



“Estudio de las Características Físicoquímicas y Compuestos Contaminantes del Aceite de Sandía (*Citrullus lanatus*) Considerando Distintas Variedades y Métodos de Extracción”.

Espinoza Arias, Dennisse Dayanara

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria Santo Domingo

Trabajo de Titulación, previo a la Obtención del Título de Ingeniería Agropecuaria.

PhD. Sánchez Llaguno, Sungey Naynee.

07 de Septiembre del 2021

Análisis Urkund



Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS_ESTUDIO DEL ACEITE DE SANDÍA_ DAYANARA
ESPINOZA (2).docx (D112150377)
Submitted: 2021-09-06 18:32 (-05:00)
Submitted By: neiramosquera@uteq.edu.ec
Significance: 7 %

Sources included in the report:

INFORME CIENTÍFICO FINAL - KATYA CALIZAYA MIRANDA.pdf (D108313452) proyecto aceite de café.rtf (D62953156)
 TESIS HOYOS - ZAVALETA 03.04.2019.docx (D50142489)
<http://www.fao.org/3/v4700s/v4700s09.htm>
<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8011/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000071.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3046/47075.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/9403/3.4.%20E%20aceite%20vegetal.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/4784/1/T-UCE-0017-138.pdf>
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/3872/Monograf%C3%ADa%20Leidys%20Begambre%20Vergara.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/3107/DoriaDurangoDario-DurangoGaleanoJesus.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<https://1library.co/document/ynging1z-caracterizacion-fisicoquimicas-semilla-passiflorapinnatistipula-procedente-residuos-agroindustriales.html>
<http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrtd/2018/02/13/Gonzalez-Estuardo.pdf>
http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8743/Millones_isque_Lady_Del_Milagro.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3447.pdf
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/13420/1/T-ESPESD-002811.pdf>
<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2465/1/T-UTEQ-0071.pdf>
<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5189/1/T-UTEQ-0081.pdf>
https://www.researchgate.net/profile/Danger_Tabio_Garcia/publication/317007345_Extraccion_de_aceites_de_origen_vegetal/links/591de6e3aca272d31bcd9eff/Extraccion-de-aceites-de-origen-vegetal.pdf?origin=publication_detail
<https://www.redalyc.org/pdf/3236/323632812004.pdf>
<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/2634/Perez%20Romero.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Firma



Sánchez Llaguno, Sungey Naynee Ph.D.

DIRECTORA



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS Y COMPUESTOS CONTAMINANTES DEL ACEITE DE SANDÍA (*Citrullus lanatus*) CONSIDERANDO DISTINTAS VARIEDADES Y MÉTODOS DE EXTRACCIÓN" fue realizado por la señorita Espinoza Arias Dennisse Dayanara el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 07 de septiembre del 2021



Escaneado digitalmente por:
SUNGEY NAYNEE
SANCHEZ LLAGUNO

PhD. Sánchez Llaguno Sungey Naynee.

C.C.1205348673



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO**

RESPONSABILIDAD DE AUDITORÍA

Yo, **Espinoza Arias Dennisse Dayanara**, con cédula de ciudadanía n°1718769977, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y COMPUESTOS CONTAMINANTES DEL ACEITE DE SANDÍA (*Citrullus lanatus*) CONSIDERANDO DISTINTAS VARIEDADES Y MÉTODOS DE EXTRACCIÓN”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 07 de septiembre del 2021

Firma

Espinoza Arias, Dennisse Dayanara.

C.C. 1718769977



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO**

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **Espinoza Arias Dennisse Dayanara**, con cédula de ciudadanía n°1718769977, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y COMPUESTOS CONTAMINANTES DEL ACEITE DE SANDÍA (*Citrullus lanatus*) CONSIDERANDO DISTINTAS VARIEDADES Y MÉTODOS DE EXTRACCIÓN”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 07 de septiembre del 2021

Firma

Espinoza Arias, Dennisse Dayanara.

C.C. 1718769977

Dedicatoria

Dedico este trabajo de investigación primeramente a Dios por haberme permitido llegar a este momento tan ansiado.

A mis padres por su apoyo infinito, por ser mis más bonitos motivadores, sin ustedes, sin sus consejos y su cariño no hubiera tenido el impulso para continuar en cada adversidad que se ha presentado en mi vida, este logro es gracias a ustedes y a mis hermanos mis confidentes, gracias por estar siempre presentes llenándome de alegrías en los momentos que más he necesitado.

A las mujeres más importantes de mi vida mis abuelitas, esta meta alcanzada es por y para ustedes.

A mi familia por sus consejos y tenerme presente en sus oraciones.

A mis amigos y docentes que me han brindado su amistad, ayuda y haber compartido momentos tan gratos a lo largo de mi carrera universitaria.

Dayanara Espinoza

Agradecimiento

En primer lugar, a Dios por permitirme estudiar en el lugar que tanto anhelé, a pesar del duro camino que ha tocado emprender para poder llegar hasta este momento, nadie dijo que sería fácil y mucho menos imposible.

Agradezco a los mejores compañeros de tesis y de vida que pude haber tenido, mis padres Aracely y Jaime, quienes me han brindado su apoyo incondicional día a día, en cada paso, en cada travesía, en cada obstáculo, son ellos quienes nunca han dejado de creer en mí.

A mis hermanos Kevin y Jaime Andrés por su cariño, consejos y su manera tan especial de haberme apoyado en cada instante.

A mis abuelitas por ser mi razón para seguir adelante.

A mis demás familiares, tíos, primos, mis padrinos Leonela y Patricio, por sus palabras de aliento, por brindar un granito de su tiempo cuando necesitaba de su ayuda.

Agradezco a la vida por haberme permitido conocer personas valiosas durante cada etapa de mi vida estudiantil, sobre todo personas que llegaron y no se fueron, mis amigas Katty, Paola, Jessica, Gaby, Mónica y Cristina, a mis amigos Santiago, Joao, Bryan, Jefferson, Josué, José, Fabricio y David.

A la Ing. Katty Medina por su apoyo constante, su paciencia en cada actividad realizada en el laboratorio y sobre todo su amistad.

A los docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE que han impartido sus conocimientos y a pesar de muchas veces tener una fuerte actitud y algunas veces hasta incierta, me han dejado muchas lecciones de vida.

Gracias Ing. Enríquez por mostrar profesionalismo, dedicación y amistad, al Dr. Gelacio Gómez por su lindo desempeño como docente y amigo, al Director de Carrera Ing. Patiño por su tiempo.

A mi directora de tesis la Ph. D Sungey Sánchez, agradezco su apoyo y paciencia durante todo el proceso de la investigación y sobre todo mil gracias por darme seguridad de creer en mí.

De igual manera al Ph.D. Juan Neira, al Ing. Xavier Romero y al Ing. Vinicio Uday gracias por su aporte en la investigación.

Gracias a todos y cada una de las personas por ser parte de cada experiencia durante mi vida estudiantil.

Dayanara Espinoza

Índice de contenidos

Caratula.....	1
Análisis Urkund.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de Auditoría.....	4
Auditoría de Publicación.....	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenidos.....	9
Índice de Tablas.....	17
Índice de Figuras	20
Resumen.....	22
Abstract.....	23
Capítulo I.....	24
Introducción.....	24
Objetivos.....	26
Objetivo General.....	26
Objetivos Específicos	26
Hipótesis.....	27
Hipótesis para el Factor A (Método de extracción)	27
Hipótesis para el Factor B (Variedades).....	27
Capítulo II.....	28
Revisión de Literatura	28

Sandia	28
Generalidades	28
Clasificación taxonómica	29
Características botánicas	29
Requerimientos edafoclimáticos	31
Variedades.....	31
Propiedades nutricionales de la sandía	32
Usos y propiedades de las semillas de sandía.....	33
Composición de las semillas de sandía	34
Aceite de semillas de sandía.....	34
Generalidades de aceites vegetales	35
Composición química de aceites vegetales.....	36
Caracterización de los aceites vegetales.....	36
Características físicas	36
Características químicas	37
Compuestos contaminantes.....	39
Extracción de aceites vegetales.....	40
Extracción de aceite por el método Soxhlet	40
Extracción de aceite prensado en frío	40
Extracción de aceite prensado en caliente.	41
Refinación de aceites vegetales	42

Capitulo III.....	44
Metodología.....	44
Ubicación del área de investigación.....	44
Ubicación política	44
Ubicación geográfica.....	44
Ubicación ecológica.....	45
Materiales.....	46
Extracción de aceite	46
Método Soxhlet.....	46
Método prensado en frío	46
Determinación de pruebas físicas.....	47
Determinación de pruebas químicas.....	48
Determinación de compuestos contaminantes - cianuro.....	50
Análisis microbiológico	50
Diseño experimental.....	51
Factores del experimento.....	51
Tratamientos a comparar.	52
Tipo de diseño	52
Repeticiones	53
Análisis estadístico	53
Esquema del análisis de varianza.....	53
Análisis funcional.....	53

Metodología	54
Obtención de las semillas de sandía.	54
Métodos de extracción del aceite de las semillas de sandía	54
Análisis fisicoquímico del aceite de las semillas de sandía	54
Análisis de compuestos contaminantes del aceite de semillas de sandía.....	55
Análisis microbiológico del aceite de semillas de sandía.	55
Variables a medir.....	55
Rendimiento.....	55
Pruebas fisicoquímicas del aceite	55
Solubilidad	55
Coloración.....	56
pH	56
Densidad.....	56
Determinación de Humedad.....	57
Cenizas	57
Determinación de Absorbancia	58
Determinación de Impurezas por centrifugación.	58
Índice de saponificación	58
Índice de yodo	59
Índice de acidez.....	59
Índice de peróxido	60

Determinación de Cianuro del aceite	61
Análisis microbiológico del aceite de semillas de sandía	61
Capitulo IV.....	62
Resultados.....	62
Análisis descriptivo de las variables evaluadas en el estudio de las características físicoquímicas y compuestos contaminantes del aceite de sandía (<i>Citrullus lanatus</i>) considerando distintas variedades y métodos de extracción”	62
<i>Análisis de Varianza para el Rendimiento de aceite de semillas de sandía obtenido para Pruebas Físicoquímicas y toxicológica</i>	62
Resultados de las Variables físicas del aceite de semilla de sandía	63
Resultado cuantitativo de la Variable Solubilidad.....	63
Resultado cuantitativo de la Variable Coloración	65
Análisis de Varianza para la Variable pH.....	67
Análisis de Varianza para la Variable Densidad.....	68
Análisis de Varianza para la Variable Humedad	69
Análisis de Varianza para la Variable Absorbancia	70
Análisis de Varianza para la Variable Ceniza	71
Análisis de Varianza para las Variables químicas del aceite de semilla de sandía.....	72
Análisis de Varianza para la Variable índice de saponificación	72
Análisis de Varianza para la Variable Índice de Yodo	73
Análisis de Varianza para la Variable Acidez	74
Análisis de Varianza para la Variable Índice de Acidez	75

Análisis de Varianza para la Variable Índice de peróxido	76
Análisis de Varianza para el contenido de compuestos contaminantes en el aceite de sandía	77
Análisis de Varianza para el análisis microbiológica del aceite de semilla de sandía	78
Prueba de significancia (Tukey $p < 0,05$) de los factores del estudio de las características fisicoquímicas y compuestos contaminantes del aceite de sandía (citrullus lanatus) considerando distintas variedades y métodos de extracción” ..	79
Prueba de significancia de Tukey para el Factor A (Método de extracción) Rendimiento de aceite de sandía.....	79
Prueba de significancia de Tukey para el Factor A (Método de extracción) de las características físicas del aceite de sandía	80
Prueba de significancia de Tukey para el Factor A (Método de extracción) de las características químicas del aceite de sandía	83
Prueba de significancia de Tukey para el Factor A (Método de extracción) de la prueba de compuestos contaminantes del aceite de sandía	85
Prueba de significancia de Tukey para el Factor A (Método de extracción) del Análisis microbiológico del aceite de sandía	87
Prueba de significancia de Tukey para el Factor B (Variedad) de las características físicas del aceite de sandía	89
Prueba de significancia de Tukey para el Factor B (Variedad) de las características químicas del aceite de sandía.....	92

Prueba de significancia de Tukey para el Factor B (Variedad) de la prueba de compuestos contaminantes del aceite de sandía.....	94
Prueba de significancia de Tukey para el Factor B (Variedad) del	96
Análisis microbiológico en el aceite de sandía	96
Prueba de significancia de Tukey para la Interacción A*B (Método de extracción*Variedad) del rendimiento del aceite de sandía	98
Prueba de significancia de Tukey para la Interacción A*B (Método de extracción*Variedad) de las características físicas del aceite de sandía	100
Prueba de significancia de Tukey para la Interacción A*B (Método de extracción*Variedad) del análisis microbiológico del aceite de sandía.....	108
Componente en espacio rotado	112
Resultado de Análisis de Conglomerados	113
Balance de materiales.....	114
Rendimiento del Aceite de Sandía de la Variedad Crimson Sweet por los tres Métodos de Extracción	115
Propiedades analizadas para el aceite de la variedad Crimson Sweet en los tres métodos de extracción.	118
Concentraciones de distintos tipos de grasas en el aceite Prensado en Frío de la variedad Crimson Sweet	119
Capitulo V.....	120
Discusión.....	120
Factor A (Método de extracción).....	120
Factor B (Variedad)	123

Interacción A*B (Método de extracción * Variedad)	124
Capitulo VI.....	127
Conclusiones y Recomendaciones.....	127
Conclusiones.....	127
Factor A (Método de extracción).....	127
Factor B (Variedad)	128
Interacción A* B (Método de extracción * Variedad)	129
Recomendaciones.....	130
Capitulo VII.....	131
Bibliografía	131

Índice de Tablas

Tabla 1 Propiedades Nutricionales Por 100g.	32
Tabla 2 Composición de Cenizas y Características del Aceite de Semillas de Sandía.	34
Tabla 3 Recursos para la Extracción de Aceite por el Método Soxhlet	46
Tabla 4 Recursos para Realizar las Pruebas Físicas en el Aceite de Semillas de Sandía	47
Tabla 5 Recursos para Realizar las Pruebas Químicas en el Aceite de Semillas de Sandía.....	48
Tabla 6 Recursos para Determinar el Contenido de Cianuro en el Aceite de Sandía. ..	50
Tabla 7 Recursos para Realizar el Análisis Microbiológico en el Aceite de Sandía.....	50
Tabla 8 Factores y Niveles por Probar en el Estudio de la Caracterización del Aceite de Semillas de Sandía Considerando distintas Variedades y Métodos de Extracción.....	51
Tabla 9 Tratamientos a Comparar en el Estudio de la Caracterización del Aceite de Semillas de Sandía Considerando distintas Variedades y Métodos de Extracción	52
Tabla 10 Esquema del Análisis de Varianza para el Estudio de la Caracterización del Aceite de Semillas de Sandía Considerando distintas Variedades y Métodos de Extracción.	53
Tabla 11 Análisis de Varianza para Rendimiento del Aceite Crudo de Sandía.....	62
Tabla 12 Resultado de la Variable Cuantitativa de la Solubilidad del Aceite Crudo de Sandía.....	63
Tabla 13 Resultado de la Variable Cuantitativa de la Solubilidad del Aceite Crudo de Sandía.....	65
Tabla 14 Análisis de Varianza para la Variable pH del Aceite Crudo de Sandía	67
Tabla 15 Análisis de Varianza para la Densidad (g/cm ³) del Aceite Crudo de Sandía..	68

Tabla 16 Análisis de Varianza para el Porcentaje de Humedad del Aceite Crudo de Sandía.....	69
Tabla 17 Análisis de Varianza para la Absorbancia del Aceite Crudo de Sandía	70
Tabla 18 Análisis de Varianza para el Porcentaje de Ceniza del Aceite Crudo de Sandía	71
Tabla 19 Análisis de Varianza para el Índice de Saponificación (mg KOH/g) del Aceite Crudo de Sandía.....	72
Tabla 20 Análisis de Varianza para el Índice de Yodo (cg I/g) del Aceite Crudo de Sandía.....	73
Tabla 21 Análisis de Varianza para el Porcentaje de Acidez del Aceite Crudo de Sandía	74
Tabla 22 Análisis de Varianza para Índice de Acidez (mg KOH/g) del Aceite Crudo de Sandía.....	75
Tabla 23 Análisis de Varianza para Índice de Peróxido (meqO ² /kg) del Aceite Crudo de Sandía.....	76
Tabla 24 Análisis de Varianza para el Contenido de Cianuro (ppm) en el Aceite Crudo de Sandía.....	77
Tabla 25 Análisis de Varianza para UFC de bacterias/ml en el Aceite Crudo de Sandía	78
Tabla 26 Prueba de Significancia del Rendimiento (%)	79
Tabla 27 Prueba de Significancia de las Características Físicas del Aceite de Sandía.	80
Tabla 28 Prueba de Significancia de las Características Químicas del Aceite de Sandía	83
Tabla 29 Prueba de Significancia del Contenido de Cianuro (ppm) en el Aceite de Sandía.....	85
Tabla 30 Prueba de Significancia de UFC de Bacterias/ml en el Aceite de Sandía	87

Tabla 31 Prueba de Significancia de las Características Físicas del Aceite de Sandía.	89
Tabla 32 Prueba de Significancia de las Características Químicas del Aceite de Sandía	92
Tabla 33 Prueba de Significancia del Contenido de Cianuro en el Aceite de Sandía...	94
Tabla 34 Prueba de Significancia de las UFC de bacterias/ml en el Aceite Crudo de Sandía.....	96
Tabla 35 Prueba de Significancia del Rendimiento (%) del Aceite Crudo de Sandía ...	98
Tabla 36 Prueba de Significancia de las Características Físicas del Aceite Crudo de Sandía.....	100
Tabla 37 Prueba de Significancia de las Características Químicas del Aceite Crudo de Sandía.....	104
Tabla 38 Prueba de Significancia de las UFC de Bacterias/ml en el Aceite Crudo de Sandía.....	108
Tabla 39 Matriz de Correlación de los Componentes Principales	110
Tabla 40 Balance de Materiales Agronómicos	117
Tabla 41 Comparación de Parámetros Entre los Tratamientos Representativos.....	118
Tabla 42 Perfil Lipídico del Aceite Prensado en Frío de la Variedad Crimson Sweet..	119

Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación Geográfica del Lugar Donde se Desarrollará la Investigación.....	45
Figura 2 Prueba de Significancia del Rendimiento (%) de los Métodos de Extracción (Factor A)	79
Figura 3 Prueba Significativa de las Características Físicas del Aceite de Sandía con los Métodos de Extracción (Factor A).	81
Figura 4 Prueba Significativa de las Características Químicas del Aceite de Sandía con los Métodos de Extracción (Factor A)	84
Figura 5 Prueba de Significancia del Contenido de Cianuro (ppm) en el Aceite de Sandía por los Métodos de Extracción.....	86
Figura 6 Prueba de Significancia de las UFC de Bacterias/ml en el Aceite de Sandía por los Métodos de Extracción (Factor A).....	88
Figura 7 Prueba de Significancia de las Características Físicas del Aceite de Sandía Según las Variedades (Factor B)	90
Figura 8 Prueba de Significancia de las Características Químicas del Aceite de Sandía Según la Variedad (Factor B).....	93
Figura 9 Prueba de Significancia del Contenido de Cianuro (ppm) en el Aceite de Sandía Según la Variedad (Factor B)	95
Figura 10 Prueba de Significancia de las UFC de Bacterias/ml en el Aceite de Sandía Según la Variedad (Factor B).....	97
Figura 11 Prueba de Significancia del Rendimiento (%) del Aceite de la Interacción A*B	99
Figura 12 Prueba de Significancia de las Características Físicas del Aceite de Sandía de la Interacción A*B	101

Figura 13 Prueba de Significancia de las Características Químicas del Aceite de Sandía de la Interacción A*B	105
Figura 14 Prueba de Significancia de las UFC de Bacterias/ml en el Aceite de Sandía de la Interacción A*B	109
Figura 15 Gráfico de Sedimentación	111
Figura 16 Componente en Espacio Rotado	112
Figura 17 Dendrograma para los Factores en Estudio	113
Figura 18 Diagrama de Flujo de la Obtención del Aceite de Sandía.....	114
Figura 19 Diagrama de Flujo del Rendimiento de la Variedad Crimson Sweet por el Método de Soxhlet	115
Figura 21 Diagrama de Flujo del Rendimiento de la Variedad Crimson Sweet por el Método de Torta Reprocesada.....	116
Figura 20 Diagrama de Flujo del Rendimiento de la Variedad Crimson Sweet por el Método de Prensado en Frío	116

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo el estudio de las características fisicoquímicas y compuestos contaminantes del aceite de semilla de sandía (*Citrillus lanatus*) de tres variedades con tres métodos de extracción, la investigación se realizó en el laboratorio de bromatología de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE", ubicada en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, parroquia Luz de América. El diseño estadístico aplicado fue en DCA con arreglo bifactorial (Factores: Método de Extracción y Variedad) conformado por 9 tratamientos con tres repeticiones, con un total de 27 unidades experimentales. Las variables evaluadas fueron: rendimiento, características fisicoquímicas: solubilidad, coloración, pH, densidad, ceniza, humedad, absorbancia e impurezas, índice de saponificación, de yodo, de acidez y de peróxido, contenido de cianuro y análisis microbiológico. Para identificar diferencias significativas entre tratamientos se aplicó la prueba de Tukey ($p > 0.05$). Independientemente del rendimiento el cual fue mayor en el T2 (Soxhlet + Crimson Sweet) con 16,29%, los valores de los parámetros óptimos se manifestaron con el método de prensado en frío sobresaliendo al utilizar la variedad Crimson Sweet (T8) con 0,04% de ceniza, 0,05% de humedad, 0% de impurezas, con índice de peróxido de 3,33 meqO²/kg, índice de acidez de 0,47 mg KOH/g y mayor índice de yodo con 236,85 cg I/g e índice de saponificación de 216,92 mg KOH/g, con 77,50% de ácido linoleico, lo cual determina que el aceite de sandía por el método prensado en frío muestra ser de buena calidad, al conservar excelentes características fisicoquímicas con un porcentaje significativo de importantes ácidos grasos insaturados de cadenas cortas, demostrando ser un aceite de alto potencial para fines comestibles.

Palabras claves:

- **ACEITE DE SANDÍA**
- **MÉTODOS DE EXTRACCIÓN**
- **CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS.**

Abstract

This research aimed to study the physicochemical characteristics and contaminating compounds of watermelon seed oil (*Citrillus lanatus*) of three varieties with three extraction methods, the research was carried out in the bromatology laboratory of the University of the Armed Forces "ESPE", located in the province of Santo Domingo de los Tsachilas, Luz de América parish. The statistical design applied was in DCA with a bifactorial arrangement (Factors: Extraction Method and Variety) consisting of 9 treatments with three repetitions, with a total of 27 experimental units. The variables evaluated were: yield, physicochemical characteristics: solubility, coloration, pH, density, ash, humidity, absorbance and impurities, saponification, iodine, acidity and peroxide index, cyanide content and microbiological analysis. To identify significant differences between treatments, the Tukey test was applied ($p > 0.05$). Regardless of the yield, which was higher in T2 (Soxhlet + Crimson Sweet) with 16.29%, the values of the optimal parameters were manifested with the cold pressing method, standing out when using the Crimson Sweet (T8) variety with 0,04% ash, 0.05% moisture, 0% impurities, with a peroxide value of 3.33 meqO₂ / kg, acid number of 0.47 mg KOH / g and higher iodine number with 236.85 cg I / ge saponification index of 216.92 mg KOH / g, with 77.50% of linoleic acid, which determines that the watermelon oil by the cold-pressed method shows to be of good quality, preserving excellent physicochemical characteristics with a significant percentage of important short chain unsaturated fatty acids, proving to be a high potential oil for edible purposes.

