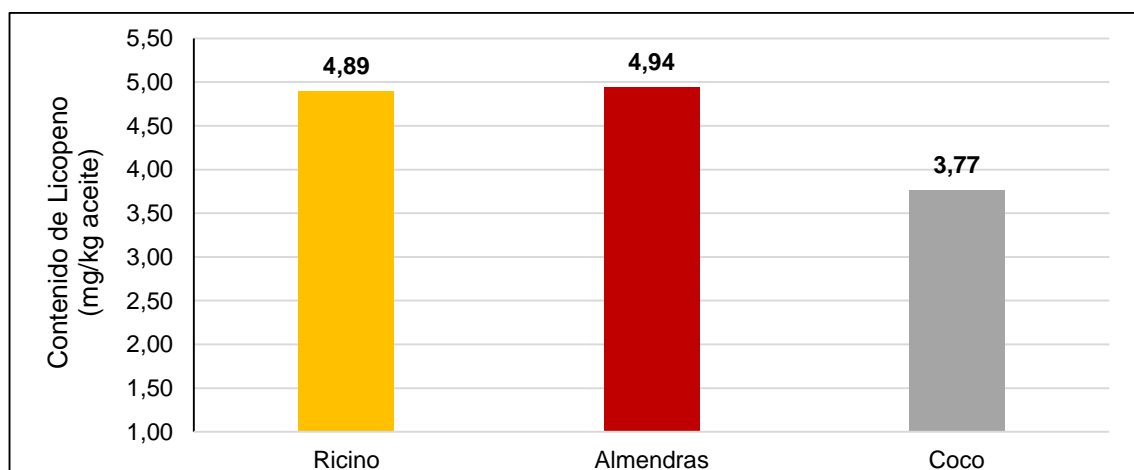
Fuente: elaboración propia

Cabe mencionar que la muestra de aceite de oliva luego de transcurridos algunos días de obtenido el extracto, presento algunos grumos de una coloración ligeramente blancuzca, lo que se catalogó como contaminación; dicha contaminación pudo deberse a que a bajas temperaturas (menores a 10 °C) el

aceite empieza a formar en el extracto un precipitado imagen 18; debido a esto se descartó el uso del aceite de oliva como solvente extractante para este proyecto, puesto que fue el único extracto que presento esta particularidad.

A partir de los resultados obtenidos en el proceso de comparación de solventes (Anexo D), se elaboró la gráfica 10 con el fin de comparar de una forma esquemática el efecto que tiene cada uno de los solventes en el contenido de Licopeno. En esta se puede observar que la muestra en la cual se empleó como solvente extractante, aceite de almendras dulces presenta una mayor cantidad del carotenoide; en segundo lugar, se encuentra el aceite de ricino, con una menor cantidad, pero aun considerable; en último lugar se encuentra el aceite de coco, con un contenido de Licopeno 24% menor respecto al valor máximo.

Gráfica 10. Comparación solventes en UAE



Fuente. elaboración propia

La reducción en el contenido de Licopeno para el caso del aceite de ricino, respecto al aceite de almendras, se debe posiblemente a la alta viscosidad que este presenta, en comparación con los demás aceites; dado que estudios afirman que con un solvente más viscoso se tendrá una reducción en la cavitación ³⁰³, lo que a su vez ocasionará una disminución de la cantidad de Licopeno en el extracto. Por otra parte, respecto al aceite de coco, es poco probable que la causa del bajo rendimiento de extracción sea la viscosidad, puesto que en estado líquido este solvente presenta una menor viscosidad respecto al aceite de ricino (Ver grafica 10).

Sin embargo, teniendo en cuenta que la literatura destaca la solubilidad del compuesto objetivo como uno de los factores influyentes en la UAE ³⁰⁴, es factible sugerir que dicho comportamiento se deba a que la solubilidad del compuesto en el

³⁰³ TIWARI. Ultrasound: A clean, green extraction technology. Op. Cit., p. 105

³⁰⁴ TIWARI. Ultrasound: A clean, green extraction technology. Op. Cit., p. 105

solvente no es la mejor, ocasionando una disminución en el contenido de caroteno en la oleorresina.

Tomando en consideración los resultados obtenidos durante la evaluación de los diferentes solventes, se decidió proponer para este método el uso del aceite de almendras, puesto que la oleorresina obtenida a partir de este solvente presenta el mayor valor de contenido de Licopeno siendo este de 4,94 mg/kg aceite.

La última evaluación realizada para este método correspondió al efecto del tamizado en el proceso, esta se realizó con el objetivo de ratificar la influencia del tamaño de partícula durante la UAE. Para ello se emplearon como solventes extractantes el aceite de ricino y el aceite de almendras debido a que con el uso de estos las oleorresinas obtenidas presentaron los valores más altos respecto contenido de Licopeno.

En la imagen 19 se presentan las muestras empleadas para la evaluación del efecto del tamizado:

Imagen 19 Evaluacion efecto del tamizado en la UAE

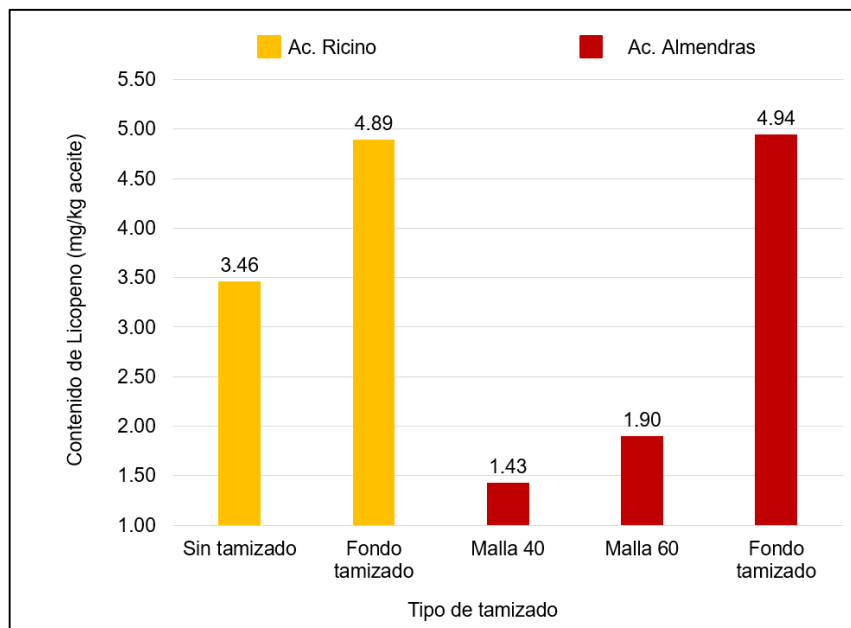


Fuente: elaboración propia

En la gráfica 11 se presentan los resultados obtenidos para la evaluación del efecto del tamizado en el proceso UAE; en esta se observa que, para ambos aceites, esta operación genera un efecto positivo en el contenido de Licopeno; obteniendo mayores cantidades del carotenoide cuando se emplean menores tamaños de partícula. Esto se debe a que al presentarse una menor área de contacto se propiciará una mejoría en el proceso transferencia de masa, lo que se verá

representado en una mayor cantidad del compuesto objetivo en la oleorresina³⁰⁵; mejorando de esta manera el proceso de extracción.

Gráfica 11. Efecto de tamizado en UAE



Fuente. elaboración propia

Teniendo en cuenta todos los resultados obtenidos durante la evaluación del método UAE, se considera que, para el desarrollo de este, las condiciones de operación más adecuadas son las planteadas en el ensayo 3, empleando como solvente aceite de almendras dulces. A continuación, se presentan dichas condiciones de operación:

- Relación material vegetal/solvente = 1:8
- Potencia = 60% (90 kW)
- Tiempo = 30 min
- Temperatura = 50°C

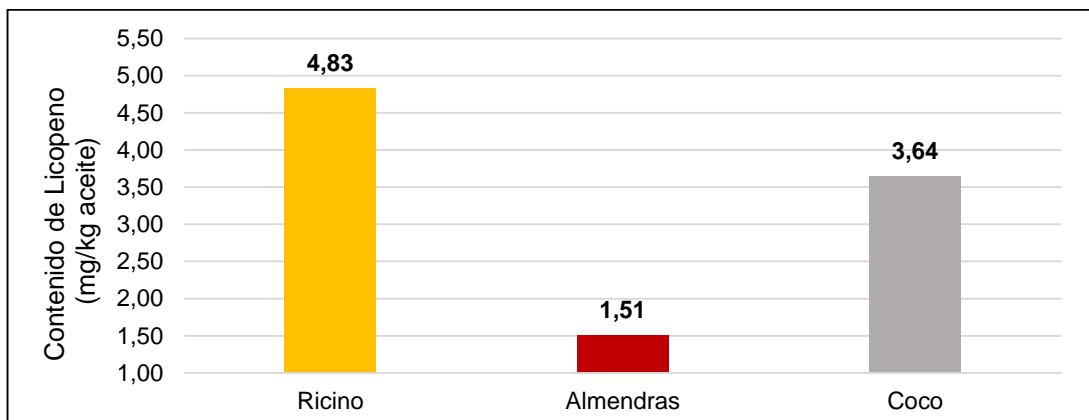
De igual manera, es importante hacer mención que dentro de las condiciones propuestas para el adecuado desempeño de este método también se incluye el uso de materia prima con tamaños de partícula menores de 250 µm.

3.8.2 Resultados extracción enzimática. Por otra parte, a través del desarrollo del proceso de extracción enzimática se puede observar que, para este método el

³⁰⁵ GAMEZ-VILLAZANA, Jordy, *et al.* Estudio comparativo de dos métodos de extracción del licopeno a partir de los residuos del procesamiento del tomate. *En:* UNELLEZ. 2016, p.7

aceite de ricino presenta un mejor desempeño, respecto al aceite de coco y al aceite de almendras dulces, puesto que con este se obtiene una mayor cantidad de Licopeno en la oleorresina (Ver grafica 12).

Gráfica 12. Comparación solventes en extracción enzimática



Fuente. elaboración propia

Respecto a esta metodología, en la literatura se presentan estudios a través de los cuales se evalúan diversos parámetros tales como el tiempo de incubación, el tipo de enzima utilizada, el comportamiento del solvente durante el proceso de extracción, entre otros ³⁰⁶. Para este caso las variables mas influyentes correspondieron al tiempo de incubación, al tipo de enzima empleada y al tipo de solvente.

En relación al solvente Ranveer, et al³⁰⁷, realiza un análisis del efecto de este en relación al proceso de extracción enzimático afirmando que la afinidad y la polaridad son las causas del comportamiento de solventes orgánicos tales como hexano, éter de petróleo y acetato de etilo durante el proceso de extracción. Sin embargo, en esta ocasión los tres aceites se consideran de naturaleza apolar; por lo cual se cree que el desempeño de los aceites en el proceso se debe a las características físicas de cada solvente tales como la viscosidad, las cuales al ponerse en contacto con la enzima presentaran un beneficio en la extracción en el caso del aceite de ricino y un perjuicio respecto al aceite de almendras, puesto que este último presenta una baja viscosidad tal y como se observa en la tabla 9:

³⁰⁶ RANVEER. Effect of different parameters on enzyme-assisted extraction of lycopene from tomato processing waste. Op. Cit., p. 372

³⁰⁷ RANVEER. Effect of different parameters on enzyme-assisted extraction of lycopene from tomato processing waste. Op. Cit., p. 372

Tabla 9. Viscosidad aceites extractantes

Solvente	Ac. Coco	Ac. Ricino	Ac. Almendras
Viscosidad dinámica (cP) a 40 °C	29.6	252.1	12.94

Fuente. elaboración propia

Respecto al tiempo de incubación, en la literatura se afirma que los mejores rendimientos de extracción se obtienen para 4 horas de incubación; sin embargo, para 6 horas también se presenta buenos rendimientos, siendo estos ligeramente menores en relación a aquellos obtenidos empleando tiempos de incubación de 4 horas³⁰⁸. De esta manera se puede afirmar que, a pesar de que no se manejó el mejor tiempo de incubación (4 horas), el valor empleado para esta variable (6 horas) fue adecuado, puesto que con esta se encuentra asociados buenos rendimientos de extracción; de este modo el bajo contenido de Licopeno para el extracto de aceite de almendras dulces, pudo estar mayormente relacionado con la naturaleza del solvente y sus propiedades, y no con el tiempo de incubación.

Por otra parte, en relación al tipo de enzima utilizado; las enzimas celulasa, pectinasa y hemicelulasas son las más empleadas debido a que estas perturban “la integridad estructural de la pared celular de la planta”³⁰⁹; ocasionando mejorías en la extracción de compuestos bioactivo. Adicionalmente el uso de estas enzimas también proporciona un incremento en “la permeabilidad de la pared celular, lo que resulta en mayores rendimientos de extracción de bioactivos”³¹⁰.

Sin embargo, a pesar de que el tipo de enzima utilizado no este dentro de las mas empleadas; esta cuanta cuenta con actividad pectolítica y hemicelulítica, lo que la hace capaz de degradar las paredes celulares, garantizando de esta manera un el uso de una enzima con las habilidades requeridas para el desarrollo del proceso de extracción.

Conjuntamente, al observar las muestras obtenidas durante el proceso de extracción enzimática (imagen 20) se puede ver que el extracto de aceite de ricino presenta una tonalidad un poco más oscura en relación a los demás extractos; de esta manera, teniendo en cuenta, los resultados obtenidos en la gráfica 12 , es posible afirmar que existe una relación entre el color del extracto y la cantidad de

³⁰⁸ RANVEER. Effect of different parameters on enzyme-assisted extraction of lycopene from tomato processing waste. Op. Cit., p. 373

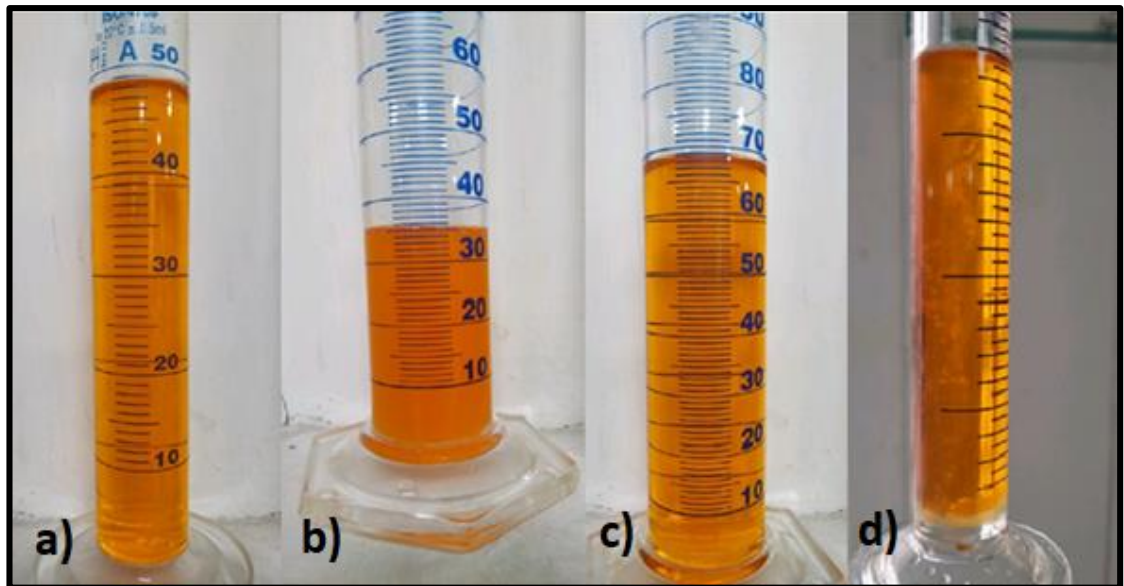
³⁰⁹ PURI, Munish; SHARMA, Deepika y BARROW, Colin J..Enzyme-assisted extraction of bioactives from plants. Trends in biotechnology [En línea]. 2012, Enero, 30(1), p. 39. [Consultado 28 mayo 2019] ISSN 0167-7799. DOI: 10.1016/j.tibtech.2011.06.014

³¹⁰ *Ibíd*, p. 39

Licopeno, de modo que con un mayor contenido de carotenoide en la muestra, esta presentara una tonalidad más oscura.

Adicionalmente es importante aclarar que al igual que para la UAE; en esta ocasión, el extracto de aceite de oliva también presentó contaminación por lo cual se descartó dicho aceite como solvente extractante:

Imagen 20. Extractos proceso de extracción enzimática a) Extracto aceite de almendras dulces b) extracto aceite de ricino c) extracto aceite de coco d) extracto aceite de oliva



Fuente: elaboración propia

En resumen, a partir de los resultados obtenidos durante la evaluación del método de extracción enzimática, se considera que para este caso el solvente de extracción más adecuado corresponde al aceite de ricino, puesto que presenta el mayor contenido de carotenoides siendo este de 4,83 mg/kg aceite.

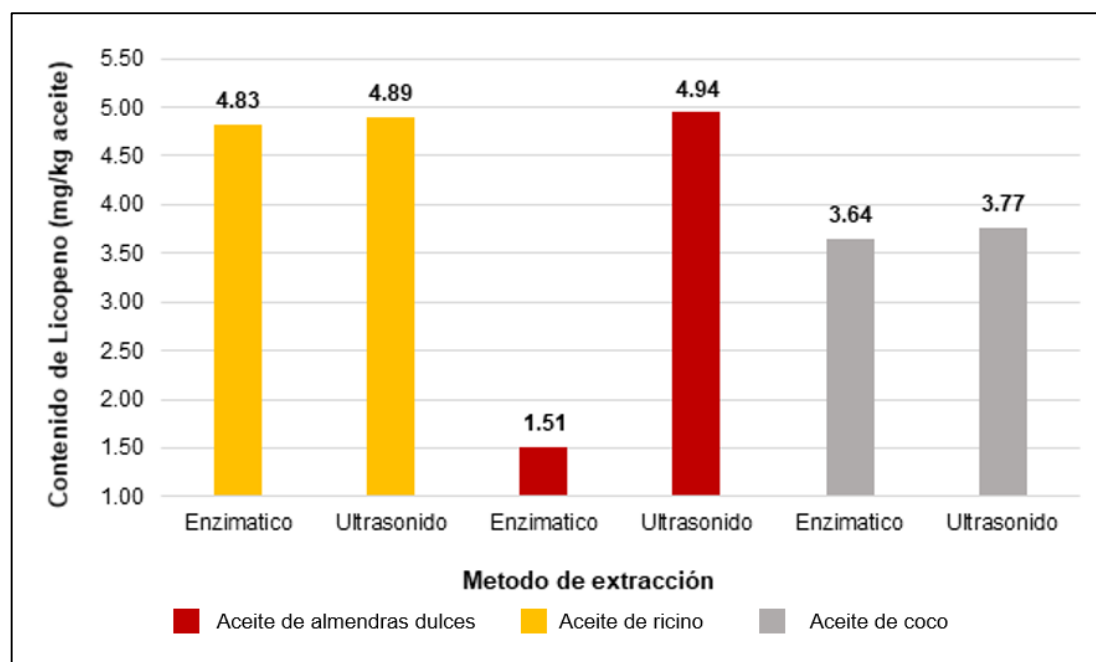
3.9 ANÁLISIS DE RESULTADOS ETAPA PRE-EXPERIMENTAL

A partir de los resultados obtenidos durante la realización de la etapa pre-experimental, se decidió realizar un análisis comparativo de los métodos evaluados con el fin de seleccionar el mejor escenario de extracción.

Para efectuar dicha comparación se tuvieron en cuenta cuatro aspectos relevantes: rendimiento de extracción, tiempo de proceso, carácter ambiental y facilidad en el desarrollo.

En relación al rendimiento de extracción, en la gráfica 13, se muestra el desempeño de cada uno de los métodos para los tres solventes empleados; en esta se puede apreciar que, para los tres casos, la UAE presenta un mejor comportamiento respecto a la extracción enzimática puesto que el contenido del carotenoide es mayor en las tres oleorresinas.

Gráfica 13. Comparación métodos evaluados en ensayos preliminares



Fuente: elaboración propia

Por otra parte, respecto al tiempo de proceso, se considera que la UAE también cuenta con una ventaja, en comparación con la extracción enzimática, puesto que esta cuenta con una duración de aproximadamente 50 minutos; siendo considerablemente menor al tiempo del proceso enzimático, el cual es de 560 minutos (9 horas y 20 minutos).

El carácter ambiental está relacionado, tanto con el solvente empleado como con el impacto que pueda generar el desarrollo de este método en el medio ambiente. Debido a que ambos procesos de extracción permiten el uso de aceites como solventes extractantes, es posible afirmar que ambos se encuentran a la par generando un beneficio, ya que permiten el uso de solventes seguros, obteniendo buenos rendimientos de extracción.

Sin embargo, respecto al impacto ambiental generado durante el desarrollo del método, la literatura afirma que “1 kW/g de energía genera 800 g de CO₂ durante

la quema de combustibles fósiles y se descargara en la atmosfera³¹¹. Teniendo en cuenta esto, es posible afirmar que, la extracción enzimática lleva la delantera en este aspecto debido a que el consumo energético es mucho menor respecto a la UAE. En la tabla 10, se observa como para el caso de la UAE el baño ultrasónico requerirá mucha mayor energía lo que ocasionará una mayor producción de CO₂.

Tabla 10. Generación CO₂ por método de extracción empleado

Método	Equipo	Potencia (kW)	Tiempo de uso (h)	Energía total (kW/h)	CO ₂ generado (g)
Extracción enzimática	Plancha de calentamiento	0.85 ³¹²	6	5.10	4080
Extracción asistida por ultrasonido (UAE)	Baño ultrasónico	510 ³¹³	0.5	255.0	204000

Fuente: elaboración propia

Finalmente, en relación a la facilidad de desarrollo del método, la UAE cuenta con una superioridad respecto a la extracción enzimática; debido a que este proceso se efectuó con mayor facilidad dado que el equipo se encarga de todo, de modo que únicamente fue requerido colocar el recipiente en el baño y programar las condiciones del mismo, para realizar la extracción. Por su parte en el proceso enzimático fue necesario realizar de forma manual ajuste de pH, control de temperatura y agitación, lo que aporta un poco más de tiempo y complejidad al mismo.

Teniendo en cuenta lo mencionado previamente se seleccionó como el método de extracción más adecuado la UAE, puesto que representa mayores ventajas en aspectos tales como tiempo de proceso, facilidad de desarrollo y rendimiento de extracción. Cabe aclarar que, tal como se presentó anteriormente, se escoge de igual manera el aceite de almendras dulces como solvente extractante puesto que

³¹¹ WEN. Op. Cit., p. 532

³¹² USAQUÉN RAMIREZ, María José y ZAFRA AGUDELO, María Alejandra. Evaluación del proceso de obtención de aceite esencial de semilla de mango a nivel laboratorio [en línea]. Trabajo de grado ingeniería química. Fundación universidad de américa. 2018. [Consultado 30 mayo 2019] . Disponibilidad en: <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6733/1/1019086449-2018-I-IQ.pdf>

³¹³ WISD LABORTORY INSTRUMENTS. Digital ultasonic cleaner manual. p. 1-7

con este se obtiene el mayor rendimiento de extracción para las condiciones propuestas, así como las condiciones de operación empleadas en el ensayo 3.

4. CAPITULO III: EVALUACION LICOPENO EN PRODUCTO COSMETICO

Una vez seleccionado el método de extracción, este se empleo en la obtención de licopeno a partir de los dos residuos restantes (papaya y pimentón) escogidos previamente en el capítulo I.

Durante este capítulo se presenta en un primer momento una etapa experimental, la cual consiste en el desarrollo del proceso extracción de licopeno empleando como materia prima dos nuevos residuos de frutas; teniendo especial atención en el rendimiento de extracción y en aspectos cualitativos del extracto relacionados con el color.

Posteriormente se plantea el proceso de evaluación del licopeno extraído a partir de los tres residuos seleccionados aplicado sobre el producto cosmetico; para lo cual se desarrollaron pruebas organolépticas, fisicoquímicas, microbiológicas y de estabilidad, a través de las cuales se determino cual fue el residuo mas adecuado para efectuar la extracción.

4.1 MATERIA PRIMA EVALUACIÓN LICOPENO

Para el desarrollo de este capítulo, fue necesario en primer lugar tener en cuenta la materia prima requerida para el desarrollo de la etapa experimental y el proceso de evaluación de licopeno extraído sobre el producto cosmético.

Respecto a la etapa experimental, se tuvo en cuenta como materia prima los residuos de pimentón y papaya; cabe aclarar que los residuos de tomate no fueron empleados durante esta etapa, debido a que estos fueron evaluados previamente en la etapa pre-experimental, presentada en capítulos anteriores de este documento.

Los residuos de pimentón de las variedades lamuyo y california se obtuvieron de las plazas minoristas Mega Fruver la Gran Plaza y Tolifruver ubicadas en la Calle 1 #68^a-31 Bogotá D.C y la Carrera 68d #22^a-18 respectivamente; por su parte los residuos de papaya de la variedad maradol se adquirieron en la plaza minorista CRECER localizada en la Cl. 72 #88-100 Bogotá D.C.

El manejo y pre-selección de los residuos de pimentón y papaya fue similar al realizado para los residuos de tomate (Ver sección 3.4); para ambos residuos se tuvieron cuenta únicamente aquellos ejemplares con un grado de madurez tal que se permitiera una adecuada conservación del fruto en condiciones normales de manipulación, almacenamiento y transporte de acuerdo a lo estipulado en las NTC 3634 y 1270 respectivamente.

Es importante hacer mención que, en relación al tipo de solvente empleado para el desarrollo de la etapa experimental, se tuvo en cuenta únicamente el uso de aceite

de almendras dulces de la marca Farmacia droguería San Jorge localizada en la Calle 53#13-64, en la ciudad de Bogotá D.C (Ver sección 3.4.1.3).

En las imágenes 21 y 22 se muestran las materias primas empleada en los ensayos preliminares:

Imagen 21. Materia prima etapa experimental (residuos pimentón)



Fuente: elaboración propia

Imagen 22. Materia prima etapa experimental (residuos papaya)



Fuente: elaboración propia

Por otra parte, para la realización de las pruebas de evaluación de licopeno sobre el producto cosmético, se emplearon las oleorresinas obtenidas durante las etapas pre-experimental y experimental.

Conjuntamente, para la elaboración del cosmético se empleó aceite de coco, manteca de cacao y cera de abejas; los cuales se obtuvieron en la farmacia-droguería San Jorge ubicada en la Calle 53 #13-64, en la ciudad de Bogotá D.C. Adicionalmente, se emplearon tiras indicadoras de la marca MCloropHast™ para la medición del pH del bálsamo.

4.2 EQUIPOS EVALUACIÓN DE LICOPENO

En relación a los equipos requeridos para el desarrollo de este capítulo, se emplearon los mismos equipos especificados para el acondicionamiento de materia prima (Ver sección 3.5.1), la realización del método UAE (Ver sección 3.5.2) y la cuantificación de licopeno (Ver sección 3.5.4).

No obstante, también se requirió el uso de un pH-metro Jenway (imagen 23) para rangos de pH básicos y ácidos; y una lampara UV de la marca Lexmana con 6W de potencia imagen 24:

Imagen 23. pH-metro
Jenway



Fuente: Elaboración propia

Imagen 24. Lampara UV Lexmana



Fuente: elaboración propia

4.3 DESARROLLO ETAPA EXPERIMENTAL

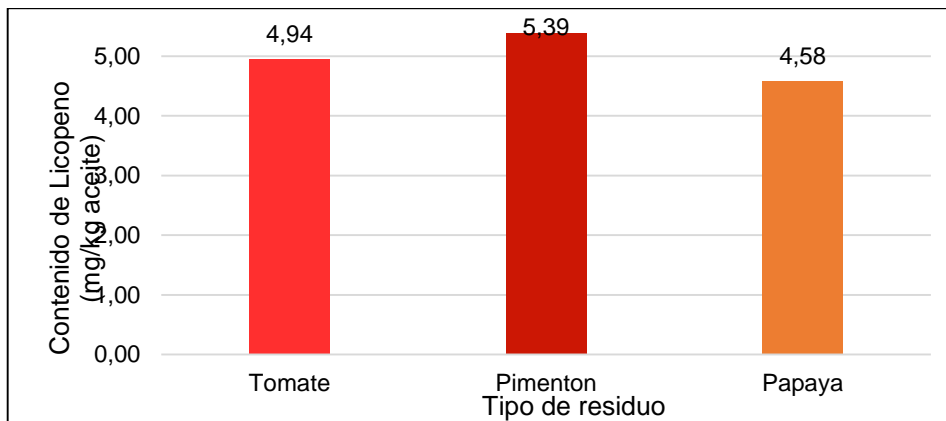
Durante esta etapa se tuvo en cuenta el proceso de acondicionamiento especificado en la sección 3.6.1, así como la metodología planteada para la evaluación del Método UAU presentada en la sección 3.6.2; empleando como condiciones de proceso las utilizadas en el ensayo 3.

La etapa experimental consistió en el desarrollo del proceso de extracción utilizando el método seleccionado, el cual corresponde a la UAE, empleando como materia prima los residuos de papaya y pimentón, puesto que, como se mencionó previamente, los residuos de tomate fueron evaluados durante la etapa pre-experimental; sin embargo, se tuvieron en cuenta.

4.4 RESULTADOS Y ANALISIS ETAPA EXPERIMENTAL

Durante el desarrollo de esta etapa los tres residuos presentaron cantidades similares en relación al contenido de Licopeno obtenido en la muestra; sin embargo, la oleorresina obtenida a partir de residuos de pimenton tuvo un mejor desempeño puesto que a través de este se obtuvo el mayor contenido de carotenoide, tal y como se puede observar en la gráfica 14.

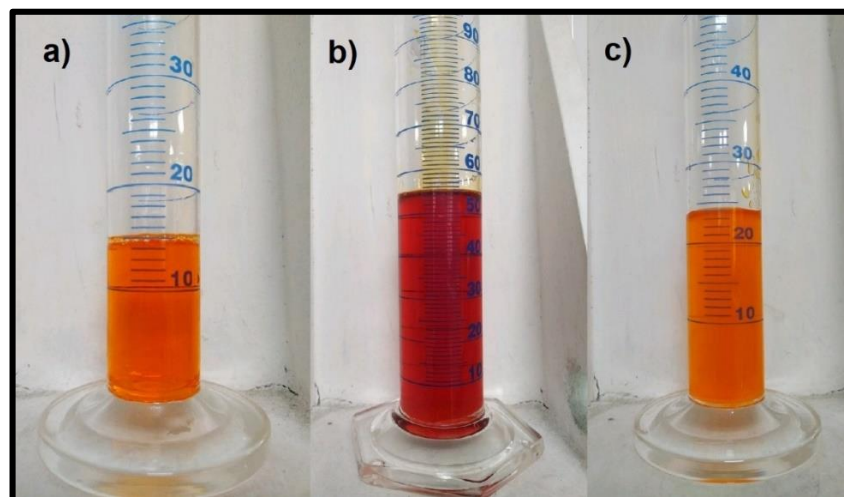
Gráfica 14. Comparación residuos evaluados en etapa experimental



Fuente: elaboración propia

Por otra parte, en la imagen 25 se observa que, al igual que en los extractos obtenidos durante la etapa experimental, en este caso también existe una relación entre el contenido de Licopeno y la coloración de los mismos, de modo que a mayor concentración del carotenoide en la muestra se tendrá una tonalidad más roja. Esto se debe a que el Licopeno es el encargado de proporcionar una coloración roja a diversas frutas y hortalizas³¹⁴.

Imagen 25. Extractos etapa experimental. a) Extracto de residuos tomate b) Extracto de residuos de pimentón c) extracto de residuos de papaya



Fuente: elaboración propia

³¹⁴ ARANDIGA. Op. Cit.,p. 1

De acuerdo a la revisión bibliográfica realizada durante el desarrollo del capítulo I, el tomate es considerado como una de las mayores fuentes de Licopeno, debido a que para esta fruta se encuentran reportados los valores más altos respecto a esta variable; sin embargo, a partir de los resultados obtenidos en la etapa experimental, se puede afirmar que el pimentón también se presenta como una materia prima adecuada para realizar la extracción, ya que a las condiciones planteadas (condiciones de operación y solvente) se obtiene una mayor cantidad de licopeno en la oleorresina en la que se empleó dicha fruta como materia prima. Este comportamiento puede deberse a que el aceite de almendras presenta una mejor interacción con el pimentón que con el tomate al momento de desarrollar el proceso de extracción; dicha afirmación se ve sustentada en que la interacción solvente matriz es una de las variables influyentes en la UAE³¹⁵; de manera que dicha variable pudo ser la razón determinante de excelente desempeño del pimentón.

Respecto a la papaya, cabe mencionar que esta exhibe el valor más bajo en relación al contenido de Licopeno en la muestra, además esta presenta una tonalidad naranja lo que lleva a pensar que este residuo no es una materia prima adecuada para la extracción de Licopeno.

Teniendo en cuenta las afirmaciones realizadas se considera que, para el solvente empleado y las condiciones planteadas para el proceso de extracción, la materia prima más adecuada son los residuos de pimentón.

4.5 EVALUACIÓN DE LICOPENO EXTRAÍDO SOBRE PRODUCTO COSMÉTICO

Con el objetivo de evaluar completamente el comportamiento de las tres oleorresinas obtenidas durante la etapa pre-experimental y experimental y así efectuar una selección definitiva del mejor residuo de fruta u hortaliza, se aplicaron dichas oleorresinas sobre el bálsamo base proporcionado por la empresa Asava Colombia.

Posteriormente se evaluó el comportamiento del Licopeno extraído sobre el producto cosmético; para lo cual se realizaron pruebas organolépticas (color, textura y cubrimiento), fisicoquímicas (pH y densidad), microbiológicas (Aerobios Mesofilos, *P.aeruginosas*, *S.aureus*, *E.coli*) y de estabilidad, a través de las cuales se pudo observar que tan buena fue la interacción entre el extracto y el bálsamo base, así como el cambio de dichas propiedades con el tiempo bajo diferentes condiciones. Cabe aclarar que las pruebas de pH se realizaron tanto en el producto como en el extracto; además la prueba de densidad se evaluó solamente sobre el extracto.

A continuación, se presenta la metodología empleada para el desarrollo de las pruebas efectuadas:

³¹⁵ TIWARI. Ultrasound: A clean, green extraction technology. Op. Cit.,p. 105

4.5.1 Pruebas organolépticas. Las pruebas organolépticas están compuestas por color, textura o uniformidad de color y cubrimiento. Para la realización de las mismas se tuvo en cuenta lo planteado por Zavala en la tesis titulada “Elaboración de un fitocosmético, lápiz labial con propiedad hidratante y antiherpéticas con extractos de amor seco (*Bidens pilosa*) y aroma de café (*Coffea arabica*)” para efectuar identificación del color; así mismo, se empleó la metodología presentada por Nahuelpan en la tesis “Desarrollo de labiales líquidos y brillos labiales” para verificar la uniformidad en el color, al igual que el cubrimiento y la textura del mismo.

Cabe mencionar que estas metodologías fueron utilizadas para realizar las respectivas pruebas organolépticas desde una perspectiva analítica debido a que este tipo de pruebas pueden ser subjetivas para distintos sentidos.

4.5.1.1 Color. Para determinar el color correspondiente a cada uno de los productos cosméticos se determinó el código hex³¹⁶ exacto al que pertenece cada uno de estos. Para ello en primer lugar, se ingresa a un identificador de color una fotografía de alta calidad con el objetivo de corroborar la gama de colores en la que se encuentra cada producto; como resultado de este procedimiento se obtiene un código alfanumérico correspondiente al color del producto. En seguida se realiza la comparación del código obtenido con el Pantone³¹⁷ y se estipula el color y con ello el código hex³¹⁸.

El uso del programa identificador de color, facilita la identificación del tono correspondiente a la gama de rojo y naranja.

³¹⁶ COLOR-HEX. [Sitio web]. 2010-2019. [Consultado 5 junio 2019]. Disponible en <https://www.color-hex.com/>

³¹⁷ PANTONE®. [Sitio web]. 2019. [Consultado 5 junio 2019]. Disponible en <https://www.pantone.com/>

³¹⁸ MELO, Carol Alejandra y MONCADA, Leidy Paola. Propuesta documental para la ejecución de pruebas de calidad con miras a establecer estabilidad cosmética. [en línea] Trabajo de grado Químico farmacéutico. Universidad de ciencias aplicadas y ambientales UDCA, 2016. [Consultado 6 junio 2016] Disponible en: <https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/492/1/TESIS%20FINAL%20COSMETICOS%201%20.pdf>

Figura 13. Parte del Pantone de color naranja



Fuente. PANTONE®. [Sitio web]. 2019.
[Consultado 5 junio 2019].
Disponible en
<https://www.pantone.com/>

4.5.1.2 Textura o uniformidad de color. La textura o uniformidad de color se evaluó empleando el producto final obtenido. Debido a que los resultados deben obedecer un patrón oleoso debido a su formulación, esta muestra fue aplicada en forma circular sobre un papel blanco, comprobando la textura que cada producto deja sobre el mismo, dicha comprobación se realizó mediante evidencia fotográfica³¹⁹.

4.5.1.3 Cubrimiento. Al igual que en la prueba para la textura, el cubrimiento se evaluó sobre una hoja blanca; sin embargo, para este caso se aplicó en línea recta, con el fin de observar cuanta es la zona que alcanza a cubrir sin volver a repasar la misma línea, así como la coloración y la intensidad presentadas al realizar dicha aplicación. Cabe aclarar que para esta prueba también fue registrada por medio de fotografías³²⁰.

4.5.2 Pruebas fisicoquímicas. Las pruebas fisicoquímicas son consideradas como “ensayos técnicos para la determinación de una o más características de un producto, de acuerdo con un procedimiento en específico”³²¹. Para este caso se tuvo en cuenta densidad y pH:

³¹⁹ ARIAS NAHUEL PAN, Alicia M.. Desarrollo de labiales líquidos y brillos labiales.[En línea]. Trabajo de grado químico farmacéutico. Universidad de Chile, 2005. 46 p. [consultado 6 junio 2016] disponible en: http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2005/arias_a/sources/arias_a.pdf

³²⁰ *Ibíd.*, p. 27

³²¹ MELO. Op. Cit., p.13

4.5.2.1 Densidad. Para determinar la densidad de los extractos se empleó la metodología presentada por Melo & Moncada ³²², para ello se tomó un picnómetro de 5 mL se verificó que estuviera limpio y seco; posteriormente se pesó en una balanza calibrada de mínimo cuatro cifras decimales y en seguida se registró el valor. A continuación, se llenó con 5 mL de agua destilada hasta el rebose y se tapó, verificando que el nivel del capilar quedara a ras, cabe mencionar que es importante secar el picnómetro cada vez que este se llene para evitar interferencias en la lectura. Luego, se realizó el pesaje del picnómetro con agua y se registró el resultado. A continuación, se retiró el agua destilada, se secó el picnómetro y se llenó nuevamente con 5 mL del extracto repitiendo las operaciones de pesaje descritas previamente.

Luego se calculó la densidad relativa de la muestra teniendo en cuenta la ecuación 9 mostrada a continuación:

Ecuación 9. Calculo densidad relativa muestra

$$Densidad\ relativa = \frac{Peso\ picnometro\ muestra - Peso\ picnometro\ vacio}{Peso\ picnometro\ agua - Peso\ picnometro\ vacio}$$

Fuente. MELO, Carol Alejandra y MONCADA, Leidy Paola. Propuesta documental para la ejecución de pruebas de calidad con miras a establecer estabilidad cosmética. [en línea] Trabajo de grado Químico farmacéutico. Universidad de ciencias aplicadas y ambientales UDCA, 2016. [Consultado 6 junio 2016] Disponible en: <https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/492/1/TESIS%20FINAL%20COSMETICOS%201%20.pdf>

Finalmente se calculó la densidad absoluta a través de la siguiente relación presentada en la ecuación 10:

Ecuación 10. Calculo densidad absoluta muestra

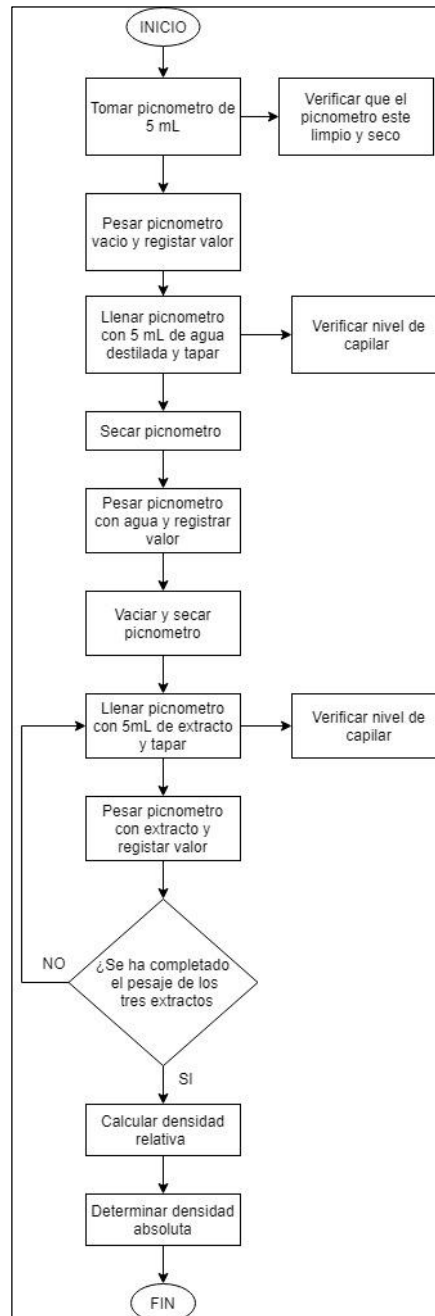
$$Densidad\ absoluta\ (g/mL) = Densidad\ relativa * 0,998203\ g/mL$$

Fuente. MELO, Carol Alejandra y MONCADA, Leidy Paola. Propuesta documental para la ejecución de pruebas de calidad con miras a establecer estabilidad cosmética. [en línea] Trabajo de grado Químico farmacéutico. Universidad de ciencias aplicadas y ambientales UDCA, 2016. [Consultado 6 junio 2016] Disponible en: <https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/492/1/TESIS%20FINAL%20COSMETICOS%201%20.pdf>

³²² MELO. Op. Cit., p.48-49

Cabe mencionar que este proceso se repitió para cada uno de las oleorresinas. En la diagrama 6 se presenta el procedimiento empleado:

Diagrama 6. Determinación densidad del extracto



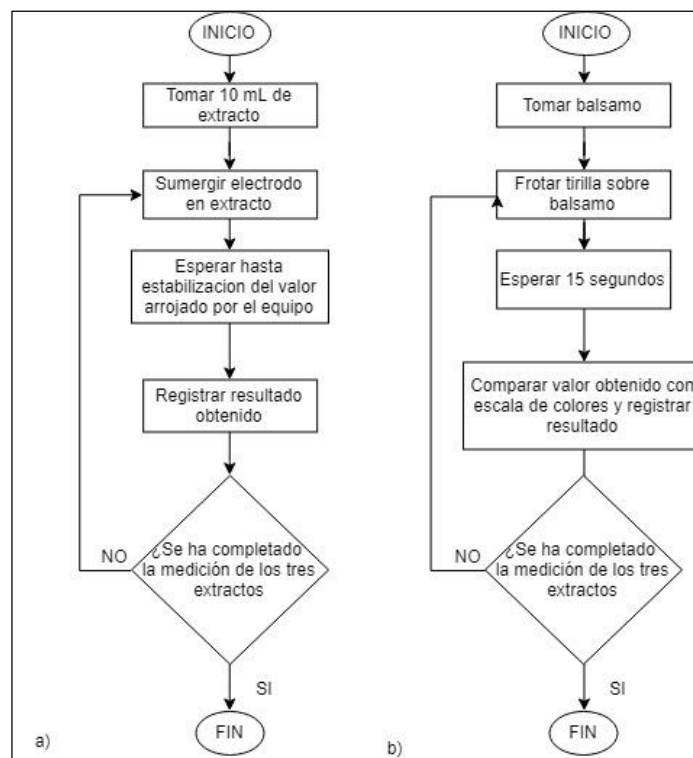
Fuente: elaboración propia

4.5.2.2 pH. Similar a la densidad, para la determinación del pH se tuvo en cuenta la metodología presentada por Melo & Moncada³²³. Para efectuar la medición del pH del extracto se empleó un pH-metro de la marca Jenway (Ver sección 2.2). El proceso consistió en sumergir el electrodo del equipo en mínimo 10 mL de muestra, en seguida se esperó a que el valor arrojado por el equipo se estabilizara y luego se registró el resultado obtenido.

La medición del pH del producto se efectuó a través de tiras indicadoras, para ello se frotó la tirilla sobre el mismo y luego de 15 segundos se comparó el color obtenido con la escala de colores presentada en la parte posterior del frasco. Cabe mencionar que las mediciones de pH se realizaron sobre los tres extractos y los tres bálsamos preparados.

En diagrama 7 se muestra el procedimiento efectuado:

Diagrama 7. Determinación de pH. a) Medición pH con pH-metro b) medición pH con tirillas



Fuente: elaboración propia

4.5.3 Pruebas microbiológicas. Las pruebas microbiológicas se desarrollaron con el fin de dar cumplimiento a la resolución 1482 de 2012 establecida por la

³²³ MELO. Op. Cit., p.48-49

comunidad andina. En esta se estipula la evaluación de mesófilos aerobios totales, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*; en el cuadro 6 se presentan los límites de aceptabilidad presentados en la resolución.

Cuadro 6. Especificaciones Resolución 1482 de 2012

ÁREA DE APLICACIÓN Y FASE ETARIA	LÍMITES DE ACEPTABILIDAD
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Productos para uso en infantes (hasta 3 años) ▪ Productos para uso en área de ojos. ▪ Productos que entran en contacto con las membranas mucosas. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Recuento de microorganismos mesófilos aerobios totales. Límite máximo 5×10^2 UFC/g ó ml. b. Ausencia de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> en 1 g ó ml. c. Ausencia de <i>Staphylococcus aureus</i> en 1 g ó ml. d. Ausencia de <i>Escherichia coli</i> en 1 g ó ml.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demás productos cosméticos susceptibles de contaminación microbiológica. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Recuento de microorganismos mesófilos aerobios totales. Límite máximo 5×10^3 UFC/g ó ml. b. Ausencia de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> en 1 g ó ml. c. Ausencia de <i>Staphylococcus aureus</i> en 1 g ó ml. d. Ausencia de <i>Escherichia coli</i> en 1 g ó ml.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Productos a ser utilizados en los órganos genitales externos 	<ul style="list-style-type: none"> a. Ausencia de <i>Candida albicans</i>.

Fuente. SECRETARIA GENERAL DE LA COMUNIDAD ANDINA. . Resolución 1482.[En línea] Lima: INVIMA, 2012. 2 p.[Consultado 7 junio 2019]. Disponible en: <https://www.invima.gov.co/documents/20143/448427/Resolucion+1482+de+2012.pdf/3c84c2c0-c924-b368-b345-75cb257a8f64>

Estas pruebas fueron desarrolladas por BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S, los cuales cuentan con la acreditación pertinente para la realización de las mismas (Ver Anexo C); en el cuadro 7 se muestra el método empleado para cada uno de los parámetros evaluados:

Cuadro 7. Métodos utilizados para el desarrollo de las pruebas microbiológicas

PARAMETRO	METODO UTILIZADO
Recuento de Aerobios Mesófilos	ISO 4833:2003
Búsqueda de <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ISO 22717:2006
Búsqueda de <i>Staphylococcus aureus</i>	ISO 22718:2006
Búsqueda de <i>E. coli</i>	BAM: 2002, Cap. 4 G

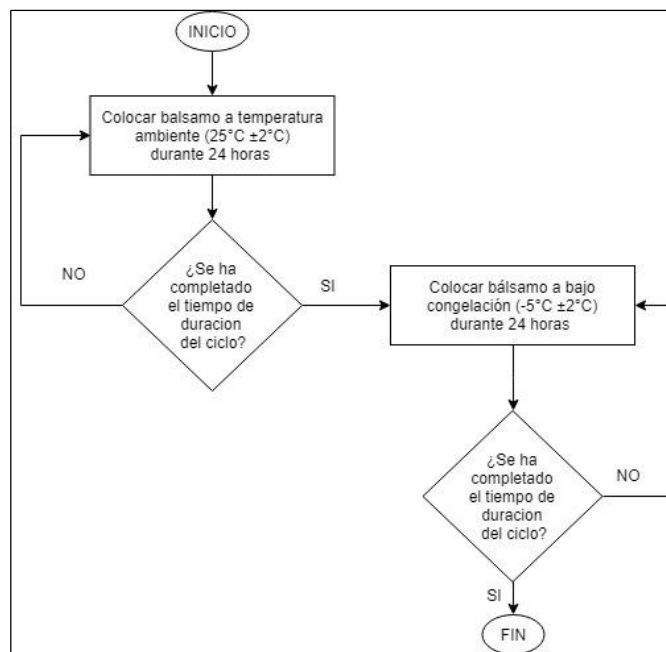
Fuente. BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S

4.5.4 Pruebas de estabilidad. Para el desarrollo de las pruebas de estabilidad se tuvieron en cuenta las recomendaciones presentadas por la ONUDI³²⁴. Por esta razón se decidió evaluar la temperatura y la luz pues estas dos de las propiedades influyentes en la estabilidad de este tipo de productos.

4.5.4.1 Temperatura. Para evaluar la estabilidad de un cosmético respecto a la temperatura existen dos métodos. Uno de estos consiste en someter la muestra a ciclos de temperatura 24 horas con el fin de observar el comportamiento del producto frente a cambios bruscos de esta variable; por otro lado, también puede someterse la muestra a un valor de temperatura constante, bien sea alto o bajo, durante aproximadamente 15 días y observar cómo se afecta el producto.

Para este estudio se decidió efectuar la prueba por ciclos, teniendo en cuenta el ciclo de 24 horas a $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y 24 horas a $-5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, debido a que este es una de las “condiciones más recomendadas y utilizadas”³²⁵ en el área de los cosméticos. En el diagrama 8 se ilustra el procedimiento realizado:

Diagrama 8. Evaluación de estabilidad a la temperatura



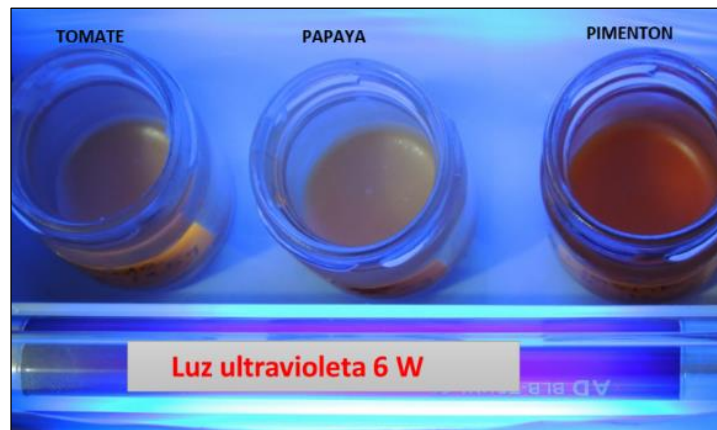
Fuente: elaboración propia

³²⁴ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL. En: ONUDI [Sitio web]. Bogotá D.C.: ONUDI, p.1-90. [Consultado 9 septiembre 2018] Disponible en: [https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-02/ONUDI_Gu%C3%ADa%20de%20Estabilidad_FINAL%20\(003\).pdf](https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-02/ONUDI_Gu%C3%ADa%20de%20Estabilidad_FINAL%20(003).pdf)

³²⁵ *Ibíd.*, p.48

4.5.4.2 Luz. Las pruebas de estabilidad a la luz se llevaron a cabo con una lámpara ultravioleta Lexmana® con un bombillo de 6W, durante 15 días, en donde diariamente se observó el comportamiento del color de las tres muestras sometidas bajo estas condiciones. El objetivo principal de esta prueba fue observar si se presentaba o no degradación progresiva del licopeno sobre dichas muestras, bajo condiciones constantes de rayos ultravioleta (UV). En la imagen 26 se observa el montaje efectuado:

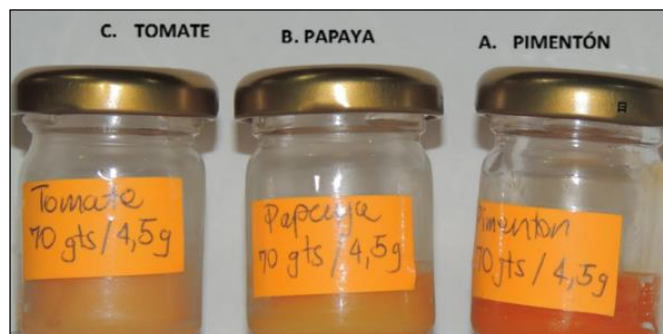
Imagen 26. Montaje para las pruebas de estabilidad con luz ultravioleta de 6W



Fuente: elaboración propia

Cada producto cosmético contenía aproximadamente 4,5 g como lo muestra la imagen 27; cabe mencionar que, se emplearon recipientes de vidrio transparentes para mejorar la evaluación de las condiciones a las cuales se sometieron estos productos.

Imagen 27. Evaluación estabilidad a la luz



Fuente: elaboración propia

4.6 RESULTADOS PRUEBAS DE EVALUACION DE LICOPENO

Teniendo en cuenta las pruebas de evaluación efectuadas, a continuación, se presentan los resultados obtenidos durante el desarrollo de las mismas:

4.6.1 Resultados pruebas organolépticas.

4.6.1.1 Resultados pruebas color. A partir de la metodología planteada previamente se realizó la comparación de los tres productos cosméticos preparados a partir de los extractos de papaya, tomate y pimentón con el Pantone correspondiente. Para efectos de facilidad del proyecto se denominara bálsamo C al producto elaborado a partir de la oleoresina de tomate, bálsamo B al producto elaborado con la oleoresina de papaya y bálsamo A al producto elaborado con la oleoresina de pimentón.

A través de los resultados obtenidos, se puede observar que el bálsamo C, muestra la tonalidad más fuerte tal y como se ve en la imagen 28. No obstante, los bálsamos C y B también cuentan con tonalidades relacionadas con la gama de naranjas y amarillos, lo que permite afirmar que las oleoresinas empleada para ambos bálsamos también cumplen con el objetivo de proveer color al producto base proporcionado por la empresa, a pesar de que la tonalidad de estos no sea tan intensa como la obtenida en el bálsamo A :

Imagen 28. Producto final con los respectivos extractos de tomate, papaya y pimentón



Fuente: elaboración propia

De acuerdo los códigos hex obtenidos los colores presentados para cada uno de los productos elaborados a partir de los extractos de tomate, papaya y pimentón corresponden a “pardo anaranjado”, “amarillo oliva” y “rojo anaranjado” respectivamente.

Imagen 29. Identificación de cada producto con su respectivo código hex a) Cosmético elaborado a partir de extracto de pimentón b) Cosmético elaborado a partir de extracto de tomate c) Cosmético elaborado a partir de extracto de papaya



Fuente. Aplicación - Color picker

4.6.1.2 Resultados pruebas textura o uniformidad de color. Esta prueba se realizó con el fin de identificar la coloración e intensidad del mismo en producto final, así como la ausencia de granulaciones y la uniformidad del pigmento sobre el bálsamo base³²⁶.

En la imagen 30 se observa que los tres bálsamos presentan una textura cremosa. De igual manera a través del desarrollo de estas pruebas se pudo observar que las tres oleorresinas presentan una buena incorporación con el producto base, puesto que para los tres bálsamos no se da una separación de la fase sólida del producto base y la fase líquida de la oleorresina; sino que al contrario al momento de la aplicación de esta última se genera un bálsamo uniforme.

Respecto a la intensidad de la coloración, se pudo apreciar que únicamente el bálsamo A cuenta con una tonalidad perceptible sobre el papel en la imagen 30, por otra parte los otros dos bálsamos presentan una baja coloración sobre este. Finalmente se puede afirmar a partir de esta prueba que en relación al bálsamo base la textura de los bálsamos A, B y C es levemente más oleaginosa aportándole maleabilidad al producto final; además el adicionar la oleorresina incrementa la capacidad de humectación del producto, debido a que todos los ingredientes que componen el mismo son de naturaleza oleosa lo que ocasiona una mejoría en esta propiedad³²⁷.

³²⁶ ARIAS, op. Cit p. 27

³²⁷ MELO. Op. Cit. p.8

Imagen 30. Comparación de cada una de las texturas

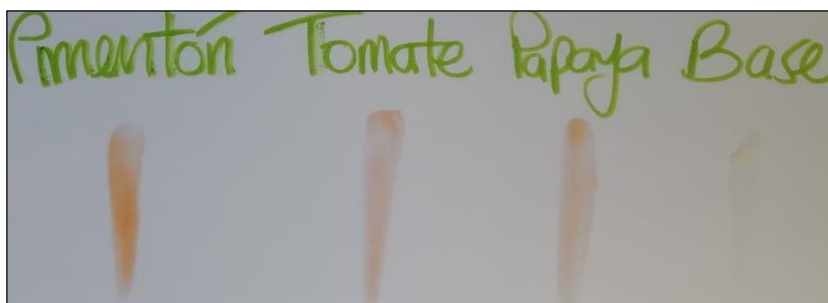


Fuente: elaboración propia

4.6.1.3 Resultados pruebas cubrimiento. La prueba de cubrimiento se realizó con el objetivo garantizar que el producto presentara un cubrimiento perceptible ³²⁸ y que la oleorresina ayudara a que el bálsamo base proporcionara determinada pigmentación.

A través de la imagen 31 se observa que, para el caso del bálsamo A, el cubrimiento es alto debido a que se observa una tonalidad intensa sobre la hoja; por su parte, el bálsamo C y B cuentan con un cubrimiento bajo a medio debido a que el tono de estos productos es poco perceptible sobre el papel.

Imagen 31. Pruebas de cubrimiento para el pimentón, papaya, tomate y bálsamo base



Fuente. Elaboración propia

No obstante, a través de esta prueba se puede ratificar la funcionalidad de la oleorresina en proporcionar determinada pigmentación sobre el bálsamo base, lo que ocasiona que este.