Keywords

- ***WATERMELON OIL***
- ***EXTRACTION METHODS***
- ***PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS***

Capítulo I

Introducción

Ecuador es productor de frutas tropicales y la sandía se ha identificado como un producto novedoso, en especial en mercados extranjeros, no tradicionales, con elevado potencial para su expansión tanto para el consumo interno como para la exportación (Cedeño, 2006).

Desde los años 70 se ha desarrollado la producción de sandía (*Citrullus lanatus*) según el Tercer Censo Agropecuario se sembraron 1 905 ha de sandía como monocultivo con una producción de 25 818 toneladas y 363 ha se sembraron en cultivos asociados con 273 toneladas de producción (INEC, 2000). La superficie cultivada se localiza en la región Costa, representada principalmente por las provincias de Guayas con el 49% y Manabí con el 44%, seguida de Los Ríos y Galápagos con el 3% y 1% respectivamente (Jordan, 2020).

La sandía (*Citrullus lanatus*) perteneciente a la familia de las Cucurbitáceas, originaria de África, es considerada como una planta con propiedades medicinales, consumida principalmente como fruta fresca, además de ser utilizada como fuente de agua por parte de pobladores de zonas semiáridas. Las semillas son consumidas por ser rica en aceite y proteína, mientras que la cáscara es procesada de diferentes formas.

Varias especies Cucurbitáceas han sido estudiadas como fuentes potenciales de nutrientes, especialmente, las semillas de frutas y verduras de cucurbitáceas tradicionalmente como el melón, sandía, pepino y calabaza, conocidos por sus propiedades terapéuticas (Raziq, Anwar, Mahmood, Shahid, & Nadeem, 2012). Las semillas de la sandía, aunque en algunas partes de África y Asia sí se utiliza como alimento, en los países occidentales se considera un desperdicio.

Comúnmente el aceite de cucurbitáceas como la sandía es usado para cocinar, iluminar, manufacturar velas y jabón, y para propósitos industriales (EEA/UPR, 2000).

(Lakshmi & Kaul, 2011) estudiaron el potencial nutricional, bioaccesibilidad de los minerales y la funcionalidad de las semillas de sandía (*Citrullus lanatus*) de lo cual determinaron que las semillas eran una fuente moderada de hierro y zinc, además de encontrar que los componentes de las semillas presentaron una buena funcionalidad con una buena densidad de macro y micronutrientes que pueden ser aplicados en muchos productos alimenticios.

Estudios realizados por (Londoño, Valera, Silva, & Pitre, 2014) indican que los resultados de la extracción del aceite de la semilla de sandía presentaron propiedades que le confieren gran potencial en la industria cosmética en la elaboración de jabones, por otro lado, al arrojar un alto contenido de ácidos grasos insaturados (linoleico y oleico) dan la potencialidad de ser aplicado como un aceite apto para consumo humano de excelentes propiedades y calidad.

Las investigaciones acerca de compuestos contaminantes en las semillas de sandía siguen siendo escasas, a pesar del uso que se le ha dado al aceite de semillas de sandía por sus propiedades, no se encuentra documentado el contenido de compuestos contaminantes o tóxicos que puedan presentarse.

De tal manera la elaboración de este proyecto tiene como propósito proporcionar un mejor aprovechamiento a estos residuos mediante la extracción y caracterización fisicoquímica y de compuestos contaminantes del aceite de las semillas de sandía, determinando el método de extracción que proporcione mayor rendimiento de aceite, y estableciendo si las semillas de sandía son aptas para el consumo humano, de tal manera a su vez generar un nuevo mercado y fuentes de trabajo, destinado a la industrialización de este producto, al dar una alternativa económica a la producción de aceites vegetales.

Objetivos

Objetivo General

- Estudiar las características fisicoquímicas y compuestos contaminantes del aceite de sandía (*Citrullus lanatus*) considerando distintas variedades y métodos de extracción de aceite.

Objetivos Específicos

- Evaluar las características fisicoquímicas y compuestos contaminantes del aceite obtenido utilizando variedades de sandía (*Citrullus lanatus*).
- Determinar el método de extracción más eficiente en la obtención de aceite de sandía (*Citrullus lanatus*).
- Demostrar mediante un balance de materiales el rendimiento a fin de optimizar el proceso de extracción de aceite

Hipótesis

Hipótesis para el Factor A (Método de extracción)

- **Ho:** Los distintos métodos de extracción no influyen en la obtención de aceite de sandía (*Citrullus lanatus*)
- **Ha:** Los distintos métodos de extracción influyen en la obtención de aceite de sandía (*Citrullus lanatus*)

Hipótesis para el Factor B (Variedades)

- **Ho:** No existe diferencia en las características fisicoquímicas y compuestos contaminantes del aceite obtenido de las distintas variedades de sandía (*Citrullus lanatus*).
- **Ha:** Existe diferencia en las características fisicoquímicas y compuestos contaminantes del aceite obtenido en las distintas variedades de sandía (*Citrullus lanatus*).

Capítulo II

Revisión de Literatura

Sandía

La sandía es originaria de países del África tropical y su cultivo se remonta desde hace siglos a la ribera del Nilo, desde donde se extendió a numerosas regiones bañadas por el mar Mediterráneo. Los europeos la llevaron hasta América, donde su cultivo se extendió por todo el continente (Arias, 2014).

Generalidades

La sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai), también conocida como melón de agua o patilla, pertenece a la familia de las Cucurbitaceae. Su característica principal es que está compuesta en su mayor parte de agua (más de un 90%) y su fruto, denominado en botánica pepónide, presenta principalmente forma redondeada, aunque también existen ovaladas, cilíndricas achatadas por los extremos y, gracias a las técnicas de cultivo japonesas, incluso cuadradas (Averos, 2020)

Existen alrededor de 50 tipos de sandías y las clasifican de acuerdo con su peso, forma, color de la pulpa y de la piel, entre otros. Genéticamente hablando, existen 2 tipos de sandías: las sandías diploides (con semillas) y las sandías triploides (sin semilla) (Averos, 2020).

La producción de sandía en el Ecuador alcanza el séptimo lugar según datos del banco central y se cosecha en la región costera del país debido a su clima y suelo (Cortez, 2016).

Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Cucurbitales

Familia: Cucurbitaceae

Género: Citrullus

Especie: *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai (Rivas, 2012).

Características botánicas**Raíces**

Es amplio, ramificado, la raíz principal se divide en raíces primarias y éstas a su vez vuelven a subdividirse, es superficial, la mayoría se encuentra entre los 30 a 50 cm (Crawford, 2017).

Tallos o guías

Es verde de forma prismática o cilíndrica, es trepadora y rastrero, con una longitud de 2.9 a 4.0 m, en ocasiones con vellosidades suaves (Puig & Tagle, 2010).

Hojas

Son vellosas, pecioladas y partidas, se presentan divididas en 3 a 5 lóbulos, presentando profundas entalladuras que no llegan al nervio principal cuyo tamaño y la tonalidad del color dependen del tipo y variedad de sandía (Crawford, 2017).

Flores

Son solitarias, de color amarillo y pueden ser masculinas, femeninas o hermafroditas. Todas ellas son muy vistosas, de gran tamaño, color amarillo intenso y atractivas a los insectos (Crawford, 2017).

Fruto

El fruto indehiscente corresponde a un pepónide o falsa baya, ya que, proviene de un ovario ínfero al contrario de una baya que proviene de un ovario súpero. Presenta forma redondeada, aunque también existen ovalados, cilíndricos achatados por los extremos y, gracias a las técnicas de cultivo, incluso cuadrados. Muestra una corteza dura y lisa, de 0,5 a 4 cm de grosor. Es una de las frutas de mayor tamaño ya que puede sobrepasar los 20 kg y desarrollar un diámetro de 30 cm. No obstante, las nuevas exigencias de los consumidores hacen que las sandías cultivadas posean pesos comprendidos entre 3 a 8 kg, tendiendo a reducirlo hasta llegar a frutos de 2 kg o menos.

El color de la pulpa, los tres carpelos fusionados, depende de la especie y variedad y puede ir del rosa claro al rojo intenso e incluso al amarillo. El fruto es climatérico y su curva de crecimiento sigmoidea (Crawford, 2017).

Cada fruto de sandía produce alrededor de 200 a 250 semillas (Puig & Tagle, 2010).

Semillas

Las semillas pueden estar ausentes (frutos triploides) o mostrar tamaños y colores variables (negro, marrón o blanco), dependiendo del cultivar (Cortez, 2016). Miden entre 3 a 5 mm de ancho y 5 a 10 mm de longitud, la superficie es lisa, excepto las semillas moteadas que son algo ásperas. Su testa es dura pero permeable (Puig & Tagle, 2010). La madurez de las semillas es alcanzada 15 días después de ser madurada la pulpa si se sacan antes o después disminuye el porcentaje de germinación (Solano & Coello, 2019).

Requerimientos edafoclimáticos

La sandía está considerada como una planta de clima templado-cálido. La temperatura óptima varía en la germinación de 21 a 35°C, en el desarrollo de 21 a 29°C y floración de 18 a 20 °C, requiere el 60% de humedad relativa, se adapta a suelos arenos arcillosos con 1-2% de materia orgánica, con un pH de 6.8 a 5.0 (Puig & Tagle, 2010).

Variedades

Charleston gray

Posee polinización abierta, con un ciclo de vida de 80 a 90 días, tolerante a antracnosis y tolerancia moderada a Fusarium. Se adapta a climas áridos y tropicales, los frutos son alargados, con extremos redondeados; la epidermis es grisácea, con reticulado fino de color verde; la pulpa es roja brillante, dulce y de buen sabor y semillas oscuras. El peso oscila entre 28 a 35 libras y resistente al transporte (Arias, 2014).

Crimsoon sweet

Presenta frutos redondos, muy dulces, de tamaños y pesos medianos, peso oscila de 11 a 14 kg, el color de la cáscara es verde claro, con venas verde oscuro y la pulpa es de color rojo intenso con escasas semillas, resistente a Fusarium y antracnosis. Esta variedad tiene gran demanda en el mercado norteamericano por las características del tamaño del fruto (Arias, 2014).

Quetzali

Fruta con tamaño uniforme y forma redonda rayada de 3-5 kg (baja densidad 5000 a 6000 plantas/ha) (2-3 kg alta densidad 12000 plantas/ha), excelente potencial de rendimiento 16 TM/ha. Cáscara de color verde intenso con estrías clara, aspecto elegante, pulpa atractiva, firme de color rojo, excelente sabor con alto contenido de azúcares (°Brix) y con pepitas muy pequeñas (Alaska s.a., 2019).

Propiedades nutricionales de la sandía

La sandía es un magnífico diurético, su elevado poder alcalinizante favorece la eliminación de ácidos perjudiciales para el organismo. El color rosado de su carne se debe a la presencia de carotenoide licopeno, elemento que representa un 30% del total de carotenoides del cuerpo humano (Chemonics International, 2019).

Tabla 1

Propiedades Nutricionales Por 100g.

Compuesto	Cantidad
Agua	91,45 g
Energía	30 kcal
Proteína	0,61 g
Lípidos (grasa)	0,15 g
Cenizas	0,25 g
Carbohidratos	7,55 g
Fibra	0,4 g
Azúcares, total	6,20 g
Sacarosa	1,21 g
Glucosa (dextrosa)	1,58 g
Fructosa	3,36 g
Maltosa	0,06 g
Calcio	7 mg
Hierro	0,24 mg
Magnesio	10 mg
Fósforo	11 mg
Potasio	112 mg
Sodio	1 mg
Zinc	0,10 mg
Cobre	0,042 mg
Manganeso	0,038 mg
Fluor	1,5 mg

Compuesto	Cantidad
Selenio	0,4 mg
Vitamina C (A. Ascórbico)	8,1 mg
Tiamina	0,033 mg
Riboflavina	0,021 mg
Niacina	0,178 mg
Ácido Pantoténico	0,221 mg
Vitamina B6	0,045 mg
Folato total	3 mg
Colina	4,1 mg
Betaina	0,3 mg
Vitamina A	569 UI
Vitamina E	0,05 mg
Vitamina K	0,1 mg
Ácidos grasos saturados	0,016 g
Á. grasos monoinsaturados	0,037 g
Á. grasos polinsaturados	0,050 g

Fuente: (Puig & Tagle, 2010).

Usos y propiedades de las semillas de sandía

La semilla de sandía también se come tostada con o sin sal. En ocasiones se muelen y se cuecen al igual que el pan. Las semillas se utilizan localmente para producir un edulcorante. La corteza de la piel se utiliza para elaborar encurtidos (Cortez, 2016).

Además, el aceite de las semillas se utiliza en la cocina y se incorpora a la producción de la industria cosmética y farmacéutica. Por su alto contenido en proteínas y grasas, las semillas también se utilizan en la mejora de la fórmula infantil local. Se ha demostrado que la semilla posee actividad antiinflamatoria, actividad antiulcerosa, actividad antimicrobiana y antifúngica, potencial de actividad antioxidante y actividad hepatoprotectora (VHA Enemor, CE Oguazu, AU Odiakosa, & SC Okafor, 2019).

Composición de las semillas de sandía

Las semillas son una rica fuente de proteína 25,2-37% y aceite 37,8-45,4%

Aceite de semillas de sandía

El aceite de semilla de sandía es de apariencia ligera y se valora como una fuente potencial de ácidos grasos esenciales (ácido linoleico) con beneficios para la salud. Los aceites de semillas de sandía, a menudo caracterizados por un alto contenido de ácido linoleico, se han estudiado en diferentes partes del mundo, como África Occidental y Oriente Medio (Raziq, Anwar, Mahmood, Shahid, & Nadeem, 2012)

Según (Moaddabdoost & Safe, 2010) y (Sabahelkhier, Ishag, & Sabir, 2011) tras realizar estudios de la composición de cenizas y características del aceite de semillas de sandía obtuvieron:

Tabla 2

Composición de Cenizas y Características del Aceite de Semillas de Sandía.

Compuesto	Cantidad
Ácido palmítico	15%
Ácido esteárico	16 %
Ácido oleico	11%
Ácido linoleico	68-68,3%
Proporción insaturada/ Ácidos grasos saturados	2:1
Índice de refracción	1.467
Viscosidad relativa	4.5
Valor de pH	5
Contenido de aceite	35-50%
Índice de acidez	32%
Valor de yodo	80 mg/g;

Compuesto	Cantidad
Valor de saponificación	200-625 mg/g
Índice de peróxido	3,24- 9 mequiv /kg
Ca	1,1 mg/g
Mg	11 mg/g
Fe	7,5 µg/ml
Mn	0,2 µg/ml
Zn	2,5 µg/ml

Fuente: (Moaddabdoost & Safe, 2010)

Generalidades de aceites vegetales

En los inicios del siglo XX las grasas que se consumían principalmente eran las grasas animales. Pero nuevos procesos industriales permitieron en ese momento obtener aceite a bajo coste a partir de distintas semillas (Montano, 2020).

La composición de los aceites vegetales no es estándar, ya que varía considerablemente en el aporte de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados, y particularmente en el aporte de ácidos grasos omega-6 y omega-3, asociado a la fuente de origen, ya sea especie vegetal, semilla, planta o fruto, aportando cada uno diferentes beneficios nutricionales (Durán, Torres, & Sanhueza , 2015).

Algunos autores lo definen como un líquido graso, que se obtiene especialmente de diversos vegetales y se utiliza con fines alimenticios, energéticos o lubricante. Igualmente se deterioran químicamente con el tiempo, debido al proceso de oxidación; este proceso se conoce como rancidez, el cual constituye una de las principales causas de pérdida de la calidad de alimentos con un alto grado de lípidos (Tabio, Díaz, Rondón, Fernández, & Piloto, 2017).

Composición química de aceites vegetales.

La composición química de los aceites vegetales corresponde en la mayoría de los casos a una mezcla de 95% de triglicéridos y 5% de ácidos grasos libres, de esteroides, ceras y otros componentes minoritarios (Ramsés, 2010). Las características de cada aceite vegetal dependen de las proporciones en que cada glicérido entra en su composición.

Los glicéridos que más abundan en los aceites vegetales son la estearina, la palmitina y la oleína. Los dos primeros son sólidos, mientras que el tercero es líquido a la temperatura ordinaria. En las grasas vegetales (aceites sólidos), predominan la estearina y la palmitina. En los aceites, el glicérido predominante es la oleína. Los procesos productivos para la obtención de aceites vegetales en la actualidad constan de dos grandes etapas las cuales se conocen como Extracción y Refinación (Cruz & Melendez, 2004).

Caracterización de los aceites vegetales

Existen varios índices que se utilizan para la caracterización fisicoquímica de los aceites.

Características físicas

Solubilidad

Presencia o ausencia en la sustancia de ciertos grupos funcionales y en la posibilidad de interacción de estos grupos con las moléculas de solvente.

pH

Se define como el valor dado por un potenciómetro capaz de reproducir valores de pH de 0.02 unidades usando dos electrodos indicadores sensibles a la actividad del ión hidrógeno como el electrodo de vidrio y un electrodo de referencia adecuado.

Densidad

Masa de una sustancia por unidad de volumen.

Punto de humo

Se define como la temperatura en la cual una muestra da continuamente un humo azulado.

Viscosidad

Es la propiedad de líquidos que está relacionada con la resistencia de fluido. Está definida en términos de la fuerza requerida para mover continuamente una sustancia a lo largo de una superficie lisa bajo condiciones específicas, en la cual la superficie es cubierta por el líquido en cuestión.

Cenizas

Determina el porcentaje del material en prueba que es volatilizado y sometido bajo las condiciones especificadas. El procedimiento especificado es no destructivo para la sustancia bajo prueba (Cruz & Melendez, 2004).

Índice de Refracción

Determina la reducción de la velocidad de la luz al propagarse por un medio homogéneo, este parámetro está relacionado con la estimación de la pureza de sustancias.

Características químicas**Índice de Saponificación**

Número de miligramos de hidróxido de potasio (KOH) necesarios para saponificar completamente 1 g de aceite. Dado que los aceites están formados por triglicéridos principalmente, y que cada triglicérido necesita tres moléculas de KOH para

saponificarse, este índice puede ser usado para estimar aproximadamente el peso molecular promedio del aceite estudiado.

Índice de acidez

Es una medida del grado de descomposición de aceite, por acción de las lipasas, la degradación se acelera por acción de luz y calor, determinando la condición y comestibilidad de los aceites, el resultado es expresado como el porcentaje de ácido oleico presente en la muestra (Begambre, 2020).

También se define como el número de miligramos de KOH necesario para neutralizar los ácidos grasos libres de 1 g de aceite. Se determina mediante la titulación o valoración del aceite disuelto en alcohol con una solución estándar de KOH. Puede expresarse también como porcentaje de ácido oleico, palmítico o láurico, según el ácido graso que predomine en la grasa en cuestión. Los aceites y grasas refinados deben tener un nivel de ácidos grasos libres inferior al 0,2% como ácido oleico para ser aptos para su uso en alimentación.

Índice de Yodo

Es el número de miliequivalentes o partes de yodo absorbido por 100 partes de peso de sustancia. Este valor indica el número de insaturaciones de los ácidos grasos en el aceite. Un aceite totalmente saturado poseerá un IY igual a cero, mientras que a mayor cantidad de insaturaciones se fijará en ellos una cantidad proporcional de yodo, incrementándose este índice. El grado de insaturación del aceite está relacionado con el punto de fusión de este. A mayor cantidad de insaturaciones, el punto de fusión del aceite será menor.

Los aceites vegetales pueden dividirse de acuerdo con el índice de yodo en cuatro grandes grupos:

Aceites saturados: índices de yodo de 5 a 50.

Aceites monoinsaturados: índices de yodo de 50 a 100.

Aceites biinsaturados: índices de yodo de 100 a 150.

Aceites triinsaturados: índices de yodo mayores que 150

Índice de peróxido

Técnica para determinar el estado de conservación del alimento a través de la determinación de peróxidos como producto resultante primario de la oxidación del aceite, los cuales destruyen vitaminas liposolubles: A, D, E, caroteno y parte de los ácidos grasos esenciales y paraliza la biosíntesis de vitamina K. Para determinar el índice de peróxido, se usan dos métodos, el método tradicional a través de una titulación en base a tiosulfato sódico ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) y el método por fotometría (Tabio, Díaz, Rondón, Fernández, & Piloto, 2017).

Compuestos contaminantes

Existen diversos vegetales que contienen compuestos que pueden resultar nocivos para la especie humana, sobre todo en aquellos casos en que se consuman en exceso o debido a hábitos alimentarios o alteraciones genéticas en determinados consumidores que puedan ser más susceptibles.

Determinadas plantas como los brotes de bambú, las judías lima, el mijo, el maíz, el sorgo y diversas semillas de frutos como la almendra, el melocotón, la manzana, etc. contienen glucósidos cianogénicos, que pueden liberar ácido cianhídrico. Los síntomas de una intoxicación de cianuro incluyen confusión, mareo, dolor de cabeza y vómito. En casos extremos, conllevan a dificultades respiratorias, falla renal y, de no tratarse, la muerte. Sin embargo, habría que mascar y comerse todas las semillas de entre 19 y 24 manzanas de un solo tirón para entrar en una situación de riesgo. En el entorno de los países occidentales se debe tener en cuenta el caso de las almendras

amargas, ya que, en el caso de un niño pequeño, pueden ocasionar un episodio tóxico, sólo con que haya consumido entre cinco y diez unidades (Martín, 2017).

Extracción de aceites vegetales

El aceite contenido en las semillas oleaginosas no se separa de estas mientras se encuentran frescas. Generalmente las semillas se estacionan en lugares apropiados durante cierto período de tiempo que depende de su grado de humedad. Se debe tener presente que la humedad deprecia notablemente una semilla, y que el aceite obtenido de ella también resulta de una calidad inferior. La semilla seca se debe conservar sin que se alteren sus propiedades, por el contrario, en una semilla húmeda, si no se seca convenientemente se pueden desarrollar mohos y sabores desagradables que, al pasar al aceite lo harían muchas veces de difícil refinación. El aceite contenido en las semillas oleaginosas se puede extraer por dos procedimientos bien diferenciados: a) por prensado, y b) con disolventes (Cruz & Melendez, 2004).

Extracción de aceite por el método Soxhlet

El proceso de extracción de aceites con solventes permite el agotamiento casi total de la semilla. Este proceso consiste en tratar las semillas con un solvente volátil que generalmente es el n-hexano, el cual es capaz de disolver grandes cantidades de aceite sin extraer otros compuestos presentes en este. Posteriormente a través de un proceso de destilación se retira todo el solvente utilizado, condensándolo para su reutilización (Tabio, Díaz, Rondón, Fernández, & Piloto, 2017).

Extracción de aceite prensado en frío

El prensado o molienda en frío es el proceso de separación mecánica del aceite mediante la presión o el aplastamiento de las semillas oleaginosas a baja temperatura y

sin productos químicos. Naturalmente, esta acción se realiza con una máquina de prensado en frío gracias a la que se puede mantener un mayor porcentaje de nutrientes del aceite, sobre todo en comparación con el prensado en caliente. La tasa de reacciones químicas se duplica en la prensa de aceite por cada 10°C de calor, que actúa para aumentar la cantidad de aceite producido, por lo que el aceite prensado en caliente es más barato que el aceite prensado en frío.

Por otra parte, el calor afecta el sabor, color y calidad del aceite extraído cuando se aplica en exceso en el proceso de molienda de aceite. Sin embargo, la presión en frío no se realiza totalmente sin calor tal y como su nombre indica, ya que el calor es producido por la fricción en el expulsor. Para evitar la desnaturalización de la proteína de semillas oleaginosas, la temperatura debe mantenerse por debajo de 70°C (KMEC, 2012).

Extracción de aceite prensado en caliente.