4.6.2 Resultados pruebas fisicoquímicas.

4.6.2.1 Resultados pruebas densidad. A partir de la metodología presentada previamente, se efectuó la medición de la densidad de los extractos

³²⁸ ARIAS, op, Cit. p. 27-28

obtenidos. En la tabla 11 mostrada a continuación se presentan los resultados obtenidos:

Tabla 11. Resultados medición de densidad extractos

Muestra	Extracto Tomate	Extracto Pimentón	Extracto Papaya
Densidad absoluta (g/mL)	0.8791	0.8740	0.8731

Fuente. Elaboración propia

Imagen 32. Pícnómetros con cada uno de los extractos (pimentón, papaya y tomate) para determinar la densidad



Fuente: elaboración propia

En los resultados obtenidos, se observa que los valores de densidad para los tres extractos son muy parecidos, debido a que el aceite extractante que acompaña al compuesto de interés es el mismo para todas las muestras.

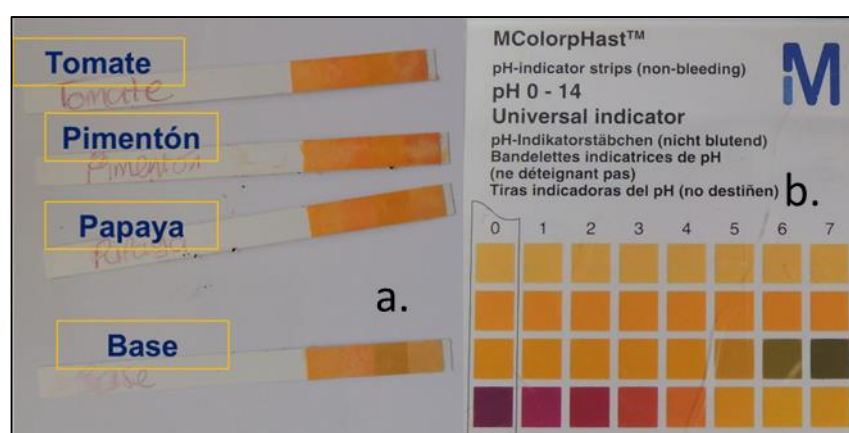
4.6.2.2 Resultados pruebas pH. Teniendo en cuenta el procedimiento especificado anteriormente, se determinó el pH para el extracto y el producto cosmético. En la tabla 12 se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 12. Resultados medición de pH

Residuo	pH extracto	pH producto
Tomate	4.68	4-5
Pimentón	4.78	4-5
Papaya	5.75	4-5

Fuente: elaboración propia

Imagen 33. a. Tirillas de medición del pH de cada uno de los productos con el extracto y en comparación con el bálsamo base (sin extracto) b. Patrón de comparación para determinar el pH



Fuente: elaboración propia

A partir de los resultados obtenidos, se puede afirmar que los extractos corresponden a sustancias ácidas; debido que el valor de pH obtenido para estas oscila entre 4.6-5.7. Dicha acidez se debe a que el solvente extractante, al ser de origen vegetal se compone de ácidos grasos que generan una reducción en el pH de la muestra.

Por otro lado, respecto a los valores obtenidos para los bálsamos, se puede observar que, al adicionar el extracto, el pH de estos se mantiene en un rango similar al obtenido en el extracto debido a la naturaleza ácida de dicho extracto. De igual manera, hay que tener en cuenta que el producto también se compone de aceites vegetales los cuales favorecerán que el cosmético se encuentre en un pH ácido.

4.6.3 Resultados pruebas microbiológicas. Los resultados de las pruebas desarrolladas por BIODTRENDS LABORATORIOS S.A.S presentadas en el Anexo F; comprueban que los tres bálsamos (bálsamo A, bálsamo B y bálsamo C) elaborados cumplen con las especificaciones establecidas por la Comunidad andina

en la resolución 1482 de 2012. Esto se debe a que el Licopeno cuenta con propiedades bactericidas lo que evita el crecimiento de microorganismos³²⁹.

Es importante mencionar que, para el desarrollo de un producto cosmético, el hecho de que este no presente microorganismos, es de gran valor. Por otra parte, el haber obtenido resultados positivos respecto a las pruebas microbiológicas implica que no fue necesaria la adición de algún tipo de compuesto que evitara la proliferación de microorganismos; de modo que el producto puede considerarse seguro, además de beneficioso a la salud a causa de las propiedades antioxidantes del Licopeno.

4.6.4 Resultados pruebas de estabilidad.

4.6.4.1 Resultados pruebas de temperatura. En la bibliografía, para efectuar el análisis de temperatura a través de ciclos se presentan diferentes alternativas³³⁰; sin embargo, para el caso del Licopeno algunos autores han evaluado la estabilidad del Licopeno a temperatura de 50°C y han concluido que durante las primeras 9 horas se favorece la isomerización y posteriormente se beneficia la degradación del compuesto.³³¹ Adicional a esto, debido a que la base del producto son compuestos aceitosos; lo más probable es que bajo estas condiciones el producto se vea afectado, debido a que estos pasaran a estado líquido, generando cambios en el estado del producto.

Por esta razón se decidió seleccionar el ciclo de temperatura ambiente y refrigeración; a través del desarrollo de esta evaluación, se observó que el producto no presenta afectación bajo estas condiciones, sino que al contrario el producto se ve favorecido a bajas temperatura ya que evita la fundición de los compuestos base y la degradación del Licopeno.

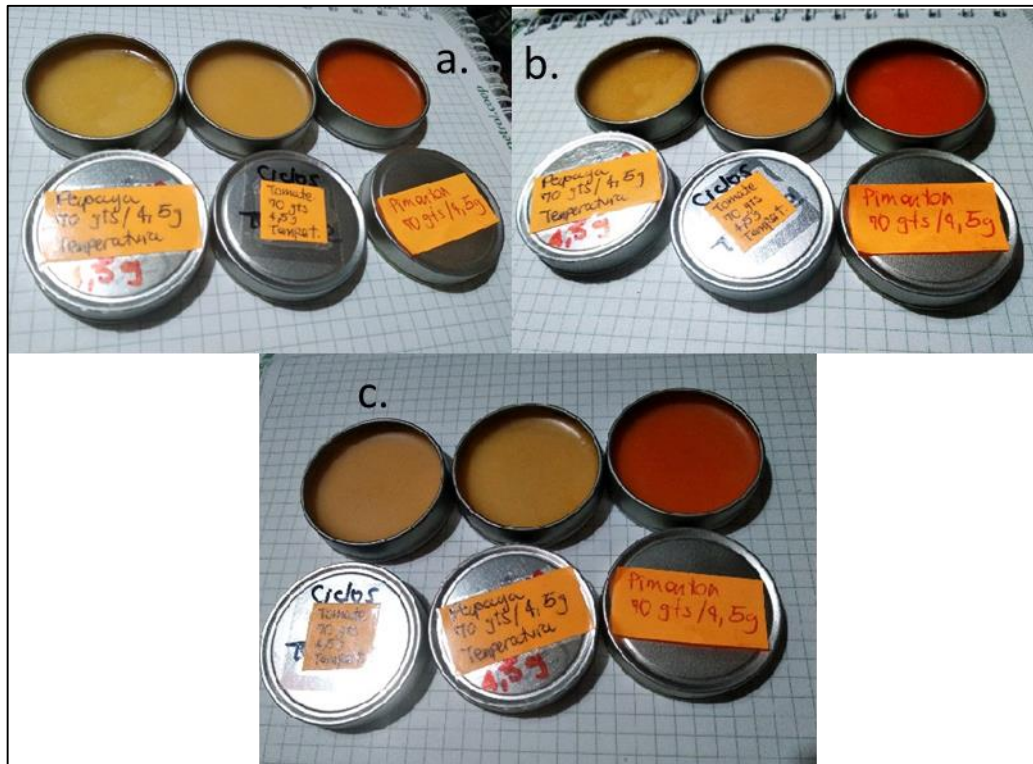
Por otra parte, también es importante mencionar que ante cambios bruscos de temperatura (ambiente a refrigeración) el producto no presenta afectaciones de ningún tipo por lo que es posible afirmar que bajo estas dos condiciones de temperatura el producto es estable.

³²⁹ CRUZ BOJORQUEZ. Op. Cit., p. 9

³³⁰ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL. Op. Cit., p. 48

³³¹ LEE, Ming Ta. y CHEN, Bing Hwei. Stability of lycopene during heating and illumination in a model system. Food chemistry [En línea]. 2002, Septiembre, 78(4), 425-432 [Consultado 7 junio 2019]. DOI: 10.1016/S0308-8146(02)00146-2

Imagen 34. Evaluación estabilidad a la temperatura. a) Inicio ciclo 24h (Ambiente) b) Fin ciclo 24h (Ambiente) c) Fin ciclo 24h (Refrigeración)

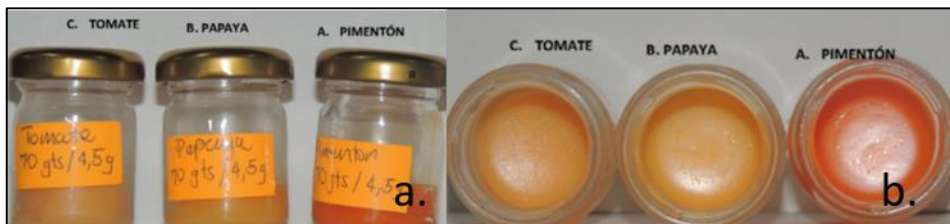


Fuente: elaboración propia

4.6.4.2 Resultados pruebas de luz. Teniendo en cuenta la metodología presentada en la sección 2.3.3.4 para las pruebas de estabilidad a la luz se realizó un seguimiento día a día para el montaje realizado. A continuación, se presenta el análisis y los resultados obtenidos a partir de dicha evaluación:

- Día 1. (7 de mayo 2019)

Imagen 35. Día 1. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate) a) Vista frontal b) Vista focal

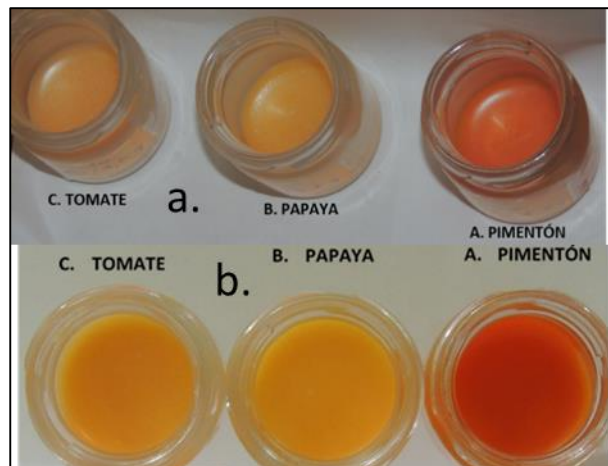


Fuente: elaboración propia

Para el primer día de las pruebas (imagen 35 b)), se observa que los tres productos conservan una textura propia. El bálsamo A cuenta con un código hex b64618³³², conocido como rojo anaranjado; el bálsamo B tiene un código hex a56b3a³³³ correspondiente al color amarillo oliva; por último, el bálsamo C cuenta con un código hex a1682f³³⁴ (pardo anaranjado).

- Día 2 (8 de mayo de 2019)

Imagen 36. Día 2. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate)
a) Vista periférica b) Vista focal



Fuente: elaboración propia

Para el segundo día de someter los distintos bálsamos a condiciones constantes de exposición a luz ultravioleta, no se ve perceptiblemente ninguna diferencia entre el día 1 (imagen 35) y este día (imagen 36). El color que se logró identificar para el bálsamo A fue el color de código hex b64618, para el B el código hex a56b3a y para el C el código hex a1682f

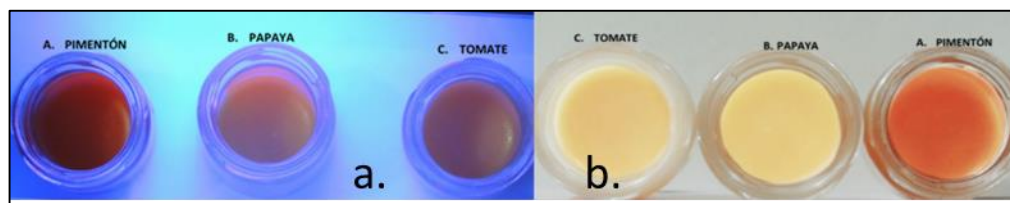
- Día 3 (9 de mayo de 2019)

³³² COLOR-HEX. Op. Cit., p.1

³³³ COLOR-HEX. Op. Cit., p.1

³³⁴ COLOR-HEX. Op. Cit., p.1

Imagen 37. Día 3. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate) a) bálsamos sometidos a la luz ultravioleta constante b) Vista frontal de las muestras

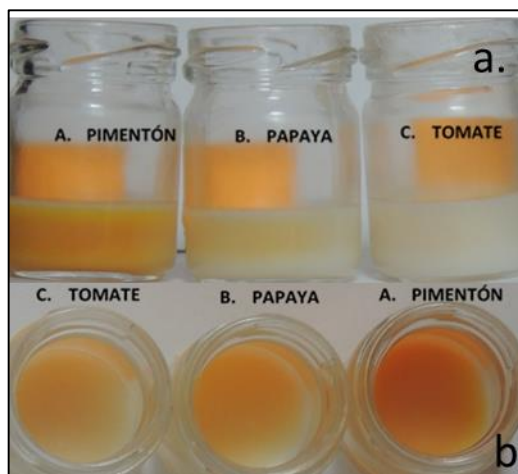


Fuente: elaboración propia

Para el día 3, se observó a través de la imagen 37 en el literal B), una degradación del color fuerte e intenso presentado en los primeros dos días. Por lo cual el color que se pudo observar en este día para el bálsamo A corresponde al código hex c16920³³⁵, para el bálsamo B el código hex c7ce5f³³⁶, y para el bálsamo C el código hex e5cd67³³⁷.

- Día 4. (10 de mayo de 2019)

Imagen 38. Día 4. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate) a) Vista lateral de los bálsamos a través de los envases de vidrio b) Vista frontal de cada bálsamo



Fuente: elaboración propia

³³⁵ COLOR-HEX. Op. Cit., p.1

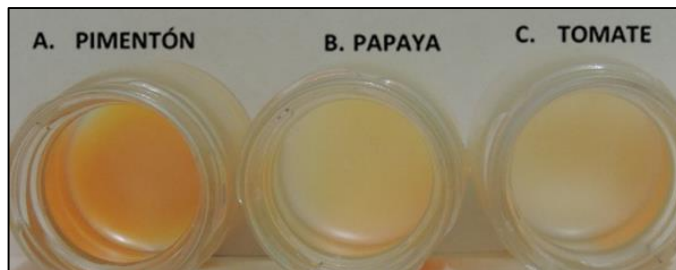
³³⁶ COLOR-HEX. Op. Cit., p.1

³³⁷ COLOR-HEX. Op. Cit., p.1

Para el cuarto día, la degradación del color fue mucho más evidente. El cambio más notorio se vio en el bálsamo C, esto se observa en la imagen 38 literal a), en donde la vista lateral de los recipientes de vidrio permite la apreciación del color completamente degradado, ahora, en la imagen 38 literal b), el bálsamo C, muestra la mayor estabilidad a esta propiedad, ya que a pesar de la degradación este conserva una tonalidad más fuerte que los otros dos productos.

- Día 5 (11 de mayo 2019)

Imagen 39. Día 5. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate)



Fuente: elaboración propia

Al igual que en el día cuatro (4), durante el quinto día el color se degradó de forma evidente como se puede ver en la imagen 39; no obstante, para el bálsamo C, el color sigue siendo más evidente que en los otros dos bálsamos, a pesar de mostrar un color más débil en comparación con los primeros días.

- Día 6 (12 de mayo de 2019)

Imagen 40. Día 6. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate)



Fuente: elaboración propia

Durante los días seis, siete, ocho y nueve (imagen 40) la degradación en el color de cada uno de los bálsamos se mantuvo constante, ya que como se observó en las figuras ya mencionadas, no se ven mayores cambios durante estos días a pesar de que los colores han cambiado bastante en comparación con los primeros días.

- Día 7 (13 de mayo de 2019)

Imagen 41. Día 7. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate)



Fuente: elaboración propia

- Día 8 (14 de mayo de 2019)

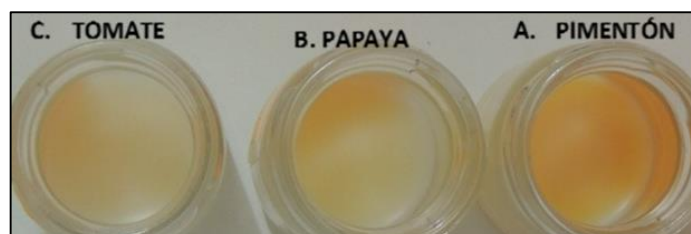
Imagen 42. Día 8. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate)



Fuente: elaboración propia

- Día 9 (15 de mayo de 2019)

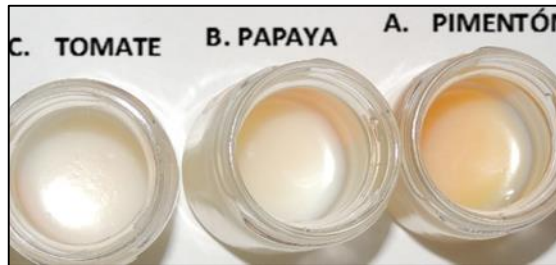
Imagen 43. Día 9. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate)



Fuente: elaboración propia

- Día 10(16 de mayo de 2019)

Imagen 44. Día 10. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate)



Fuente: elaboración propia

- Día 11 (17 de mayo de 2019)

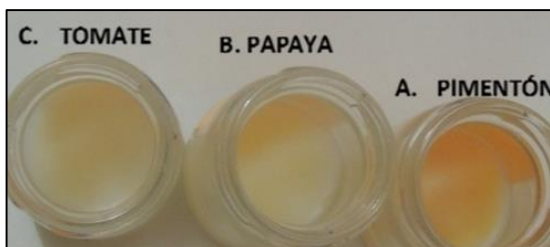
Imagen 45. Día 11. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate)



Fuente: elaboración propia

- Día 12 (18 de mayo de 2019)

Imagen 46. Día 12. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate)



Fuente: elaboración propia

- Día 13 (19 de mayo de 2019)

Imagen 47. Día 13. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate)



Fuente: elaboración propia

- Día 14 (20 de mayo de 2019)

Imagen 48. Día 14. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate)



Fuente: elaboración propia

- Día 15 (21 de mayo de 2019)

Imagen 49 . Día 15. Estabilidad de licopeno a la luz UV (A. Pimentón, B. Papaya y C. Tomate)



Fuente: elaboración propia

Para finalizar los últimos días el color se tornó blancuzco; a pesar de esto tal y como se observa en la imagen 49, el bálsamo al cual se le aplico el extracto obtenido a partir del pimentón mantiene un color más fuerte que los otros dos.

4.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE EVALUACIÓN DE LICOPENO

A través de cada una de las pruebas realizadas en esta sección se buscó garantizar la viabilidad del proceso de extracción y aplicación de la oleorresina obtenida sobre el producto base.

Las pruebas que toman mayor representación, son las microbiológicas; esto en vista que, en caso de no cumplir con la normatividad adecuada, debía descartarse por completo la posibilidad de utilizar el extracto o ajustar a la normatividad planteada a través de la adición de algún tipo de compuesto que permitiera el cumplimiento de dicha norma; pese a eso todos los extractos obedecieron completamente a la normatividad requerida, por lo cual no fue necesario recurrir a ajustes o descartar el uso de la oleorresina³³⁸.

Por otro lado los resultados obtenidos durante las pruebas organolépticas, permiten vislumbrar un mejor desempeño del extracto de pimiento, debido a que este fue el que presento mayor intensidad en la paleta de colores y además una buena intensidad de color en cuanto a las pruebas de textura y cubrimiento; puesto que para este caso el color no se disipaba, a diferencia de como sucedía con los otros dos bálsamos (papaya y tomate). Adicionalmente respecto al bálsamo elaborado con pimentón, se observó que la apariencia de este sigue siendo suave, semisólida y oleaginosa, lo que le otorga propiedades hidratantes a este bálsamo además de un color atractivo³³⁹.

A partir de las pruebas fisicoquímicas, es posible afirmar que el pH es la propiedad más relevante de este grupo, ya que para el caso de la densidad esta no deja ver ningún beneficio diferenciador entre los residuos de fruta empleados. Respecto al pH se puede observar a través de los resultados obtenidos en la tabla 12 que tanto los tres extractos como los tres bálsamos se encuentran en un rango ácido, con variaciones mínimas al momento de adicionar la oleorresina sobre el bálsamo base; cabe mencionar que el propósito de hacer esta evaluación sobre el producto, es verificar que este, no generara afectaciones o irritaciones en la piel. Esto fue ratificado a través de la aplicación de los bálsamos sobre la piel, concluyendo que este no genera ninguna afectación.

Las pruebas de estabilidad a la luz en los cosméticos deben hacerse en caso de que, dicho producto quede expuesto a la luz solar o artificial³⁴⁰, pero para este caso en específico la empresa ASAVA, utiliza recipientes metálicos, lo que impide el paso de luz,; por lo cual los resultados de degradación del colorante en estas pruebas no

³³⁸ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Guía sobre pruebas de estabilidad. Cosméticos y productos de higiene doméstica. Guía técnica Colombiana. GTC 215. Bogotá D.C.: El instituto, 2011. 9 p.

³³⁹ MELO. Op. Cit. p. 8

³⁴⁰ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Op. Cit., p. 8

implican que el producto este fuera de la normatividad .No obstante se hace énfasis, en que estas pruebas fueron realizadas para comprobar la sensibilidad a la luz de cada uno de los extractos, llegando al resultado de que la coloración se disminuye al momento de someter el producto a estas condiciones, manteniéndose levemente dicha coloración únicamente en el caso del bálsamo de pimentón.

Por último, a partir de las afirmaciones realizadas previamente, se concluye que el mejor extracto, ya aplicado sobre el cosmético, es el obtenido de los residuos de pimentón; debido a que presenta el mejor desempeño respecto a las pruebas evaluadas.

5. CAPITULO IV: ANALISIS DE COSTOS

En este capítulo se presentan las generalidades del proceso de extracción teniendo en cuenta el método y el residuo seleccionado en los capítulos II y III; además se describe la elaboración del producto cosmético, empleando el extracto de Licopeno obtenido. De igual manera se especifican todos los equipos requeridos para el desarrollo de la extracción y la preparación del producto.

Asimismo, se plantea una comparación del proceso a escala laboratorio y a escala banco, teniendo en cuenta que se busca que la empresa tenga una producción de 671 g de producto al mes. Para ello se desarrollaron los balances de masa pertinentes para ambos casos, a través de los cuales se determinó las cantidades requeridas de materia prima, los residuos generados y la masa procedente de cada una de las unidades de proceso.

De igual manera se presenta el análisis de costos correspondiente, para producir 671 g del producto cosmético al mes; para ello se tienen en cuenta los costos de inversión, los cuales relacionan en términos generales todos los equipos requeridos para el desarrollo del proceso, ya que actualmente no se cuenta con dichos equipos.

Adicionalmente, se incluyen los costos de fabricación, en los que se encuentra el costo de las materias primas, mano de obra, el gasto energético y el costo total del proceso.

5.1 GENERALIDADES DEL PROCESO

A partir del desarrollo experimental realizado en secciones previas de este documento, se determinó que para la obtención de Licopeno partiendo de residuos de pimentón el método más adecuado hace referencia a una UAE; para ello se plantean tres etapas principales las cuales corresponden al acondicionamiento de materia prima, la extracción de Licopeno y la separación del extracto. Debido a que el objetivo de extraer el Licopeno, es proporcionar color a un bálsamo base; se tiene en cuenta la adición de una etapa en el proceso general, en la que se hace uso del extracto de Licopeno obtenido dando como resultado final el producto cosmético de interés.

Cabe mencionar que la producción de la empresa se calculó a partir de la cantidad de bálsamo base producida actualmente y se proyectó un incremento del 11.8% teniendo en cuenta el crecimiento de la industria cosmética para el próximo año³⁴¹. En la ecuación 8 se presenta el cálculo efectuado para determinar dicha proyección:

³⁴¹ INVEST IN BOGOTÁ [Sitio web]. Bogotá D.C.[Consultado 11 octubre 2018]. Disponible en: <https://es.investinbogota.org/sectores-de-inversion/cosmeticos-en-bogota>

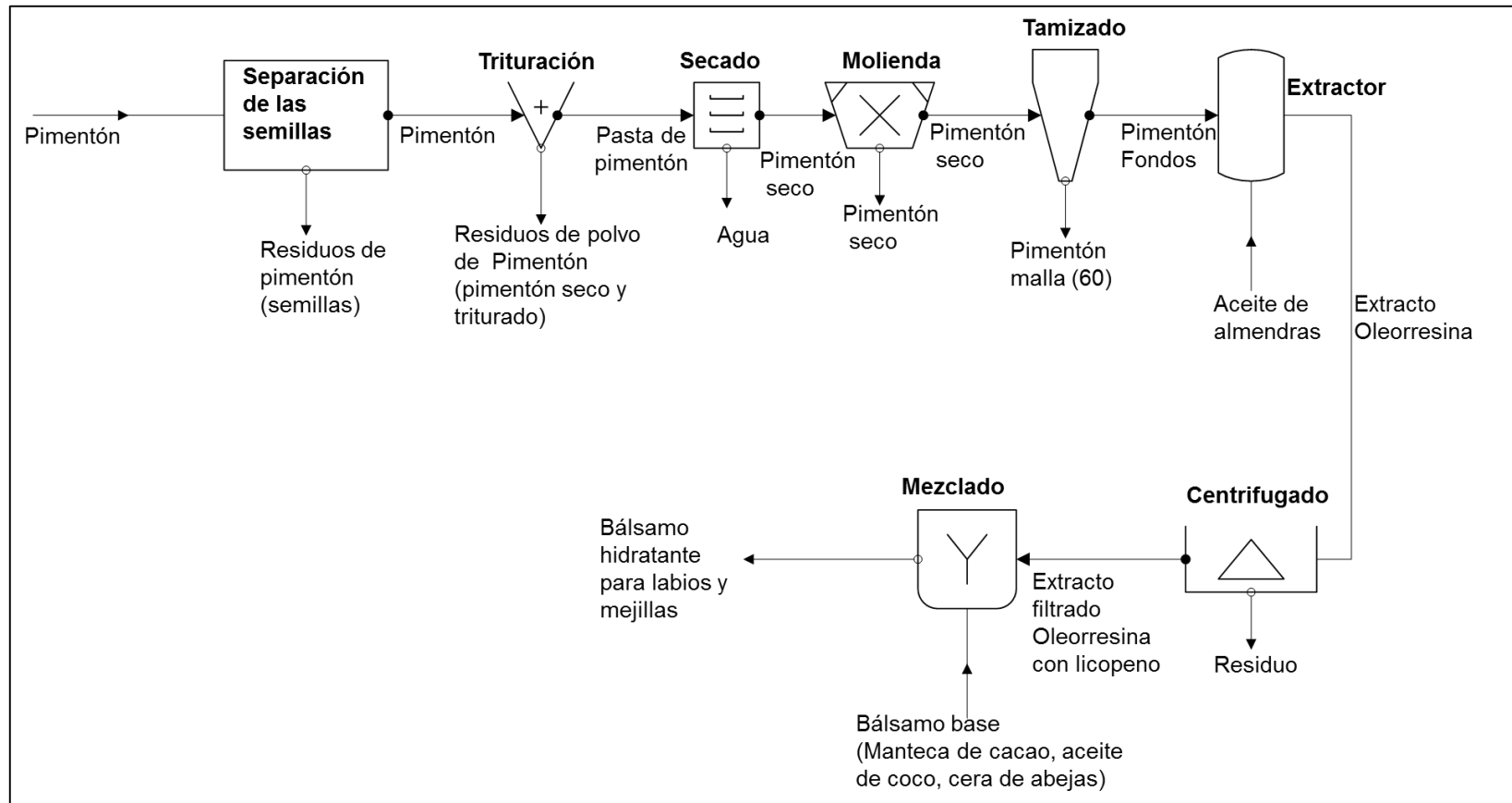
Ecuación 11. Proyección de la producción para el nuevo producto cosmético

$$600 \text{ g balsamo base/mes}$$
$$\textit{Proyeccion de produccion} = (600 * 0.118) + 600 = 670.8 \text{ g/mes} \approx 671 \text{ g/mes}$$

Fuente. Elaboración propia

En el diagrama 9, se presenta el diagrama de proceso general; en el cual, se incluye tanto la obtención del Licopeno como la incorporación del mismo en el producto:

Diagrama 9. Diagrama de proceso general (extracción del licopeno y aplicación sobre el bálsamo base de ASAVA)



Fuente: elaboración propia

5.1.1 Acondicionamiento de la materia prima. Esta etapa consta de cinco operaciones las cuales tienen como finalidad preparar la materia prima para el proceso de extracción. En primer lugar, se hace un troceado de los residuos con el fin de retirar las semillas y la cabeza del fruto los cuales no tiene relevancia dentro del proceso, a continuación, se realiza una trituration hasta formar una pasta y enseguida se somete el residuo triturado a un proceso de secado en el cual se retira cerca del 85% de agua del mismo. Posteriormente, dicho residuo seco se muele y tamiza, con el objetivo de obtener partículas con un tamaño menor a 250 μm .

5.1.2 Extracción de Licopeno. En esta segunda etapa se somete la materia prima acondicionada al proceso de extracción, empleando como solvente aceite de almendras dulces; a partir de esta se obtiene el Licopeno, el cual en un principio se encontraba en el residuo.

5.1.3 Separación del extracto. En la tercera etapa se realiza la separación de la oleorresina de la materia prima acondicionada, a la cual se le extrajo el carotenoide de interés. Para ello, se realiza un proceso de centrifugado de la muestra obtenida en la etapa de extracción de Licopeno; de esto se obtiene un extracto aceitoso y un residuo sólido el cual es eliminado del proceso.

5.1.4 Adición del extracto de Licopeno. En la cuarta y última etapa se efectúa la preparación del producto cosmético, para lo cual se mezcla el bálsamo base y el extracto de Licopeno obtenido en relación 2:1.

5.2 BALANCES DE MASA

Con el objetivo de determinar la cantidad requerida de materia prima para producir 671 g del producto cosmético se realizaron los balances de masa en cada una de las unidades de proceso.

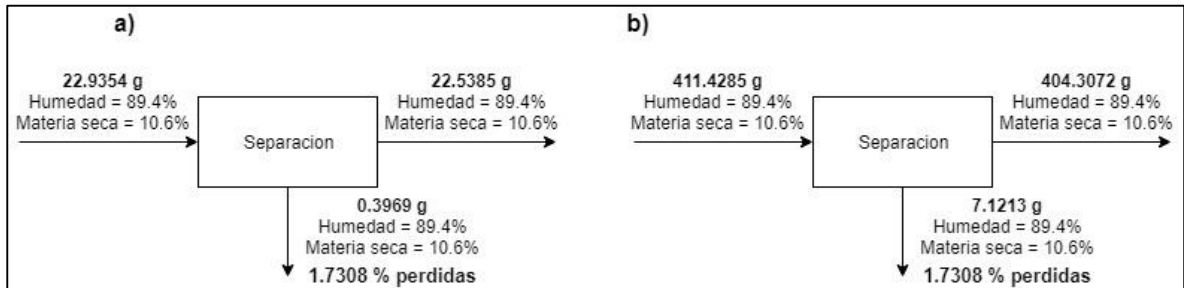
En un primer momento se presenta el cálculo a escala laboratorio teniendo en cuenta el desarrollo experimental efectuado en secciones previas, posteriormente se realizó un escalado a la capacidad de producción de la empresa (671 g/ mes) la cual se catalogó como escala banco, debido a que los equipos empleados para el desarrollo de dicho proceso presentan un mayor nivel de automatización, respecto a la escala laboratorio a pesar de que la cantidad de producto generada sea aún baja. Es importante mencionar que, para la mayoría de las unidades de proceso, se presenta un porcentaje de pérdidas; dicho porcentaje fue asignado de acuerdo al desarrollo efectuado en los ensayos preliminares y la etapa experimental.

Para el proceso a escala laboratorio se tuvo en cuenta una producción de 36 gramos de producto. A continuación, se presentan los balances realizados para cada una de las unidades de proceso:

5.2.1 Separación. El proceso de separación de semillas se realiza de forma manual para ambos casos (escala laboratorio y escala banco) debido a que para el caso del pimentón la separación se considera un proceso sencillo dado que estas se concentran en una sección determinada del fruto, por lo que solamente será necesario retirar dicha zona. Cabe mencionar que dentro de esta operación también se incluye la remoción de la cabeza del fruto, debido a que esta presenta una coloración verde, por lo que no tiene relevancia para este proceso. Teniendo en cuenta la masa total removida, se obtiene un porcentaje de pérdidas para este caso de 1.7308%.

En la figura 14 y la tabla 13 mostradas a continuación se observan los resultados obtenidos para esta unidad de proceso y el diagrama correspondiente, para escala laboratorio y banco respectivamente:

Figura 14. Balance de masa en la separación a) Diagrama escala laboratorio b) diagrama escala banco



Fuente: elaboración propia

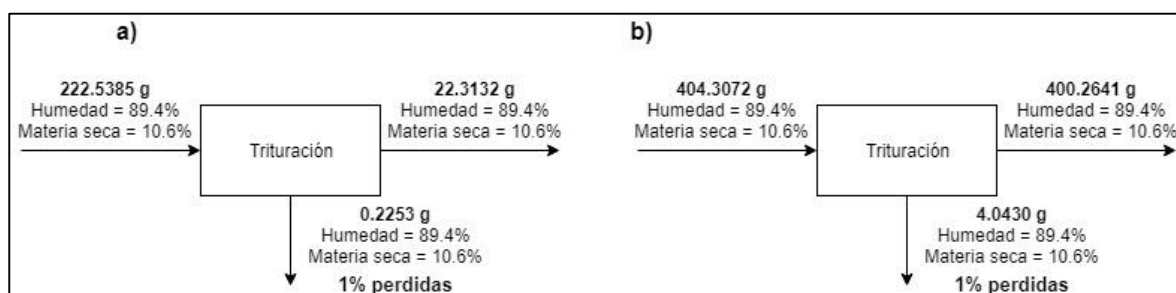
Tabla 13. Balances de materia proceso de separación

Separación (Escala laboratorio)			
No. Corriente	Agua (g)	Materia seca (g)	Masa total (g)
1L	20.5042476	2.4311524	22.9354
2L	0.3548286	0.0420714	0.3969
3L	20.149419	2.389081	22.5385
Separación (Escala banco)			
No. Corriente	Agua (g)	Materia seca (g)	Masa total (g)
1	367.817079	43.611421	411.4285
2	6.3664422	0.7548578	7.1213
3	361.4506368	42.8565632	404.3072

Fuente: elaboración propia

5.2.2 Trituración. Respecto al proceso de trituración o licuado de la muestra se tuvo en cuenta un porcentaje de pérdida del 1%, el cual corresponde a los residuos de difícil remoción que quedan en las paredes del equipo. En la figura 15 y la tabla 14 mostradas a continuación se presenta el diagrama de proceso y la tabla de resultados obtenida para esta operación:

Figura 15. Balance de masa en la trituración. a) Escala laboratorio b) escala banco



Fuente: elaboración propia

Tabla 14. Balances de materia proceso de trituración

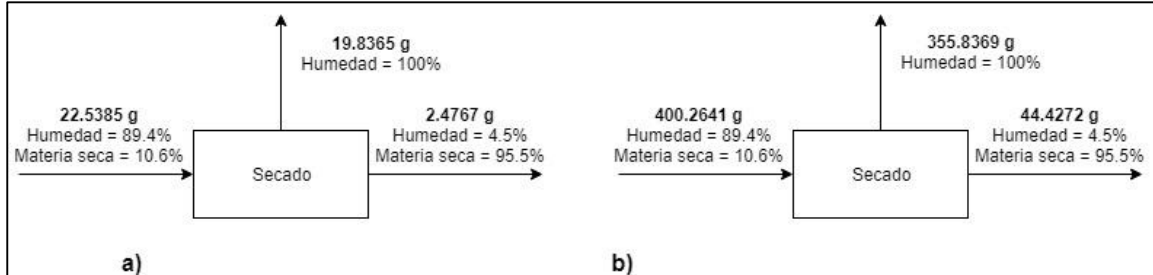
Trituración (Escala laboratorio)			
No. Corriente	Agua (g)	Materia seca (g)	Masa total (g)
3L	20.149419	2.389081	22.5385
4L	0.2014182	0.0238818	0.2253
5L	19.9480008	2.3651992	22.3132
Trituración (Escala banco)			
No. Corriente	Agua (g)	Materia seca (g)	Masa total (g)
3	361.4506368	42.8565632	404.3072
4	3.614506368	0.428565632	4.043072
5	357.8361054	42.4279946	400.2641

Fuente: elaboración propia

5.2.3 Secado o deshidratación. En el secado se da la remoción de un porcentaje considerable de agua con el fin de adecuar la materia prima para un proceso posterior de molienda; dicho secado se realiza de forma indirecta y adiabática puesto que se pone en contacto la muestra con una fuente de calor, la cual se encarga de evaporar el agua presente en la muestra. Para este caso se busca llegar a un porcentaje de agua en la corriente de salida (corriente No 7 y 7L) de aproximadamente 4.5%.

En la figura 16 y la tabla 15 se presenta el diagrama de proceso y los balances de masa para este proceso:

Figura 16. Balance de masa en el secado. a) Escala laboratorio b) escala banco



Fuente: elaboración propia

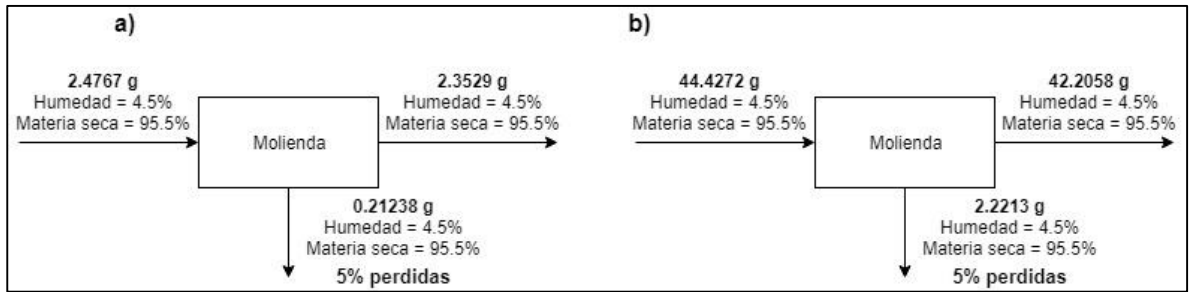
Tabla 15. Balances de materia proceso de secado

Secado (Escala laboratorio)			
No. Corriente	Agua (g)	Materia seca (g)	Masa total (g)
5L	19.9480008	2.3651992	22.3132
6L	19.8365	0	19.8365
7L	0.1114515	2.3652485	2.4767
Secado (Escala banco)			
No. Corriente	Agua (g)	Materia seca (g)	Masa total (g)
5	357.8361054	42.4279946	400.2641
6	355.8369	0	355.8369
7	1.999224	42.427976	44.4272

Fuente: elaboración propia

5.2.4 Molienda. En la molienda se da una reducción en el tamaño de partícula de la muestra seca, para este caso se asume un porcentaje de pérdidas del 5%; el cual tiene en cuenta el material que se queda en el equipo, el cual no es posible remover. En la figura 17 y la tabla 16 se presentan las cantidades relacionadas en el desarrollo de esta operación:

Figura 17. Balance de masa en la molienda. a) Escala laboratorio b) escala banco



Fuente: elaboración propia

Tabla 16. Balances de materia proceso de molienda

Molienda (Escala laboratorio)

No. Corriente	Agua (g)	Materia seca (g)	Masa total (g)
7L	0.1114515	2.3652485	2.4767
8L	0.005571	0.118229	0.1238
9L	0.1058805	2.2470195	2.3529

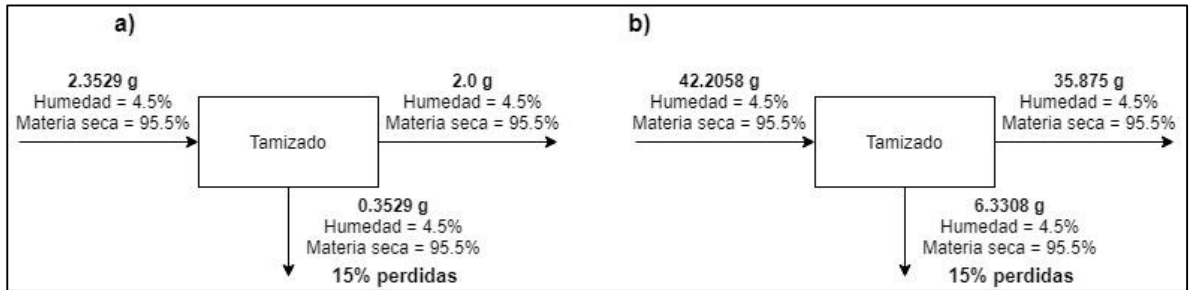
Molienda (Escala banco)

No. Corriente	Agua (g)	Materia seca (g)	Masa total (g)
7	1.999224	42.427976	44.4272
8	0.0999585	2.1213415	2.2213
9	1.899261	40.306539	42.2058

Fuente: elaboración propia

5.2.5 Tamizado. Durante el proceso de tamizado se da una separación de la muestra teniendo en cuenta los tamaños de partícula de la misma; en esta operación se selecciona el menor tamaño de partícula de acuerdo a lo especificado previamente. Para este caso se tiene un porcentaje de pérdidas del 15% el cuales relaciona aquellos tamaños de partícula no deseados y los restos de material que quedan en el tamiz los cuales no pueden ser retirados del mismo. En la figura 18 y la tabla 17 presentadas a continuación se observan las cantidades relacionadas en este proceso:

Figura 18. Balance de masa en el tamizado. a) Escala laboratorio b) escala banco



Fuente: elaboración propia

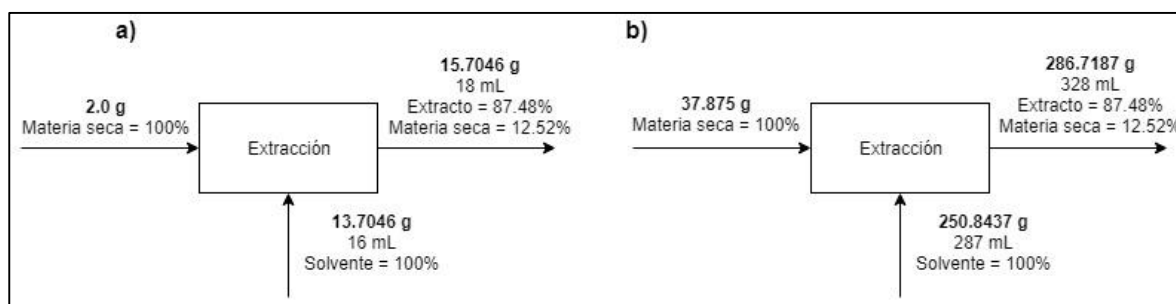
Tabla 17. Balances de materia proceso de tamizado

Tamizado (Escala laboratorio)			
No. Corriente	Agua (g)	Materia seca (g)	Masa total (g)
9L	0.1058805	2.2470195	2.3529
10L	0.0158805	0.3370195	0.3529
11L	0.09	1.91	2.0
Tamizado (Escala banco)			
No. Corriente	Agua (g)	Materia seca (g)	Masa total (g)
9	1.899261	40.306539	42.2058
10	0.284886	6.045914	6.3308
11	1.614375	34.260625	35.8750

Fuente: elaboración propia

5.2.6 Extracción. En el proceso de extracción se deja de tener en cuenta el contenido de agua dentro de la materia prima seca, puesto que se desconoce si al efectuar la interacción solvente- material vegetal toda el agua permanece en la muestra o alguna ligera porción de esta se distribuye en el extracto obtenido. En la figura 19 y la tabla 18 presentadas a continuación, se muestra el diagrama de proceso y los resultados obtenidos a partir del desarrollo del balance de materia para esta unidad de proceso, respectivamente:

Figura 19. Balance de masa en la extracción. a) Escala laboratorio b) escala banco



Fuente: elaboración propia

Del proceso de extracción, se obtiene una corriente de salida la cual es compuesta por el solvente, la materia prima seca y el Licopeno obtenido como producto de la extracción. Para efectos prácticos, a partir de este punto se denomina extracto a la mezcla de solvente; puesto que este contiene en su matriz el compuesto de interés, de manera que el aceite no es eliminado dentro del proceso general.

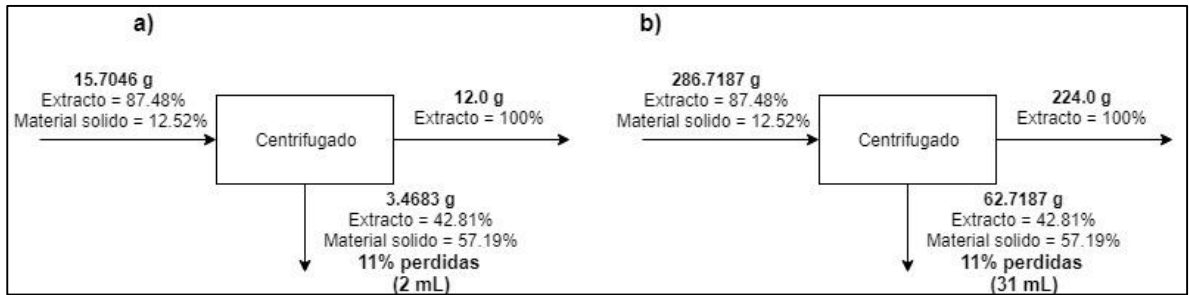
Tabla 18. Balances de materia proceso de extracción

Extracción (Escala laboratorio)			
No. Corriente	Agua (g)	Materia seca (g)	Masa total (g)
11L	2.0	0	2.0
12L	0	13.7046	13.7046
13L	2.0	13.7046	15.7046
Extracción (Escala banco)			
No. Corriente	Agua (g)	Materia seca (g)	Masa total (g)
11	35.8750	0	35.8750
12	0	250.8437	250.8437
13	35.8750	250.8437	286.7187

Fuente: elaboración propia

5.2.7 Separación extracto. Para realizar la separación de la oleorresina del material sólido, se realizó un proceso de centrifugado teniendo en cuenta las condiciones planteadas en el capítulo II. Durante esta operación se dio un porcentaje de pérdida del 11% del extracto el cual fue absorbido por el material sólido. A continuación, en la figura 20 y tabla 19 se presenta el diagrama de proceso y los resultados obtenidos a partir del balance de materia realizado:

Figura 20. Balance de masa en el centrifugado. a) Escala laboratorio b) escala banco



Fuente: elaboración propia

Tabla 19. Balances de materia proceso de separación del extracto (centrifugado)

Centrifugado (Escala laboratorio)

No. Corriente	Agua (g)	Materia seca (g)	Masa total (g)
13L	2.0	13.7046	15.7046
14L	2.0	1.4683	3.4683
15L	0	12.0	12.0

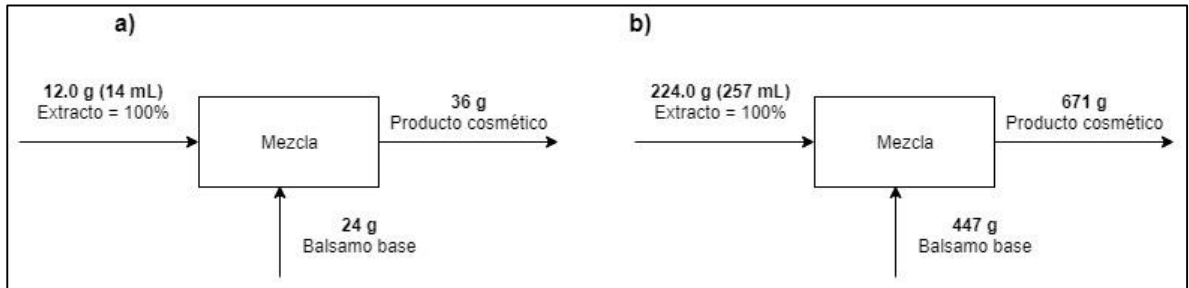
Centrifugado (Escala banco)

No. Corriente	Agua (g)	Materia seca (g)	Masa total (g)
13	35.8750	250.8437	286.7187
14	35.8750	26.8437	62.7187
15	0	224.0	224.0

Fuente: elaboración propia

5.2.8 Preparación producto cosmético. Como última operación, se realiza un proceso de mezclado en el cual participan la oleorresina obtenida del centrifugado y al bálsamo base; estos se mezclan en relación 1:2 respectivamente, dando como resultado el producto cosmético de interés. En la figura 21 y tabla 20 presentadas a continuación se muestra el diagrama de proceso correspondiente para esta operación, así como los resultados obtenidos del desarrollo del balance de materia para este caso:

Figura 21. Balance de masa en el mezclado. a) Escala laboratorio b) escala banco



Fuente: elaboración propia

Tabla 20. Balances de materia proceso de preparación del producto cosmético (mezclado)

Mezcla (Escala laboratorio)			
No. Corriente	Agua (g)	Materia seca (g)	Masa total (g)
15L	0	12.0	12.0
16L	24.0	0	24.0
17L	24.0	12.0	36.0
Mezcla (Escala banco)			
No. Corriente	Agua (g)	Materia seca (g)	Masa total (g)
15	0	224.0	224.0
16	447.0	0	447.0
17	447.00	224.00	671.0

Fuente: elaboración propia

5.3 EQUIPOS PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PRODUCTO COSMÉTICO

Como se mencionó previamente, el objetivo del proceso de escalado a banco es buscar una mayor automatización de operaciones unitarias, generando un mayor control del mismo ocasionando a su vez una mejora en la calidad del proceso.

Para ello se tuvo en cuenta una producción de 671 g/mes; dicha cantidad se estableció teniendo en cuenta, tanto la capacidad actual de la empresa como la proyección de la demanda de cosméticos en el país para el próximo año. Los equipos propuestos para el desarrollo del proceso se presentan a continuación:

5.3.1 Licuadora industrial. Para procesar 404.3072 g de residuo de fruta sin semillas, se propone el uso de una Licuadora de categoría industrial de la marca OMNIBLEND. Esta cuenta con una capacidad de 1.5 L, tres velocidades (baja, media, alta) y motor de 3 HP; además presenta doble cuchilla y una carcasa especial antruido³⁴².

Figura 22. Licuadora industrial



Fuente. PALLOMARO. Licuadora industrial 1,5 lts antiruido [Sitio web]. Bogotá D.C.: Pallomaro [Consultado 5 junio 2019]. Disponible en: <https://www.pallomaro.com/tienda/shop/licuadora-industrial-con-carcasa-antiruido-tres-temporizadores-en-segundos-tm-800aq-808-890>

A continuación, se presentan alguna de las características del equipo

- **Dimensiones (frente x fondo x altura):** 25 x 30 x 40 cm
- **Consumo:** 1265 W

5.3.2 Horno deshidratador. Después de seleccionar las materias primas y tener la pasta del residuo seleccionado, se hace necesario deshidratar la muestra, por lo

³⁴² PALLOMARO. Licuadora industrial 1,5 lts antiruido [Sitio web]. Bogotá D.C.: Pallomaro [Consultado 5 junio 2019]. Disponible en: <https://www.pallomaro.com/tienda/shop/licuadora-industrial-con-carcasa-antiruido-tres-temporizadores-en-segundos-tm-800aq-808-890>

cual se propone un “Deshidratador de alimentos de 1000W” de la marca tornado, el cual cuenta con un termostato que maneja temperaturas aproximadas de 35°C a 75°C, este cuenta con un consumo energético de 1000W³⁴³.

Figura 23. Deshidratador de alimentos 1000W



Fuente. PALLOMARO.
Deshidratador de alimentos electrónico. [Sitio web]. Bogotá D.C.: Pallomaro [Consultado 7 junio 2019]. Disponible en: <https://www.pallomaro.com/tienda/shop/deshidratador-para-alimentos-electrico-monofasico-110-voltios--tdh-1000-tornado-r61>

A continuación, se presentan algunas características del equipo

- **Dimensiones (Alto X Frente X ancho):** 50 cm X 57 cm X 45 cm
- **Consumo:** 1000 W
- **Corriente:** 9 amperios

³⁴³ PALLOMARO. Deshidratador de alimentos electrónico. [Sitio web]. Bogotá D.C.: Pallomaro [Consultado 7 junio 2019]. Disponible en: <https://www.pallomaro.com/tienda/shop/deshidratador-para-alimentos-electrico-monofasico-110-voltios--tdh-1000-tornado-r61>

5.3.3 Molino. Para el proceso de molienda se propone el uso de un molino de café de la marca DeLonghi. A pesar de que este equipo está diseñado para el procesamiento de otro tipo de materia prima, dicho equipo permite realizar un ajuste en la molienda desde fina hasta gruesa, lo que asegura una reducción adecuada del tamaño de partícula de la muestra seca del residuo de fruta, adicionalmente este opera de forma automática³⁴⁴.

Figura 24. Molino de café



Fuente. HOMECENTER. Molino de café. [Sitio web] Bogotá D.C.: Homcenter sodimac. [Consultado 5 junio 2019] Disponible en: <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/320329/Molino-de-Cafe-Ajustable-KG89-Plata/320329>

Algunas de las especificaciones de este equipo son las siguientes:

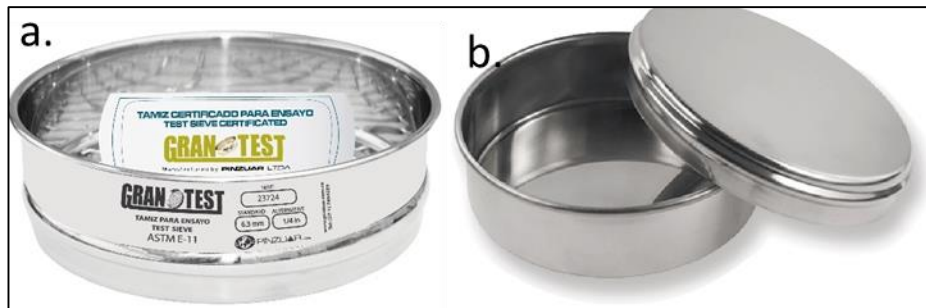
- **Dimensiones (frente x fondo x altura):** 13 x 16 x 26 cm
- **Consumo:** 110 W

³⁴⁴ DELONGHI BETTER EVERYDAY. KG89 grinders [Sitio web]. Seitz: DéLonghi. [Consulta 6 junio 2019] Disponible en: <https://www.delonghi.com/en-int/products/coffee/coffee-makers/grinders/kg89-0177111026>

- **Capacidad:** 120 g

5.3.4 Tamiz Malla 60 con fondo y tapa. Para el proceso de tamizado se propone el uso de un tamiz No 60 de acero inoxidable certificado según la norma ASTM E-11-09 con una apertura de 250 μm ; adicionalmente se requiere el uso de la base y la tapa correspondiente para dicho tamiz. El tamiz, así como la base y la tapa cuentan con un diámetro de 8" y una altura de 2 de acuerdo a lo especificado por el proveedor Pinzuar³⁴⁵:

Figura 25. a) Tamiz acero inoxidable b) fondo y tapa tamiz



Fuente. PINZUAR. Tamices [sitio web] Bellavista Callao: Pinzuar. [Consultado 5 Junio 2019] Disponible en: <https://www.pinzuar.com.co/pinzuar/es/cp/laboratorios-generales/granulometria/tamices/>

5.3.5 Baño ultrasónico. Para la realización del proceso de extracción se plantea el uso de un baño ultrasónico o sonicador digital de la marca Wisd. A continuación, se presentan las especificaciones de este equipo, proporcionadas por el proveedor Baltalab³⁴⁶:

- **Capacidad:** 10 L
- **Frecuencia:** 40 kHz
- **Temperatura:** Ajustable hasta 80 °C
- **Potencia de salida:** Hasta 200 W
- **Temporizador:** 0-60 min
- **Dimensiones internas tanque (W x D x H):** 29 x 24 x 15 cm

³⁴⁵PINZUAR. Tamices [sitio web] Bellavista Callao: Pinzuar. [Consultado 5 Junio 2019] Disponible en: <https://www.pinzuar.com.co/pinzuar/es/cp/laboratorios-generales/granulometria/tamices/>

³⁴⁶ BALTALAB. Baño ultrasónico/sonicador digital WUC-D10H. [Sitio web] Bogotá: Baltalab. [Consultado 5 junio 2019] Disponible en: <http://www.baltalab.com/bano-ultrasonidosonicador-digital-wuc-d10h/>

- **Consumo:** 665 W

Figura 26. Baño ultrasónico



Fuente. BALTALAB. Baño ultrasonido/sonicador digital WUC-D10H. [Sitio web] Bogotá: Baltalab. [Consultado 5 junio 2019] Disponible en: <http://www.baltalab.com/ba-no-ultrasonidosonicador-digital-wuc-d10h/>

5.3.6 Centrifuga. Para el proceso de separación de la oleorresina, se sugiere el uso de una centrifuga PowerSpin™, la cual tiene puesto para 8 tubos de 8 a 15 mL, su velocidad empieza a variar desde los 4000 RPM y cuenta con un control de velocidad variable lineal.

Figura 27. Centrifuga PowerSpin Fx
Velocidad variable lineal 8 puestos



Fuente. BLAMIS. DOTACIONES LABORATORIO. Centrifuga powerspin FX velocidad variable lineal 4,000 RPM, 8 puestos C858. [Sitio web] Bogotá D.C.: Blamis [Consultado 7 junio 2019] Disponible en: <http://www.blamis.com.co/producto/centrifuga-powerspinm-fx-velocidad-variable-lineal-4000-rpm-8-puestos-c858>

A continuación, se presentan algunas especificaciones presentadas por el proveedor:

- Alimentación eléctrica: 115V
- 58 decibeles a 4000 RPM

5.3.7 Estufa de inducción. Para la preparación del producto cosmético, se requiere de un sistema de calentamiento, por lo cual se propone el uso de una estufa de inducción de la marca JCOOK; la cual cuenta con una superficie cerámica de alta resistencia proporcionando una eficiencia energética de cerca del 90%, cabe mencionar que el único requerimiento que exige este equipo es el uso de utensilios

de cocina compatibles con este tipo de tecnología con un peso máximo de 30 kg y diámetro mínimo de 12 cm³⁴⁷.