Prensado en caliente se refiere a la técnica de aplicación de calor en conjunción con la presión mecánica. Aquí, en la planta de molienda de aceite, mediante prensado en caliente para calentar las semillas oleaginosas con una máquina de prensado en caliente antes de realizar el presionado de la materia prima, esto con el fin de extraer más aceite.

Todas las partes principales de la máquina de prensado en caliente, como el tornillo sin fin, las barras de la jaula y los engranajes son de acero de aleación de alto grado que se han sometido a un tratamiento de endurecimiento. Como resultado, a pesar de las condiciones constantes de temperatura alta y la abrasión, estos componentes cuentan con una prolongada vida útil durante un período considerable de tiempo.

La combinación de vapor y tostado es también una de las características de este tipo de máquina de prensado en caliente. Puede ser regulada de acuerdo con los

requerimientos de diversos materiales que contengan aceite, incluyendo la temperatura de pre-prensado para obtener aceites de alta calidad.

Todo el proceso de alimentación, vapor, tostado y hasta la descarga de aceite y torta es en forma automática y continua. Esto hace que la máquina de prensado en caliente sea fácil de operar, lo que se refleja en un gran ahorro en la mano de obra (KMEC, 2012).

Refinación de aceites vegetales

Las grasas y aceites brutos, obtenidos por prensado o extracción con disolvente, contienen cantidades variables de impurezas no glicéricas. Algunas de estas impurezas, como los esteroides son incoloros, inodoros, estables e inertes para todos los usos prácticos y pasan inadvertidos; otros, como los tocoferoles, realizan la importante función de proteger el aceite contra la oxidación, por lo que son beneficiosos para el aceite y no conviene eliminarlos; sin embargo, la mayoría de las restantes impurezas son perjudiciales, ya que tienden a intensificar el color del aceite, a producir espumas o humos y a precipitar, cuando el aceite se calienta, en las subsiguientes operaciones del proceso. También acompaña a los aceites brutos cierta cantidad de ácidos grasos libres que hay que eliminar en aras de la buena calidad del aceite (Mirabal, Tovar, & Patiño, 2012).

Desgomado

El proceso de desgomado consiste, grosso modo, en un calentamiento del aceite, la adición de una solución de ácido fosfórico, la mezcla por agitación del aceite y el ácido y su centrifugación para la separación de las gomas, coaguladas de esta forma.

Neutralización

Se efectúa generalmente saponificando los ácidos grasos libres con una solución de hidróxido sódico o, más raramente, con otras soluciones (hidróxido

potásico, carbonato sódico, etc.) y separando, por medios físicos (decantación, centrifugación) los jabones insolubles precipitados en los aceites.

Descerado

El proceso de descerado tiene por objeto separar aquellos glicéridos de más alto punto de fusión que originan enturbiamiento y aumento de viscosidad en los aceites al bajar la temperatura, y consiste en precipitar en forma de cristales, en determinadas condiciones de temperatura-tiempo, los glicéridos saturados causantes del enturbiamiento.

Lavado

Para obtener aceites libres de jabones después de las operaciones de desgomado, neutralización y descerado, se debe proceder a un enérgico lavado del aceite con agua caliente ya que los jabones son siempre parcialmente solubles en el aceite neutro.

Secado

Elimina las trazas de humedad suele llevarse a los aceites a un secado a vacío.

Decoloración

El procedimiento más usado es hacer absorber las sustancias colorantes por tierras especiales o carbón activo (Mirabal, Tovar, & Patiño, 2012).

Winterización

Se aplican bajas temperaturas al aceite para separar los glicéridos saturados que precipiten con el cambio de temperatura (Cruz & Melendez, 2004).

Desodorización

Se lleva a cabo mediante la destilación de las sustancias malolientes bajo vacíos 2-3 mm de mercurio y con inyección de vapor vivo, debido a que las sustancias que confieren mal olor al aceite suelen ser más volátiles que los triglicéridos (Mirabal, Tovar, & Patiño, 2012)

Capítulo III

Metodología

Ubicación del área de investigación

Ubicación política

La investigación se realizará en los laboratorios de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

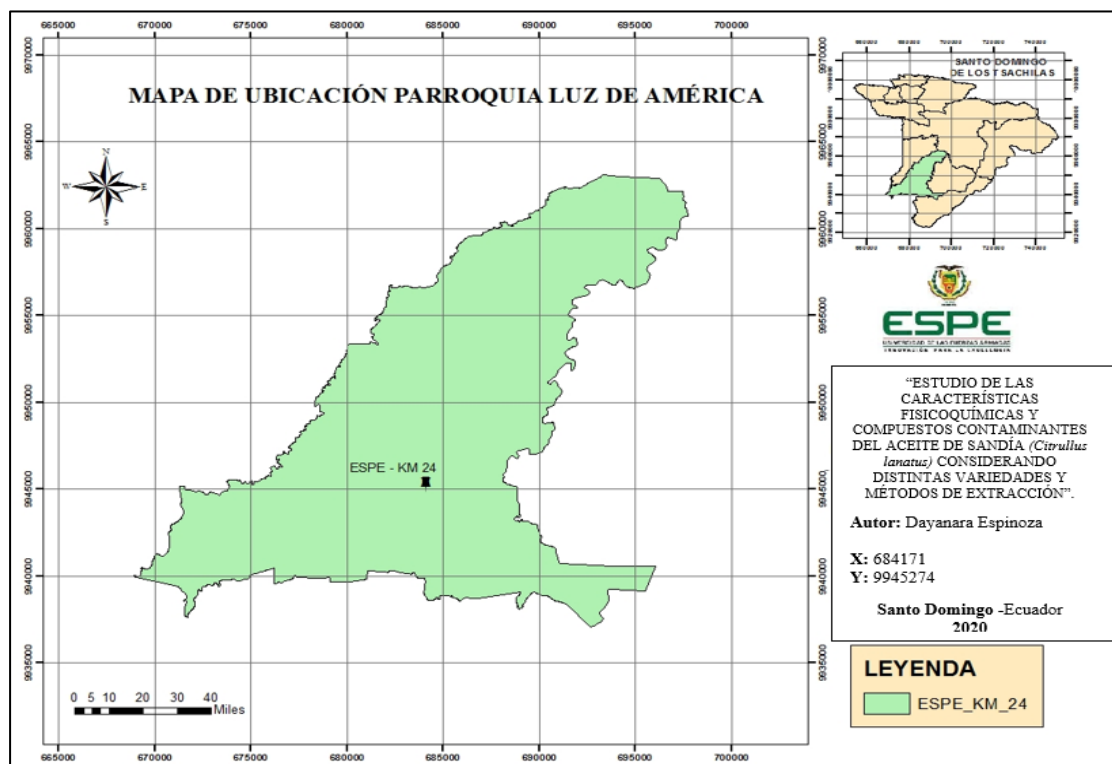
- País : Ecuador
- Provincia: Santo Domingo de los Tsáchilas
- Cantón: Santo Domingo
- Parroquia: Luz de América
- Sector : Km 24 Vía Quevedo

Ubicación geográfica

- Longitud: 684171 X
- Latitud : 9945274 Y
- Altitud : 270 msnm

Figura 1

Ubicación Geográfica del Lugar Donde se Desarrollará la Investigación.



Fuente: Elaboración propia

Ubicación ecológica

- Zona de vida : Bosque húmedo tropical
- Temperatura : 24,6°C
- Precipitación : 2860 mm
- Humedad relativa : 85%
- Heliofanía actual : 739 horas/luz
- Suelo : Franco – Arenoso

Fuente: Estación Meteorológica Puerto Ila – Vía Quevedo km 34

Materiales

Extracción de aceite

Método Soxhlet

Tabla 3

Recursos para la Extracción de Aceite por el Método Soxhlet

Materiales	Equipos	Reactivos
• Papel filtro	• Equipo extractor de grasas	• Éter Di etílico
• Vasos de vidrio para extractor de grasa	• Malla calentadora	
	• Estufa	
• Dedales de celulosa	• Balanza analítica	
• Probeta de 50 ml	• Molino eléctrico	

Fuente: Elaboración propia

Método prensado en frío

Equipo

- Máquina de prensado en frío

Determinación de pruebas físicas**Tabla 4***Recursos para Realizar las Pruebas Físicas en el Aceite de Semillas de Sandía*

Prueba física	Materiales	Equipos	Reactivos
Solubilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Tubos de ensayo • Micropipeta 	-	<ul style="list-style-type: none"> • Alcohol etílico • Cloroformo • Éter etílico
Coloración	<ul style="list-style-type: none"> • Tubos de ensayo • Micropipeta 		<ul style="list-style-type: none"> • Sudán III
pH		<ul style="list-style-type: none"> • Potenciómetro 	
Densidad	<ul style="list-style-type: none"> • Picnómetro 10 ml • Termómetro • Micropipeta 	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Baño María 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Éter etílico • Alcohol etílico
Humedad	<ul style="list-style-type: none"> • Bandejas de aluminio 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo medidor de humedad 	
Ceniza	<ul style="list-style-type: none"> • Crisoles • Micropipeta 	<ul style="list-style-type: none"> • Cocineta • Mufla • Balanza analítica 	
Absorbancia	<ul style="list-style-type: none"> • Cubeta de cuarzo 	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro 	
Impureza	<ul style="list-style-type: none"> • Tubos de ensayo • Micropipeta 	<ul style="list-style-type: none"> • Centrifugadora 	

Fuente: Elaboración propia

Determinación de pruebas químicas

Tabla 5

Recursos para Realizar las Pruebas Químicas en el Aceite de Semillas de Sandía.

Prueba química	Materiales	Equipos	Reactivos
Índice de saponificación	<ul style="list-style-type: none"> • Matraz Erlenmeyer 100 ml • Bureta de 25 ml • Pipetas volumétricas de 25 ml 	<ul style="list-style-type: none"> • Plato agitador • Balanza analítica • Baño María 	<ul style="list-style-type: none"> • Solución de HCL 0,5 N • Solución etanólica de KOH • Solución indicadora de fenolftaleína al 1%
Índice de acidez	<ul style="list-style-type: none"> • Matraces Erlenmeyer 100 ml • Bureta de 25 ml • Pipeta de 10 ml • Micropipeta 	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Plato agitador 	<ul style="list-style-type: none"> • Mezcla etanol: éter dietílico (1:1) • Hidróxido de sodio 0,1 N • Solución indicadora de fenolftaleína de 1%
Índice de Yodo	<ul style="list-style-type: none"> • Matraces con tapón esmerilado de 100 ml • Pipeta de 10 ml • Bureta de 25 ml 	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Plato agitador 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Cloroformo • Reactivo de Hannus

Prueba química	Materiales	Equipos	Reactivos
	<ul style="list-style-type: none"> • Probeta 10ml 		<ul style="list-style-type: none"> • Yoduro de potasio 10% • Solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N • Solución indicadora de almidón al 1%
Índice de peróxido	<ul style="list-style-type: none"> • Micropipeta • Matraz Erlenmeyer de 100 ml con tapa esmerilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Plato agitador 	<ul style="list-style-type: none"> • Solución de $\text{CH}_3\text{COOH}:\text{CHCl}_3$ (3:1) • Solución saturada de KI recién preparada • Solución de Na_2SO_4 0,1 N • Solución indicadora de almidón al 1%

Fuente: Elaboración propia

Determinación de compuestos contaminantes - cianuro

Tabla 6

Recursos para Determinar el Contenido de Cianuro en el Aceite de Sandía.

Materiales	Equipos	Reactivos
• Papel filtro	• Balanza	• Nitrato de plata
• Embudo	analítica	• Yoduro de potasio
• Matraz Erlenmeyer de 100 ml	• Plato agitador	• Nitrato de cadmio
• Micropipeta		

Fuente: Elaboración propia

Análisis microbiológico

Tabla 7

Recursos para Realizar el Análisis Microbiológico en el Aceite de Sandía.

Materiales	Equipos	Reactivos
• Tubos de ensayo	• Balanza	• Agua de Pectona
• Pipeta de 10 ml	analítica	
• Matraz Erlenmeyer de 100 ml	• Autoclave	
• Micropipeta	• Cámara de flujo	
• Mechero de bunsen	• Vortex	
• Lámina Petri Film (Yeast and mold) y (Rapid Aerobic Count)	• Equipo contador de colonias	

Fuente: Elaboración propia

Diseño experimental**Factores del experimento****Tabla 8**

Factores y Niveles por Probar en el Estudio de la Caracterización del Aceite de Semillas de Sandía Considerando distintas Variedades y Métodos de Extracción.

Factores	Niveles
	$a_1 =$ Método de Soxhlet
Métodos de Extracción (A)	$a_2 =$ Torta reprocessada
	$a_3 =$ Prensado en Frío
	$b_1 =$ Charleston Gray
Variedades de Sandía (B)	$b_2 =$ Crimson Sweet
	$b_3 =$ Quetzali

Fuente: Elaboración propia

Tratamientos a comparar.**Tabla 9**

Tratamientos a Comparar en el Estudio de la Caracterización del Aceite de Semillas de Sandía Considerando distintas Variedades y Métodos de Extracción

N° de Tratamiento	Tratamiento	Descripción
T1	a_1b_1	Método de Soxhlet + Charleston Gray
T2	a_1b_2	Método de Soxhlet + Crimson Sweet
T3	a_1b_3	Método de Soxhlet + Quetzali
T4	a_2b_1	Torta reprocesada + Charleston Gray
T5	a_2b_2	Torta reprocesada + Crimson Sweet
T6	a_2b_3	Torta reprocesada + Quetzali
T7	a_3b_1	Prensado en Frío + Charleston Gray
T8	a_3b_2	Prensado en Frío + Crimson Sweet
T9	a_3b_3	Prensado en Frío + Quetzali

Fuente: Elaboración propia

Tipo de diseño

Se empleó un esquema bifactorial (3x3) conducido en un diseño completamente al azar DCA.

Repeticiones

El estudio se conformó de tres repeticiones por tratamiento, obteniendo un total de 27 unidades experimentales.

Análisis estadístico

Esquema del análisis de varianza

Tabla 10

Esquema del Análisis de Varianza para el Estudio de la Caracterización del Aceite de Semillas de Sandía Considerando distintas Variedades y Métodos de Extracción.

Fuente de variación	Grados de Libertad
Variedades	2
Métodos de extracción	2
Variedades x Métodos de extracción	4
Error Experimental	16
Replicas	3
Total	27

Fuente: Elaboración propia

Análisis funcional

En las variables, cuyos análisis de varianza resultaron significativos se realizó la prueba de significancia de Tukey al 5%.

Metodología.

Obtención de las semillas de sandía.

Se utilizó semillas de tres variedades de sandía (Charleston gray, Crimson Sweet y Quetzali), previa a la extracción se llevó a un proceso de selección, lavado y secado de semillas.

Métodos de extracción del aceite de las semillas de sandía

Se empleó tres métodos para la extracción del aceite de las semillas de sandía, con sus respectivos equipos y reactivos:

Método Soxhlet: Se pesaron 120g de semilla previamente pulverizada y se colocó 20 g en cada uno de los dedales con papel filtro, se colocó 50 ml de éter di etílico en cada vaso de vidrio y se llevó al equipo extractor de grasa, posterior a ello se colocó el aceite obtenido en la estufa para volatilizar el éter di etílico.

Prensado en frío: Se colocó las semillas secas con un lienzo en la prensa extractora de aceite.

Torta reprocesada: Posterior a la extracción de prensado en frío, se obtuvo la torta residual la cual fue llevada a deshidratación con 60°C por 72 horas, luego se pulverizó para realizar el mismo procedimiento del método de Soxhlet.

Análisis fisicoquímico del aceite de las semillas de sandía

Con el aceite obtenido se procedió a determinar las características fisicoquímicas según lo establecido por las normas INEN, para las pruebas físicas se consideró la solubilidad, coloración, pH, densidad, ceniza, humedad, absorbancia e impurezas, para las pruebas químicas, el índice de saponificación, índice de yodo, índice de peróxido, porcentaje e índice de acidez.

Análisis de compuestos contaminantes del aceite de semillas de sandía.

Del aceite obtenido de cada uno de los tratamientos se realizó el análisis para determinar la presencia de contenido de cianuro

Análisis microbiológico del aceite de semillas de sandía.

Posterior a la obtención del aceite se determinó las UFC/ ml tanto de hongos como de bacterias por cada tratamiento.

Variables a medir

Rendimiento

Se evaluó la cantidad de aceite obtenido llevado a gramos por cada gramo de semilla, aplicando la siguiente fórmula:

$$\% R = \frac{m_{\text{Aceite}}}{m_{\text{Semilla}}} \times 100$$

Donde:

% R= Rendimiento

m Aceite= Cantidad de aceite obtenido (g)

m Semilla= Cantidad de semilla alimentada (g)

Pruebas fisicoquímicas del aceite

Solubilidad

Se consideró la normativa para determinar solubilidad en los lípidos, describiendo su metodología:

Se colocó 1 ml en tres tubos de ensayo por cada tratamiento, a cada tubo se añadió 1 ml de cloroformo, éter etílico y alcohol etílico respectivamente, se agitó y se dejó en reposo 5 minutos, luego se observó si se disolvió el aceite.

Coloración

Se consideró la normativa para determinar presencia de lípidos, describiendo su metodología:

Se colocó 0,5 ml de aceite en un tubo de ensayo por cada tratamiento y se adicionó 2 gotas de Sudán III, se agitó, se dejó en reposo por 5 minutos y se observó si el aceite se tornó color naranja rojizo.

pH

Se realizó el procedimiento descrito en la norma INEN 389, detallada a continuación:

Previo al uso del potenciómetro se comprobó la validez del equipo con la solución buffer con pH 4 a 30°C, se colocó 10 g en un vaso de precipitación y se introdujo el electrodo respectivo del potenciómetro hasta obtener la lectura final

Densidad

Para determinar la densidad relativa a 25/25°C se aplicó la metodología establecida por la norma INEN 0035, descrita a continuación:

Se tomó el peso del picnómetro de 10 ml vacío, se llenó completamente con agua destilada recién hervida y enfriada hasta 20°C, se tapó y se llevó a baño maría a 25°C durante 30 minutos, se secó y se tomó el peso, posterior a ello se lavó los picnómetros con éter y alcohol hasta secarlos, luego se realizó el mismo procedimiento con cada uno de los tratamientos.

Con los datos obtenidos la densidad relativa a 25/25°C se empleó la siguiente formula:

$$d_{25} = \frac{m_2 - m}{m_1 - m}$$

Donde:

d_{25} = Densidad relativa

m = masa del picnómetro vacío, en g

m_1 = masa del picnómetro con agua destilada, en g

m_2 = masa del picnómetro con la muestra, en g

Determinación de Humedad

Para esta variable se utilizó un determinador halógeno de humedad METTLER TOLEDO, en el cual se colocó 5 g de la muestra de aceite de cada tratamiento en las bandejas de aluminio dentro del equipo y se tomó lectura

Cenizas

Se utilizó la siguiente metodología de la Norma Técnica (INEN 040, 2013):

Inicialmente se pesó los crisoles, luego se pesó 2 g de muestra de cada tratamiento, se llevó a una cocineta para incinerar la muestra, se colocó a la mufla por 4 horas a 600°C, transcurrido el tiempo se llevó al desecador por 45 min, y se pesó para obtener el porcentaje final. Se utilizará la siguiente fórmula:

$$\%C = 100 \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1}$$

Donde:

% C = Porcentaje de cenizas.

m_1 = masa de la capsula vacía, en g

m_2 = masa de la capsula con la muestra, en g

m_3 = masa de la capsula con las cenizas, en g

Determinación de Absorbancia

Para determinar este parámetro se utilizó un equipo Espectrofotómetro Termo Espectrónico Genesys 10 Uv/vis.

Determinación de Impurezas por centrifugación.

Se llenaron los tubos de ensayo con 5 ml de la muestra y se llevaron a la centrífuga a 3000 rpm durante 5 minutos, luego se determinó el contenido de impurezas con una regla de tres relacionando el volumen de la muestra empleada y el volumen sedimentado en el tubo de ensayo.

Índice de saponificación

Se utilizó la norma INEN 40, detallada a continuación:

Se tomó el peso del matraz vacío, luego se pesó 1 g de la muestra, mas 12,5 ml de KOH al 0,5N, se llevó a baño maría por 30 min a 60°C, agitando constantemente, se dejó enfriar, por último, se agregó una gota de fenolftaleína como indicador y se tituló con HCl al 0,5N. Simultáneamente se realizó un blanco y se aplicó la siguiente fórmula:

$$I. S. = \frac{56,1 (V_1 - V_2)N}{m}$$

Donde:

I.= índice de saponificación del producto en mg/g.

V₂ = Volumen de solución de ácido clorhídrico o sulfúrico empleado en la titulación de la muestra, en cm³.

V₁ = Volumen de solución de ácido clorhídrico o sulfúrico empleado en la titulación del ensayo en blanco, en cm³.

N = normalización de la solución de ácido clorhídrico o sulfúrico

m = masa de la muestra analizada, en g.

Índice de yodo

Para esta variable se basó el procedimiento de la norma INEN 37, con la siguiente metodología:

En un matraz vacío se pesó 0,5 g de aceite y agregar 10 ml de cloroformo y disolver, seguido se agregó lentamente 12 ml del reactivo de Hannus, se dejó reposar en un lugar oscuro durante 30 minutos, agitando de manera ocasional. Luego se agregó 7 ml de yoduro de potasio al 10% y 100 ml de agua destilada, se tituló con tiosulfato de sodio 0,1N, hasta que se obtuvo un color amarillo pálido, posterior a ello se añadió 1 ml de almidón 1% hasta alcanzar un color blanquecino transparente. De manera simultánea se realizó un blanco para aplicar la siguiente fórmula:

$$I.Y. = \frac{(V_B - V_M) \cdot N \cdot 12,67}{P}$$

Donde:

I.Y= Índice de Yodo

V_B=Número de mililitros de tiosulfato de sodio 0,1N requeridos en el blanco

V_M= Número de mililitros de tiosulfato de 0,1 N, requeridos en la muestra

N= Normalidad del tiosulfato de sodio

P= Peso de la muestra

Índice de acidez

Conforme a la metodología de la norma INEN 0038, describe lo siguiente:

Se realizó con matraz de 100 ml, se tomó el peso vacío del matraz, luego se pesó 1,6 g de la muestra, mas 3,2 ml de Alcohol Neutro y una gota de Fenolftaleína, esta muestra se la tituló con Hidróxido de Sodio al 0,1N, hasta que se tornó un color

rosa pálido, determinando por medio de la fórmula el índice de acidez para las muestras.

$$IA = \frac{56,1 V * N}{m}$$

Donde:

I.A = índice de acidez de la muestra

V = Volumen de la solución de NaOH 0,1 N usados en la valoración.

N = normalidad de la solución de NaOH 0,1 N

m = masa de la muestra analizada.

Índice de peróxido

Se utilizó la metodología descrita de la norma INEN 277:

Se pesó del matraz vacío, se adicionó 5 g de la muestra, mas 30 ml de una solución de Ácido acético glacial y cloroformo, y 0,5 ml de yoduro de potasio esto se dejó reposar por un minuto y se adicionó 30 ml de agua, luego se tituló con Tiosulfato Sódico, hasta que el color amarillo desaparezca de la muestra, se le agregó 0,5 ml de Solución de almidón haciendo que la muestra tome un color verde limón.

De igual forma se realizó un blanco como lectura inicial para poder aplicar la fórmula correspondiente.

$$I = \frac{(v N)}{m} 1000$$

Donde:

I = Índice de peróxido en meq. de O₂ por kilogramo del producto

v = Volumen de la solución de tiosulfato de sodio empleado en la titulación de la muestra en cm³(corregido del blanco).

N = normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

m = Masa de la muestra analizada en g.