Figura 28. Estufa de inducción



Fuente. PALLOMARO. Estufa de inducción portable 2,6 kw. [Sitio web] Bogotá D.C.: Pallomaro. [Consultado 5 junio 2019] Disponible en: <https://www.pallomaro.com/tienda/shop/estufa-de-induccion-portable-2.6-kw-r25>

A continuación, se presentan algunas especificaciones presentadas por el proveedor Pallomaro:

- **Temperatura:** 35-200 °C
- **Potencia:** 2600 W
- **Dimensiones (frente x fondo x altura):** 30 x 52 x 11 cm

5.4 DETERMINACIÓN DE COSTOS.

La determinación de costos es parte importante del proyecto pues a través de estos se permite efectuar un análisis de la viabilidad del proyecto; para ello se tomo como base los costos planteados por Ramirez y Agudelo³⁴⁸, debido a que es la investigación realizada por las autoras se considera el desarrollo de un proceso de extracción similar al estudiado en esta investigación.

5.4.1 Costos de inversión. Dentro de los costos de inversión se tuvieron en cuenta únicamente los equipos requeridos para el desarrollo del proceso; debido a

³⁴⁷ PALLOMARO. Estufa de inducción portable 2,6 kw. [Sitio web] Bogotá D.C.: Pallomaro. [Consultado 5 junio 2019] Disponible en: <https://www.pallomaro.com/tienda/shop/estufa-de-induccion-portable-2.6-kw-r25>

³⁴⁸ USAQUEN RAMIREZ. Op. Cit., p. 44

que la empresa Asava Colombia no dispone actualmente de estos. Las especificaciones técnicas se encuentran en la sección 5.3.

Por otra parte, en relación a los precios de cada equipo; algunos de estos fueron consultados en los sitios webs de diferentes proveedores tales como Pallomaro, y Homecenter; sin embargo, para los equipos con mayor especificidad, fue necesario efectuar cotizaciones para los mismos. En la tabla 21 se presentan los precios para cada equipo, así como el costo total de inversión el cual corresponde a un valor de \$16'121.953,25 COP:

Tabla 21. Costos de inversión.

OPERACIÓN	EQUIPO	MODELO/ REFERENCIA	MARCA	PRECIO
Trituración	Licadora industrial 1.5 Lts antiruido ³⁴⁹	TM-800AQ	Omniblend	\$ 1.275.475,00
Secado	Deshidratador alimentos ³⁵⁰	de TDH-1000	Tornado	\$ 810.390,00
Molienda	Molino de Café ajustable (Ver	KG89	Delonghi	\$ 306.900,00
	Anexo H)			
	Tamiz Acero inox.	Malla 60		\$ 124.950,00
	Fondo con tapa para tamiz en Acero (Ver		Pinzuar	\$ 124.950,00
	Anexo H)			
	Baño ultrasónico (Ver			
Extracción		WUC-D10H	Wisd Laboratory Instruments	\$ 8.312.736,25
	Anexo H)			
	Centrifuga velocidad variable lineal 8 puestos (Ver	POWERSPIN C858	FX UNICO	\$ 2.598.960,00
Preparación producto	Anexo H) Estufa de Inducción ³⁵¹	JC26	JCOOK	\$ 2.567.592,00

³⁴⁹ PALLOMARO. Licuadora industrial 1,5 lts antiruido. Op. Cit. parr. 1

³⁵⁰ PALLOMARO. Deshidratador de alimentos electrónico. Op. Cit., parr. 1

³⁵¹ PALLOMARO. Estufa de inducción portable 2,6 kw. Op. Cit., parr. 1

COSTO TOTAL DE INVERSION	\$ 16.121.953,25
---------------------------------	-----------------------------

Fuente: elaboración propia

5.4.2 Costos de fabricación. Los costos de fabricación para este proceso incluyen las materias primas, energía y mano de obra. A continuación, se presentan los valores obtenidos para cada uno de estos ítems:

5.4.2.1 Costo materias primas. En relación a los costos de las materias primas, se tuvieron en cuenta las cantidades de residuo de fruta, aceite extractante y bálsamo base presentadas en la tabla 13, la tabla 18 y la tabla 20 respectivamente. De igual manera se efectuó el cálculo del costo para las cantidades requeridas de materia prima teniendo en cuenta el precio estipulado por cada uno de los proveedores de dichas materias primas:

Tabla 22. Costos materias primas

MATERIA PRIMA	PRECIO MATERIA PRIMA	CONSUMO/ mes	COSTO (COP)
Residuo de fruta	\$ 3,000.00	411.43	g \$ 1,234.29
Aceite de almendras	\$ 11,000.00	287.00	m \$ L 6,314.00
Bálsamo base	\$ 39,300.00	447.00	g \$ 19,788.71
COSTO TOTAL MES			\$ 27,337.00

Fuente: elaboración propia.

Cabe mencionar que, en algunas plazas de mercado mayoristas, los residuos no tienen ningún costo; sin embargo, existen casos en los que esto no se aplica, por lo cual se tuvo en cuenta el costo de dichos residuos, el cual es el más bajo en relación a las demás materias primas.

El costo total de materias primas corresponde a la suma de los valores individuales de cada una de estas; a partir del cálculo efectuado se obtuvo un costo total equivalente a \$ 27,337.00 COP.

5.4.2.2 Gasto energético. Respecto al gasto energético se tuvo en cuenta la producción mensual de 671 g del cosmético, los cuales equivalen a 56 unidades de producto; teniendo en cuenta que la cantidad producida es baja, se decidió que lo

más conveniente es producir dos lotes él mes, lo que implicaría generar 336 g de producto en cada lote equivalentes a 28 unidades.

Para efectuar el cálculo del gasto energético generado por cada equipo se tuvo en cuenta la potencia de consumo y el tiempo de uso de dicho equipo; a partir de estos dos valores se determinó la energía total, enseguida se multiplico dicha cantidad por del precio del kWh de la zona en la cual se encuentra la empresa, el cual corresponde a \$528.20/kWh³⁵² finalmente se obtuvo el costo total. En la tabla 23, se presentan los resultados obtenidos:

Tabla 23. Gasto energético del proceso

OPERACIÓN	EQUIPO	POTENCIA CONSUMO (kW)	TIEMPO DE USO (h)	ENERGIA TOTAL (kWh)	COSTO (COP/kWh)	COSTO TOTAL (COP/mes)
Trituración	Licuada industrial	1.27	0.25	0.32		\$ 334.09
Secado	shidratador de alimentos	1.00	48.0	48.00		\$ 50,707.20
Molienda	Molino de café	0.11	0.33	0.04		\$ 38.73
Extracción	Baño ultrasónico	0.67	0.50	0.33	\$ 528.20	\$ 351.25
Centrifugado	Centrifuga	0.11	0.33	0.04		\$ 38.73
Preparación producto	Estufa de inducción	2.60	1.5	3.90		\$ 4,119.96
GASTO TOTAL MES						\$ 55,589.97

Fuente. Elaboración propia

Teniendo en cuenta los cálculos realizados, para este proceso se tiene un costo total energético de \$55,589.97 COP al mes.

5.4.2.3 Gastos mano de obra. Para la determinación de los gastos de mano de obra se consideró el salario mínimo legal mensual vigente. el cual corresponde a \$828,116 COP para el año 2019 y el subsidio de transporte establecido en \$97,032 pesos COP mensuales.³⁵³

³⁵² ENEL. Tarifas de energía eléctrica (\$/kWh) [Sitio Web]. Bogotá: ENEL. 2019-[consulta 5 junio 2019] Archivo pdf. Disponible en <https://www.enel.com.co/content/dam/enel-co/espa%C3%B1ol/personas/1-17-1/2019/Tarifario-abril-2019.pdf>

³⁵³ PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Presidente Duque expidió decretos que fijan el incremento del salario mínimo y del auxilio de transporte para la vigencia 2019, el aumento real más significativo de los últimos 25 años [Sitio web] Bogotá D.C.: Plan nacional de desarrollo. [Consulta 25 abril 2019] Disponible en: <https://id.presidencia.gov.co/Paginas/prensa/2018/181228-Presidente-Duque-expidio-decretos-fijan-incremento-salario-minimo-auxilio-transporte-para-vigencia-2019-aumento-real.aspx>

Respecto al número de operarios requeridos y el tiempo de trabajo estipulado para los mismos, se asume que se necesita de un solo operario para el desarrollo del proceso; el cual trabajara cuatro días durante el mes divididos en dos días para la producción de cada lote.

En la tabla 24 se muestra el gasto total de mano de obra en el cual se incluye el salario correspondiente al tiempo de trabajo y las prestaciones pertinentes estipuladas por ley:

Tabla 24. Gastos mano de obra

ITEM	COSTO (COP/mes)
Salario	\$ 110,415.47
Vacaciones	\$ 4,600.64
Cesantías	\$ 9,201.29
Interés cesantías	\$ 1,104.15
Prima de servicios	\$ 9,201.29
Subsidio de transporte	\$ 12,937.60
Pensión	\$ 13,249.86
Dotación	\$ 18,750.00
ARL y riesgos	\$ 576.37
GASTO TOTAL MES	\$ 180,036.67

Fuente: elaboración propia

Para este caso el gasto total en mano de obra se estipula en \$ 180,036.67 COP.

5.4.3 Costo total del proceso. Para determinar el costo total del proceso se realizó la sumatoria del gasto energético, el costo de las materias primas y el gasto de mano de obra. El resultado obtenido se presenta en la tabla 25, presentada a continuación:

Tabla 25. Costo total del proceso.

ITEM	COSTO (COP/mes)
Materia prima	\$ 27,337.00
Gasto energético equipos	\$ 55,589.97
Mano de obra	\$ 180,036.67
COSTO TOTAL MES	\$ 262,963.64

Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta la sumatoria realizada, el proceso tendría un costo total de \$262,963 COP.

De acuerdo a información proporcionada por la empresa cada unidad del bálsamo base tiene un costo de \$9,000 COP; si se mantiene este precio para la proyección realizada, las ganancias mensuales se establecerían en \$ 504,000.00, lo que implicaría que a través de dichas ganancias se logran cubrir los costos y gastos del proceso.

6. CONCLUSIONES

A partir del desarrollo efectuado durante este proyecto se puede concluir que:

- Teniendo en cuenta como criterios de selección el contenido teórico de Licopeno, las cifras de producción, la facilidad de separación de semillas, el contenido de agua y el tamaño del fruto; se puede afirmar que los residuos de papaya, pimentón y tomate son los más adecuados para el desarrollo de este proyecto. Además, se pudo concluir que los parametros con mayor relevancia en la selección de los residuos, corresponden al contenido teorico de licopeno y las cifras de producción.
- En la actualidad se presentan numerosos estudios a través de los cuales, se efectúa la evaluación de diversos métodos empleados para la extracción de licopeno; sin embargo, considerando aspectos como la relación material vegetal/solvente, el rendimiento teórico de extracción, la peligrosidad del solvente extractante y el costo del método; las técnicas más adecuadas para efectuar un proceso de evaluación pre-experimental usando residuos de tomate como materia prima, corresponden a la UAE y la extracción enzimática; siendo la extracción asistida por ultrasonido el mejor método evaluado, bajo las siguientes condiciones de operación: tamaño de partícula menor a 250 μm ; relación material vegetal/solvente = 1:8; potencia = 90 kW; tiempo = 30 min; temperatura = 50°C; solvente extractante= aceite de almendras dulces. Sin embargo, respecto a la extracción enzimática se pudo concluir que la viscosidad del solvente extractante presenta una influencia positiva en el rendimiento de la extracción, de este método en particular; de modo que con mayores valores de esta propiedad se tendrá un mayor contenido de licopeno en el extracto obtenido.
- El color del extracto obtenido se encuentra relacionado con el con el contenido de Licopeno en la muestra de manera que, para una mayor concentración del caroteno en la oleorresina esta tendrá una tonalidad más opaca y/o rojiza; adicionalmente se pudo concluir que al efectuar la mezcla del bálsamo base con la oleorresina obtenida en el proceso de extracción; se presentan dos cambios perceptibles: el primero corresponde una reducción en la coloración final del producto respecto a la tonalidad inicial de la oleorressina debido a que el color de las materias primas interviene en la modificación de esta propiedad y el segundo esta relacionado con una mejoría en la maleabilidad, en comparación con el bálsamo base, lo que permite una mejor aplicación y humectación del producto final al momento de ser aplicado. Por otra parte, a pesar de que los residuos de pimentón no son un referente en la extracción de licopeno, estos se proponen como una materia prima adecuada para la obtención de dicho carotenoide empleando UAE, pues cuenta con el mejor comportamiento para las pruebas organolépticas, fisicoquímicas, microbiológicas y de estabilidad.

- De acuerdo a información proporcionada por la empresa cada unidad del bálsamo base tiene un costo de \$9,000 COP; si se mantiene este precio para la proyección realizada, las ganancias mensuales se establecerían en \$ 504,000.00, lo que implicaría que a través de dichas ganancias se logran cubrir los costos y gastos del proceso.

7. RECOMENDACIONES

- Profundizar en la investigación de otro tipo de biocompuestos liposolubles que proporcionen una tonalidad más intensa
- Evaluar otro tipo de metodologías de extracción teniendo en cuenta la variación de condiciones y el efecto que tienen estas en el desarrollo del proceso.
- Considerar la posibilidad de emplear otras variedades de frutas y realizar combinaciones en las oleorresinas para generar nuevas tonalidades.
- Evaluar el efecto de la concentración de enzimas poligalacturonasas en la extracción de biocompuestos empleando solventes de carácter lipídico.
- Realizar pruebas de colorimetría y perfil de textura para definir la intensidad del color y textura del producto final en términos cuantitativos.

BIBLIOGRAFÍA

ABEHSERA, Carlos. Aceite de coco, el elixir de la vida. Estados Unidos.: Kindle, 2014. 109 p. ASIN B00HUCU916

AGROINDUSTRIA. Ficha técnica industrialización de la guayaba (*Psidium guajava* L.) [Sitio web]. Agroindustria desarrollo de producto. MURILLO, Olga Marta. [Consulta 19 marzo 2019]. Disponible en: https://www.cnp.go.cr/biblioteca/fichas/Guayaba_FTP.pdf

AGRONEGOCIOS. El departamento de Meta es la despensa de patilla con 2.125 hectáreas sembradas en 2017 [Sitio web]. Bogotá: Agronegocios, 2018 [Consulta 8 abril 2019]. Disponible en: <https://www.agronegocios.co/agricultura/el-departamento-de-meta-es-la-despensa-de-patilla-con-2125-hectareas-sembradas-2737240>

_____. El futuro del pimentón que se produce en Colombia está en la más exclusiva gastronomía [Sitio web]. Bogotá: Agronegocios, 2015 [Consultado 8 abril 2019]. Disponible en <https://www.agronegocios.co/agricultura/el-futuro-del-pimenton-esta-en-la-mas-exclusiva-gastronomia-2621159>

APELLA, Marica C. y ARAUJO, Paula Z. Microbiología del agua. Conceptos básicos. En: Solar safe wáter. [Sitio web] Almería: La plataforma solar de Almería. [Consulta 25 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <http://www.psa.es/es/index.php>

ARANDIGA MARTÍ, Gemma y DIAZ SÁNCHEZ, Sonia. Estudio del licopeno del tomate como colorante natural desde la perspectiva analítica e industrial. Resumen trabajo final de carrera [En línea]. 2008, junio. [Consultado 16 abril 2019]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2099.1/5544>

ARIAS NAHUEL PAN, Alicia M.. Desarrollo de labiales líquidos y brillos labiales. [En línea]. Trabajo de grado químico farmacéutico. Universidad de Chile, 2005. 46 p. [consultado 6 junio 2016] disponible en: http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2005/arias_a/sources/arias_a.pdf

ARIAS, Jesus y HERNANDEZ, Francisco J. Determinación de gossipol en las variedades de algodón comerciales y promisorias de Colombia. Revista ICA. [En línea] 2018, Junio, 12(2).125-134. [Consultado 5 junio 2019]. ISSN. 0018-8794. Disponible en: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=bac.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=001529>

ARL SURA. Clasificación de productos químicos según la norma NFPA 704 [Sitio web]. Medellín: SURA. [Consulta 3 junio 2019]. Disponible en https://www.arlsura.com/index.php?option=com_content&view=article&id=739

_____. Sistema de identificación de riesgos HMIS III [Sitio web]. Medellín SURATEP. [Consulta 10 abril 2019]. Disponible en: https://www.arlsura.com/images/stories/documentos/hmis_iii.pdf

ASOHOFrucOL. Balance del sector hortifruticultura en 2017 [Sitio web]. Bogotá, Asohofrucol. [Consulta 11 marzo 2019]. Archivo pdf. Disponible en http://www.asohofrucol.com.co/imagenes/BALANCE_SECTOR_HORTIFRUTICOL_A_DICIEMBRE_2017.pdf

AVILA, Jesus. Enciclopedia del aceite de oliva. Barcelona: Altaya, 2006. 415 p. ISBN 84-487-1689-2

BALTALAB. Baño ultrasonido/sonicador digital WUC-D10H. [Sitio web] Bogotá: Baltalab. [Consultado 5 junio 2019] Disponible en: <http://www.baltalab.com/bano-ultrasonidosonicador-digital-wuc-d10h/>

_____. <ventas@baltalan.com>. “RE: 2019-1097 : Solicitud cotización”. [Correo electrónico]. 1 julio 2019. Enviado a carolina.mallama@estudiantes.uamerica.edu.co.

BERDICK, Murray. The role of fats and oils in cosmetics. Journal of the american oil chemist’s society. [En línea] 1972, Julio, 49(7), 406-408 [Consultado 25 abril 2018]. ISSN 1558-9331. DOI: 10.1007/BF02582522

BIOTRENDS LABORATORIO SAS <comercial@biotrendslab.com>. “Oferta No. 191287 MALLAMA-DIAZ-CAROLINA” [Correo electrónico]. 20 mayo 2019. Enviado a carolina.mallama@estudiantes.uamerica.edu.co

BLAMIS. DOTACIONES LABORATORIO. Centrifuga powerspin FX velocidad variable lineal 4,000 RPM, 8 puestos C858. [Sitio web] Bogotá D.C.: Blamis [Consultado 7 junio 2019] Disponible en: <http://www.blamis.com.co/product/centrifuga-powerspintm-fx-velocidad-variable-lineal-4000-rpm-8-puestos-c858>

BRAMLEY, Peter M. Is Lycopene beneficial to human health?. Phytochemistry [En línea]. 2000, Junio, 54(3). p. 233. [Consultado 02 agosto 2019]. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)00103-5](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)00103-5)

CAMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. Manual Tomate. [Sitio web]. Bogotá: cámara de comercio de Bogotá p. 10 [Consulta 18 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11520/14307>

CARDONA, Eliana M; RIOS, Luis a. y RESTREPO V., Gloria M. Extracción del carotenoide licopeno del tomate chonto (*Lycopersicum esculentum*). Vitae. [en

línea]. 2006, octubre, 13(2), 44-53. [Consultado 13 mayo 2019]. ISSN 0121-4004. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v13n2/v13n2a06.pdf>

CARL ROTH. Hexano. Ficha de datos de seguridad [Sitio web].US:Carl Roth. [Consulta 3 junio 2019] Archivo pdf. Disponible en https://www.carlroth.com/downloads/sdb/es/K/SDB_KK48_ES_ES.pdf

CHEMAT, Farid y CRAVOTTO, Giancarlo. Microwave-assisted Extraction for Bioactive Compounds.Chapter 2.Fundamentals of Microwave Extraction [En línea] Springer science & business, p. 5 [Citado 10 mayo 2019] ISBN 978-1-4614-4830-3 (eBook). Doi:10.1007/978-1-4614-4830-3_2

_____, et al. Review of Green food processing techniques. Preservation, transformation and extraction. Innovate Food science and emerging technologies [En línea] 2017, Mayo, Vol 41, p.364 [Consultado 16 abril 2019]. ISSN 1466-8564. DOI: 10.1016/j.ifset.2017.04.016

_____; ABERT VIAN, Maryline y CRAVOTTO, Giancarlo. Green extraction of natural products: concept and principles. International Journal of molecular sciences [en línea] 2012, Julio, 13(7), 8615-8627 [Consultado 28 mayo 2019]. ISSN 1422-0067. Doi: 10.3390/ijms13078615

CLINTON, Steven K. Lycopene: Chemistry, biology, and implications for human health and disease. PubliMed [En línea]. 1998, Febrero, 56(2). p. 35-51. [Consultado 02 agosto 2019]. DOI: 10.1111/j.1753-4887.1998.tb01691.x

Colombia, el tercer país latinoamericano con mayores hectáreas cultivadas de fruta [En línea].Bogotá D.C. El heraldo, 2017–.[Consulta: 3 abril 2019] . Disponible en internet: <https://www.elheraldo.co/economia/colombia-el-tercer-pais-latinoamericano-con-mayores-hectareas-cultivadas-de-fruta-409223>

Colombia: Frutas y hortalizas frescas,Proexpo FONDO DE PROMOCION DE EXPORTACIONES DE COLOMBIA [En línea]. Proexpo,1990. [Consultado 5 abril 2019]. Disponible en: https://books.google.com.co/books/about/Colombia_frutas_y_hortalizas_frescas.html?id=YF-5DAEACAAJ&redir_esc=y

COLOR-HEX. [Sitio web]. 2010-2019. [Consultado 5 junio 2019]. Disponible en <https://www.color-hex.com/>

CORREA CUEVAS, Laura y HERNANDEZ BALTAZAR, Efrén. El uso de las microondas en la industria farmacéutica. UAEM. [En línea]. 2011, Octubre-Diciembre. 42(4). [Consultado 3 enero 2019] ISSN 1870-0195. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcf/v42n4/v42n4a2.pdf>

CRUZ BOJORQUEZ, Reyna María; GALLEGO-GONZALEZ, Javier y SANCHEZ COLLADO, Pilar. Propiedades funcionales y beneficios para la salud del licopeno. *nutrición hospitalaria* [en línea] 2013, febrero, 28(1). 6-15. [Consultado 7 agosto 2019] ISSN 1699-5198. Doi: 10.3305/nh.2013.28.1.6302

DAVIS, Angela R.; FISH, Wayne w. y PERKINS-VEAZIE, Penelope. A rapid spectrophotometric method for analyzing lycopene content in tomato and tomato Products. *Postharvest biology and technology* [en línea]. 2003, Junio, 28(3), 425-430 [Consultado 28 marzo 2019]. ISSN 0925-5214/02. DOI: 10.1016/S0925-5214(02)00203-X

DE CARRASCO, Ritva repo y ENCINA ZELADA, Christian René. Determinación de la capacidad antioxidante y compuesto bioactivos de frutas nativas peruanas. *Revista de sociedad química de Perú*[en línea]. 2008, junio, 74(2),108-124. [Consultado 25 mayo 2019]. ISSN 1810-634x. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2008000200004

DELONGHI BETTER EVERYDAY. KG89 grinders [Sitio web]. Seitz: DéLonghi. [Consulta 6 junio 2019] Disponible en: <https://www.delonghi.com/en-int/products/coffee/coffee-makers/grinders/kg89-0177111026>

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADISTICA. [Sitio web]. Bogotá D.C.: DANE Encuesta nacional agropecuaria ENA-2016. Boletín técnico ENA-2016.[Consulta 16 mayo 2019] Disponible en https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/2016/boletin_ena_2016.pdf

_____. El cultivo de la papaya (*Carica papaya* L.) y sus principales enfermedades en época de lluvias [Sitio web]. Bogotá: DANE, Boletín mensual insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. [Consulta 8 abril 2019]. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_may_2016.pdf

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Colombianos botan 9,76 millones de toneladas de comida al año [Sitio web] Bogotá: DNP [Consulta marzo 2019]. Disponible en <https://www.dnp.gov.co/Paginas/Colombianos-botan-9,76-millones-de-toneladas-de-comida-al-a%C3%B1o.aspx>

_____. Pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia.[Sitio web] Bogotá: DNP, . Estudio de la dirección de seguimiento y evaluación de políticas públicas, 2016. p.11-12 [Consultado 12 marzo 2019]. Disponible en: https://mrv.dnp.gov.co/Documentos%20de%20Interes/Perdida_y_Desperdicio_de_Alimentos_en_colombia.pdf

EGYDIO, Juliana A.; MORAES, Ángela M. y ROSA, Paulo T.V.. Supercritical fluid extraction of lycopene from tomato juice and characterization of its antioxidation activity. *The journal of supercritical fluids*. [En línea]. 2010, Marzo-abril, 54(2), 159-164 [Consultado 16 octubre 2018]. ISSN 0896-8446. DOI: 10.1016/j.supflu.2010.04.009

ELIZONDO-CABALCETA, Esteban y MONGE-PEREZ, Jose Eladio. Caracterización morfológica de 15 genotipos de pimiento (*capsicum annum*) cultivados bajo invernadero en costa rica. *InterSedes* [en línea]. 2017, junio, 18(37),2-27. [Consultado 5 abril 2019]. ISSN 2215-2458. Doi: 10.15517/isucr.v18i37.28652

ENEL. Tarifas de energía eléctrica (\$/kWh) [Sitio Web]. Bogotá: ENEL. 2019- [consulta 5 junio 2019] Archivo pdf. Disponible en <https://www.enel.com.co/content/dam/enel-co/esp/C3%B1ol/personas/1-17-1/2019/Tarifario-abril-2019.pdf>

ERBA, Carlo. Disolventes verdes. En: Universidad de Guanajuato [Sitio web] Guanajuato: División de ciencias naturales y exactas. [Consulta 8 abril 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <http://www.dzne.ugto.mx/Contenido/MaterialDidactico/amezquita/Analitica3/Disolventes%20verdes.pdf>

FAZEKAS, Zsuzsanna. et. al. Protective effects of lycopene against ultraviolet B-induced photodamage . *Nutrition and cáncer*. [En línea]. 2009, noviembre, 47(2). 181-187. [Consultado 8 agosto 2019]. Doi: 10.1207/s15327914nc4702_11

FERNANDEZ, Celeste, et al. Evaluación del Contenido de Licopeno en Pastas de Tomate Comerciales. *Información tecnológica* [En línea]. 2007, 18(3), 31-38. [Consultado 29 mayo 2019]. ISSN 0718-0764. DOI: 10.4067/S0718-07642007000300005

FIGUEROA, Ines. et, al. Capacidad antioxidante en variedades de pimiento morron (*Capsicum annum* L.). *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*. [En línea] 2015, october, 40(10). 696-703 [Consultado 24 marzo 2019]. ISSN 0378-1844. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/339/33941643008.pdf>

FISH, Wayne W.; PERKINS-VEAZIE Penelope y COLLINS, Julie K.. A Quantitative Assay for Lycopene That Utilizes Reduced Volumes of Organic Solvents. *Journal of food composition and analysis* [En línea] 2002, Junio, 15(3), 309-317 [Consultado 25 febrero 2019]. ISSN 0889-1575. DOI: 10.1006/jfca.2002.1069

FONDO PARA EL FINANCIAMIENTO DEL SECTOR AGROPECUARIO. El tomate [en línea]. Agronet. Bogotá D.C.: [Consultado 3 abril 2019]. Archivo docx. Disponible

en

internet:https://www.finagro.com.co/sites/default/files/node/info_sect/image/tomate_0.docx

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Frutas y hortalizas frescas. Codex alimentarius, 2007 Roma, 2007, primera edición. ISSN 1020-2579

_____. Norma del codex para el tomate. Codex stan 293-2007. Codex alimentarius, 2007, 6 p.[Consultado 8 abril 2019]. Disponible en: http://www.fao.org/input/download/standards/11013/CXS_293s.pdf

_____. La función de los mercados mayoristas en los centros urbanos de Colombia. EN: FAO [Sitio web]. Bogotá D.C.:FAO [Consulta 6 abril 2019]. Archivo pdf. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-as344s.pdf>

FUNDACIÓN ESPAÑOLA DE LA NUTRICIÓN. Pimiento morrón. Red bell pepper capsicum annum [Sitio web]. España: FEN: Verduras y hortalizas. [Consulta 20 marzo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/pimientomorrón.pdf>

_____. Sandía. Watermelon. Citrullus lanatus [Sitio web]. España: FEN: Verduras y hortalizas. [Consulta 20 marzo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/pimientomorrón.pdf>

GARCIA, Mario Alfonso. Guía técnica del cultivo de la papaya. En: Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal "Enrique Álvarez Córdova".[Sitio web] La libertad, 2010. 37 p.12 [Consulta 8 abril 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/frutales/GUIA%20CULTIVO%20PAPAYA.pdf>

GIMENEZ, Pedro j.; ANGOSTO, José M. y FERNANDEZ-LOPEZ, José A.. Bioactividad de colorantes rojos naturales. Jornadas de introducción a la investigación de la UPTC [en línea]. universidad politécnica de Cartagena, abril 2013, no. 6. p. 91-93 [Consultado 8 febrero 2019] ISSN 1888-8356. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10317/3376>

GOULA, Athanasia M., et al. Green ultrasound-assisted extraction of carotenoids from pomegranate wastes using vegetable oils. Ultrasonics sonochemistry [en línea]. 2017, enero, Vol.34,821-830 [Consultado 12 abril 2019] Doi: 10.1016/j.ultsonch.2016.07.022

GRAHAM, Robin D., ROSSER, Julia M. Carotenoids in staple foods: their potential to improve human nutrition. Food and nutrition bulletin [En línea]. 2000, enero, 21(4). p. 405. [Consultado 25 julio 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/156482650002100412>

GRUMEZESCU, Alexandru mihai y HOLBAN, Alina María. Pigments and colorants. Natural and Artificial Flavoring Agents and Food Dyes. Academic Press. [en línea]. Academic Press, 201. p. 201 [Citado 8 febrero 2019]. ISBN 0128112697, 9780128112694. Disponible en <https://books.google.com.co/books?hl=en&lr=&id=bHixDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Pigments+and+colorants.+Natural+and+Artificial+Flavoring+Agents+and+Food+Dyes&ots=YvTkf5bjc5&sig=TOOFcS6AXGWrJCjBtS-MEtKtuJo>.