Determinación de Cianuro del aceite

Para determinar este parámetro se utilizó la prueba de cianuro libre, que detalla la siguiente metodología:

Se pesó el matraz Erlenmeyer de 250 vacío, se agregó 2,5 ml de aceite, adicionando 10 ml de Nitrato de Cadmio, se filtró por unos minutos con ayuda de un papel filtro, finalmente se tituló con Nitrato de Plata, hasta llegar a un color característico (Amarillo escarlata).

Análisis microbiológico del aceite de semillas de sandía.

Se realizó una solución de peptona al 5% y se colocó 9 ml en cada tubo de ensayo, hasta obtener a una disolución de 10^{-5} por cada tratamiento, se inoculó 1ml de esta disolución en cada lámina Petri Film correspondiente a bacterias y hongos, posterior se llevó a temperatura ambiente por 72 horas para hongos y a 38°C por 48 horas para bacterias, finalmente transcurrido el respectivo tiempo se hizo el conteo de colonias, llevando las láminas Petri Film al equipo contador de colonias, para poder aplicar la siguiente fórmula:

$$\left(\frac{UFC}{ml}\right) = \frac{\text{número de colonias por placa} \times \text{factor de dilución}}{\text{volumen inoculado en la placa}}$$

Capítulo IV

Resultados

Análisis descriptivo de las variables evaluadas en el estudio de las características fisicoquímicas y compuestos contaminantes del aceite de sandía (*Citrullus lanatus*) considerando distintas variedades y métodos de extracción”.

Análisis de Varianza para el Rendimiento de aceite de semillas de sandía obtenido para Pruebas Fisicoquímicas y toxicológica.

Tabla 11

Análisis de Varianza para Rendimiento del Aceite Crudo de Sandía.

Fuente	SC	GL	CM	Razón-F	Valor-P
A: Método de extracción	153,828	2	76,9138	95,64	0
B: Variedad	0,730696	2	0,365348	0,45	0,6454
C: Réplicas	1,17076	2	0,585381	0,73	0,5031
AB	29,0884	4	7,2721	9,04	0,0013
Error experimental	9,65056	12	0,804213		
TOTAL	197,412	26			

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza de la tabla 10 correspondiente al rendimiento del aceite, indica que existió diferencia significativa en el Factor A (Método de extracción) y en la interacción A*B (Método de extracción * Variedad) mientras que en el Factor B (Variedad) no existió diferencia significativa.

Resultados de las Variables físicas del aceite de semilla de sandía

Resultado cuantitativo de la Variable Solubilidad

Tabla 12

Resultado de la Variable Cuantitativa de la Solubilidad del Aceite Crudo de Sandía

Tratamientos	Descripción	Repeticiones	Alcohol etílico	Cloroformo	Éter etílico
T1	Soxhlet + Charleston Gray	1	Insoluble	Soluble	Soluble
		2	Insoluble	Soluble	Soluble
		3	Insoluble	Soluble	Soluble
T2	Soxhlet + Crimson Sweet	1	Insoluble	Soluble	Soluble
		2	Insoluble	Soluble	Soluble
		3	Insoluble	Soluble	Soluble
T3	Soxhlet + Quetzali	1	Insoluble	Soluble	Soluble
		2	Insoluble	Soluble	Soluble
		3	Insoluble	Soluble	Soluble
T4	Torta reprocesada + Charleston Gray	1	Insoluble	Soluble	Soluble
		2	Insoluble	Soluble	Soluble
		3	Insoluble	Soluble	Soluble
T5	Torta reprocesada + Crimson Sweet	1	Insoluble	Soluble	Soluble
		2	Insoluble	Soluble	Soluble
		3	Insoluble	Soluble	Soluble
T6	Torta reprocesada + Quetzali	1	Insoluble	Soluble	Soluble
		2	Insoluble	Soluble	Soluble
		3	Insoluble	Soluble	Soluble
T7		1	Insoluble	Soluble	Soluble

Tratamientos	Descripción	Repeticiones	Alcohol etílico	Cloroformo	Éter etílico
T8	Prensado en Frío	2	Insoluble	Soluble	Soluble
	+ Charleston Gray	3	Insoluble	Soluble	Soluble
	Prensado en Frío	1	Insoluble	Soluble	Soluble
	+ Crimson Sweet	2	Insoluble	Soluble	Soluble
		3	Insoluble	Soluble	Soluble
T9	Prensado en Frío	1	Insoluble	Soluble	Soluble
	+ Quetzali	2	Insoluble	Soluble	Soluble
		3	Insoluble	Soluble	Soluble

De acuerdo con los resultados del análisis cuantitativo de la tabla 12 correspondiente a la variable solubilidad señala que el aceite de semilla de sandía presentó solubilidad en cloroformo y éter di etílico, mientras que en alcohol etílico fue insoluble mostrando la capa de aceite separada.

Resultado cuantitativo de la Variable Coloración

Tabla 13

Resultado de la Variable Cuantitativa de la Solubilidad del Aceite Crudo de Sandía

Tratamientos	Descripción	Repeticiones	Sudán III
		1	Teñido
T1	Soxhlet + Charleston Gray	2	Teñido
		3	Teñido
		1	Teñido
T2	Soxhlet + Crimson Sweet	2	Teñido
		3	Teñido
		1	Teñido
T3	Soxhlet + Quetzali	2	Teñido
		3	Teñido
		1	Teñido
T4	Torta reprocesada + Charleston Gray	2	Teñido
		3	Teñido
		1	Teñido
T5	Torta reprocesada + Crimson Sweet	2	Teñido
		3	Teñido
		1	Teñido
T6	Torta reprocesada + Quetzali	2	Teñido
		3	Teñido
T7	Prensado en Frío + Charleston Gray	1	Teñido
		2	Teñido

		3	Teñido
T8		1	Teñido
	Prensado en Frío + Crimson Sweet	2	Teñido
		3	Teñido
T9		1	Teñido
	Prensado en Frío + Quetzali	2	Teñido
		3	Teñido

De acuerdo con los resultados del análisis cuantitativo de la tabla 13 correspondiente a la variable coloración señala que el aceite de semilla de sandía frente al reactivo de Sudán III se tiñó color rojizo anaranjado

Análisis de Varianza para la Variable pH

Tabla 14

Análisis de Varianza para la Variable pH del Aceite Crudo de Sandía

Fuente	SC	GL	CM	Razón-F	Valor-P
A: Método de extracción	1,75614	2	0,87807	184,28	0,0000
B: Variedad	0,188319	2	0,0941593	19,76	0,0002
C: Réplicas	0,0020963	2	0,00104815	0,22	0,8057
AB	1,86524	4	0,466309	97,87	0,0000
Error experimental	0,0571778	12	0,00476481		
TOTAL	3,88256	26			

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza la tabla 14 correspondiente a la variable pH muestra que existe diferencia significativa en el Factor A (Métodos de extracción), Factor B (Variedad) y en la Interacción A*B (Método de extracción*Variedad).

Análisis de Varianza para la Variable Densidad

Tabla 15

Análisis de Varianza para la Densidad (g/cm³) del Aceite Crudo de Sandía

Fuente	SC	GL	CM	Razón-F	Valor-P
A: Método de extracción	0,0000927407	2	0,0000463704	108,87	0,0000
B: Variedad	0,0000280741	2	0,000014037	32,96	0,0000
C: Réplicas	0,00000674074	2	0,00000337037	7,91	0,0064
AB	0,0000761481	4	0,000019037	44,70	0,0000
Error experimental	0,00000511111	12	4,25926E-7		
TOTAL	0,00020963	26			

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza de la tabla 16 correspondiente a la variable densidad señala que existe diferencia significativa en el Factor A (Métodos de extracción), Factor B (Variedad), y en la interacción A*B (Método de extracción*Variedad).

Análisis de Varianza para la Variable Humedad

Tabla 16

Análisis de Varianza para el Porcentaje de Humedad del Aceite Crudo de Sandía

Fuente	SC	GL	CM	Razón-F	Valor-P
A: Método de extracción	0,000828074	2	0,000414037	30,38	0,0000
B: Variedad	0,00152585	2	0,000762926	55,98	0,0000
C: Réplicas	0,0000678519	2	0,0000339259	2,49	0,1247
AB	0,000699259	4	0,000174815	12,83	0,0003
Error experimental	0,000163556	12	0,0000136296		
TOTAL	0,00337319	26			

En la tabla 16 del análisis de varianza correspondiente a la variable humedad señala que existe diferencia significativa en el Factor A (Método de extracción), Factor B (Variedad), y en la interacción A*B (Método de extracción*Variedad).

Análisis de Varianza para la Variable Absorbancia

Tabla 17

Análisis de Varianza para la Absorbancia del Aceite Crudo de Sandía

Fuente	SC	GL	CM	Razón-F	Valor-P
A: Método de extracción	0,00598422	2	0,00299211	11,31	0,0017
B: Variedad	0,0101376	2	0,00506878	19,16	0,0002
C: Réplicas	0,00272089	2	0,00136044	5,14	0,0244
AB	0,0164136	4	0,00410339	15,51	0,0001
Error experimental	0,00317489	12	0,000264574		
TOTAL	0,0395327	26			

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza de la tabla 11 correspondiente a la variable absorbancia indica que existe diferencia significativa en el Factor A (Métodos de extracción), Factor B (Variedad) y en la interacción A*B (Método de extracción*Variedad).

Análisis de Varianza para la Variable Ceniza

Tabla 18

Análisis de Varianza para el Porcentaje de Ceniza del Aceite Crudo de Sandía

Fuente	SC	GL	CM	Razón-F	Valor-P
A: Método de extracción	4,42949	2	2,21474	487,01	0,0000
B: Variedad	2,12553	2	1,06276	233,70	0,0000
C: Réplicas	0,014797	2	0,00739848	1,63	0,2370
AB	4,794	4	1,1985	263,54	0,0000
Error experimental	0,0545716	12	0,00454763		
TOTAL	11,4389	26			

En la tabla 18, de acuerdo con los resultados del análisis de varianza correspondiente a la variable ceniza muestra que existe diferencia significativa en el Factor A (Método de extracción), Factor B (Variedad) y en la interacción A*B (Método de extracción*Variedad).

Análisis de Varianza para las Variables químicas del aceite de semilla de sandía

Análisis de Varianza para la Variable índice de saponificación

Tabla 19

Análisis de Varianza para el Índice de Saponificación (mg KOH/g) del Aceite Crudo de Sandía

Fuente	SC	GL	CM	Razón-F	Valor-P
A: Método de extracción	13070,7	2	6535,33	241,20	0,0000
B: Variedad	2203,45	2	1101,72	40,66	0,0000
C: Réplicas	8,97185	2	4,48593	0,17	0,8493
AB	6235,61	4	1558,9	57,53	0,0000
Error experimental	325,148	12	27,0956		
TOTAL	22048,5	26			

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza de la tabla 19 correspondiente a la variable índice de saponificación señala que existe diferencia significativa en el Factor A (Método de extracción), Factor B (Variedad) y en la interacción A*B (Método de extracción*Variedad).

Análisis de Varianza para la Variable Índice de Yodo

Tabla 20

Análisis de Varianza para el Índice de Yodo (cg I/g) del Aceite Crudo de Sandía

Fuente	SC	GL	CM	Razón-F	Valor-P
A: Método de extracción	102,415	2	51,2075	120,97	0,0000
B: Variedad	14,6307	2	7,31536	17,28	0,0003
C: Réplicas	0,30441	2	0,152205	0,36	0,7053
AB	92,4456	4	23,1114	54,60	0,0000
Error experimental	5,07985	12	0,423321		
TOTAL	216,683	26			

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza de la tabla 20 correspondiente a la variable índice de yodo señala que existe diferencia significativa en el Factor A (Método de extracción), Factor B (Variedad) y en la interacción A*B (Método de extracción*Variedad)

Análisis de Varianza para la Variable Acidez

Tabla 21

Análisis de Varianza para el Porcentaje de Acidez del Aceite Crudo de Sandía

Fuente	SC	GL	CM	Razón-F	Valor-P
A: Método de extracción	597,847	2	298,924	2861,88	0,0000
B: Variedad	2,40127	2	1,20063	11,49	0,0016
C: Réplicas	0,133622	2	0,0668111	0,64	0,5445
AB	3,52487	4	0,881217	8,44	0,0018
Error experimental	1,2534	12	0,10445		
TOTAL	605,27	26			

La tabla 21 del análisis de varianza correspondiente a la variable acidez indica que existe diferencia significativa en el Factor A (Método de extracción), Factor B (Variedad) y en la interacción A*B (Método de extracción*Variedad).

Análisis de Varianza para la Variable Índice de Acidez

Tabla 22

Análisis de Varianza para Índice de Acidez (mg KOH/g) del Aceite Crudo de Sandía

Fuente	SC	GL	CM	Razón-F	Valor-P
A: Método de extracción	2365,5	2	1182,75	2880,53	0,0000
B: Variedad	9,54729	2	4,77364	11,63	0,0016
C: Réplicas	0,517222	2	0,258611	0,63	0,5494
AB	13,9807	4	3,49517	8,51	0,0017
Error experimental	4,92722	12	0,410602		
TOTAL	2394,91	26			

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza de la tabla 22 correspondiente a la variable índice de acidez señala que existe diferencia significativa en el Factor A (Método de extracción), Factor B (Variedad) y en la interacción A*B (Método de extracción*Variedad).

Análisis de Varianza para la Variable Índice de peróxido

Tabla 23

Análisis de Varianza para Índice de Peróxido (meqO²/kg) del Aceite Crudo de Sandía

Fuente	SC	GL	CM	Razón-F	Valor-P
A: Método de extracción	7404,74	2	3702,37	230,33	0,0000
B: Variedad	2707,85	2	1353,93	84,23	0,0000
C: Réplicas	7,40741	2	3,7037	0,23	0,7976
AB	2213,93	4	553,481	34,43	0,0000
Error experimental	192,889	12	16,0741		
TOTAL	12603,9	26			

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza de la tabla 23 correspondiente a la variable índice de peróxido indica que existe diferencia significativa en el Factor A (Método de extracción), Factor B (Variedad) y en la interacción A*B (Método de extracción*Variedad)

Análisis de Varianza para el contenido de compuestos contaminantes en el aceite de sandía

Tabla 24

Análisis de Varianza para el Contenido de Cianuro (ppm) en el Aceite Crudo de Sandía

Fuente	SC	GL	CM	Razón-F	Valor-P
A: Método de extracción	0,00568889	2	0,00284444	6,00	0,0156
B: Variedad	0,0110222	2	0,00551111	11,62	0,0016
C: Réplicas	0,00248889	2	0,00124444	2,62	0,1133
AB	0,00568889	4	0,00142222	3,00	0,0625
Error experimental	0,00568889	12	0,000474074		
TOTAL	0,0384	26			

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza de la tabla 24 correspondiente a la variable contenido de cianuro muestra que existe diferencia significativa en el Factor A (Método de extracción) y Factor B (Variedad), mientras que en la interacción A*B (Método de extracción*Variedad) no existe diferencia significativa.

Análisis de Varianza para el análisis microbiológica del aceite de semilla de sandía

Tabla 25

Análisis de Varianza para UFC de bacterias/ml en el Aceite Crudo de Sandía

Fuente	SC	GL	CM	Razón-F	Valor-P
A: Método de extracción	1,05528E15	2	5,27641E14	52,01	0,0000
B: Variedad	6,21642E14	2	3,10821E14	30,64	0,0000
C: Réplicas	4,45356E13	2	2,22678E13	2,20	0,1540
AB	1,25844E15	4	3,14611E14	31,01	0,0000
Error experimental	1,21736E14	12	1,01446E13		
TOTAL	3,13381E15	26			

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza de la tabla 25 correspondiente a la variable índice de peróxido señala que existe diferencia significativa en el Factor A (Método de extracción), Factor B (Variedad) y en la interacción A*B (Método de extracción * Variedad).

Prueba de significancia (Tukey $p < 0,05$) de los factores del estudio de las características fisicoquímicas y compuestos contaminantes del aceite de sandía (*Citrullus lanatus*) considerando distintas variedades y métodos de extracción”.

Prueba de significancia de Tukey para el Factor A (Método de extracción)

Rendimiento de aceite de sandía.

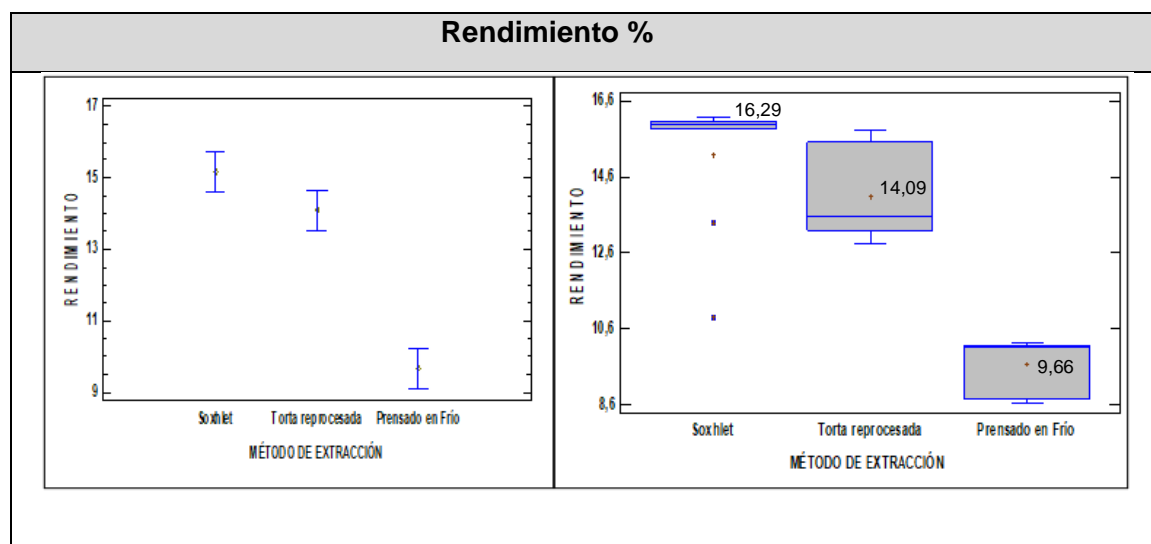
Tabla 26

Prueba de Significancia del Rendimiento (%)

Factor A Método de Extracción	Rendimiento %
a ₁ Soxhlet	16,29 ^a
a ₂ Torta reprocessada	14,09 ^a
a ₃ Prensado en frío	9,66 ^b

Figura 2

Prueba de Significancia del Rendimiento (%) de los Métodos de Extracción (Factor A)



De acuerdo con los resultados de la prueba de tukey de la tabla 26 se observa que el método de extracción por soxhlet alcanzó el rendimiento con una media de 16,29%, mientras que la torta reprocesada tuvo un rendimiento con una media de 14,09%, siendo los mayores porcentajes, por otra parte, el prensado en frío presentó un rendimiento con una media de 9,66%, lo cual indica que el método de soxhlet y torta reprocesada son iguales estadísticamente y diferentes al prensado en frío.

Prueba de significancia de Tukey para el Factor A (Método de extracción) de las características físicas del aceite de sandía

Tabla 27

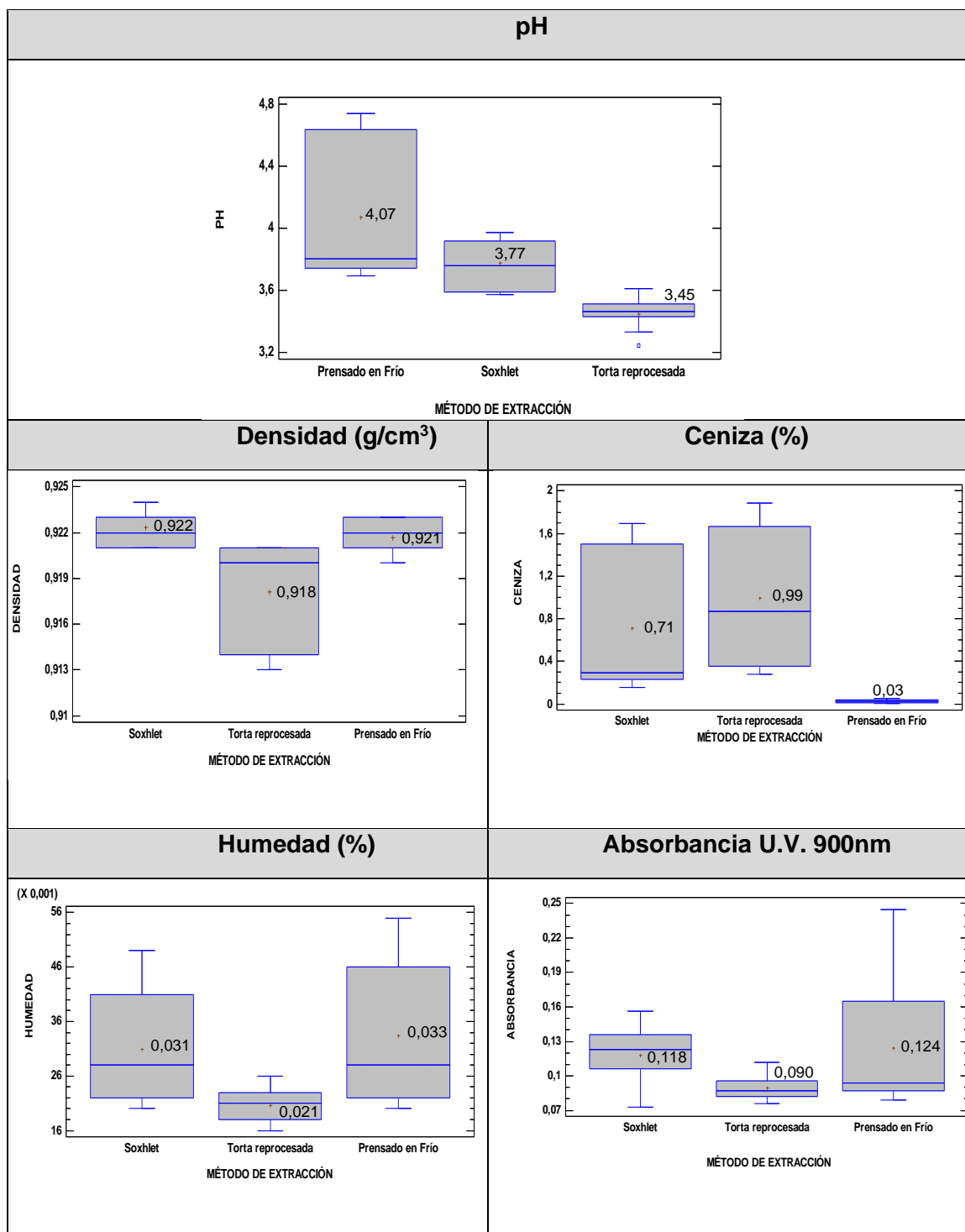
Prueba de Significancia de las Características Físicas del Aceite de Sandía

Factor A					
Método de Extracción	pH	Densidad	Ceniza	Humedad	Absorbancia
a ₁ Soxhlet	3,77 ^a	0,9223 ^a	0,71 ^a	0,031 ^a	0,118 ^a
a ₂ Torta reprocesada	3,45 ^b	0,9181 ^b	0,99 ^b	0,021 ^b	0,090 ^b
a ₃ Prensado en frío	4,07 ^c	0,9217 ^a	0,03 ^c	0,033 ^a	0,124 ^a

En la tabla 27 se observa los resultados obtenidos de las variables de las pruebas físicas del aceite de sandía que tuvieron diferencia significativa referente al método de extracción.

Figura 3

Prueba Significativa de las Características Físicas del Aceite de Sandía con los Métodos de Extracción (Factor A).



La figura 3 señala que para la variable pH en los tres métodos de extracción existió diferencias estadísticamente significativas, en lo cual se obtuvo un pH de 4,07 con el método de prensado en frío, seguido por el pH de 3,77 con el método de soxhlet y el pH más bajo de 3,45 con el método de torta reprocesada.

En la variable densidad el método de extracción soxhlet y prensado en frío fueron iguales estadísticamente con valores de 0,9223 (g/cm³) y 0,9216 (g/cm³) respectivamente, mientras que la torta reprocesada presentó diferencia significativa con una densidad de 0,9181 (g/cm³).

En la variable ceniza en los tres métodos de extracción existió diferencias estadísticamente significativas, siendo 0,99% el mayor valor correspondiente a la torta reprocesada, seguida por 0,71% del método de soxhlet y el valor más bajo con el método de prensado en frío que presentó 0,03%.

El porcentaje de humedad y la absorbancia en el método de extracción prensado en frío y soxhlet fueron iguales estadísticamente con valores de 0,033% y 0,031%, 0,124 nm y 0,118 nm respectivamente, en cambio la torta reprocesada presentó diferencia significativa con el 0,021% de humedad y 0,090 nm en absorbancia

Prueba de significancia de Tukey para el Factor A (Método de extracción) de las características químicas del aceite de sandía

Tabla 28

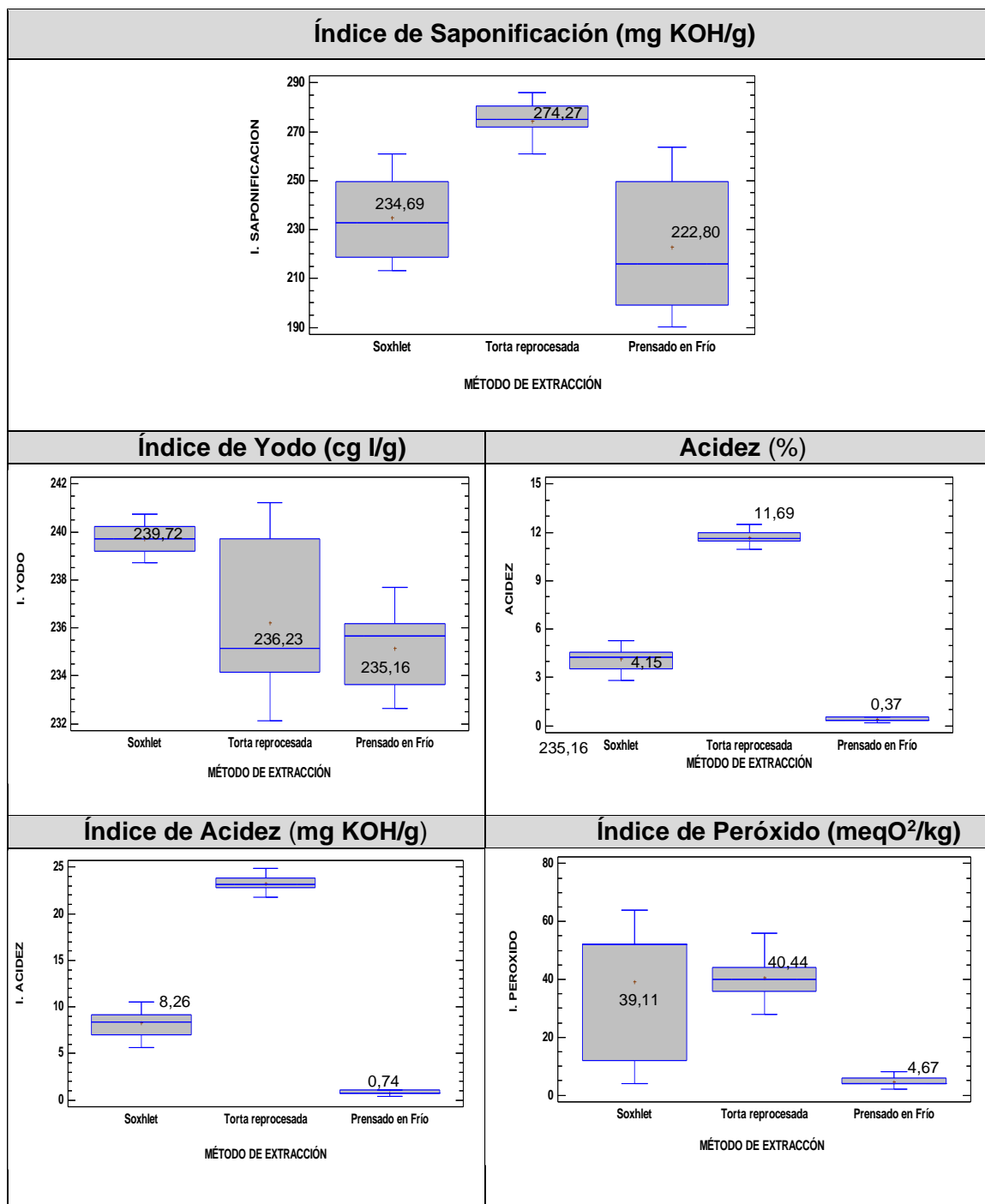
Prueba de Significancia de las Características Químicas del Aceite de Sandía

Factor A	Índice	Índice de	Índice	Índice	
Método de extracción	Saponificación	Yodo	Acidez	Acidez peróxido	
a ₁ Soxhlet	234,69 a	239,72 a	4,15 a	8,26 a	39,11 a
a ₂ Torta reprocesada	274,27 b	236,23 b	11,69 b	23,26 b	40,44 a
a ₃ Prensado en frío	222,80 c	235,16 c	0,37 c	0,74 c	4,67 b

En la tabla 28 se observa los resultados de las variables de las pruebas químicas del aceite de sandía que tuvieron diferencia significativa referente al método de extracción, en lo cual los tres métodos de extracción fueron diferentes estadísticamente.

Figura 4

Prueba Significativa de las Características Químicas del Aceite de Sandía con los Métodos de Extracción (Factor A)



La figura 4 indica que, en las variables índice de saponificación, Acidez, índice de acidez e índice de peróxido, los valores altos fueron de la torta reprocesada y soxhlet con 274,27 (mg KOH/g) y 234,69 (mg KOH/g) 11,69 % y 4,15 %, 23,26 (mg KOH/g) y 8,26 (mg KOH/g), 40,44 (meqO²/kg) y 39,11 (meqO²/kg) respectivamente. Mientras que los valores más bajos se obtuvieron con el método de prensado en frío reflejando los siguientes resultados 222,80 (mg KOH/g), 0,37 %, 0,74 (mg KOH/g) y 4,67 (meqO²/kg)

En el índice de yodo los valores de mayor a menor fueron con el método de soxhlet, seguido por la torta reprocesada y prensado en frío: 239,72 (cg I/g), 236,23 (cg I/g) y 235,16 (cg I/g) respectivamente.

Prueba de significancia de Tukey para el Factor A (Método de extracción) de la prueba de compuestos contaminantes del aceite de sandía

Tabla 29

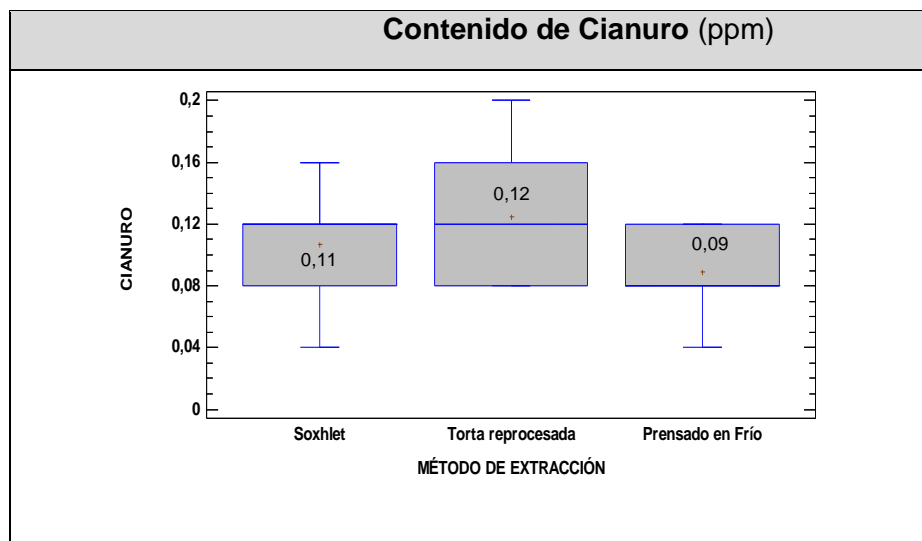
Prueba de Significancia del Contenido de Cianuro (ppm) en el Aceite de Sandía

Factor A	Cont. Cianuro
Método de extracción	(ppm)
a ₁ Soxhlet	0,11 ^{ab}
a ₂ Torta reprocesada	0,12 ^b
a ₃ Prensado en frío	0,09 ^a

En la tabla 29 se observa los resultados de la variable del contenido de cianuro (ppm) en la prueba de compuestos contaminantes del aceite de sandía que tuvieron diferencia significativa referente al método de extracción.

Figura 5

Prueba de Significancia del Contenido de Cianuro (ppm) en el Aceite de Sandía por los Métodos de Extracción



De acuerdo con los resultados de la prueba de tukey de la figura 5 se observa que el método de extracción prensado en frío con la torta reprocessada tuvo diferencia significativa estadísticamente, pero con el método de soxhlet mostraron ser iguales estadísticamente, señalando al prensado en frío como el método con menor cantidad de cianuro 0,09 (ppm), mientras que la torta reprocessada y soxhlet presentaron mayor cantidad de cianuro 0,12 (ppm) y 0,11 (ppm) respectivamente.

Prueba de significancia de Tukey para el Factor A (Método de extracción) del Análisis microbiológico del aceite de sandía

Tabla 30

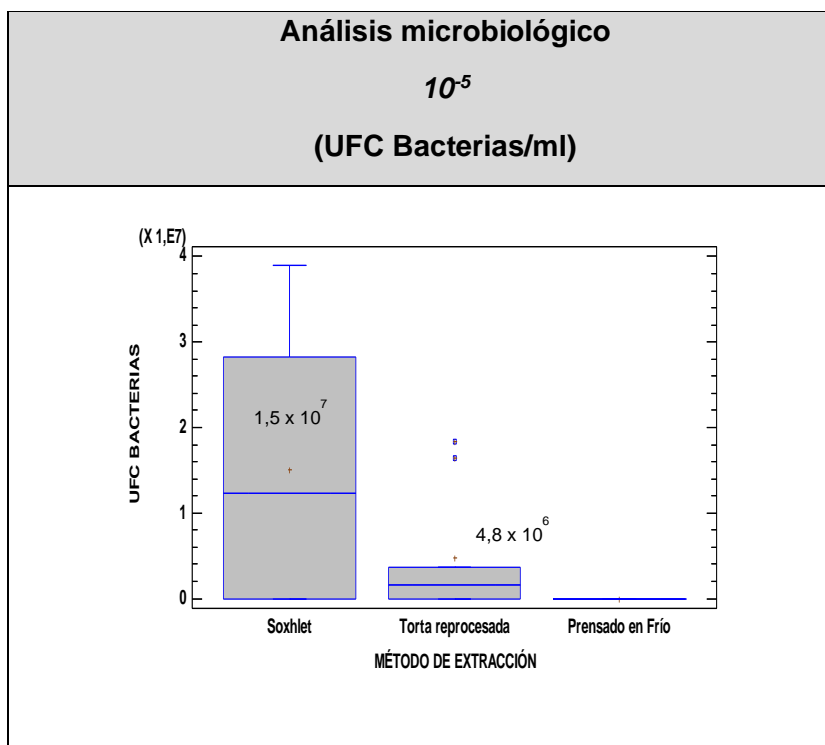
Prueba de Significancia de UFC de Bacterias/ml en el Aceite de Sandía

Factor A	10^5
Método de extracción	UFC de bacterias/ml
a ₁ Soxhlet	1,49889E7 ^a
a ₂ Torta reprocesada	4,77778E6 ^b
a ₃ Prensado en frío	0 ^c

En la tabla 30 se observa los resultados de la variable del análisis microbiológico del aceite de sandía que tuvieron diferencia significativa referente al método de extracción.

Figura 6

Prueba de Significancia de las UFC de Bacterias/ml en el Aceite de Sandía por los Métodos de Extracción (Factor A)



En la figura 6 se observa que los tres métodos de extracción fueron diferentes estadísticamente, considerando que el prensado en frío no tuvo presencia de UFC de bacterias, mientras que la torta reprocesada presentó mayor contenido de UFC de bacterias seguido por el método de soxhlet, con valores de $1,5 \times 10^7$ y $4,8 \times 10^6$ UFC/ml respectivamente.

Prueba de significancia de Tukey para el Factor B (Variedad) de las características físicas del aceite de sandía

Tabla 31

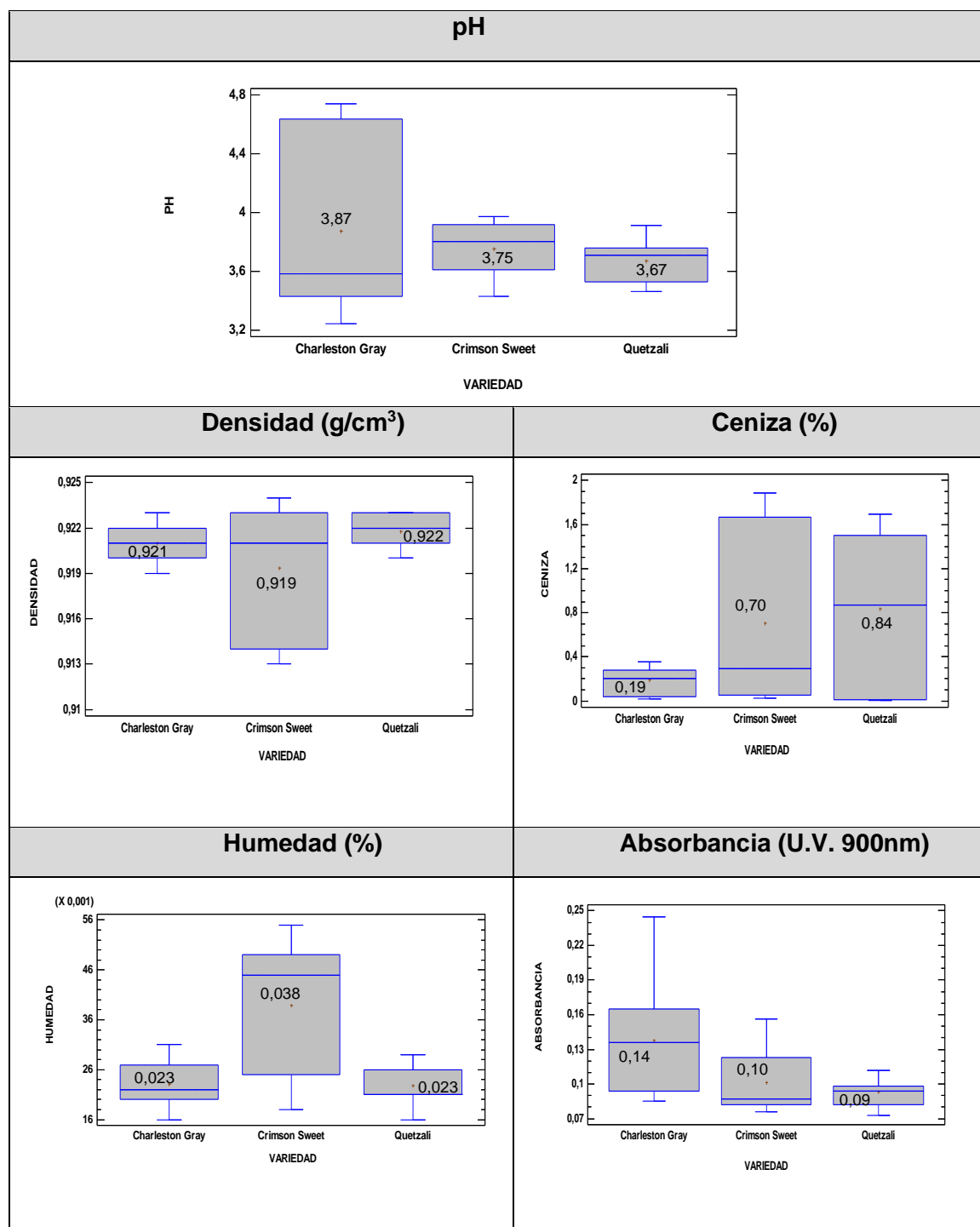
Prueba de Significancia de las Características Físicas del Aceite de Sandía

Factor B					
Variedad	pH	Densidad	Ceniza	Humedad	Absorbancia
b ₁ Charleston Gray	3,87 ^ε	0,921 ^a	0,19 ^a	0,0231 ^a	0,14 ^a
b ₂ Crimson Sweet	3,75 ^t	0,919 ^b	0,70 ^b	0,0389 ^b	0,10 ^b
b ₃ Quetzali	3,67 ^t	0,922 ^a	0,84 ^c	0,0228 ^a	0,09 ^b

En la tabla 31 se observa los resultados obtenidos de las variables de las pruebas físicas del aceite de sandía que tuvieron diferencia significativa referente a las variedades.

Figura 7

Prueba de Significancia de las Características Físicas del Aceite de Sandía Según las Variedades (Factor B)



En la figura 7 se observa que el pH de la variedad Crimson Sweet y Quetzali fueron iguales estadísticamente y diferentes a la variedad Charleston Gray, siendo 3,87 el pH mayor de la variedad Charleston Gray, seguido por las variedades Crimson Sweet y Quetzali con pH de 3,75 y 3,67 respectivamente.

En la densidad la variedad Charleston Gray y Quetzali fueron iguales estadísticamente y diferentes a la variedad Crimson Sweet, la cual presentó el valor más bajo con una densidad de 0,919 (g/cm³), seguida por la variedad Charleston Gray y Quetzali con densidades de 0,921 (g/cm³) y 0,922 (g/cm³) respectivamente.

En la variable ceniza en las tres variedades existió diferencias estadísticamente significativas, siendo 0,84% el mayor valor correspondiente a la variedad Quetzali, seguida por la variedad Crimson Sweet con 0,70 % y con el valor más bajo la variedad Charleston Gray con 0,19 %.

En el porcentaje de humedad la variedad Charleston Gray y Quetzali son iguales estadísticamente y diferentes a la variedad Crimson Sweet, la cual obtuvo 0,00389% siendo el mayor porcentaje de humedad, seguido por las variedades Charleston Gray y Quetzali con 0,0231% y 0,0228% respectivamente.

En la absorbancia en las variedades Crimson Sweet y Quetzali fueron iguales estadísticamente y diferentes con Charleston Gray, la cual obtuvo el valor más alto de 0,14 nm, seguida por Crimson Sweet con 0,10 nm y 0,09 nm en la variedad Quetzali.

Prueba de significancia de Tukey para el Factor B (Variedad) de las características químicas del aceite de sandía

Tabla 32

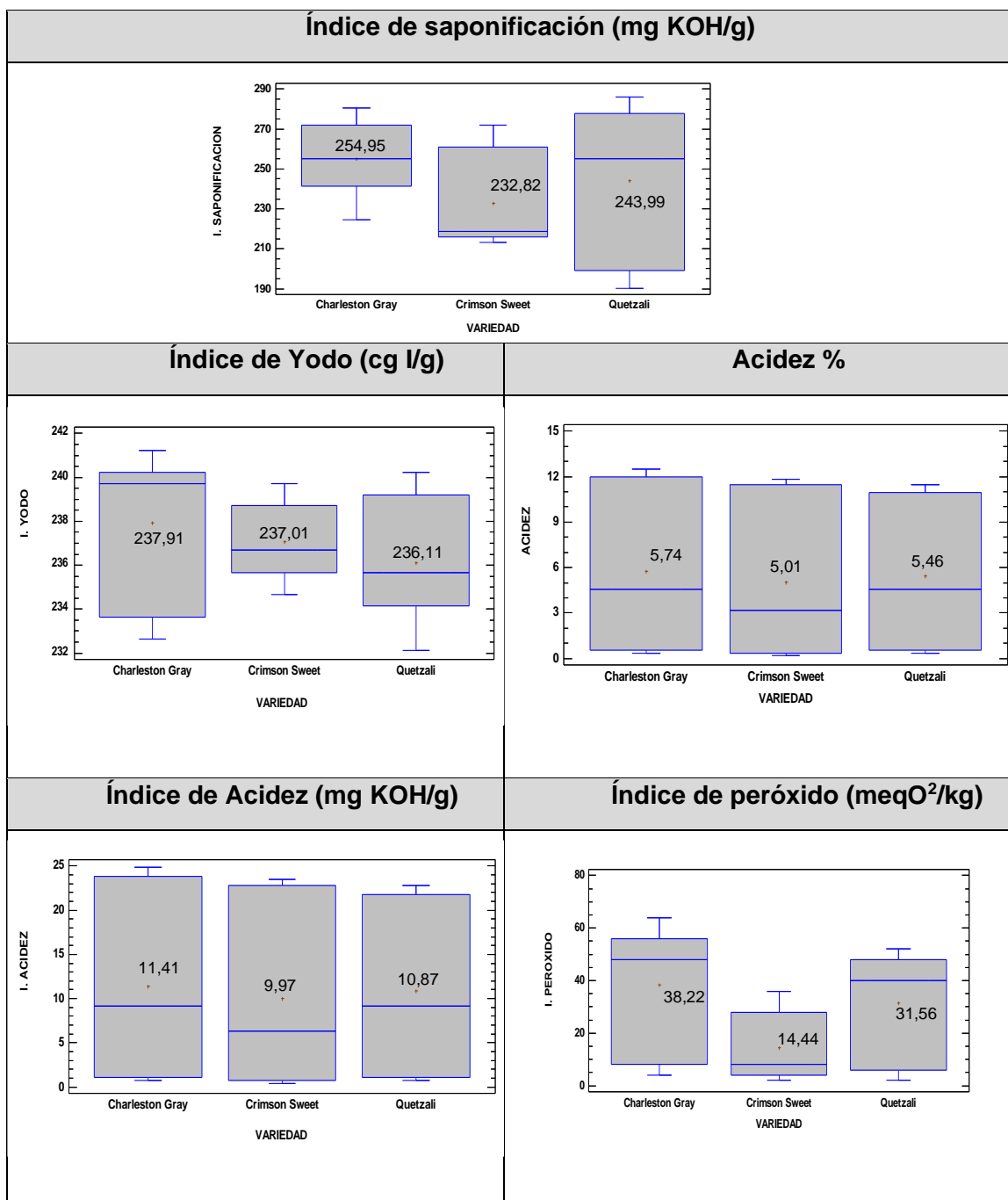
Prueba de Significancia de las Características Químicas del Aceite de Sandía

Factor B	Índice	Índice de	Índice	Índice	
Variedad	Saponificación	Yodo	Acidez	peróxido	
b ₁ Charleston Gray	254,95 ^a	237,91 ^a	5,74 ^a	11,41 ^a	38,22 ^a
b ₂ Crimson Sweet	232,82 ^b	237,07 ^b	5,01 ^b	9,97 ^b	14,44 ^b
b ₃ Quetzali	243,99 ^c	236,11 ^c	5,46 ^a	10,87 ^a	31,56 ^c

En la tabla 32 se observa los resultados de las variables de las pruebas químicas del aceite de sandía que tuvieron diferencia significativa referente a las variedades, en lo cual los tres métodos de extracción fueron diferentes estadísticamente.

Figura 8

Prueba de Significancia de las Características Químicas del Aceite de Sandía Según la Variedad (Factor B)



En la figura 8 se observa que, en las variables índice de saponificación, Acidez, índice de acidez e índice de peróxido, los valores altos fueron de la variedad Charleston Gray y Quetzali con 254,95 (mg KOH/g) y 243,99 (mg KOH/g), 5,74 % y 5,46 %, 11,41 (mg KOH/g) y 31,56(mg KOH/g), 38,22 (meqO²/kg) y 31,56 (meqO²/kg) respectivamente. Mientras que los valores más bajos se obtuvieron con la variedad Crimson Sweet reflejando los siguientes resultados 232,82 (mg KOH/g), 5,01%, 9,97 (mg KOH/g) y 14,44 (meqO²/kg)

En el índice de yodo la variedad Quetzali presentó el valor más bajo con 236,11(cg I/g), seguido por la variedad Crimson Sweet y Charleston Gray con valores de 237,07 (cg I/g) y 237,91 (cg I/g) respectivamente.