GTM. [Sitio web]. Brazil: GTM. Medio ambiente, salud y seguridad. Acetona. Ficha de datos de seguridad [Consulta 3 junio 2019] Archivo pdf. Disponible en <http://www.gtm.net/images/industrial/a/ACETONA.pdf>

_____. [Sitio web]. Brazil: GTM. Medio ambiente, salud y seguridad. etilacetato. Ficha de datos de seguridad [Consulta 3 junio 2019] Archivo pdf. Disponible en <http://www.gtm.net/images/industrial/a/ETILACETATO.pdf>

_____. [Sitio web]. Brazil: GTM. Medio ambiente, salud y seguridad. Hexano. Ficha de datos de seguridad [Consulta 3 junio 2019] Archivo pdf. Disponible en <http://www.gtm.net/images/industrial/h/HEXANO.pdf>

_____. [Sitio web]. Brazil: GTM. Medio ambiente, salud y seguridad. Etanol. Ficha de datos de seguridad [Consulta 3 junio 2019] Archivo pdf. Disponible en: <http://www.gtm.net/images/industrial/e/ETANOL.pdf>

_____. [Sitio web]. Brazil: GTM. Medio ambiente, salud y seguridad. Metanol. Ficha de datos de seguridad [Consulta 3 junio 2019] Archivo pdf. Disponible en <http://www.gtm.net/images/industrial/m/METANOL.pdf>

HERNANDEZ, Sandra y ZACCONI, Flavia C. M.. Aceite de almendras dulces: extracción, caracterización y aplicación. Química nova. [En línea] 2009, abril, 32(5). 1342-1345 [consultado 28 mayo 2019] ISSN 1678-7064. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n5/v32n5a44.pdf>

HO, K.K.H.Y., et. al. Microwave-assisted extraction of lycopene in tomato peels: effect of extraction conditions on all-trans and cis-isomer yields. Food science and technology. [En línea]. 2014, Diciembre, 61(1). 160-168. [Consultado 25 mayo 2019]. DOI: 10.1016/j.lwt.2014.12.061

HEMOCENTER. Molino de café. [Sitio web] Bogotá D.C.: Homcenter sodimac. [Consultado 5 junio 2019] Disponible en: <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/320329/Molino-de-Cafe-Ajustable-KG89-Plata/320329>

HUAT, Ong thean y GAPOR MD, Abdul. Usos de las tecnologías de microondas y su asimilación potencial en la industria del aceite de palma. Revista Palmas. [En

[En línea] 1998, enero, 19(3), 75-86[Consultado 3 junio 2019]. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/636>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio de normas para trabajos escritos. NTC-148-6166. Bogotá D.C.: El instituto, 2018. ISBN 9789588585673. 153 p.

_____. Industrias alimentarias. Tomate de mesa. NTC 1103-1. Bogotá D.C.: El instituto, 1995. I.C.S.: 67.080.20; 55.220.00

_____. Guía sobre pruebas de estabilidad. Cosméticos y productos de higiene doméstica. Guía técnica Colombiana. GTC 215. Bogotá D.C.: El instituto, 2011. 9 p.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. Manual de manejo agronómico para cultivo de sandía. *Citrullus lanatus* (thunb.) Matsum.[Sitio web]. Santiago, Chile: INDAP, a, 2017,p.94[consulta 10 abril 2019]. ISSN 0717-4829. Disponible en: <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/02%20Manual%20Sandia.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN. Hojas de datos de seguridad Acetonitrilo. [Sitio web] Mexico D.F.: inr. [Consulta 3 junio 2019]. Archivo pdf. Disponible en: /Descargas/bioSeguridad/acetonitrilo37.pdf

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO. Aceite de ricino [Sitio web].Torrelunga: INSST, Fichas de internacionales de seguridad química [Consulta 4 junio 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/1401a1510/nspn1452.pdf>

_____. Acetonitrilo [Sitio web].Torrelunga: INSST, Fichas de internacionales de seguridad química [Consulta 3 junio 2019]. Archivo pdf. <https://www.insst.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0088.pdf>

INTERNATIONAL JOURNAL OF TOXICOLOGY. Final Report on the Safety Assessment of *Ricinus Communis* (Castor) Seed Oil, Hydrogenated Castor Oil, ... [En línea] 2007, Mayo, 31(3), 31-77 [Consultado 30 abril 2019] ISSN: 1091-5818. DOI: 10.1080/10915810701663150

KING-WENG, Kong, et. al.. Revealing the power of the natural red pigment lycopene. PubMed.gov [en línea]2010, febrero, 15(2). 959-987. [Consultado 6 marzo 2019]. ISSN 1420-3049. Doi: doi: 10.3390/molecules15020959

KUMCUOGLU, Sher; YILMAZ, Tuncay y TAVMAN, Sebnem. Ultrasound assisted extraction of lycopene from tomato processing wastes. Journal of food science and

technology. [En línea] 2014, diciembre, 51(12), p. 4102-4107. [Consultado 19 junio 2019] ISSN 0022-1155. DOI: 10.1007/s13197-013-0926-x

LA REPUBLICA. Escasez de guayaba roja por baja cosecha tiene contra la pared a los productores de bocadillo [sitio web]. Bogotá D.C.: La república. [Consulta 7 abril 2019]. Disponible en <https://www.larepublica.co/economia/escasez-de-guayaba-roja-por-baja-cosecha-tiene-contra-la-pared-a-los-productores-de-bocadillo-2470696>

LEE, Ming Ta. y CHEN, Bing Huei. Stability of lycopene during heating and illumination in a model system. Food chemistry [En línea]. 2002, Septiembre, 78(4), 425-432 [Consultado 7 junio 2019]. DOI: 10.1016/S0308-8146(02)00146-2

LEONELLI, Cristina; VERONESI, Paolo y CRAVOTTO, Giancarlo. Microwave-assisted extraction: an introduction to dielectric heating. GUSTAVO V. BARBOSA-CÁNOVAS. Microwave-assisted extraction for bioactive compounds. Springer [En línea] 2012, octubre, p.3. [Consultado 3 junio 2019]. ISBN 978-1-4614-4830-3. DOI: 978-1-4614-4830-3_1

LIANFU, Zhang y ZELONG, Liu. Optimization and comparison of ultrasound/microwave assisted extraction (UMAE) and ultrasonic assisted extraction (UAE) of lycopene from tomatoes. Ultrasonics Sonochemistry. [En línea] 2008, Julio, 15(5). 731-737 [Consultado 30 mayo 2019] ISSN 1350-4177. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2007.12.001

LIAO, Jianqing; ZHENG, Nan y QU, Baida. An improved ultrasonic-assisted extraction method by optimizing the ultrasonic frequency for enhancing the extraction efficiency of lycopene from tomatoes. Food analytical methods. [En línea] 2016, Agosto, 9(8), 2288-2298 [Consultado 30 mayo 2019]. ISSN 1936-976X. DOI: 10.1007/s12161-016-0419-4

LUQUE DE CASTRO, M.D. Y PRIEGO CAPOTE, P. Soxhlet extraction: Past and present panacea. Journal of chromatography A. [en línea] 2010, abril, 1217(16), 2383-2389 [Consultado 15 abril 2019]. ISSN 0021-9673. Doi: doi:10.1016/j.chroma.2009.11.027

MACIAS VALDIVIEZO, Jorge Andrés y LOPEZ REYES, Mariela. Extracción del carotenoide licopeno a partir de los rechazos post cosecha del mercado interno de Citrullus lantus (sandía) para su futura aplicación en alimentos. Escuela superior politécnica del litoral centro de investigación científica y tecnológica. Guayaquil, Ecuador. [en línea] 2010, febrero, p. 26 [Consultado 19 abril 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/9079>

MARTINS, natalia y FERREIRA, Isabel. Wastes and by-products: Upcoming sources of carotenoids for biotechnological purposes and health-related

applications. Trends in Food Science & Technology.[en línea]. 2017, Febrero, vol. 62. 33-48[Consultado 31 marzo 2019]. ISSN 5300-253. Doi: 10.1016/j.tifs.2017.01.014

MELO, Carol Alejandra y MONCADA, Leidy Paola. Propuesta documental para la ejecución de pruebas de calidad con miras a establecer estabilidad cosmética. [en línea] Trabajo de grado Químico farmacéutico. Universidad de ciencias aplicadas y ambientales UDCA, 2016. [Consultado 6 junio 2016] Disponible en: <https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/492/1/TESIS%20FINAL%20COSMETICOS%201%20.pdf>

MINISTERIO DE AGRICULTURA. Tomate de árbol [Sitio web]. Bogotá: Miniagricultura. Evaluaciones agropecuarias municipales. 2007-2014-[Consulta 5 abril 2019]. Disponible en <http://www.agronet.gov.co/Documents/Tomate%20de%20%C3%81rbol.pdf>

MOTT, Robert L. Mecanica de fluidos. Peraon. [En línea] Prentice hall, Sexta edición, 2006. [Citado 15 mayo 2019] ISBN 970-26-0805-8. Disponible en: <https://deymerg.files.wordpress.com/2013/07/mecanica-de-fluidos-robert-mott-6ta-edicion.pdf>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL. En:ONUDI [Sitio web]. Bogotá D.C.: ONUDI, p.1-90. [Consultado 9 septiembre 2018] Disponible en: [https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-02/ONUDI_Gu%C3%ADa%20de%20Estabilidad_FINAL%20\(003\).pdf](https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-02/ONUDI_Gu%C3%ADa%20de%20Estabilidad_FINAL%20(003).pdf)

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA PROPIEDAD INTERNACIONAL. Procedimiento para preparar formulaciones enriquecidas en licopeno libres de disolventes orgánicos, formulaciones obtenidas, composiciones que comprenden dichas formulaciones y uso de las mismas. Inventor: E. SABIO REY. Int WO 2006/111591 A1. Fecha de solicitud: 19, abril, 2005. España, Patente de investigación. PCT/ES2006/000114. 26, octubre, 2006

PACHECO, Sidney, et al., Microscale extraction method for HPLC carotenoid analysis in vegetable matrices. Scientia agrícola[En línea]. 2014, Octubre,71(5), p. 416-419[Consultado 11 enero 2019]. ISSN 1678-992X. DOI: 10.1590/0103-9016-2013-0402

PALLOMARO. Deshidratador de alimentos electrónico. [Sitio web]. Bogotá D.C.: Pallomaro [Consultado 7 junio 2019]. Disponible en: <https://www.pallomaro.com/tienda/shop/deshidratador-para-alimentos-electrico-monofasico-110-voltios--tdh-1000-tornado-r61>

_____. Estufa de inducción portable 2,6 kw. [Sitio web] Bogotá D.C.: Pallomaro. [Consultado 5 junio 2019] Disponible en: <https://www.pallomaro.com/tienda/shop/estufa-de-induccion-portable-2.6-kw-r25>

_____. Licuadora industrial 1,5 lts antiruido [Sitio web]. Bogotá D.C.: Pallomaro [Consultado 5 junio 2019]. Disponible en: <https://www.pallomaro.com/tienda/shop/licuadora-industrial-con-carcasa-antiruido-tres-temporizadores-en-segundos-tm-800aq-808-890>

PANTONE®. [Sitio web]. 2019. [Consultado 5 junio 2019]. Disponible en <https://www.pantone.com/>

PERIAGO CASTON, Maria Jesús, et al. Propiedades químicas, biológicas y valor nutritivo del licopeno. Murcia [En línea]. 2001, (17). p. 54. [Consultado 02 agosto 2019]. ISSN 0213-5434. Disponible en: <https://revistas.um.es/analesvet/article/download/16461/15891/>

PINZUAR. Tamices [sitio web] Bellavista Callao: Pinzuar. [Consultado 5 Junio 2019] Disponible en: <https://www.pinzuar.com.co/pinzuar/es/cp/laboratorios-generales/granulometria/tamices/>

_____ <comercial3@pinzuar.com.co>. “Cotización No. 3200297” [Correo electrónico]. 4 junio 2019. Enviado a caroloina.mallama@uamerica.estudiantes.edu.co

PORTAFOLIO. Pimentón, melón y patilla, las tres frutas estrellas del agro [Sitio web]. Bogotá: Portafolio, 2018 [Consulta 6 abril 2019]. Disponible en: <https://www.portafolio.co/economia/pimenton-melon-y-patilla-las-tres-futuras-estrellas-del-agro-523595>

PRADO, Juliana M.; VEGGI, Priscilla C. y MEIRELES, M. Angela. Scale-Up Issues and Cost of Manufacturing Bioactive Compounds by Supercritical Fluid Extraction and Ultrasound Assisted Extraction. Global food security and wellness. [En línea]. 2017, Mayo, 377-433 [Consultado 5 marzo 2019]. ISBN. 978-1-4939-6496-3. DOI: 10.1007/978-1-4939-6496-3_20

PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Presidente Duque expidió decretos que fijan el incremento del salario mínimo y del auxilio de transporte para la vigencia 2019, el aumento real más significativo de los últimos 25 años [Sitio web] Bogotá D.C.: Plan nacional de desarrollo. [Consulta 25 abril 2019] Disponible en: <https://id.presidencia.gov.co/Paginas/prensa/2018/181228-Presidente-Duque-expidio-decretos-fijan-incremento-salario-minimo-auxilio-transporte-para-vigencia-2019-aumento-real.aspx>

PURI, Munish; SHARMA, Deepika y BARROW, Colin J.. Enzyme-assisted extraction of bioactives from plants. Trends in biotechnology [En línea]. 2012, Enero, 30(1), p. 37-44. [Consultado 28 mayo 2019] ISSN 0167-7799. DOI: 10.1016/j.tibtech.2011.06.014

RAHIMI, Somayeh y MIKANI, Mohaddeseh. Lycopene green ultrasound-assisted extraction using edible oil accompany with response surface methodology (RSM) optimization performance: application in tomato processing wastes. Microchemical journal. [En línea] 2019, mayo, vol 146, 1033-1042. [Consultado 4 junio 2019] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.02.039>

RAHIMPOUR, Shamim y TAGHIAN DINANI, Somayeh. Lycopene extraction from tomato Processing waste using ultrasound and cell-wall degrading enzymes. Journal of food measurement and characterization [En línea]. 2018, diciembre, 12(4), 2394-2403. [consultado 25 abril 2019]. ISSN 2193-4134. DOI: 10.1007/s11694-018-9856-7

RANVEER, Rahul C. Lycopene: A Natural Red Pigment. Natural and Artificial Flavoring Agents and Food Dyes. Academic Press. [en línea]. Academic Pres. GRUMEZESCU, Alexandru Mihai et al. p.433,435-436 [Citado 5 marzo 2019] ISBN 018. Disponible: <https://books.google.com.co/books?hl=en&lr=&id=bHixDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Pigments+and+colorants.+Natural+and+Artificial+Flavoring+Agents+and+Food+Dyes&ots=YvTkf5bjc5&sig=TOOFcS6AXGWrJCjBtS-MEtKtuJo>

_____.; PATIL, Samsher N. y SAHOO, Akshya K. Effect of different parameters on enzyme-assisted extraction of lycopene from tomato processing waste. Food and bioproducts processing. [En línea]. 2013, Octubre, 91(4), 370-375. [consultado 18 mayo 2019] ISSN 0960-3085. DOI: 10.1016/j.fbp.2013.01.006

REGITANO-D'ARCE, Marissa A.B. y FERREIRA, Thais M.. Fuentes de aceites y grasas. Temas selectos en aceites y grasas. Editorial Bluucher, 2009. 5-10 p. ISBN9788521204893

RODRIGUEZ-AMAYA, Delia B. A guide to carotenoid analysis in foods. Universidad estatal de campinas [En línea] Estados unidos: Universidad estatal de campinas. ILSI, 2001.[Citado 23 mayo 2019]. ISBN 1-57881-072-8. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Mark_Bruno/post/What_wavelength_should_I_use_to_quantify_carotenoids/attachment/59d63352c49f478072ea21b8/AS:273642296938498@1442252815121/download/carotenoid+Analysis+Guide.pdf

_____. Natural food pigments and colorants. Bioactive molecules in food [en línea]. 2019, enero. p. 867[Consultado 9 febrero 2019]. ISBN 978-3-319-78030-6. Disponible en https://doi.org/10.1007/978-3-319-78030-6_12

RODRÍGUEZ-RIERA, Zaluá, et al. Empleo de la radiación ultrasónica para la extracción de compuestos bioactivos provenientes de fuentes naturales.. estado actual y perspectivas. Revista CENIC ciencias químicas. [En línea]. 2014, marzo, 45(1). p. 139- 147. [Consultado 16 octubre 2018]. ISSN: 2221-2442 Disponible en: https://revista.cnice.edu.cu/revistaCQ/sites/default/files/articulos/CQ%2002-14_new.pdf

SAINI, Ramesh Kumar y KEUM, Young.soo. Carotenoid extraction methods: A review of recent developments. Food Chemistry [en línea] 2017, Vol. 240, 90-103 [Consultado 1 abril 2019] ISSN 0308-8146. Doi: 10.1016/j.foodchem.2017.07.099

SALAZAR-LUGO, Raquel, et, al. Efecto del consumo de jugo de tomate de árbol (Cyphomandra betacea) sobre el perfil lipídico y las concentraciones de glucosa en adultos con hiperlipidemia, Ecuador. ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICIÓN. [en línea]. 2016, Junio, 66(2).121-128. [Consultado 25 marzo 2019]. ISSN 0004-0622. Disponible en: <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/3970>

SANCHEZ ROJAS, F; BOSCH OJEDA, c y CANO PAVON, jm. Automated on-line separation preconcentration system for palladium determination by graphite furnace atomic absorption spectrometry and its application to palladium determination in environmental and food samples. Talanta [En línea] 2006, diciembre, 70(5), p. 979-983. [Consultado 8 abril 2019]. ISSN 0039-9140. DOI: 10.1016/j.talanta.2006.05.048

SANCHEZ-LOZANO, Jesus et. al. Chapter 13-Chromatographic Technique: High-Performance Liquid Chromatography (HPLC).. Modern Techniques for Food Authentication [En línea] , 2018, 459-526. [Consultado 19 mayo 2019] DOI: 10.1016/B978-0-12-814264-6.00013-X

SEADER, J. D.; HENLEY, Ernest J. y ROPER, Keith. Separation process principles. Chemical and biochemical operations. Jhon wiley & Sons, Inc.. 3 ed. Estados unidos: Wiley, 2011. 821 p. ISBN 978-0-470-48183-7

SECRETARIA GENERAL DE LA COMUNIDAD ANDINA. . Resolución 1482.[En línea] Lima: INVIMA, 2012. 2 p.[Consultado 7 junio 2019]. Disponible en: <https://www.invima.gov.co/documents/20143/448427/Resolucion+1482+de+2012.pdf/3c84c2c0-c924-b368-b345-75cb257a8f64>

SOWBHAGYA, H.B. y CHITRA V.N.. Enzyme extraction of flavorings and colorants from plant materials. Critical reviews in food science and nutrition. [en línea] 2020, enero, 50(2).146-161 [Consultado 9 febrero 2019]. ISSN 1040-8398. Doi: 10.1080/10408390802248775

SUWANARUANG, Theeranat. Analyzing lycopene content in fruits. Agriculture and agricultural science procedia [En línea]. 2016, vol. 11. p. 46-47. [consultado 05 de julio 2019]. doi: 10.1016/j.aaspro.2016.12.008

TIWARI, B. K.; BRUNTON, Nigel P. y BRENNAN, Charles S. Conventional extraction techniques for phytochemicals. Handbook of Plant Food Phytochemicals: Sources, stability and extraction. Jhon Wiley & Sons. [en línea] Wiley & sons, 2013, enero, 580 p. [Citado 28 abril 2019]. ISBN 1118464680. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?hl=en&lr=&id=Wz7sUPOqKvAC&oi=fnd&pg=PA1888&dq=Conventional+extraction+techniques+for+phytochemicals+tiwari&ots=CZJxO3bNi&sig=3YXVMbC2oJkOAFtqWreo1KxTHD0>

_____. Ultrasound: a clean, Green extraction technology. Trends in analytical chemistry. [En línea]. 2015, septiembre, Vol 71, 100-109 [Consultado 16 octubre 2018]. ISSN 0165-9936. DOI: 10.1016/j.trac.2015.04.013

TORRES, Alexia. Caracterización física, química y compuestos bioactivos de pulpa madura de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) (Cav.) Sendth. Archivos latinoamericanos de nutrición. [en línea] 2012, febrero, 62(4), 381-388. [Consultado 6 abril 2019]. ISSN: 381-388. Disponible en: <https://www.alanrevista.org/ediciones/2012/4/art-10/>

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. Técnicas cromatográficas. [Sitio web] Mexico D.F: UNAM. Introducción a los métodos de separación. p.3 [Consulta 16 octubre 2018] Archivo pdf. Disponible en: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/M.Cromatograficos_6700.pdf

UNIVERSIDAD NACIONAL COSTA RICA. Hoja de seguridad Diclorometano MSDS [Sitio web]. Costa Rica: UNA. [Consulta 3 junio 2019] Archivo pdf. Disponible en: <http://www.quimica.una.ac.cr/index.php/documentos-electronicos/category/13-hojas-de-seguridad?download=215:diclorometano&start=120>

_____. Hoja de seguridad Cloroformo MSDS [Sitio web]. Costa Rica: UNA. [Consulta 3 junio 2019] Archivo pdf. Disponible en: <http://www.quimica.una.ac.cr/index.php/documentos-electronicos/category/13-hojas-de-seguridad?download=183:cloroformo&start=80>

USAQUÉN RAMIREZ, Maria José y ZAFRA AGUDELO, Maria Alejandra. Evaluación del proceso de obtención de aceite esencial de semilla de mango a nivel laboratorio [en línea]. Trabajo de grado ingeniería química. Fundación universidad de américa. 2018. [Consultado 30 mayo 2019] . Disponibilidad en: <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6733/1/1019086449-2018-I-IQ.pdf>

VALLEJO, Jhon Jairo; MESA, Monica y GALLARDO, Cecilia. Evaluation of the avobenzene photostability in solvents used in cosmetic formulations. *Vitae*. [En línea] 2011, Enero-Abril, 18(1), 63-71. [Consultado 30 marzo 2019]. ISSN 0121-4004. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v18n1/v18n1a09.pdf>

VARGAS-AGUILAR, Pedro y AZUOLA, Rocio. Extracción de sustancias asistida por ultrasonido (EUA). *Revista tecnología en marcha*. [En línea]. 2007, Noviembre, 20(4), 30-40, [Consultado 20 marzo 2019]. ISSN 2215-3241 Disponible en: https://campus.exactas.uba.ar/pluginfile.php/62406/mod_resource/content/1/extracci%C3%B3n%20usae.pdf

VARON, Yara, et. al.. Is it possible to substitute hexane with green solvents for extraction of carotenoids? A theoretical versus experimental solubility study. *RSC Advances*. [en línea] 2016, marzo- Febrero, 6(33),27750-27759 [Consultado 6 abril 2019]. Doi: 10.1039/C6RA03016E

VERA, Duvian. Diseño del proceso [Diapositivas]. Bogotá D.C.: Universidad américa, 2019. 42 Diapositiva

VIERA, Gláucia, et al. Chemical and economic evaluation of natural antioxidant extracts obtained by ultrasound-assisted and agitated bed extraction from jussara pulp (*Euterpe edulis*). *Journal of food engineering*. [En línea]. 2013, Noviembre, 119(2), p. 196-204 [Consultado 28 abril 2019]. ISSN 0260-8774. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2013.05.030

WALISZEWSK, Krzysztof y BLASCO, Gabriela. Propiedades nutraceuticas del licopeno. *Salud Publica Mex* [en línea]. 2010, mayo-junio, 52(3).254-265. [Consultado 2 abril 2019]. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=25813>

WEN, Chaoting, et. al., Advances in ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from cash crops – A review. *Ultrasonics Sonochemistry*. [En línea] 2018, noviembre, vol 48, p. 541 [Consultado 18 mayo 2019] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.07.018>

WISD LABORATORY INSTRUMENTS. Digital ultrasonic cleaner manual. p. 1-7

YILMAZ, et al. Ultrasound-assisted extraction of lycopene and β -carotene from tomato-processing wastes. *Italian Journal of food science* [en línea]. 2016, Julio, 29(1) p.3 [Consultado 8 marzo 2019]. ISSN 1120-1770. DOI: 10.14674/1120-1770/ijfs.v481

ZUKNIK, Mark; NIK-NORULAINI, N.A. y MOHD-OMAR, A.K. Supercritical carbon dioxide extraction of lycopene: A review. *Journal of Food Engineering*. [en línea]

2012, octubre,112(4).253-262. [Consultado 18 marzo 2019]. ISSN 0260-8774. Doi: 10.1016/j.jfoodeng.2012.05.012

ZUORRO, A. y LAVECCHIA, R. Mild Enzymatic Method for the Extraction of Lycopene from Tomato Paste. *Biotechnology & Biotechnological equipment*. [En línea] 2014, Abril, 24(2), 1854-1857 [Consultado 26 abril 2019]. ISSN 1854-1857. DOI: 10.2478/V10133-010-0028-0

ANEXOS

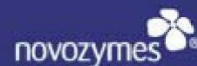
ANEXO A.

ESPECIFICACIONES ENZIMA POLIGALACTURONASA

Jugos y Vegetales / 2002-18900-01.pdf

Ficha técnica

Página 1:3



Pectinex[®] Ultra SP-L

Descripción

Pectinex Ultra SP-L es un producto enzimático pectolítico altamente activo, producido por una cepa seleccionada de *Aspergillus aculeatus*. El producto enzimático contiene actividad pectolítica y diversas actividades hemicelulíticas. Es capaz de degradar las paredes celulares de las plantas.

Propiedades del producto

Tipo de producto

Pectinex Ultra SP-L es un líquido pardo con un ligero olor típico de los productos fermentados y con un pH de aproximadamente 4.5.

Actividad

Pectinex Ultra SP-L tiene una actividad estándar de 26,000 PG/ml (pH 3.5). La actividad estándar se determina midiendo la reducción de la viscosidad de una solución de ácido péctico a un pH de 3.5 y una temperatura de 20°C. Revise el método analítico para mayor información.

Solubilidad

Los componentes activos de Pectinex Ultra SP-L son fácilmente solubles en agua en todas las concentraciones de uso normal. Una turbidez eventual en el producto enzimático no tiene influencia alguna en la actividad volumétrica ni en las características de manejo del producto.

Estado alimentario

El producto cumple con las especificaciones recomendadas por la *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*, (JECFA) y *Food Chemicals Codex* (FCC), relativas a enzimas de uso alimentario, complementadas con niveles máximos de mohos de 10²/g. El producto se embotella asépticamente después de una filtración estéril, y está prácticamente exento de microorganismos.

Envases

Revise la Lista de Envases estándar para mayor información.

Product Data Sheet



1 of 2

Valid from 2015-03-03

Pectinex® Ultra SP-L

In this product the key enzyme activity is provided by polygalacturonase that hydrolyzes (1,4)-alpha-D-galactosiduronic linkages in pectate and other galacturonans

PRODUCT CHARACTERISTICS/PROPERTIES

Declared enzyme	Polygalacturonase
Declared activity	3300 PGNU/g
Color	Brown
Physical form	Liquid
Approximate density (g/ml)	1.17
Odor	Slight fermentation odor
Solubility	Active component is readily soluble in water at all concentrations that occur in normal usage. Standardisation components can cause turbidity in solution.

Color can vary from batch to batch. Color intensity is not an indication of enzyme activity.

PRODUCT SPECIFICATION

	Lower Limit	Upper Limit	Unit
Pectinase unit PGNU	3300		/g
Total viable count	-	50000	/g
Coliform bacteria	-	30	/g
E.coli	Not Detected		/25 g
Salmonella	Not Detected		/25 g
Heavy metals		Max 30	mg/kg
Lead		Max 5	mg/kg
Arsenic		Max 3	mg/kg
Cadmium		Max 0.5	mg/kg
Mercury		Max 0.5	mg/kg

The enzyme analytical method is available from the Customer Center or sales representative.

COMPOSITION

Ingredients	Appr. % (w/w)
Glycerol, CAS no. 56-81-5	45
Water, CAS no. 7732-18-5	45
Polygalacturonase, CAS no. 9032-75-1*	5
Potassium chloride, CAS no. 7447-40-7	5

*Defined as enzyme conc. (dry matter basis)

No preservatives added

ALLERGEN

Allergen	Substance contained ¹	Allergen	Substance contained ¹
Beef	no	Lactose	no
Carrot	no	Legumes	no
Celery	no	Lupin	no
Cereals containing gluten ²	no	Milk	no
Chicken meat	no	Molluscs	no
Cocoa	no	Mustard	no
Coriander	no	Nuts ³	no
Corn/maize	no	Peanuts	no
Crustaceans	no	Pork	no
Egg	no	Sesame	no
Fish	no	Soy	no
Glutamate	no	Sulphur dioxide/sulphites, more than 10 mg per kg or l	no

¹Definition of substances according to LeDa/ALBA and EU Regulation 1169/2011, as amended

²i.e. wheat, rye, barley, oats, spelt, kamut

³i.e. almond, hazelnut, walnut, cashew, pecan nut, Brazil nut, pistachio nut, macadamia nut and Queensland nut

NUTRITIONAL VALUES

The product has a typical nutritional value of approximately 535 kJ/100 g enzyme product.