Prueba de significancia de Tukey para el Factor B (Variedad) de la prueba de compuestos contaminantes del aceite de sandía

Tabla 33

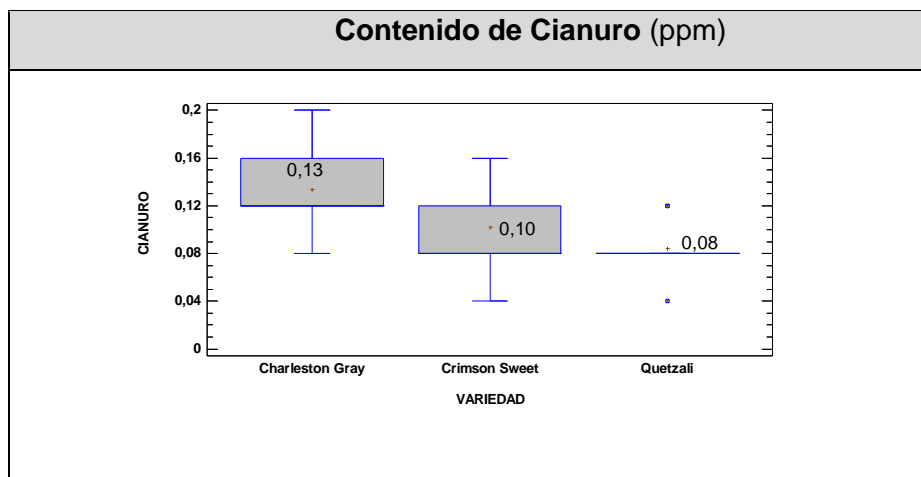
Prueba de Significancia del Contenido de Cianuro en el Aceite de Sandía

Factor B	Cont. De cianuro
Variedad	(ppm)
b ₁ Charleston Gray	0,13 ^a
b ₂ Crimson Sweet	0,10 ^b
b ₃ Quetzali	0,08 ^b

En la tabla 33 se observa los resultados de la variable del contenido de cianuro en la prueba de compuestos contaminantes del aceite de sandía que tuvieron diferencia significativa referente a las variedades.

Figura 9

Prueba de Significancia del Contenido de Cianuro (ppm) en el Aceite de Sandía Según la Variedad (Factor B)



Acorde con los resultados de la prueba de tukey de la figura 9 se observa que la variedad Crimson Sweet y Quetzali fueron iguales estadísticamente y diferentes con la variedad Charleston Gray, la cual presentó la mayor cantidad de cianuro 0,13 (ppm), seguido por la variedad Crimson Sweet con 0,10 (ppm) y Quetzali con 0,08 (ppm) siendo la variedad con menor contenido de cianuro.

**Prueba de significancia de Tukey para el Factor B (Variedad) del
Análisis microbiológico en el aceite de sandía**

Tabla 34

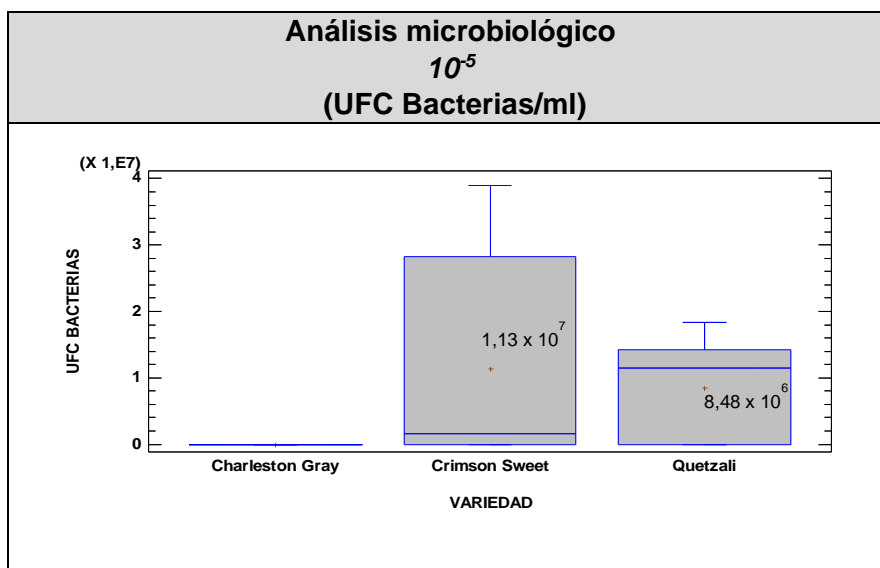
Prueba de Significancia de las UFC de bacterias/ml en el Aceite Crudo de Sandía

Factor B	10^{-5}
Variedad	UFC de bacterias/ml
b ₁ Charleston Gray	9,31323E-10 ^a
b ₂ Crimson Sweet	1,12889E7 ^b
b ₃ Quetzali	8,47778E6 ^b

La tabla 34 muestra los resultados de la variable del análisis microbiológico del aceite de sandía que tuvieron diferencia significativa referente a las variedades.

Figura 10

Prueba de Significancia de las UFC de Bacterias/ml en el Aceite de Sandía Según la Variedad (Factor B)



En la figura 10 se observa que la variedad Crimson Sweet y Quetzali son iguales estadísticamente y diferentes con la variedad Charleston Gray, la cual no presentó presencia de UFC de bacterias, mientras que la variedad Crimson Sweet obtuvo $1,13 \times 10^7$ UFC/ml, seguido por Quetzali con $8,48 \times 10^6$ UFC/ml

Prueba de significancia de Tukey para la Interacción A*B (Método de extracción*Variedad) del rendimiento del aceite de sandía

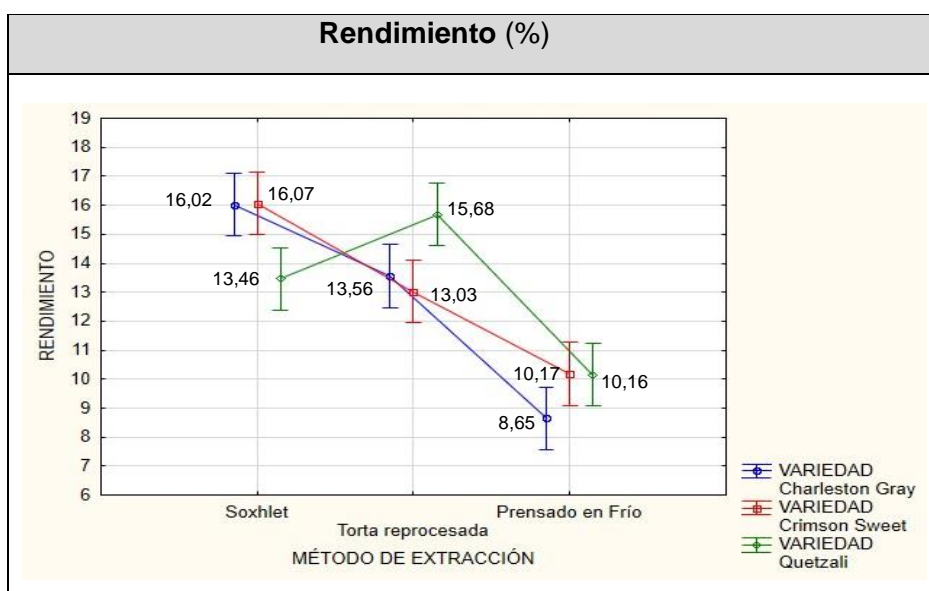
Tabla 35

Prueba de Significancia del Rendimiento (%) del Aceite Crudo de Sandía

Interacción	Factor A (Método de Extracción)	Factor B (Variedad)	Rendimiento
a_1b_1	Soxhlet	Charleston Gray	16,02 ^{ab}
a_1b_2	Soxhlet	Crimson Sweet	16,07 ^b
a_1b_3	Soxhlet	Quetzali	13,46 ^{ac}
a_2b_1	Torta reprocesada	Charleston Gray	13,56 ^{abc}
a_2b_2	Torta reprocesada	Crimson Sweet	13,03 ^c
a_2b_3	Torta reprocesada	Quetzali	15,68 ^{ab}
a_3b_1	Prensado en Frío	Charleston Gray	8,65 ^d
a_3b_2	Prensado en Frío	Crimson Sweet	10,17 ^d
a_3b_3	Prensado en Frío	Quetzali	10,16 ^d

Figura 11

*Prueba de Significancia del Rendimiento (%) del Aceite de la Interacción A*B*



En la tabla 35 se observa los resultados del rendimiento del aceite de sandía que tuvieron diferencia significativa referente a la interacción de métodos de extracción con las variedades, el menor rendimiento se obtuvo con el Prensado en Frío con la variedad Charleston Gray 8,65%, con Quetzali 10,16% y con la variedad Crimson Sweet 10,17%, presentando ser iguales estadísticamente y diferentes a los demás tratamientos, siendo con el método de Soxhlet y la variedad Crimson Sweet el tratamiento con mayor rendimiento 16,07%

Prueba de significancia de Tukey para la Interacción A*B (Método de extracción*Variedad) de las características físicas del aceite de sandía

Tabla 36

Prueba de Significancia de las Características Físicas del Aceite Crudo de Sandía

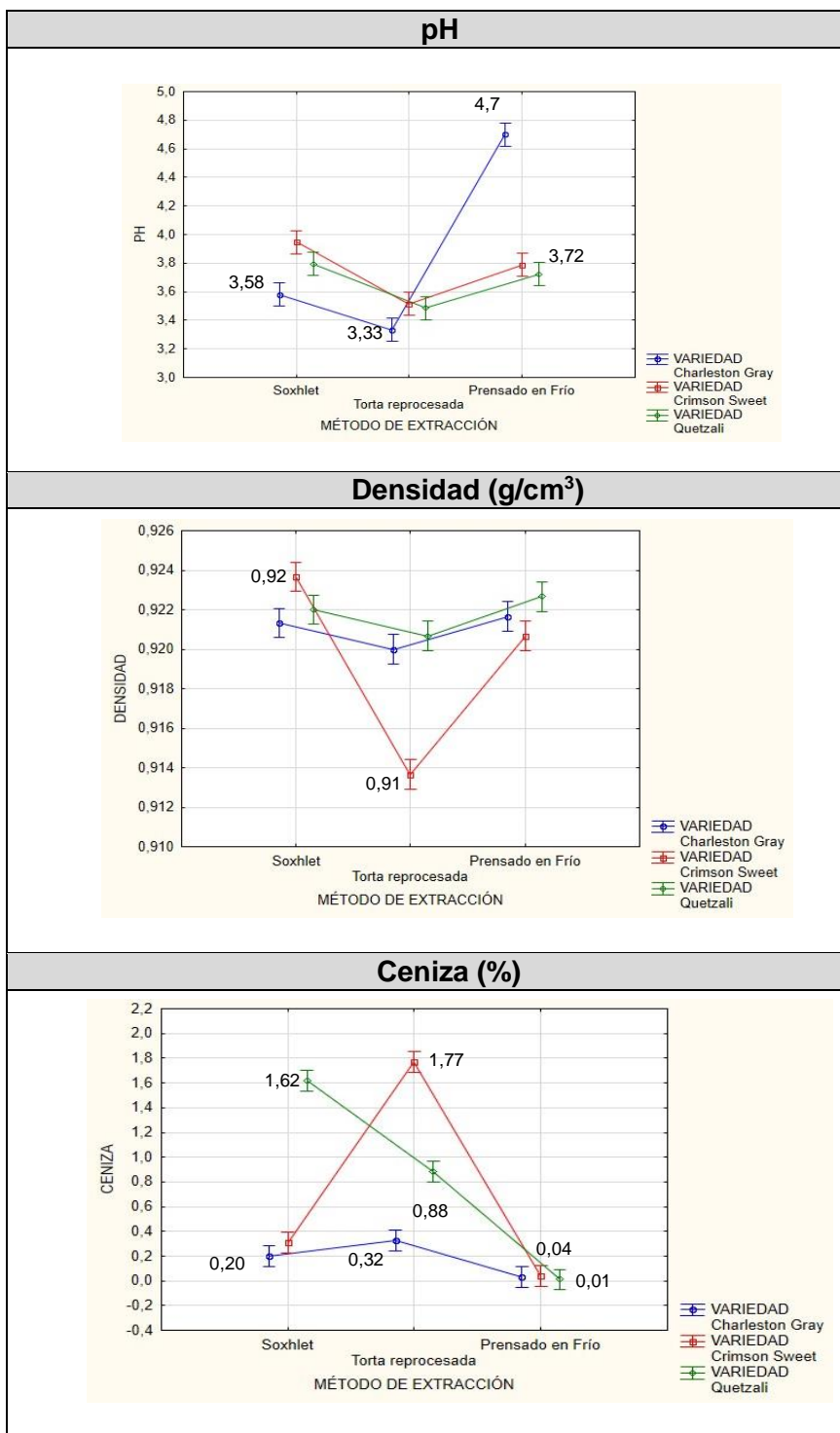
Interacción	Factor A (Método de Extracción)	Factor B (Variedad)	pH	Densidad	Ceniza	Humedad	Absorbancia
a_1b_1	Soxhlet	Charleston Gray	3,580 ^{ab}	0,9213 ^{acd}	0,20 ^{ab}	0,0233 ^a	0,130 ^a
a_1b_2	Soxhlet	Crimson Sweet	3,947 ^c	0,9237 ^b	0,31 ^b	0,0450 ^b	0,135 ^a
a_1b_3	Soxhlet	Quetzali	3,793 ^{cd}	0,9220 ^{cbd}	1,62 ^c	0,0243 ^a	0,089 ^{ab}
a_2b_1	Torta reprocesada	Charleston Gray	3,333 ^e	0,9200 ^a	0,32 ^b	0,0193 ^a	0,089 ^{ab}
a_2b_2	Torta reprocesada	Crimson Sweet	3,517 ^{ae}	0,9137 ^e	1,77 ^c	0,0213 ^a	0,079 ^b
a_2b_3	Torta reprocesada	Quetzali	3,487 ^{ae}	0,9207 ^{ac}	0,88 ^d	0,0210 ^a	0,102 ^{ab}
a_3b_1	Prensado en Frío	Charleston Gray	4,700 ^f	0,9217 ^{acd}	0,03 ^a	0,0267 ^a	0,194 ^c
a_3b_2	Prensado en Frío	Crimson Sweet	3,787 ^{cd}	0,9207 ^{ac}	0,04 ^a	0,0503 ^b	0,090 ^{ab}
a_3b_3	Prensado en Frío	Quetzali	3,723 ^{bd}	0,9227 ^{bd}	0,01 ^a	0,0230 ^a	0,088 ^{ab}

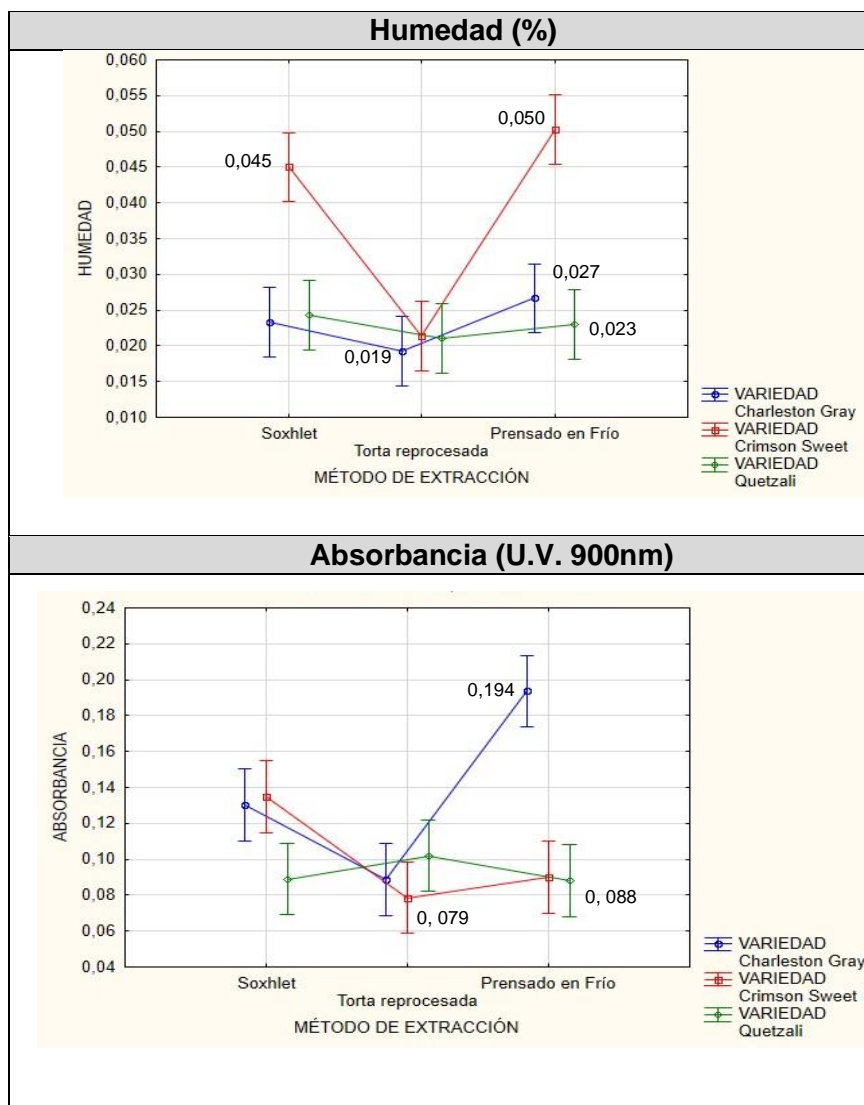
En la tabla 36 se observa los resultados de las variables de las pruebas físicas del aceite de sandía que tuvieron diferencia significativa referente a la interacción de métodos de extracción con las variedades.

Figura 12

Prueba de Significancia de las Características Físicas del Aceite de Sandía de la

Interacción A*B





De acuerdo con los resultados de la prueba de tukey en la figura 12 se observa que el pH de la interacción de la variedad Charleston Gray con la torta reprocesada obtuvieron el pH más bajo 3,33 pero con el prensado en frío se alcanzó el pH más alto 4,7.

La densidad de la interacción Crimson Sweet con el método de Soxhlet presentó el valor más alto 0,9237 (g/cm³), pero con el método de torta reprocesada se obtuvo la densidad más baja 0,9137 (g/cm³), seguida por 0,920 (g/cm³) con la variedad

Charleston Gray, mientras que las demás interacciones mostraron ser iguales estadísticamente.

El porcentaje de ceniza tuvo los valores más bajos con la interacción del método de extracción prensado en frío con la variedad Quetzali y Charleston Gray con valores de 0,01% y 0,03% respectivamente, seguido por 0,04% con la variedad Crimson Sweet, la misma que con el método torta reprocessada obtuvo el porcentaje más alto de ceniza 1,77%.

El porcentaje de humedad mostró los valores más altos la interacción de la variedad Crimson Sweet con el método de extracción prensado en frío y Soxhlet con 0,0503% y 0,0450% respectivamente, mientras que los porcentajes más bajos de la interacción del método torta reprocessada y Soxhlet se obtuvieron con la variedad Charleston Gray con 0,0193% y 0,233% respectivamente.

En la variable absorbancia los valores más altos presentó la interacción de la variedad Charleston Gray por el método de prensado en frío 0,194 nm, seguido por 0,135 nm y 0,130 nm correspondientes a la interacción del método de Soxhlet con la variedad Crimson Sweet y Charleston Gray, el valor más bajo se obtuvo con la variedad Crimson Sweet por el método de torta reprocessada 0,079 nm, mientras que las demás interacciones fueron iguales estadísticamente.

Prueba de significancia de Tukey para la Interacción A*B (Método de extracción*Variedad) de las características químicas del aceite de sandía

Tabla 37

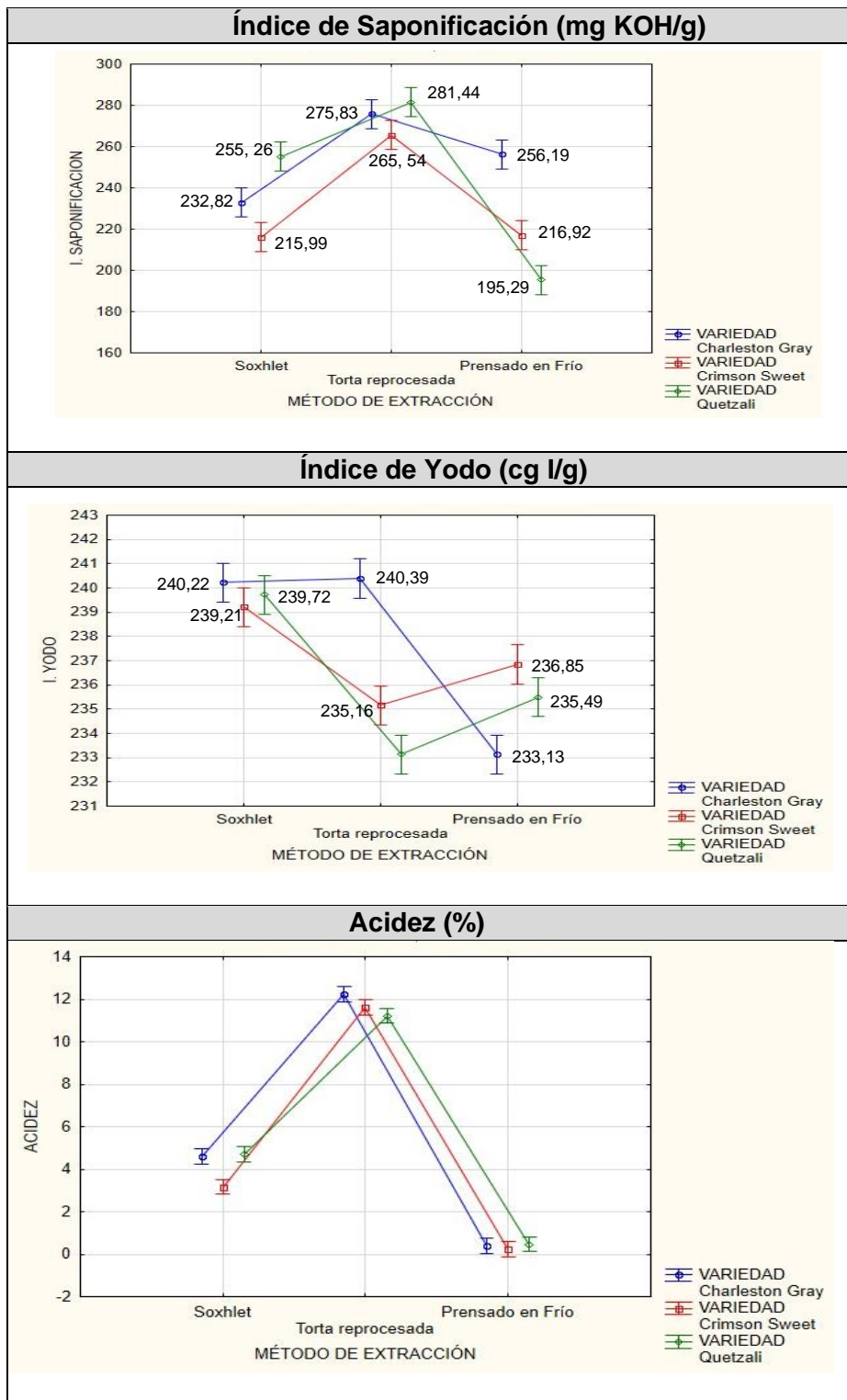
Prueba de Significancia de las Características Químicas del Aceite Crudo de Sandía

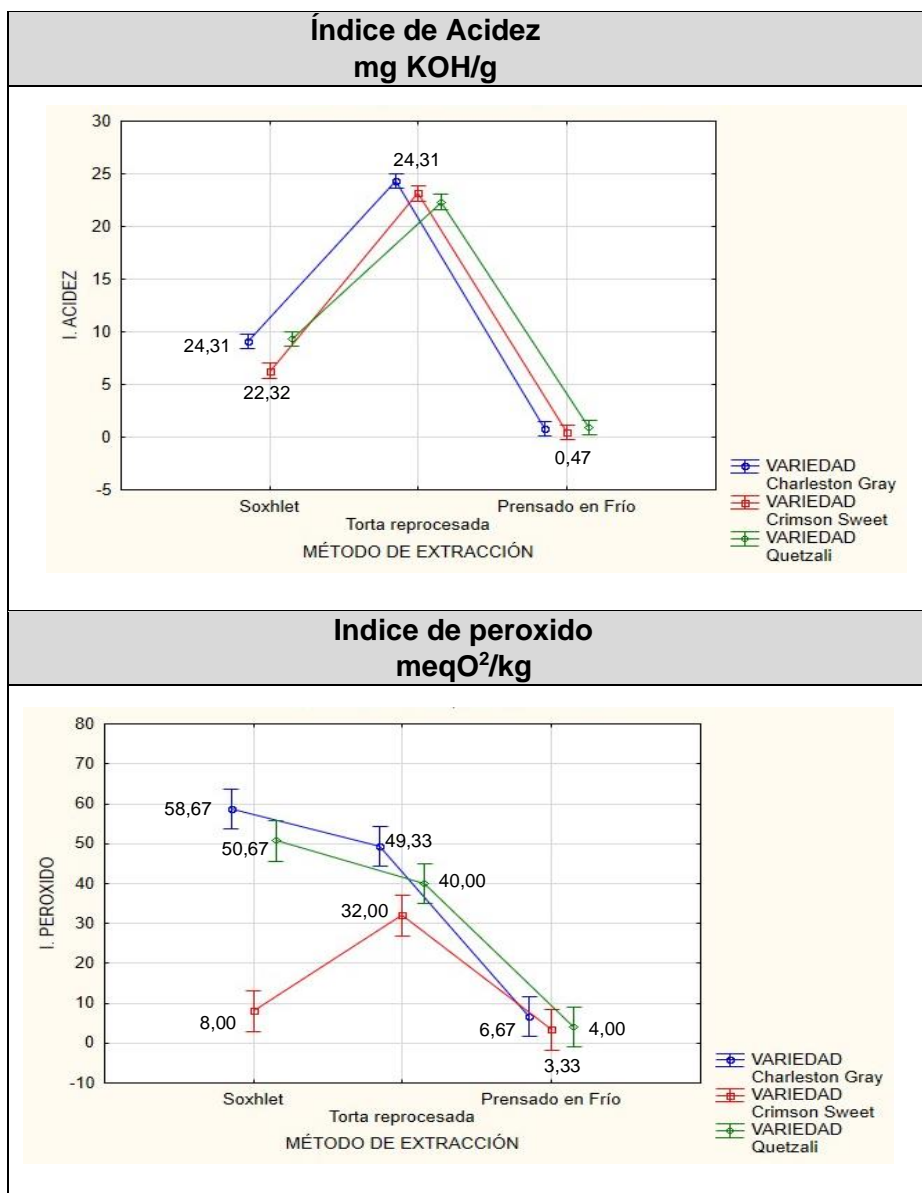
Interacción	Factor A (Método de Extracción)	Factor B (Variedad)	Índice Saponificación	Índice de Yodo	Porcentaje de Acidez	Índice de Acidez	Índice peróxido
a_1b_1	Soxhlet	Charleston Gray	232,82 ^a	240,22 ^a	4,58 ^a	9,12 ^a	58,67 ^a
a_1b_2	Soxhlet	Crimson Sweet	215,99 ^b	239,21 ^a	3,17 ^b	6,31 ^b	8,00 ^b
a_1b_3	Soxhlet	Quetzali	255,26 ^c	239,72 ^a	4,70 ^a	9,35 ^a	50,67 ^{ac}
a_2b_1	Torta reprocesada	Charleston Gray	275,83 ^d	240,39 ^a	12,22 ^c	24,31 ^c	49,33 ^{ac}
a_2b_2	Torta reprocesada	Crimson Sweet	265,54 ^{cd}	235,16 ^b	11,63 ^{cd}	23,14 ^{cd}	32,00 ^c
a_2b_3	Torta reprocesada	Quetzali	281,44 ^d	233,13 ^c	11,22 ^d	22,32 ^d	40,00 ^{cd}
a_3b_1	Prensado en Frío	Charleston Gray	256,19 ^c	233,13 ^c	0,41 ^e	0,82 ^e	6,67 ^b
a_3b_2	Prensado en Frío	Crimson Sweet	216,92 ^{ab}	236,85 ^b	0,24 ^e	0,47 ^e	3,33 ^b
a_3b_3	Prensado en Frío	Quetzali	195,29 ^e	235,49 ^b	0,47 ^e	0,93 ^e	4,00 ^b

En la tabla 37 se observa los resultados obtenidos de las variables de las pruebas químicas del aceite de sandía que tuvieron diferencia significativa de a interacción de métodos de extracción con las variedades.

Figura 13

Prueba de Significancia de las Características Químicas del Aceite de Sandía de la Interacción A*B





Respecto a los resultados de la prueba de tukey en la figura 13 se observa que los valores más altos del índice de saponificación presentaron las interacciones del método torta reprocessada con las variedades Crimson Sweet 265,54 (mg KOH/g), Charleston Gray 275,83 (mg KOH/g) y Quetzali 281,44 (mg KOH/g), obteniendo con esta última variedad el mayor índice, pero con el método de extracción prensado en frío mostró tener el índice de saponificación más bajo 195,29 (mg KOH/g).

En el índice de yodo la variedad Charleston Gray presentó los valores más altos con el método de torta reprocesada 240,39 (cg I/g) y con el método de Soxhlet 240,22 (cg I/g), mientras que con el Prensado en Frío se obtuvo el índice más bajo 233,13 (cg I/g), las demás interacciones mostraron valores iguales estadísticamente.

Tanto para el porcentaje de Acidez como para el índice de acidez los valores más bajos se obtuvieron con la interacción del método de extracción prensado en frío con las variedades Quetzali 0,47% y 0,93 (mg KOH/g), Charleston Gray 0,41% y 0,82 (mg/g) y Crimson Sweet 0,24% y 0,47 (mg KHO/g), siendo iguales estadísticamente, considerando que con esta última variedad también se presentaron valores bajos con el método de soxhlet 3,17% y 6,31 (mg KOH/g), mientras que los porcentajes e índices más altos se mostraron con la torta reprocesada con la variedad Charleston Gray 12,22% y 24,31 (mg KOH/g).

En el índice de peróxido los valores más bajos fueron con el Prensado en frío sobresaliendo la interacción con la variedad Crimson Sweet 3,33 (meqO²/kg), considerando que esta variedad con el método de Soxhlet también presentó un índice de peróxido bajo 8,00 (meqO²/kg), mientras que la variedad Charleston Gray mostró valores altos con el método de Soxhlet 58,67 (meqO²/kg) y torta reprocesada 49,33 (meqO²/kg).

Prueba de significancia de Tukey para la Interacción A*B (Método de extracción*Variedad) del análisis microbiológico del aceite de sandía

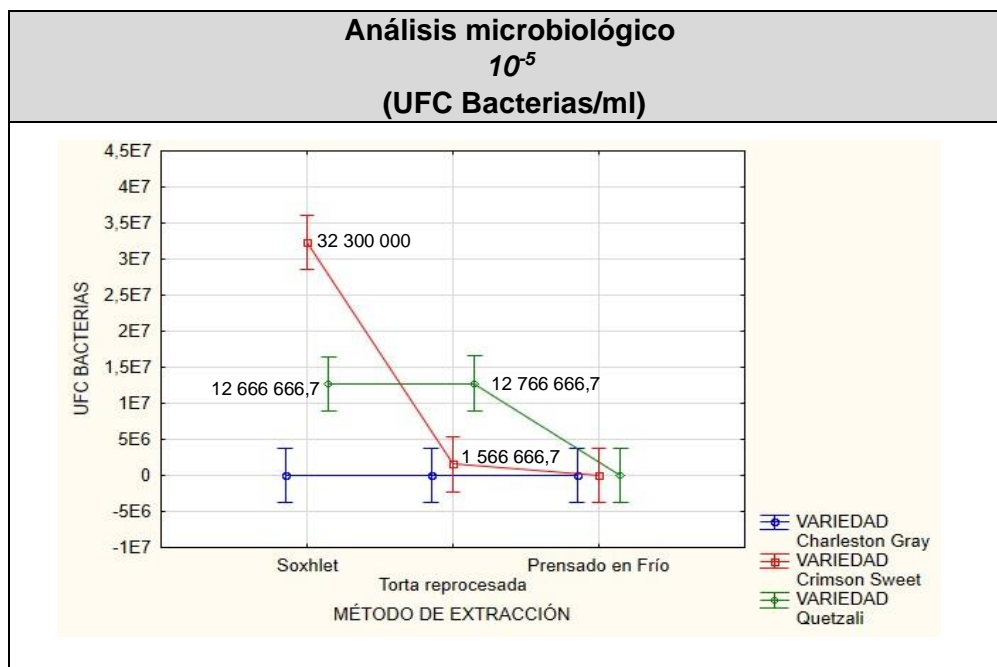
Tabla 38

Prueba de Significancia de las UFC de Bacterias/ml en el Aceite Crudo de Sandía

Interacción	Método de Extracción	Variedad	10⁻⁵ (UFC de bacterias/ml)
a_1b_1	Soxhlet	Charleston Gray	2,8E-09 ^a
a_1b_2	Soxhlet	Crimson Sweet	32300000,0 ^b
a_1b_3	Soxhlet	Quetzali	12666666,67 ^c
a_2b_1	Torta reprocesada	Charleston Gray	9,3E-10 ^a
a_2b_2	Torta reprocesada	Crimson Sweet	1566666,67 ^a
a_2b_3	Torta reprocesada	Quetzali	12766666,67 ^c
a_3b_1	Prensado en Frío	Charleston Gray	-9,3E-10 ^a
a_3b_2	Prensado en Frío	Crimson Sweet	0,00 ^a
a_3b_3	Prensado en Frío	Quetzali	9,3E-10 ^a

Figura 14

Prueba de Significancia de las UFC de Bacterias/ml en el Aceite de Sandía de la Interacción A*B



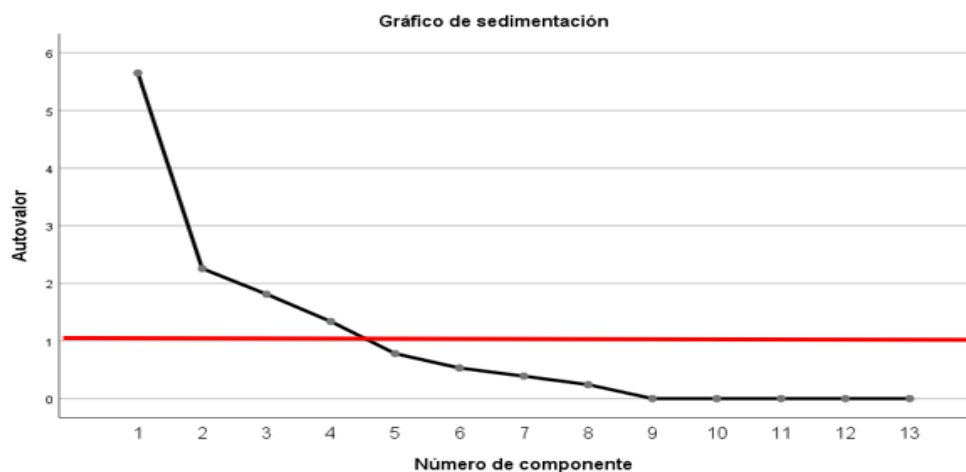
En la figura 14 se observa que en la dilución 10^{-5} la mayor cantidad de UFC de bacterias se presentó por el método de Soxhlet y torta reprocessada al interactuar con la variedad Quetzali 12666666,67 UFC/ml, 12766666,67 UFC/ml y con la variedad Crimson Sweet 32300000,0 UFC/ml, 1566666,67 UFC/ml respectivamente, resaltando que el método de Prensado en Frío con las tres variedades no tuvieron presencia de UFC de bacterias, al igual que la variedad Charleston Gray la cual no mostró UFC con ninguno de los métodos de extracción.

Tabla 39

Matriz de Correlación de los Componentes Principales

Matriz de correlaciones

	Rendimiento	pH	Densidad	% Humedad	Absorbancia	% Ceniza	I. Saponificación	I. Yodo	Acidez	I. Acidez	I. Peróxido	Cont. Cianuro	Cont. Microbiológico
Rendimiento		0,564	,031	0,121	0,187	,311	,244	,482	,539	,539	,633	,311	,574
pH	0,564		,396	,302	,836	0,327	0,203	0,386	0,685	0,684	0,579	0,135	,071
Densidad	,031	,396		,355	,449	0,62	0,45	,22	0,616	0,616	0,23	0,17	,404
% Humedad	0,121	,302	,355		,123	0,369	0,565	,117	0,568	0,569	0,62	0,45	,389
Absorbancia	0,187	,836	,449	,123		0,459	0,02	0,24	0,44	0,44	0,268	,279	,107
% Ceniza	,311	0,327	0,62	0,369	0,459		,532	0,009	,576	,576	,472	0,15	,171
I. Saponificación	,244	0,203	0,45	0,565	0,02	,532		0,16	,793	,793	,601	,331	0,093
I. Yodo	,482	0,386	,22	,117	0,24	0,009	0,16		,061	,061	,481	,245	,198
Acidez	,539	0,685	0,616	0,568	0,44	,576	,793	,061			,655	,465	,007
I. Acidez	,539	0,684	0,616	0,569	0,44	,576	,793	,061			,655	,465	,007
I. Peróxido	,633	0,579	0,23	0,62	0,268	,472	,601	,481	,655	,655		,337	0,102
Cont. Cianuro	,311	0,135	0,17	0,45	,279	0,15	,331	,245	,465	,465	,337		0,074
Cont. Microbiológico	,574	,071	,404	,389	,107	,171	0,093	,198	,007	,007	0,102	0,074	

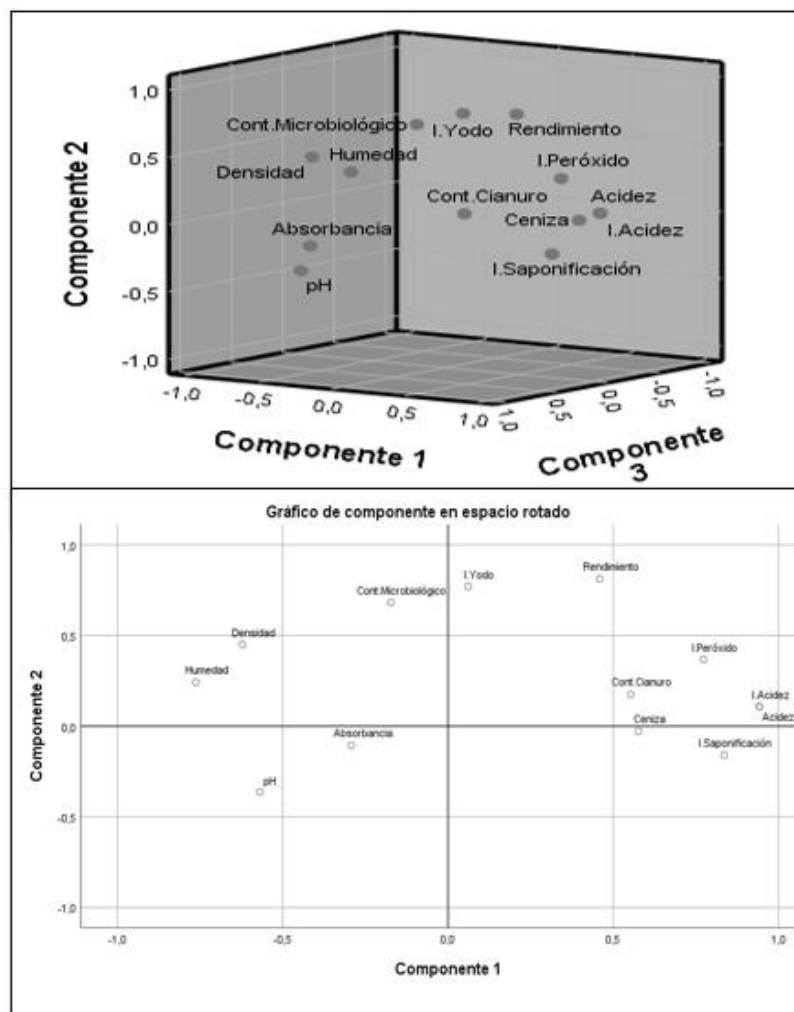
Figura 15*Gráfico de Sedimentación*

La figura 15 indica las 13 variables en estudio, permitiendo seleccionar las variables con autovalores mayores a 1, en este caso el rendimiento, pH, densidad y humedad, son las que explican la mayor parte de la variabilidad total con porcentajes de varianza de 43,47 %, 17,36%, 13,94% y 10,19% respectivamente, mientras que las demás variables presentaron porcentajes menores a 1.

Componente en espacio rotado

Figura 16

Componente en Espacio Rotado

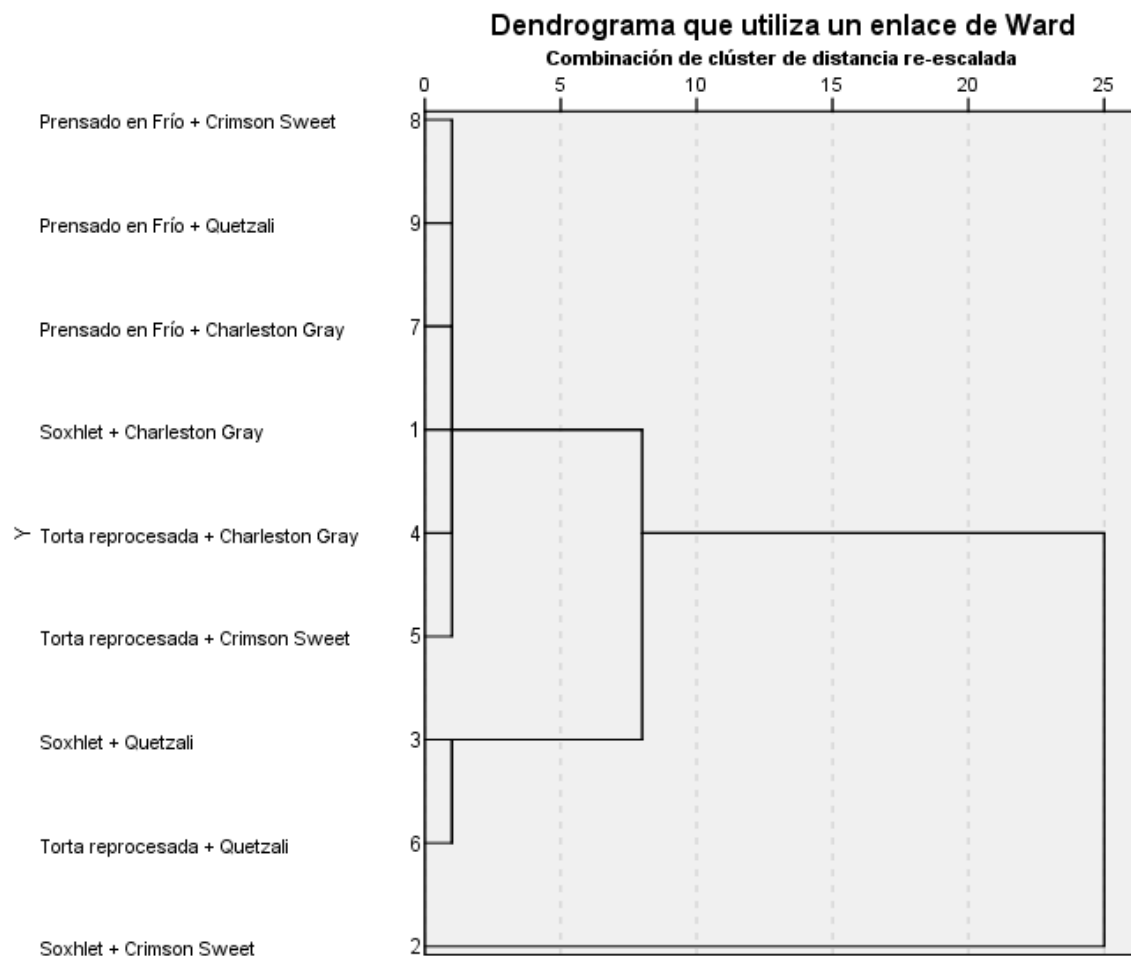


La figura 16 indica las variables que abarca cada componente, siendo el porcentaje de acidez con el índice de acidez la única correlación, señalando que cuando hay un mayor porcentaje de acidez el índice de acidez también será mayor, sin embargo, en el modelo en 2D de la parte inferior al observar el distanciamiento existente con las demás variables se determina que dentro del espacio rotado no existe una correlación acentuada.

Resultado de Análisis de Conglomerados

Figura 17

Dendrograma para los Factores en Estudio

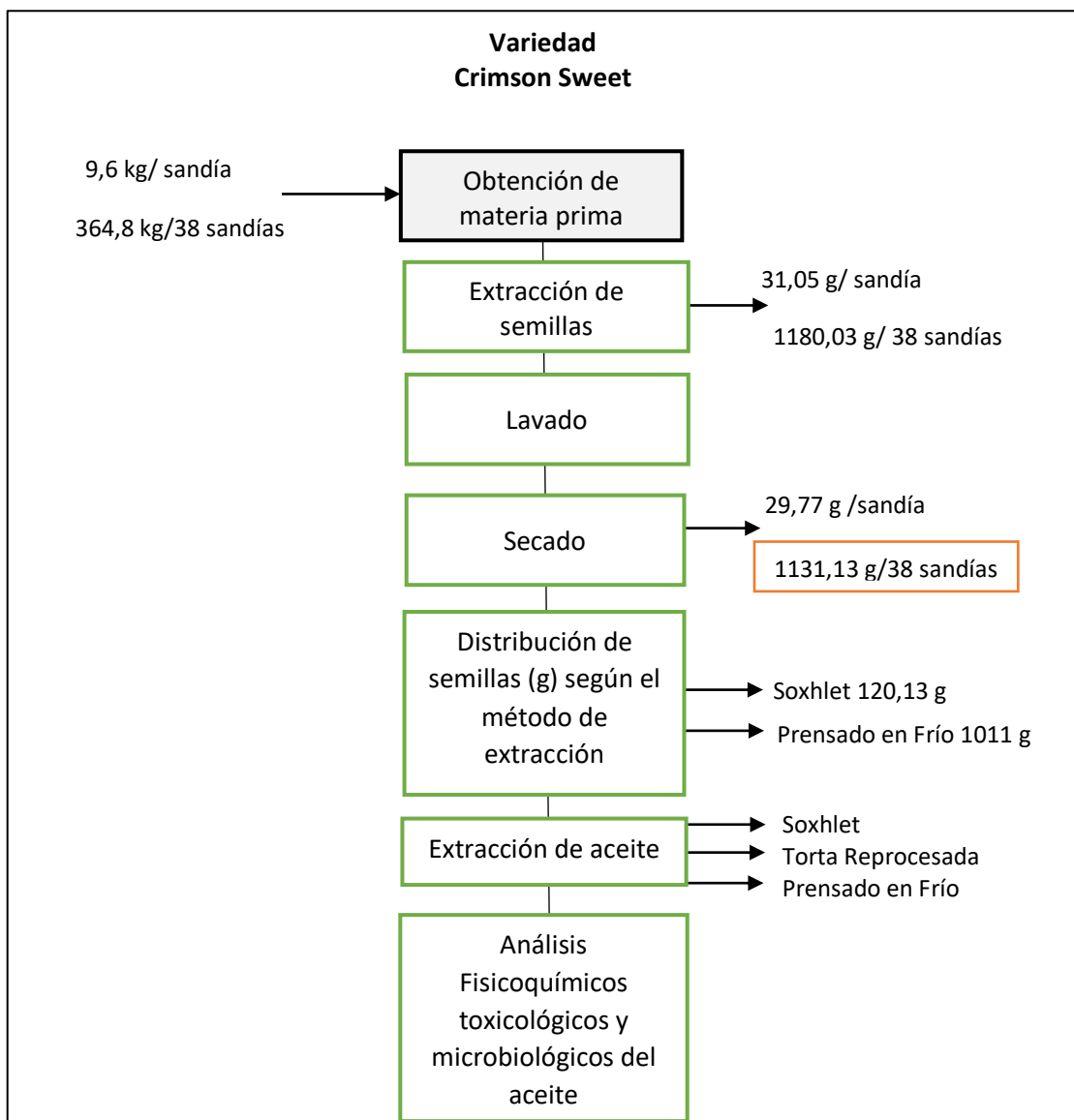


La figura 17 representa al dendrograma del resultado del análisis de conglomerados, el cual expresa que a menor distancia entre tratamientos hay mayor similitud en las variables.