• Protein	5 g/100 g
• Polyols	45 g/100 g
• Ash	5 g/100 g
• Moisture	45 g/100 g

GM STATUS

This product is not a GMO.

Production organism *Aspergillus acauleatus*

The enzyme product is manufactured by fermentation of a microorganism that is not present in the final product. The production organism is not modified using modern biotechnology.

Pectinex® Ultra SP-L

STORAGE CONDITION

Recommended storage: 0-10 °C (32-50 °F)

Packaging must be kept intact, dry, and away from sunlight. Please follow the recommendations and use the product before the best before date to avoid the need for a higher dosage.

Best before: You will find the best before date in the certificate of analysis or on the product label.

The product gives optimal performance when stored as recommended and used prior to the best-before date.

The product can be transported at ambient temperature. Following delivery, the product should be stored as recommended.

SAFETY AND HANDLING PRECAUTIONS

Enzymes are proteins. Inhalation of dust or aerosols may induce sensitization and may cause allergic reactions in sensitized individuals. Some enzymes may irritate the skin, eyes, and mucous membranes upon prolonged contact. See the MSDS or Safety Manual for further information regarding safe handling of the product and spills.

COMPLIANCE

The product complies with the recommended purity specifications for food-grade enzymes given by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) and the Food Chemical Codex (FCC), and with relevant Chinese food safety and product standards for food-grade enzymes.

Kosher and Halal certificates are available from the Customer Center or sales representative.

If used as processing aid in the production of food the final product may be classified as "organic" by relevant authorised associations.

CERTIFICATIONS

Novozymes is a signatory to United Nations Global Compact, United Nations Convention on Biological Diversity and report on our sustainability performance through Global Reporting Initiative (GRI). See all our commitments under sustainability on www.novozymes.com.



FOOD SAFETY

Novozymes has carried out a hazard analysis and prepared an HACCP plan describing the critical control points (CCPs). The HACCP plan is supported by a comprehensive prerequisite program implemented in Novozymes' GMP practices.

The product is produced according to Novozymes' HACCP plan, GMP practices, and additional requirements controlled by Novozymes' Quality Management System.

The product complies with FAO/WHO JECFA- and FCC-recommended purity requirements regarding mycotoxins. The product complies with EU legislation regarding pesticides.

PACKAGING

The product is available in different types of packaging. Please contact the sales representative for more information.

Novozymes A/S
Krogshøjvej 36
2880 Bagsvaerd
Denmark

Tel. +45 4446 0000
Fax +45 4446 9999

For more information, or for more office addresses, visit www.novozymes.com

Laws, regulations and/or third party rights may prevent customers from importing, using, processing and/or reselling the products described herein in a given manner. Without separate, written agreement between the customer and Novozymes to such effect, this document does not constitute a representation or warranty of any kind and is subject to change without further notice.

Anexo B.

Fichas técnicas solventes



CERTIFICADO DE ANÁLISIS

PRODUCTO: ACEITE DE RICINO USP

LOTE: **MAY/72**
Fecha Fabricación: Mayo 2.018
Fecha Vencimiento: Mayo 2.020

PARÁMETRO	UNIDAD	ESTÁNDAR	RESULTADO
APARIENCIA	NA	CLARO Y BRILLANTE	
HUMEDAD	%	0,20 % Max	0,12
ACIDOS GRASOS LIBRES	%	0,75 % Max	0,52
INDICE DE ACIDEZ		1.50 Max	1,04
INDICE DE REFRACCION A 40 °C		1,470 – 1,481	1,4775
DENSIDAD RELATIVA 30 °C	GM/ML	0,954 – 0.960	0,9565
INDICE DE SAPONIFICACION		177 - 187	180,54
MATERIA INSAPONIFICABLE	%	0,50 Max	0,37
INDICE DE HIDROXILO		160 - 168	164,28
INDICE DE YODO		82 – 90	85,38
VALOR DE PEROXIDO		3,50 Max	2,40
COLOR (LOVIBOND 5.25"CELL)		10 Y - 1R Max	9,2 Y - 0,8 R
INDICE DE ROTACION OPTICA		+ 3.0 - + 6.0	+4.0
ABSORCION (268 – 270 NM)		Max. 150 (1% solución W/V a 96 % Etanol)	268 – 1.128
			269 – 1,130
			270 – 1,126
METALES PESADOS		0,0 No Detectado	0,0 No Detectado

PROCEDENCIA: INDIA

ATEQUIMICOS SAS, GARANTIZA QUE ESTE CERTIFICADO ES FIEL COPIA DEL CERTIFICADO ORIGINAL DEL PROVEEDOR.

ATEQUIMICOS SAS NIT 890.319.177-5
 Carrera 3 Norte No. 40-06 Cali

Pbx: 448.7108 Fax: 410.0287
 info@atequimicos.com www.atequimicos.com

APROBADO

03/MAY/19

LABORATORIO SAN JORGE LTDA.

FECHA: 03/MAY/19 NCI 12319

EL NCI CORRESPONDE AL NO DE LOTE

APROBADO

CERTIFICADO DE ANÁLISIS

PRODUCTO ACEITE DE COCO
FECHA DE FABRICACIÓN (dd/mm/aaaa) 03/02/2019
FECHA DE VENCIMIENTO (dd/mm/aaaa) 03/02/2021
FECHA DE EXPEDICIÓN (dd/mm/aaaa) 15/02/2019
LOTE No. 131053
CONTROL No. C-071-2019

MÉTODO	ANÁLISIS	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN		RESULTADO
			MÍNIMO	MÁXIMO	
VISUAL	Aspecto 25°C	-	Líquido		Cumple
VISUAL	Color	-	Amarillo		Cumple
T-CA-017	Índice de Yodo	cg I2/g	20,00	26,00	22,79
-	Color Rojo 5 1/4 Rojo	-	-	1,00	0,50
-	Color Saponificación 5 1/4 Amarillo	-	-	10,00	5,00
-	Acidez Libre Laurico	-	-	0,10	0,02
-	Índice de peróxido	meq O2/Kg	-	1,00	0,25
-	Índice de saponificación	mg KOH/gmuestra	230,00	250,00	245,8

Observaciones:

LABORATORIO SAN JORGE LTDA.

FECHA: 11 ABR 19 NCI 10119.

EL NCI CORRESPONDE AL No DE LOTE

Documento Sin Firma

Certificado de Análisis Emitido en Forma Electrónica

www.chemicalgroup.com.co

Teléfono Oficinas: (057) (2) 4464203 - 3950450
 Teléfono Planta (057) (2) 4359182 - 4359439 - Celular 314 4359731
 Parque Industrial La Nubia I, km 2.5 vía Cali - Candelaria - Colombia

APROBADO



Smart Chemical®

EVOLUTION IS INNOVATION

Analytical report / Certificado de Análisis

ACEITE DE ALMENDRAS

Lote/batch: AMS20190101
Fecha de fabricación/man. date: Noviembre 15, 2018
Fecha de expiración/exp. date: Noviembre 14, 2020
Cantidad/quantity: 4.000 kg

Propiedades	Estándar	Resultados
Apariencia	Líquido viscoso, amarillo pálido a amarillo	Líquido viscoso amarillo
Olor	Característico de almendras, ligeramente grasoso	Cumple
Sabor	Característico	Cumple
Densidad 20 °C (g/cm ³)	0.850 – 0.906	0.851
Viscosidad 40 °C (mm ² /s)	14.3 – 14.5	14.38

La información contenida aquí no es considerada como garantía del producto, nosotros certificamos que esta información es una fiel copia del certificado de análisis de nuestro proveedor, por lo tanto, no libera al cliente de hacer la verificación de su pedido. Los documentos electrónicos no requieren firma/ The information content on this document is not considered a guarantee of the product. Under this term, we certify that the information is provided by the certificate of analysis of the supplier, the above information does not release the customer from making his own control upon receipt of goods. The electronic document does not require firms.

LABORATORIO SAN JORGE LTDA.

FECHA: 01/10/19 NCI 09119

EL NCI CORRESPONDE AL NO DE LOTE

APROBADO

EMITIDO POR: ASEGURAMIENTO DE CALIDAD
Jefe de Calidad

Anexo C.

Acreditación BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S



EL ORGANISMO NACIONAL DE ACREDITACIÓN DE COLOMBIA
acredita a:

BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S

NIT: 830.101.160-5
Calle 64H No. 71D-31, Bogotá D.C., Colombia.

La evaluación y acreditación de este organismo de evaluación de la conformidad, se han realizado con respecto a los requisitos especificados en la norma internacional:

ISO/IEC 17025:2005

Esta Acreditación es aplicable al alcance establecido en el anexo

15-LAB-050

*Esta Acreditación está sujeta a que el organismo de evaluación de la conformidad se mantenga conforme con los requisitos especificados, lo cual será evaluado por ONAC.
La vigencia de este certificado se puede verificar en www.onac.org.co*

Certificado de Acreditación 15-LAB-050

Fecha de Otorgamiento: 2016-07-28 Fecha Última Modificación: 2018-10-16

Fecha de Renovación: Fecha de Vencimiento: 2019-07-27

Director Ejecutivo

Página 1 de 6



FR-4.3-13 Versión 1 - Aprobado 2015-07-03

No. LA 18455



ANEXO DE CERTIFICADO

BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S

15-LAB-050

ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2005

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

Silos cubiertos por la acreditación

Dirección del Laboratorio: Calle 64 H # 71 D-31, Bogotá, D.C., Colombia

CÓDIGO SECTOR GENERAL	CÓDIGO SECTOR ESPECÍFICO	ENSAYO (3)	TÉCNICA	SUSTANCIA, MATERIAL, ELEMENTO O PRODUCTO A ENSAYAR	INTERVALO DE MEDICIÓN	DOCUMENTO NORMATIVO
L15	C6, C7	Recuento de aerobios mesófilos	Recuento en placa	Alimentos de consumo humano, consumo animal, leche cruda.	1 UFC/g a 13000000 UFC/g 1 UFC/mL a 13000000 UFC/mL	P-LM-049: revisión 03 de 2017-09-15. Método horizontal para el recuento de microorganismos. Técnica de recuento de colonias a 30 °C
L15	C6, C7	Recuento de aerobios mesófilos	Recuento en placa	Alimentos de consumo humano, consumo animal, leche cruda.	1 UFC/g a 16000000 UFC/g 1 UFC/mL a 16000000 UFC/mL	ISO 4833-1:2013
L15	C6, C7	Método Horizontal para la detección de <i>Salmonella</i> spp.	Ausencia / Presencia	Alimentos de consumo humano, consumo animal, leche cruda.	Ausencia / Presencia	ISO 6579-1:2017
L15	C6, C7	Método Horizontal para la detección de <i>Listeria monocytogenes</i> .	Ausencia / Presencia	Alimentos de consumo humano, consumo animal, leche cruda.	Ausencia / Presencia	ISO 11290-1:2017
L15	C6, C7	Método Horizontal para el recuento de coliformes	Recuento en placa	Alimentos para consumo humano, alimentos para consumo animal	1 UFC/g a 12300000 UFC/g 1 UFC/mL a 12300000 UFC/mL	ISO 4832:2006
L15	C6, C7	Método horizontal para el recuento de <i>Escherichia coli</i> β -glucuronidasa positiva.	Recuento en placa	Alimentos para consumo humano, alimentos para consumo animal	1 UFC/g a 9600000 UFC/g 1 UFC/mL a 9600000 UFC/mL	ISO 16649-2:2001

Fecha de Otorgamiento: 2016-07-28

Fecha Última Modificación: 2018-10-16

Fecha de Renovación:

Fecha de Vencimiento: 2019-07-27

Director Ejecutivo

Página 2 de 6

FR-4.3-13 Versión 1 - Aprobado 2015-07-03

No. LA 18459



ANEXO DE CERTIFICADO

BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S

15-LAB-050

ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2005

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

Sitios cubiertos por la acreditación
Dirección del Laboratorio: Calle 64 H # 71 D-31, Bogotá, D.C., Colombia

CÓDIGO SECTOR GENERAL	CÓDIGO SECTOR ESPECÍFICO	ENSAYO (3)	TÉCNICA	SUSTANCIA, MATERIAL, ELEMENTO O PRODUCTO A ENSAYAR	INTERVALO DE MEDICIÓN	DOCUMENTO NORMATIVO
L15	C6, C7	Método horizontal para el recuento de coliformes utilizando medios fluorogénicos.	Recuento en placa	Alimentos para consumo humano, alimentos para consumo animal	1 UFC/g a 11500000 UFC/g 1 UFC/mL a 11500000 UFC/mL	NTC 4458:2007
L15	C6, C7	Método horizontal para el recuento de Escherichia coli utilizando medios fluorogénicos.	Recuento en placa	Alimentos de consumo humano, consumo animal, leche cruda.	1 UFC/g a 6700000 UFC/g 1 UFC/mL a 6700000 UFC/mL	NTC 4458:2007
L15	C6, C7	Método horizontal para el recuento de mohos y levaduras. Productos con actividad acuosa inferior o igual al 95%	Recuento en placa	Alimentos de consumo humano, consumo animal	2 UFC/g a 7700000 UFC/g 2 UFC/mL a 7700000 UFC/mL	ISO 21527-2:2008
L15	C6, C7	Método horizontal para el recuento de bacterias sulfito reductoras creciendo bajo condiciones anaerobias	Recuento en placa	Alimentos de consumo humano, consumo animal	1 UFC/g a 5900000 UFC/g 1 UFC/mL a 5900000 UFC/mL	ISO 15213:2003
L15	C6, C7	Método horizontal para el recuento de esporas de bacterias sulfito reductoras creciendo bajo condiciones anaerobias	Recuento en placa	Alimentos de consumo humano, consumo animal	1 UFC/g a 4600000 UFC/g 1 UFC/mL a 4600000 UFC/mL	ISO 15213:2003
L15	C6, C7	Método horizontal para el recuento de Staphylococcus aureus coagulasa positiva	Recuento en placa	Alimentos de consumo humano, consumo animal	1 UFC/g a 23000000 UFC/g 1 UFC/mL a 23000000 UFC/mL	ISO 6888-1:1999

Fecha de Otorgamiento: 2016-07-28 Fecha Última Modificación: 2018-10-16

Fecha de Renovación: Fecha de Vencimiento: 2019-07-27

Director Ejecutivo

Página 3 de 6

PR-4.3-13 Versión 1 - Aprobado 2015-07-03

No. LA 18458



ANEXO DE CERTIFICADO

BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S

15-LAB-050

ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2005

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

Sitios cubiertos por la acreditación
Dirección del Laboratorio: Calle 64 H # 71 D-31, Bogotá, D.C., Colombia

CÓDIGO SECTOR GENERAL	CÓDIGO SECTOR ESPECÍFICO	ENSAYO (3)	TÉCNICA	SUSTANCIA, MATERIAL, ELEMENTO O PRODUCTO A ENSAYAR	INTERVALO DE MEDICIÓN	DOCUMENTO NORMATIVO
L15	C6, C7	Método horizontal para el recuento de <i>Bacillus cereus</i>	Recuento en placa	Alimentos de consumo humano, consumo animal	1 UFC/g a 21000000 UFC/g 1 UFC/ml a 21000000 UFC/ml	ISO 7932:2004
L16	C4, C7	Alcalinidad	Volumétrico	Agua (agua residual, agua tratada y agua envasada)	1,06 mg CaCO ₃ /L a 382 mg CaCO ₃ /L	Standard Methods 2320 B, Ed. 23:2017
L16	C4, C7	Conductividad eléctrica	Electrométrico / Potenciométrico	Agua (agua residual, agua tratada y agua envasada)	15,1 µS/cm a 12851 µS/cm	Standard Methods 2510 B, Ed. 23:2017
L16	C4, C7	Dureza total	Volumétrico	Agua (agua residual, agua tratada y agua envasada)	3,67 mg CaCO ₃ /L a 395 mg CaCO ₃ /L	Standard Methods 2340 C, Ed. 23:2017
L16	C4, C7	Dureza Magnésica	Volumétrico	Agua (agua residual, agua tratada y agua envasada)	3,18 mgCaCO ₃ /L a 197,36 mgCaCO ₃ /L 0,77 mg Mg/L a 47,96 mg Mg/L	Standard Methods SM 3500-Mg B, Ed. 23:2017
L16	C4, C7	Dureza Cálcica	Volumétrico	Agua (agua residual, agua tratada y agua envasada)	1,41 mgCaCO ₃ /L a 198 mgCaCO ₃ /L (0,56 mg Ca/L a 79,36 mg Ca/L)	Standard Methods 3500-Ca B, Ed. 23:2017
L16	C4, C7	pH	Electrométrico / Potenciométrico	Agua (agua residual, agua tratada y agua envasada)	1,70 unidades de pH a 12,45 unidades de pH	Standard Methods 4500-H ⁺ B, Ed. 23:2017
L16	C7	Cenizas	Gravimétrica	Carnes y productos cárnicos	0,9 g/100 g a 6,30 g/100 g	AOAC 920.153, Ed 20:2016
L16	C7	Cenizas	Gravimétrica	Harinas, cereales y productos de panadería	0,52 g/100 g a 6,28 g/100 g	AOAC 923.03, Ed 20:2016

Fecha de Otorgamiento: 2016-07-28 Fecha Última Modificación: 2018-10-16

Fecha de Renovación: Fecha de Vencimiento: 2019-07-27

Alejandro Giraldo
Director Ejecutivo
FR-4.3-19 Versión 1 - Aprobado 2015-07-03

No. LA 18457



ANEXO DE CERTIFICADO

BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S
15-LAB-050
ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2005

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

Silos cubiertos por la acreditación
Dirección del Laboratorio: Calle 64 H # 71 D-31, Bogotá, D.C., Colombia

CÓDIGO SECTOR GENERAL	CÓDIGO SECTOR ESPECÍFICO	ENSAYO (3)	TÉCNICA	SUSTANCIA, MATERIAL, ELEMENTO O PRODUCTO A ENSAYAR	INTERVALO DE MEDICIÓN	DOCUMENTO NORMATIVO
L16	C7	Cenizas	Gravimétrica	Leches	0,33 g/100g a 0,93 g/100 g	AOAC 945.46 Ed. 20:2016
L16	C7	Sólidos totales	Gravimétrica	Leches	4,20 g/100 g a 19,40 g/100 g	AOAC 990.20 Ed 20:2016
L16	C7	Humedad	Gravimétrica	Carnes y productos cárnicos	30,14 g/100 g a 80,14 g/100 g	AOAC 950.46 B (b). Ed 20:2016
L16	C7	Humedad	Gravimétrica	Harinas, cereales y productos de panadería	0,30 g/100 g a 45,00 g/100 g	AOAC 925.10 Ed 20:2016
L16	C7	pH	Electrométrico / Potenciométrico	Alimentos acidificados	2,00 unidades de pH a 10,00 unidades de pH	AOAC 981.12 Ed 20:2016
L16	C7	pH	Electrométrica / Potenciométrica	Harinas, cereales y productos de panadería	4,00 unidades de pH a 10,00 unidades de pH	AOAC 943.02 Ed 20:2016
L16	C7	Sólidos solubles	Ópticos	Fruta y productos de fruta	1,00 g/100 g a 83,00 g/100 g	AOAC 932.12 Ed 20:2016
L16	C7	Acidez titulable	Volumétrica	Productos de fruta	0,33 g/100 g a 3,01 g/100 g	AOAC 942.15 Ed 20:2016
L16	C7	Acidez	Volumétrica	Leches y bebidas lácteas	0,06 g/100 g a 0,89 g/100 g	AOAC 947.05 Ed 20:2016
L16	C7	Humedad y materia volátil	Gravimétrica	Alimentos para animales	1,30 g/100 g a 81,0 g/100 g	NTC 4888:2000 [Adopción equivalente de la ISO 6496:1999]

Fecha de Otorgamiento: 2016-07-28 Fecha Última Modificación: 2018-10-16

Fecha de Renovación: Fecha de Vencimiento: 2019-07-27


Director Ejecutivo

Página 5 de 6

FR-4.3-13 Versión 1 - Aprobado 2015-07-03

No. LA 18456



ANEXO DE CERTIFICADO

BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S
15-LAB-050
ACREDITACIÓN ISO/IEC 17025:2005

Alcance de la acreditación aprobado / Documento Normativo

Silos cubiertos por la acreditación
Dirección del Laboratorio: Calle 64 H # 71 D-31, Bogotá, D.C., Colombia

CÓDIGO SECTOR GENERAL	CÓDIGO SECTOR ESPECÍFICO	ENSAYO (3)	TÉCNICA	SUSTANCIA, MATERIAL, ELEMENTO O PRODUCTO A ENSAYAR	INTERVALO DE MEDICIÓN	DOCUMENTO NORMATIVO
L16	C7	Ceniza cruda	Gravimétrica	Alimentos para animales	0,79 g/100 g a 81,0 g/100 g	NTC 4648:2006 (Adaptación idéntica por traducción de la ISO 5984:2002)
L16	C4, C7	Turbiedad	Espectrofotometría	Agua [agua tratada, agua de piscina y agua envasada]	1,17 NTU a 3,61 NTU	Standard Methods 2130 B, Ed. 23: 2017
L16	C4, C7	Sólidos totales	Gravimétrica	Agua [agua residual, agua tratada y agua envasada]	4,1 mg/L a 4035,6 mg/L	Standard Methods 2540 B, Ed. 23:2017
L16	C6	Cenizas	Gravimétrica	Alimentos para animales	0,77 g/100 g a 80,55 g/100 g	AOAC 942.05 Ed 20:2016
L16	C7	Cenizas	Gravimétrica	Leche en polvo	2,15 g/100 g a 8,79 g/100 g	AOAC 930.30 Ed 20:2016
L16	C15	Biodegradabilidad	Botella cerrada / Titulométrico	Ingredientes Tensioactivos	0,57 mg O ₂ /mg a 10 mg O ₂ /mg	OECD 301 D [1992]
L16	C15	Fósforo	Espectrofotometría	Detergentes y jabones	0,005 g P ₂ O ₅ / 100 g a 5,00 g P ₂ O ₅ / 100 g (0,005 % a 5,00 %)	ASTM D820 - 93 (2016)

Fecha de Otorgamiento: 2016-07-28

Fecha Última Modificación: 2018-10-16

Fecha de Renovación:

Fecha de Vencimiento: 2019-07-27


Director Ejecutivo

Página 6 de 6

FR 4.3-13 Versión 1 - Aprobado 2015-07-03

Anexo D.

Resultados extracción de Licopeno ensayos preliminares y etapa experimental

COMPARACION CONDICIONES ENSAYOS						
Nombre muestra	Método	Solvente	Observaciones	N° Ensayo	Absorbancia	Contenido de Licopeno (mg/kg aceite)
L	Ultrasonido	Ricino	Fondo tamizado	1	1.64	4.75
M	Ultrasonido	Ricino	Fondo tamizado	2	1.715	4.97
I	Ultrasonido	Ricino	Fondo tamizado	3	1.688	4.89
COMPARACION SOLVENTES						
Nombre muestra	Método	Solvente	Observaciones	N° Ensayo	Absorbancia	Contenido de Licopeno (mg/kg aceite)
B	Enzimático	Ricino	Sin tamizado	3	1.666	4.83
C	Enzimático	Almendras	Sin tamizado	3	0.52	1.51
G	Enzimático	Coco	Sin tamizado	3	1.257	3.64
I	Ultrasonido	Ricino	Fondo tamizado	3	1.688	4.89
D	Ultrasonido	Almendras	Fondo tamizado	3	1.706	4.94
H	Ultrasonido	Coco	Fondo tamizado	3	1.299	3.77
COMPARACION EFECTO DE TAMIZADO						
Nombre muestra	Método	Solvente	Observaciones	N° Ensayo	Absorbancia	Contenido de Licopeno (mg/kg aceite)
A	Ultrasonido	Ricino	Sin tamizado	3	1.194	3.46
I	Ultrasonido	Ricino	Fondo tamizado	3	1.688	4.89

E	Ultrasonido	Almendras	Malla 40	3	0.493	1.43
F	Ultrasonido	Almendras	Malla 60	3	0.655	1.90
D	Ultrasonido	Almendras	Fondo tamizado	3	1.706	4.94

COMPARACION METODOS DE EXTRACCION

Nombre muestra	Método	Solvente	Observaciones	N° Ensayo	Absorbancia	Contenido de Licopeno (mg/kg aceite)
B	Enzimático	Ricino	Sin tamizado	3	1.666	4.83
I	Ultrasonido	Ricino	Fondo tamizado	3	1.688	4.89
C	Enzimático	Almendras	Sin tamizado	3	0.52	1.51
D	Ultrasonido	Almendras	Fondo tamizado	3	1.706	4.94
G	Enzimático	Coco	Sin tamizado	3	1.257	3.64
H	Ultrasonido	Coco	Fondo tamizado	3	1.299	3.77

COMPARACION RESIDUOS DE FRUTAS (ETAPA EXPERIMENTAL)

Nombre	Método	Solvente	Observaciones	N° Ensayo	Fruta	Absorbancia	Contenido de Licopeno (mg/kg aceite)
D	Ultrasonido	Almendras	Fondo tamizado	3	Tomate	1.706	4.94
J	Ultrasonido	Almendras	Fondo tamizado	3	Pimentón	1.858	5.39
K	Ultrasonido	Almendras	Fondo tamizado	3	Papaya	1.580	4.58

Cálculos:

$$\text{Contenido de Licopeno (mg/kg aceite)} = \frac{A * 10^6}{E_o * 100 * d}$$

Ejemplo del cálculo del contenido de licopeno en la muestra D

$$\text{Contenido de Licopeno (mg/kg aceite)} = \frac{1.706 * 10^6}{3450 * 100 * 1}$$

Anexo E.

Resultados comprobacion modelo de cuantificacion de Licopeno

λ (nm)	Abs (Hexano)	Abs (Éter de petróleo)	Abs (Literatura)
400	0,511	0,626	0,331
405	0,542	0,661	0,380
410	0,637	0,699	0,484
415	0,763	0,760	0,586
420	0,855	0,839	0,655
425	0,916	0,903	0,676
430	0,953	0,955	0,777
435	1,113	1,012	0,976
440	1,225	1,102	1,180
445	1,336	1,212	1,230
450	1,368	1,291	1,160
455	1,366	1,314	1,100
460	1,398	1,306	1,280
465	1,495	1,359	1,630
470	1,610	1,436	1,840
475	1,669	1,560	1,690
480	1,595	1,608	1,340
485	1,429	1,532	1,050
490	1,298	1,366	1,010
495	1,298	1,265	1,280
500	1,400	1,257	1,660
505	1,461	1,323	1,570
510	1,324	1,384	1,170
515	1,030	1,332	0,724
520	0,709	1,131	0,405
525	0,432	0,844	0,230
530	0,277	0,618	0,112
535	0,266	0,462	0,062
540	0,206	0,369	0,039

545	0,256	0,319	0,019
550	0,250	0,291	0,018

Anexo F.

Resultados pruebas microbiológicas

F-EC-001 REVISION 03		INFORME DE ANALISIS							
FECHA DE ACTUALIZACION 02-NOV-2017									
INFORME DE ANALISIS No. M-19-26720-0									
INFORMACION DEL CLIENTE					INFORMACION DE TOMA DE ITEM DE ENSAYO				
CLIENTE: MALLAMA DIAZ CAROLINA NIT/CC: 1010231522-1 DIRECCION: Calle 23#68-59 TELEFONO: 3143373777 MAIL: carolina.mallama@estudiantes.uamerica.edu.co CIUDAD: BOGOTÁ D.C. CONTACTO: SRA. CAROLINA MALLAMA CARGO: ESTUDIANTE					LUGAR DE TOMA DE ITEM: LABORATORIO RESPONSABLE DE TOMA DE ITEM: MALLAMA DIAZ CAROLINA FECHA DE TOMA DE ITEM: 2019-05-17 HORA: N.E. FECHA DE RECEPCION: 2019-05-20 HORA: 07:55:00 FECHA DE ANALISIS: 2019-05-20 FECHA DE INFORME: 2019-05-25 METODO DE TOMA DE ITEM: ALEATORIO SIMPLE				
IDENTIFICACION DEL ITEM DE ENSAYO									
ITEM DE ENSAYO NO.		IDENTIFICACION				FABRICANTE Y/O PROVEEDOR			
19-26720		BALSAMO TOMATE				CAROLINA MALLAMA			
PRESENTACION DURANTE LA RECEPCION			CANT. ENTREG. (UN)	FECHA DE PROD	FECHA VENC	LOTE	T. MUESTREO	T. RECEPCION	
BOLSA ZIPLOC X 310.5g			1	2019-05-17	N.E.	N.E.	AMBIENTE	19.0°C	
OBSERVACIONES									
TABLA DE RESULTADOS									
PARAMETRO	METODO UTILIZADO	RESULTADOS	UNIDADES	ESPECIFICACION	CUMPLIMIENTO				
Recuento de Aerobios Mesófilos	ISO 4833:2003	<10	UFC/g ó ml	Máximo 5000	SI				
Búsqueda de Pseudomonas aeruginosa	ISO 22717:2006	Ausente	/1 g ó ml	Ausente	SI				
Búsqueda de Staphylococcus aureus	ISO 22718:2006	Ausente	/1 g ó ml	Ausente	SI				
Búsqueda de E. coli	BAM: 2002, Cap. 4 G	Ausente	/1 g ó ml	Ausente	SI				
Analizado por: C 31									
INTERPRETACION DE RESULTADO									
"EL ITEM DE ENSAYO SI CUMPLE CON LA ESPECIFICACION: Comunidad Andina Resol. 1482/2012 -Cosméticos."									
Observaciones									
-Los resultados son validos unicamente para el ítem analizado.									
-Este certificado de analisis solo puede ser reproducido íntegramente y con autorización escrita de BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S									
* Parametro no requerido en especificacion									
BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S.									
REVISO: DIRECTOR TECNICO					APROBO: GERENTE				

<p>F-EC-001 REVISION 03</p>	<p align="center">INFORME DE ANALISIS</p>	
<p>FECHA DE ACTUALIZACION 02-NOV-2017</p>		
<p>-** Parametro no solicitado por el cliente</p> <p>Autorizan:</p> <p>BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S</p> <p align="center">COPIA NO CONTROLADA PARA UNA VEZ IMPRESA</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="533 639 869 786">  <hr/> <p>PAOLA SOLER LEÓN Jefe de Laboratorio de Microbiología</p> </div> <div data-bbox="1008 613 1264 776">  <hr/> <p>FERNANDO MURCIA Director Técnico</p> </div> </div> <p align="center">FIN DEL INFORME</p>		
<p align="center">BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S.</p>		
<p align="center">REVISO: DIRECTOR TECNICO</p>	<p align="center">APROBO: GERENTE</p>	

F-EC-001 REVISION 03		INFORME DE ANALISIS						
FECHA DE ACTUALIZACION 02-NOV-2017								
INFORME DE ANALISIS No. M-19-26721-0								
INFORMACION DEL CLIENTE CLIENTE: MALLAMA DIAZ CAROLINA NIT/CC: 1010231522-1 DIRECCION: Calle 23#68-59 TELEFONO: 3143373777 MAIL: carolina.mallama@estudiantes.uamerica.edu.co CIUDAD: BOGOTA D.C. CONTACTO: SRA. CAROLINA MALLAMA CARGO: ESTUDIANTE				INFORMACION DE TOMA DE ITEM DE ENSAYO LUGAR DE TOMA DE ITEM: LABORATORIO RESPONSABLE DE TOMA DE ITEM: MALLAMA DIAZ CAROLINA FECHA DE TOMA DE ITEM: 2019-05-17 HORA: N.E. FECHA DE RECEPCION: 2019-05-20 HORA: 07:55:00 FECHA DE ANALISIS: 2019-05-20 FECHA DE INFORME: 2019-05-25 METODO DE TOMA DE ITEM: ALEATORIO SIMPLE				
IDENTIFICACION DEL ITEM DE ENSAYO								
ITEM DE ENSAYO NO.		IDENTIFICACION			FABRICANTE Y/O PROVEEDOR			
19-26721		BALSAMO PIMENTON			CAROLINA MALLAMA			
PRESENTACION DURANTE LA RECEPCION		CANT. ENTREG. (UN)	FECHA DE PROD	FECHA VENC	LOTE	T. MUESTREO	T. RECEPCION	
BOLSA ZIPLOC X 311g		1	2019-05-17	N.E.	N.E.	AMBIENTE	19.0°C	
OBSERVACIONES								
TABLA DE RESULTADOS								
PARAMETRO	METODO UTILIZADO	RESULTADOS	UNIDADES	ESPECIFICACION	CUMPLIMIENTO			
Recuento de Aerobios Mesófilos	ISO 4833:2003	<10	UFC/g ó ml	Máximo 5000	SI			
Búsqueda de Pseudomonas aeruginosa	ISO 22717:2006	Ausente	/1 g ó ml	Ausente	SI			
Búsqueda de Staphylococcus aureus	ISO 22718:2006	Ausente	/1 g ó ml	Ausente	SI			
Búsqueda de E. coli	BAM: 2002, Cap. 4 G	Ausente	/1 g ó ml	Ausente	SI			
Analizado por: C 31								
INTERPRETACION DE RESULTADO								
"EL ITEM DE ENSAYO SI CUMPLE CON LA ESPECIFICACION: Comunidad Andina Resol. 1482/2012 -Cosméticos-"								
Observaciones								
-Los resultados son validos unicamente para el item analizado.								
-Este certificado de analisis solo puede ser reproducido integramente y con autorizacion escrita de BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S								
-* Parametro no requerido en especificacion								
BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S.								
REVISO: DIRECTOR TECNICO					APROBO: GERENTE			

F-EC-001 REVISION 03	INFORME DE ANALISIS							
FECHA DE ACTUALIZACION 02-NOV-2017								
INFORME DE ANALISIS No. M-19-26719-0								
INFORMACION DEL CLIENTE CLIENTE: MALLAMA DIAZ CAROLINA NIT/CC: 1010231522-1 DIRECCION: Calle 23#68-59 TELEFONO: 3143373777 MAIL: carolina.mallama@estudiantes.uamerica.edu.co CIUDAD: BOGOTÁ D.C. CONTACTO: SRA. CAROLINA MALLAMA CARGO: ESTUDIANTE				INFORMACION DE TOMA DE ITEM DE ENSAYO LUGAR DE TOMA DE ITEM: LABORATORIO RESPONSABLE DE TOMA DE ITEM: MALLAMA DIAZ CAROLINA FECHA DE TOMA DE ITEM: 2019-05-17 HORA: N.E. FECHA DE RECEPCION: 2019-05-20 HORA: 07:55:00 FECHA DE ANALISIS: 2019-05-20 FECHA DE INFORME: 2019-05-25 METODO DE TOMA DE ITEM: ALEATORIO SIMPLE				
IDENTIFICACION DEL ITEM DE ENSAYO								
ITEM DE ENSAYO NO.	IDENTIFICACION			FABRICANTE Y/O PROVEEDOR				
19-26719	BALSAMO PAPAYA			CAROLINA MALLAMA				
PRESENTACION DURANTE LA RECEPCION	CANT. ENTREG. (UN)	FECHA DE PROD	FECHA VENC	LOTE	T. MUESTREO	T. RECEPCION		
BOLSA ZIPLOC X 310.5g	1	2019-05-17	N.E.	N.E.	AMBIENTE	19.0°C		
OBSERVACIONES								
TABLA DE RESULTADOS								
PARAMETRO	METODO UTILIZADO	RESULTADOS	UNIDADES	ESPECIFICACION	CUMPLIMIENTO			
Recuento de Aerobios Mesófilos	ISO 4833:2003	<10	UFC/g ó ml	Máximo 5000	SI			
Búsqueda de Pseudomonas aeruginosa	ISO 22717:2006	Ausente	/1 g ó ml	Ausente	SI			
Búsqueda de Staphylococcus aureus	ISO 22718:2006	Ausente	/1 g ó ml	Ausente	SI			
Búsqueda de E. coli	BAM: 2002, Cap. 4 G	Ausente	/1 g ó ml	Ausente	SI			
Analizado por: C 31								
INTERPRETACION DE RESULTADO								
"EL ITEM DE ENSAYO SI CUMPLE CON LA ESPECIFICACION: Comunidad Andina Resol. 1482/2012 -Cosméticos-"								
Observaciones								
-Los resultados son validos unicamente para el item analizado.								
-Este certificado de analisis solo puede ser reproducido integramente y con autorizacion escrita de BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S								
-* Parametro no requerido en especificacion								
BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S.								
REVISO: DIRECTOR TECNICO				APROBO: GERENTE				

F-EC-001 REVISION 03	INFORME DE ANALISIS	
FECHA DE ACTUALIZACION 02-NOV-2017		
<p>-** Parametro no solicitado por el cliente</p> <p>Autorizan:</p> <p>BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <hr style="width: 100%;"/> <p>PAOLA SOLER LEÓN Jefe de Laboratorio de Microbiología</p> </div> <div style="text-align: center;">  <hr style="width: 100%;"/> <p>FERNANDO MURCIA Director Técnico</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">FIN DEL INFORME</p>		
BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S.		
REVISO: DIRECTOR TECNICO	APROBO: GERENTE	

<p>F-EC-001 REVISION 03</p>	<p align="center">INFORME DE ANALISIS</p>	
<p>FECHA DE ACTUALIZACION 02-NOV-2017</p>		
<p>-** Parametro no solicitado por el cliente</p> <p>Autorizan:</p> <p>BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S</p> <p align="center">COPIA NO CONTROLADA PARA UNA VEZ IMPRESA</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="535 641 871 787">  <hr/> <p>PAOLA SOLER LEÓN Jefe de Laboratorio de Microbiología</p> </div> <div data-bbox="1008 609 1270 779">  <hr/> <p>FERNANDO MURCIA Director Técnico</p> </div> </div> <p align="center">FIN DEL INFORME</p>		
<p align="center">BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S.</p>		
<p align="center">REVISO: DIRECTOR TECNICO</p>	<p align="center">APROBO: GERENTE</p>	

Anexo G.

Cálculos proceso escalado a banco

Para realizar el proceso de escalado se tuvo en cuenta el crecimiento en la demanda de demanda de cosméticos del 11.8%:

$$600 \text{ g balsamo base/mes}$$

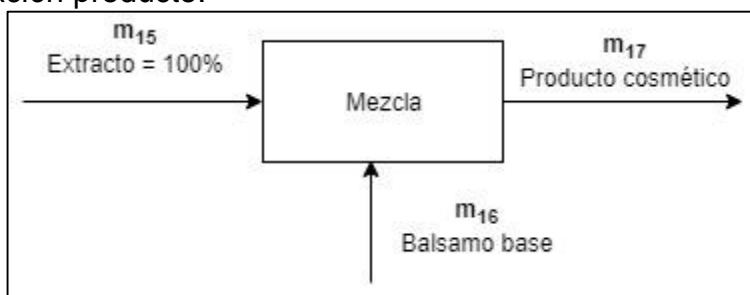
$$\text{Proyeccion de produccion} = (600 * 0.118) + 600 = 670.8 \text{ g/mes} \approx 671 \text{ g/mes}$$

A continuación, se calculó el número de unidades del producto cosmético teniendo en cuenta que cada uno contiene 12 g de producto:

$$\text{No unidades} = \frac{671 \text{ g}}{12 \text{ g}} = 56 \text{ unidades}$$

Debido a que se conocían las corrientes de la última unidad de proceso se efectuó el balance para cada una de las operaciones empezando por la preparación del producto y finalizando con la separación de las semillas:

- Preparación producto:



$$m_{entrada} = m_{salida}$$

$$m_{16} + m_{15} = m_{17}$$

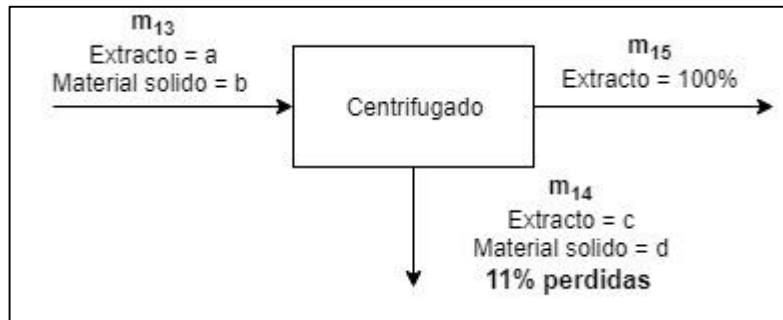
$$m_{15} = 671 \text{ g} - 447.3 \text{ g} = 224 \text{ g}$$

+ Utilizando la densidad del extracto se calculó el volumen del mismo:

$$Vol_{extracto} = \frac{224 \text{ g}}{0.874023 \text{ g/mL}} = 256.28 \text{ mL} \approx 257 \text{ mL}$$

- Centrifugado

Teniendo en cuenta el porcentaje de pérdidas del 10.5% \approx 11% se determinó la cantidad de residuos generada y la masa de entrada a la unidad:



+Se plantean en primer lugar los balances generales para la unidad:

$$\begin{aligned} \text{Balance extracto} &\rightarrow am_{13} = cm_{14} + m_{15} \\ \text{Balance material solido} &\rightarrow bm_{13} = dm_{14} \\ \text{Balance general} &\rightarrow m_{13} = m_{14} + m_{15} \end{aligned}$$

+Teniendo en cuenta el Vol del extracto se calcula el volumen de solvente:

$$Vol_{\text{solvente}} = 257\text{mL} + (0.105 * Vol_{\text{solvente}}) = 287\text{mL}$$

+Con la densidad del extracto se calcula la masa del extracto en la corriente 13:

$$am_{13} = 287\text{mL} + 0.87402 \frac{\text{g}}{\text{mL}} = 250.8437\text{g}$$

+Sabiendo que la relación material/solvente es 1:8 se calcula la cantidad de materia seca adicionada

$$dm_{14} = bm_{13} = \frac{287\text{ml}}{8} = 35.875\text{g}$$

+A partir del balance general se calcula la masa de la corriente 13 y las fracciones para cada compuesto

$$\begin{aligned} m_{13} &= 250.8437\text{g} + 35.875\text{g} = 286.7187\text{g} \\ a &= \frac{250.8437\text{g}}{286.7187\text{g}} = 0.8748 \\ b &= 1 - 0.8748 = 0.1251 \end{aligned}$$

+Se calcula la masa de extracto en la corriente 14

$$\begin{aligned} 0.8748 * 286.7187\text{g} &= cm_{14} + 224\text{g} \\ cm_{14} &= 26.8215\text{g} \end{aligned}$$

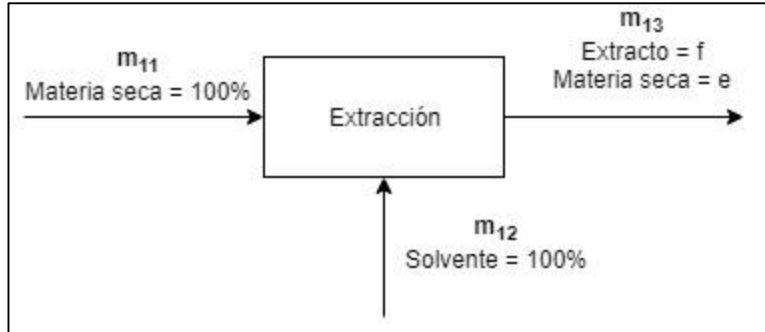
+Se calcula la masa de la corriente 14 así como las fracciones de sus componentes:

$$\begin{aligned} m_{14} &= m_{13} - m_{15} = 286.7187\text{g} - 224\text{g} = 62.7187\text{g} \\ c &= \frac{26.8215\text{g}}{62.7187\text{g}} = 0.4276 \end{aligned}$$

$$c = \frac{35.875 \text{ g}}{62.7187 \text{ g}} = 0.5719$$

- Extracción

Para esta unidad no se presentan pérdidas



+En primer lugar se plantean los balances generales en la unidad:

$$\text{Balance material solido} \rightarrow m_{11} = em_{13}$$

$$\text{Balance solvente} \rightarrow m_{12} = fm_{13}$$

$$\text{Balance general} \rightarrow m_{11} + m_{12} = m_{13}$$

+Se sabe que en el centrifugado se retiró toda la materia solida que entra a la extracción, de esta manera de plantea la siguiente relación:

$$dm_{14} = m_{11} = 35.875 \text{ g}$$

+Teniendo en cuenta la relación anterior se calcula la masa en la corriente 12:

$$m_{12} = 286.7187 \text{ g} - 35.875 = 250.8437 \text{ g}$$

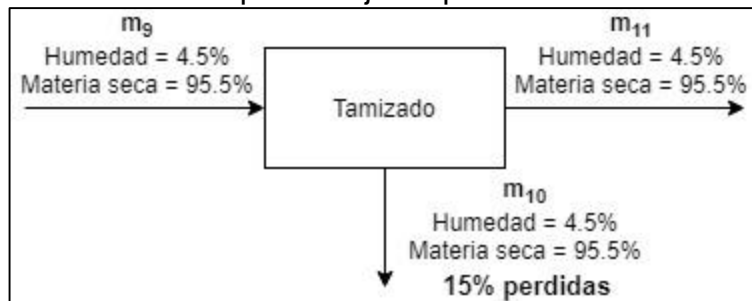
+La fracción de la corriente 13 en el centrifugado serán iguales para el caso de la extracción de tal manera:

$$a = f = 0.8748$$

$$b = e = 0.1251$$

- Tamizado

Para esta unidad se asume un porcentaje de pedida del 15%



+En primer lugar se plantea el balance en la unidad, para este caso las fracciones de los compuestos no cambian por lo que solo se propone el siguiente balance:

$$\text{Balance general} \rightarrow m_9 = m_{10} + m_{11}$$

+Teniendo en cuenta el porcentaje de perdida y el balance general se calcula la masa de la corriente 9 y 10:

$$0.15m_9 = m_{10}$$

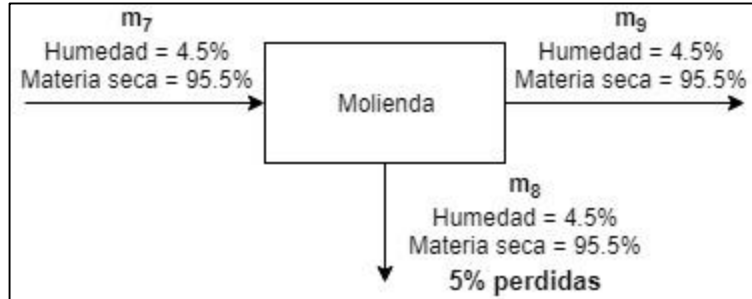
$$m_9 = 0.15m_9 + 35.875 \text{ g}$$

$$m_9 = 42.2058g$$

$$m_{10} = 0.15 * 42.2058g = 6.3308g$$

- Molienda

Para esta unidad se asume un porcentaje de perdida del 5%



+En primer lugar se plantea el balance en la unidad, para este caso las fracciones de los compuestos no cambian por lo que solo se propone el siguiente balance:

$$\text{Balance general} \rightarrow m_7 = m_8 + m_9$$

+Teniendo en cuenta el porcentaje de perdida y el balance general se calcula la masa de la corriente 7 y 8:

$$0.05m_7 = m_8$$

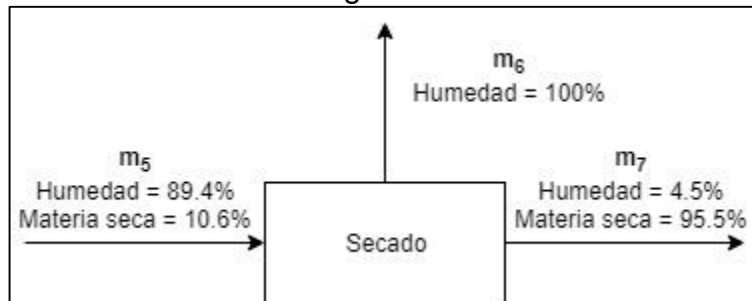
$$m_7 = 0.05m_7 + 42.2058g$$

$$m_7 = 44.4272g$$

$$m_8 = 0.05 * 44.4272g = 2.2213g$$

- Secado

Para el secado el objetivo es que la muestra llegue a una humedad del 4.5% para ello se tiene en cuenta la fracción de agua inicial de la fruta



+Se plantean los balances generales de la unidad de proceso

$$\text{Balance materia sea} \rightarrow m_{ms5} = m_{ms7}$$

$$\text{Balance agua} \rightarrow 0.894m_{agua5} = m_6 + 0.045m_{agua7}$$

$$\text{Balance general} \rightarrow m_5 = m_6 + m_7$$

+A partir de los balances generales y teniendo en cuenta que la masa de materia seca no cambia en el proceso, se realiza el cálculo de dicha cantidad:

$$m_{ms7} = m_7 * (1 - 0.045)$$

$$m_{ms7} = 44.4272g * (1 - 0.045) = 42.4280g$$

+A continuación se calcula la cantidad de agua a la salida del secado

$$m_{agua7} = \frac{0.045}{0.955} * 42.4280g = 1.992g$$

+Posteriormente, se determina la masa total de la corriente de entrada a la operación, así como la cantidad de agua retirada:

$$m_5 = m_{ms5} + 0.894m_5$$

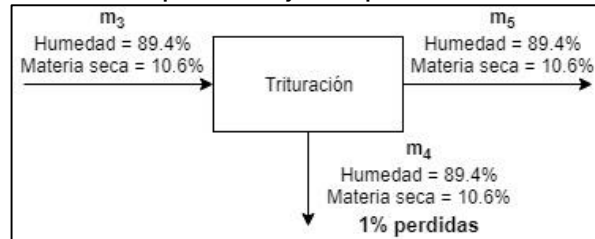
$$m_5 = 42.4280g + 0.894 * m_5$$

$$m_5 = 400.2641g$$

$$m_6 = 400.2641g - 44.4272g = 355.8369g$$

- Trituración

Para esta unidad se asume un porcentaje de pedida del 1%



+En primer lugar se plantea el balance en la unidad, para este caso las fracciones de los compuestos no cambian por lo que solo se propone el siguiente balance:

$$\text{Balance general} \rightarrow m_3 = m_4 + m_5$$

+Teniendo en cuenta el porcentaje de pérdida y el balance general se calcula la masa de la corriente 4 y 3:

$$0.01m_3 = m_4$$

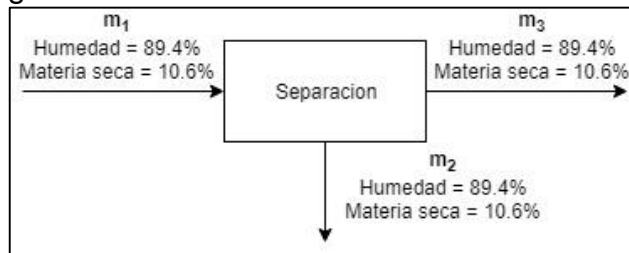
$$m_3 = 0.01m_3 + 400.2641g$$

$$m_3 = 404.3072g$$

$$m_4 = 0.01 * 404.3072g = 4.0430g$$

- Separación semillas

Para la separación de las semillas se tiene en cuenta el peso promedio del fruto el cual es de 82.2857g



+A partir del peso del fruto y la corriente 3 se hace una aproximación de cuantos frutos se requieren

$$N_{ofrutos} = \frac{404.3072g}{82.2857g} = 4.913 \approx 5 \text{ frutos}$$

$$m_1 = N_{ofrutos} * \text{Peso promedio} = 5 * 82.2857g = 411.4285g$$

$$m_2 = m_1 - m_3 = 411.4285g - 404.3072g = 7.1213g$$

$$\%perdidas = \frac{m_2 * 100\%}{m_1} = \frac{7.1213g * 100\%}{411.4285g} = 1,7308 \%$$

Anexo H.

Cotizaciones equipos

VT-P-01-F-07 Revisión 5 Válido desde 2018-12-21



PINZUAR LTDA
NIT 800.006.900-3
Cra 108#18-31
Tel: (1) 7454555 - 3165251236
Bogotá - Colombia

Cotización
No. C-1-320297

Para	CAROLINA MALLAMA
Nit	1.010.231.522
Contacto	CAROLINA MALLAMA (carolina.mallama@estudiante.uamerica.edu.co)
Ciudad/Tel.	Bogotá - 3143373777
Fecha	2019-06-04

Respetados Señores:

En atención a su solicitud, ponemos a su consideración propuesta de cotización correspondientes a los productos y servicios de su interés.

Ítem	Referencia	Descripción	Fotos	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Total	Valor desc.	Impto. Cargo
1	PS33N60	TAMIZ ACERO INOX Ø 8 MALLA 60 -Designación Estándar 250 µm -Diámetro nominal del alambre mm 0.16 -Altura del marco 2" (50 mm) -Tamiz con certificado de producto bajo la norma ASTM E 11 *El valor cotizado no incluye certificado de calibración.	Ver	1,00	105.000,00	124.950,00	0,00	19 %
2	00PS401	FONDO CON TAPA PARA TAMIZ DE 8 Ø EN ACERO Sirve para recolectar los residuos o la muestra en el ensayo de tamizado. Fabricado en acero inoxidable. Diámetro 8"	Ver	1,00	105.000,00	124.950,00	0,00	19 %

Total Bruto 210.000,00

Subtotal 210.000,00

IVA 19% 39.900,00

Total a Pagar 249.900,00

CONDICIONES COMERCIALES

TIEMPO DE ENTREGA: 5 días hábiles de confirmada su orden de compra al correo electrónico comercial3@pinzuar.com.co

FORMA DE PAGO: Contado

VALIDEZ DE LA OFERTA: 60 días a partir de la fecha

GARANTÍA: Para equipos, un año por defectos de fabricación

PAGOS NACIONALES: Recaudo a nombre de Pinzuar Ltda Nit: 800.006.900-3. Banco Bancolombia - Cuenta Corriente No. 2379-553525-3. **Banco Av Villas - Cuenta Corriente No. 394000723 - Cuenta Ahorros 394003537.**

PAGOS INTERNACIONALES: Beneficiario: PINZUAR LTDA Nit. 800.006.900 - 3. Carrera 108 No. 18 - 31 Bogotá Colombia Tel: (571) 7454555 Cel: 3165251236 - 3165385810 E-mail: comercio.exterior@pinzuar.com.co

Banco Intermediario: CITIBANK Nueva York ABA 021000089 Swift CITIUS 33

Banco Pagador: BANCOLOMBIA, COLOMBIA Swift COLOCOBM Chips Uid CH 005

Banco Beneficiario: BANCOLOMBIA BOGOTA-COLOMBIA, Sucursal Av. Dorado Cuenta Corriente 23795535253

Los fletes de la mercancía van por cuenta del cliente fuera de la ciudad. Para los equipos que requieran ser descargados con Montacargas es necesario que el cliente asuma el costo del mismo, después de transcurridos 8 días de la recepción de la mercancía Pinzuar Ltda no se hace responsable por faltantes o daños.

NOTA: A TODOS NUESTROS CLIENTES INFORMAMOS QUE NUESTRO LABORATORIO DE METROLOGIA SE ENCUENTRA ACREDITADO EN LA NORMA NTC ISO IEC 17025, BAJO EL PROGRAMA DE LABORATORIOS DE CALIBRACIÓN CON CÓDIGO DE ACREDITACIÓN ONAC 11-LAC-004, PARA LONGITUD, MASAS, BALANZAS, FUERZA, PAR TORSIONAL Y TEMPERATURA. PARA SOLICITAR LOS SERVICIOS DE CALIBRACIÓN POR FAVOR COMUNÍQUESE AL 7454555 Ext. 1113-1114-1115 CORREO ELECTRÓNICO comercial.laboratorio@pinzuar.com.co

Agradeciendo su amable atención y en espera de poder servirles

Cordialmente,

ARACELY ARDILA
DIRECTORA COMERCIAL

Para la certificación de producto tamiz bajo la norma ASTM E11, el ente certificador es Bureau Veritas Certification acreditado por ONAC para esta actividad.

AYDA YAMILE GONZALEZ

ELABORADA POR SIGO S.A. NIT 830.048.145-8



BALTALAB SERVICES S.R.L.
RUC: 20565592999

Página: 001

Señores:
CAROLINA MALLAMA DIAZ

Atención:

Referencia:

Por medio de la presente tenemos el agrado de ofrecerles lo siguiente:

OFERTA No2019-001097

Fecha: 03/06/19

Contacto: MARIA ELENA CUEVAS

Celular: 978971235 01-4529554

Email: ventas@baltalab.com

Descripción	UM	Cantidad	Precio	Total
ITEM: 1	UNIDAD	1	SOL 8,311.00	SOL 8,311.00

CODIGO: WUC-D10H

BAÑO ULTRASONIDO/SONICADOR DIGITAL MODELO WUC-D10H 10 LITROS "WISD DAIHAN" - KR

CARACTERISTICAS:

Los baños ultrasonido o tambien llamados sonicadores son muy útiles en los laboratorios donde la limpieza convencional con líquidos no llega. Ideal para limpieza de materiales e instrumentos de laboratorio de vidrio, plástico o metal. Desgasifica soluciones para HPLC, mezcla, dispersa, emulsifica y disuelve especímenes.

En odontología, es deseable para la limpieza de prótesis dentales, coronas, taladros e instrumentos en general.

En óptica, para limpieza profunda de lentes, juntas y monturas

En joyería para limpieza y abrillantamiento de joyas en oro, plata, platino y fantasía.

Limpieza de piedras preciosas.

controlado por microprocesador: temporizador, temperatura

Incluye: tapa y cesta en acero inoxidable

ESPECIFICACIONES TECNICAS:

Capacidad (Lt):	10
Frecuencia (KHz):	40
Rango de temperatura (°C):	hasta 80°C
Temporizador (min.):	0 - 60
Dimensiones internas tanque WxDxH (mm):	290 x 240 x 150
Valvula de drenaje (pulgada):	1/2
Peso (Kg):	8
Consumo (Watts):	665
Requerimiento energetico (V/Hz):	monofasico 230/50-60



TOTAL OFERTADO INCLUIDO IMPUESTOS: SOL 8,311.00

Nota: Este presupuesto puede sufrir variación en sus precios sin previo aviso

PLAZO DE ENTREGA: RECONFIRMAR SU STOCK ANTES DE EMITIR SU ORDEN DE COMPRA.

OFICINA PRINCIPAL
 Calle Las Margaritas N° 203 Urb. Jardines Viru Bellavista - Callao
 Teléfono (01) 4529554 Cel/RPM #978971235