Balance de materiales

Figura 18

Diagrama de Flujo de la Obtención del Aceite de Sandía



**Rendimiento del Aceite de Sandía de la Variedad Crimson Sweet por los tres
Métodos de Extracción**

Figura 19

*Diagrama de Flujo del Rendimiento de la Variedad Crimson Sweet por el Método
de Soxhlet*

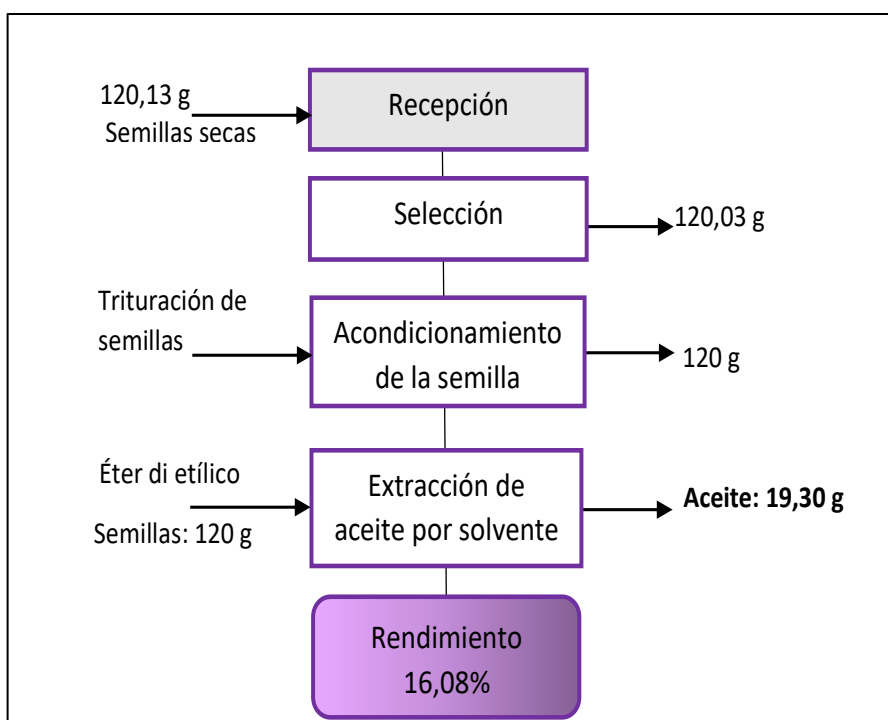


Figura 21

Diagrama de Flujo del Rendimiento de la Variedad Crimson Sweet por el Método de Prensado en Frío

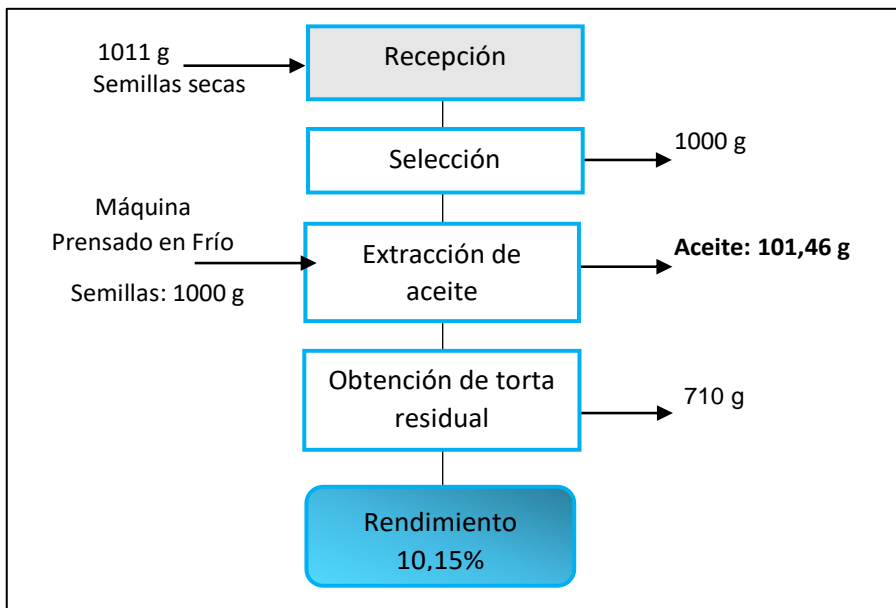
**Figura 20**

Diagrama de Flujo del Rendimiento de la Variedad Crimson Sweet por el Método de Torta Reprocesada

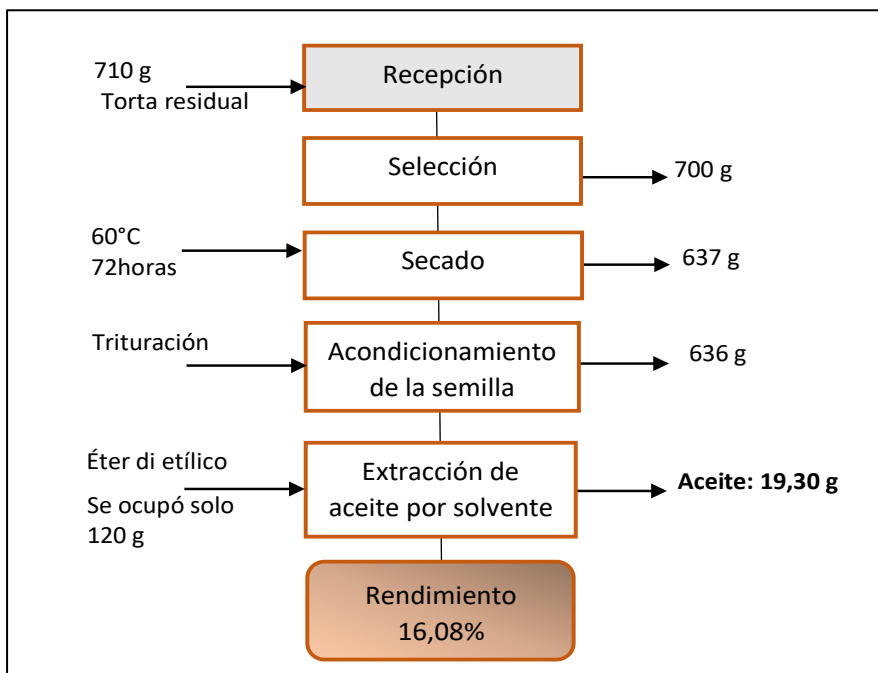


Tabla 40*Balance de Materiales Agronómicos*

Balance de Materiales Agronómicos			
Procesamiento	Soxhlet	Torta Reprocesada	Prensado en Frío
Recepción, selección	120,03 g = 100%	193 g = 100%	1000 g = 100%
Pulverización	120 g = 99,98%	183= 94,82%	-
Secado a 60°C/72 horas	-	120 g= 62,18%	-
Extracción de aceite	19,30 g = 16,08%	15,63 g = 13,03%	101,46 g =10,15%

La tabla 40 representa el comportamiento de la variedad Crimson Sweet con los diferentes métodos de extracción, demostrando que el mayor rendimiento fue obtenido con el método de Soxhlet con el 16,08%, mientras que el prensado en frío presentó el menor porcentaje con 10,15%, al extraer aceite a partir de la torta residual de este último método mencionado, adicionando haber obviado el proceso de pulverización o trituración de la semilla refleja claramente un bajo aprovechamiento del aceite que contiene la semilla de sandía.

Propiedades analizadas para el aceite de la variedad Crimson Sweet en los tres métodos de extracción.

Tabla 41

Comparación de Parámetros Entre los Tratamientos Representativos

Variables	Métodos de Extracción			Codex Alimentarius
	Soxhlet	Torta Reprocesada	Prensado en Frío	
Ceniza (%)	0,31	1,77	0,04	5
Humedad (%)	0,05	0,02	0,05	0,2
Acidez (mg KOH/g)	6,31	23,14	0,47	4,00
Peróxido (meq O ² /kg)	8,00	32,00	3,33	15,00
Yodo (cg l/g)	239,21	235,16	236,85	75-94
Saponificación (mg/KOH/g)	215,99	265,54	216,92	184-196

En la tabla 41 se observa una comparación de los parámetros más significativos del aceite de la variedad Crimson Sweet en los tres métodos de extracción frente a los valores establecidos por el Codex Alimentarius, determinando que con el método prensado en Frío el aceite presenta valores sobresalientes en cada una de las variables, manteniendo porcentajes bajos en ceniza, humedad, acidez y peróxido siendo un indicativo de mayor calidad del aceite y al sobrepasar los niveles de índice de yodo y de saponificación se estima una gran cantidad de ácidos grasos de cadenas cortas.

Concentraciones de distintos tipos de grasas en el aceite Prensado en Frío de la variedad Crimson Sweet

Tabla 42

Perfil Lipídico del Aceite Prensado en Frío de la Variedad Crimson Sweet

Parámetro	Compuesto	Unidad	Contenido
Ácidos Grasos	Ácido Palmítico (C16:0)	%	9,66
Saturados	Ácido Esteárico (C18:0)	%	2,63
Ácidos Grasos Insaturados	Ácido Oleico (C18:1n9cis)	%	9,97
Ácidos Grasos Poliinsaturados	Ácido Linoleico (C18:2n6cis) (Omega 6)	%	77,50
	Ácido Linolénico (C18:3n3) (Omega 3)	%	0,24
	Saturados	%	12,29
Ácidos Grasos	Monoinsaturados	%	9,97
	Poliinsaturados	%	77,74

La tabla 42 representa los resultados obtenidos del análisis del perfil lipídico, determinando que el aceite de semilla de sandía se encuentra compuesto principalmente por ácidos grasos cis insaturados, destacando el mayor porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados con el 77,74% de lo cual el ácido linoleico (C18:2n6cis) (Omega 6) representa el 77,50%, concordando con (Begambre, 2020) quien menciona que el aceite de sandía contiene mayor porcentaje de este ácido graso considerado esencial debido al requerimiento en la dieta alimenticia ya que nos son sintetizados por el cuerpo.

Capítulo V

Discusión

Factor A (Método de extracción)

En relación a los métodos de extracción aplicados, el mayor rendimiento fue del 16,29% con el método de Soxhlet, siendo un porcentaje bajo frente a los resultados de **(Moaddabdoost & Safe, 2010)** quienes obtuvieron el 50% del rendimiento, lo que es un dato significativamente mayor a los datos actuales, mientras que **(Ouassor, Aqil, Belmaghraoui , & El Hajjaji, 2020)** al extraer aceite por Soxhlet y Prensado en frío obtuvieron un rendimiento de 33% y 10,6% respectivamente, lo cual determinan **(Raziq, Anwar, Mahmood, Shahid, & Nadeem, 2012)** que el porcentaje del rendimiento varía por las diferentes condiciones agroclimáticas empleadas en el cultivo, incluyendo la relación disolvente/grano y demás factores durante la extracción. Mientras tanto el menor rendimiento se obtuvo con el prensado en frío llegando a un 9,66%, lo cual concuerda con los autores citados anteriormente quienes mencionan que, a comparación de otros métodos la extracción de aceite con el prensado en frío se obtiene un bajo rendimiento, comprobando que este método no permite aprovechar al máximo la cantidad de aceite de la semilla con una sola extracción, lo cual fue reflejado al extraer aceite a partir de la torta residual por el método de soxhlet de la cual se obtuvo el 14,09% de rendimiento, además del proceso de pulverización realizada en la semilla en el primer y último método de extracción mencionado, influyendo en el rendimiento, ya que como indica **(Londoño, Valera, Silva, & Pitre, 2014)** que al moler la semilla las porciones solubles tienen mejor accesibilidad al disolvente permitiendo obtener mejor rendimiento.

(Márquez, 2014) menciona que el contenido de cenizas detecta los minerales constituyentes y posibles contaminaciones metálicas en el aceite, esto puede suceder en el proceso, por los metales de la maquinaria utilizada para la extracción, señalando que el porcentaje de ceniza en los aceites varía de 0 – 4,09%, en los resultados obtenidos el método de prensado en frío presentó 0,03% de ceniza y mayor porcentaje en la torta reprocessada 0,99% seguida por el método de Soxhlet 0,71% con ello se considera un alto porcentaje de pureza en el aceite.

(Rivera, Rivera, & Rizo, 2015) indican que la humedad presente en los aceites interfiere en la estabilidad, al favorecer en la hidrólisis, la cual genera una reacción inversa a la formación de las grasas, descomponiendo nuevamente ácidos grasos y glicerol. El mayor porcentaje de humedad fue 0,033% con el método prensado en frío y 0,021% con Soxhlet, siendo un valor bastante aceptable frente al porcentaje máximo establecido por **(NTE INEN 2688, 2014)** de 0,2%.

Según lo mencionado por **(Bombón, 2021)** la densidad de los aceites se encuentra entre 0,9 a 0,93 g/cm³ a 25°C, disminuyendo al aumentar la temperatura. La densidad del aceite obtenido por los tres métodos tuvo poca variabilidad conservando un rango no mayor a 0,92 g/cm³ y el 0% de impurezas, lo cual repercute con lo señalado por **(Begambre, 2020)** que la densidad define si el aceite es puro y fresco e identifica la presencia de contaminantes disueltos.

Las mejores características químicas del aceite se obtuvieron con el método de prensado en frío sobresaliendo con el índice de peróxido de 4,67 meqO²/kg siendo este valor el más bajo, en comparación con el método de Soxhlet el cual excedió con el 39,11 meqO²/kg, considerando por el Codex Alimentarius que establece que el índice

de peróxido en aceites prensados en frío son aceptables hasta 15 meqO²/kg (FAO, 1999), de igual manera en el porcentaje e índice de acidez fue menor con el método de prensado en frío con 0,37% y 0,74 mg KOH /g.

Por otro lado, tanto para el índice de saponificación como para el índice de yodo se obtuvieron altos valores con los tres métodos de extracción, siendo 222,80 mg KOH/g y 235,16 cg I /g los más bajos con el prensado en frío, mientras que los índices más altos fueron con método Soxhlet con 239,72 cg I/g y la torta reprocesada que tuvo 274,27 mg KOH/g en el índice de saponificación.

Según lo mencionado por **(Begambre, 2020)** el Prensado en frío al no usar sustancias químicas en el proceso se obtiene un aceite completamente natural, de buena calidad y apto para el consumo. En cambio, el aceite obtenido a partir de la torta reprocesada y por Soxhlet fue perdiendo la calidad al tener los valores más altos en el índice de peróxido, porcentaje e índice de acidez.

El contenido del cianuro fue mayor con la torta reprocesada y Soxhlet con 0,12 ppm y 0,11 ppm respectivamente, mientras que con el prensado en Frío se obtuvo 0,09 ppm, siendo este último, el método que se usó las semillas enteras, a diferencia de **(Macas, 2021)** quien encontró menor cantidad de cianuro al triturar la semilla.

Con el análisis microbiológico se determinó la inocuidad del aceite obtenido con el método de Prensado en Frío al no presentar UFC ni de hongos ni de bacterias, mientras que con la torta reprocesada y Soxhlet se encontraron $4,78 \times 10^6$ UFC/ml y $1,5 \times 10^7$ UFC de bacterias/ml, donde posiblemente intervino la presencia de bacterias en el equipo y sus implementos que fueron utilizados para varios fines.

Factor B (Variedad)

La densidad del aceite según la variedad utilizada fue ligeramente menor con la Crimson Sweet con $0,919 \text{ g/cm}^3$, pero tuvo el mayor porcentaje en humedad con $0,0389\%$, mientras que la variedad Charleston Gray obtuvo los menores porcentajes con $0,0231\%$ y en ceniza con $0,19\%$, en cambio la variedad Quetzali presentó el $0,84\%$ de ceniza y el menor pH de $3,67$. Según **(Rivera, Rivera, & Rizo, 2015)** la humedad en aceites es uno de los factores que influye en la alteración de las características fisicoquímicas y sensoriales, de tal manera el porcentaje no debe superar al $0,2\%$.

(Márquez, 2014) menciona que las cenizas representan la cantidad de minerales en los alimentos, al ser los componentes que no son oxidados en el organismo para producir energía, se considera que el porcentaje aceptable debe ser menor al 5% de la materia seca de los alimentos.

En las pruebas químicas la variedad Crimson Sweet presentó los valores más bajos en el índice de peróxido $14,44 \text{ meqO}^2/\text{kg}$ y en el porcentaje e índice de acidez con $5,01\%$ y $9,97 \text{ mg KOH/g}$ respectivamente, mientras que en el índice de saponificación fue la variedad con el menor valor con $232,82 \text{ mg KOH/g}$.

Según **(Pantoja, Hurtado, & Martinez, 2017)** relacionan que, cuando el índice de peróxido es menor, el grado de rancidez es menor y la calidad del aceite es mayor, el Codex Alimentarius establece que el índice de peróxido permitido es hasta $15 \text{ meqO}^2/\text{kg}$, por lo tanto, se considera que la variedad Crimson Sweet cumple con el parámetro requerido.

Tanto el índice de yodo como el contenido de cianuro demostraron relación en los resultados, obteniendo los valores más altos con la variedad Charleston Gray con

237,91 cg l/g y 0,13 ppm y menor con la variedad Quetzali con 236,11 cg l/g y 0,08 ppm.

La cantidad de UFC de bacterias/ ml a una dilución de 10^{-5} fue mayor con la variedad Crimson Sweet, mientras que la Charleston Gray no hubo presencia de UFC bacterianas/ ml, en lo cual se estima que el manejo poscosecha del cultivo de cada variedad pudo haber sido el factor de influencia.

Interacción A*B (Método de extracción * Variedad)

En el porcentaje del rendimiento tuvo mayor influencia el método de extracción que la variedad utilizada, siendo mayor con el método de Soxhlet, sin embargo, la variedad Crimson Sweet obtuvo mayor rendimiento con los tres métodos, 16,07% con Soxhlet (T2) y 10,17% con el prensado en frío (T8), de igual manera a partir de la torta residual (T5) de esta variedad se logró el 13,03% de rendimiento de aceite, teniendo porcentajes similares con la variedad Quetzali la cual con el prensado en frío (T9) tuvo el 10,16% y con la torta reprocesada (T6) llegó al 15,68%, afirmando lo señalado por **(FAO & OMS, 1993)** que el aprovechamiento a partir de la torta producto del residuo del prensado en frío al ser llevada a una posterior extracción de las grasas residuales con disolventes como el hexano de uso alimentario. El aceite puede extraerse directamente con disolventes de los productos con bajo contenido de aceite. La variedad Charleston Gray obtuvo el menor rendimiento con el Prensado en Frío (T7) 8,65% Y 13,56% de la torta reprocesada (T4) (**Moaddabdoost & Safe, 2010**) menciona que el contenido de aceite de las semillas de sandía se encuentra en el rango de 10-35%, siendo una fuente de ácidos grasos esenciales, carotenoides, tiamina, flavonoides, riboflavina y demás

sustancias fenólicas, cuyas cantidades pueden variar según la variedad y el método de extracción.

Para las pruebas físicas los resultados obtenidos indican que todos los tratamientos se encuentran dentro de los rangos admisibles en los aceites, sin presentar porcentajes de impurezas, siendo totalmente solubles en los disolventes orgánicos empleados y teñidos color rojo anaranjado como reacción al reactivo Sudán III el cual al ser lipofílico es empleado para detectar grasas. No obstante los porcentajes más bajos se presentaron en prensado en frío con la variedad Quetzali (T9) 0,01%, Charleston Gray (T7) 0,03% y 0,04% con Crimson Sweet (T8), mientras que esta última variedad en torta reprocesada (T5) obtuvo el valor más alto 1,77%, sin embargo los porcentajes no dejan de ser inferiores al 5% determinado por (Márquez, 2014), de igual manera en la humedad de los aceites no se presentaron valores cercanos al 2% que es el rango máximo de humedad aceptable en los aceites. Sin embargo, la variedad Crimson Sweet tuvo mayores porcentajes de humedad 0,0503% en Prensado en frío (T8), 0,0450% en Soxhlet y 0,0213% en torta reprocesada. No se presentó porcentajes de impurezas en ninguno de los tratamientos

En el valor más bajo en el índice de saponificación fue con el T9 (Prensado en Frío + Quetzali), (**Begambre, 2020**) indica que el índice de saponificación es una de las características más importantes en el aceite de sandía, el mismo que permite determinar el tamaño de las cadenas de ácidos grasos presentes en el aceite, cuanto menor es el valor de saponificación la longitud de la cadena será mayor y viceversa.

En el índice de yodo, el porcentaje e índice de acidez y en el índice de peróxido las pruebas químicas físicas la variedad Crimson Sweet los mejores valores con los tres

métodos de extracción, sin embargo, los resultados que más destacaron fueron al extraer el aceite con el prensado en frío, de lo cual con la variedad Crimson Sweet (T8) se obtuvo 236,85 cg l/g, 0,24%, 0,47 mg KOH/g y 3,33 meqO²/kg, seguido por la variedad Quetzali (T9) con 235,49 cg l/g y 4 meqO²/kg pero con 0,47% y 0,93 mg KOH/g de acidez y con la variedad Charleston Gray (T7) se consiguieron valores de 233,13 cg l/g, 0,41%, 0,82 mg KOH/g y 6,67 meqO²/kg.

Según **(Díaz & Guerrero, 2018)** el índice de acidez es una medida del contenido de ácidos grasos libres que determina el grado de descomposición del aceite, mientras menor sea, el contenido la calidad del aceite es mayor, por otro lado **(Begambre, 2020)** señala que el índice de yodo indica la cantidad de insaturación en los ácidos grasos que se encuentran presentes en la muestra, a su vez clasificando a qué tipo de aceite pertenece según el índice de yodo, ya sean aceites saturados cuando el índice de yodo es de 5 a 50, monoinsaturados de 50 a 100, biinsaturados de 100 a 150 y triinsaturados cuando el índice de yodo es mayor a 150. Con los datos recopilados por **(Lafont, Páez, & Portacio, 2011)** del Codex Alimentarius que establece para la acidez no debe sobrepasar los 4 mg KOH/g y para el índice de yodo el rango es de 75 – 94 cg l/g, lo cual constata que el T7 (Prensado en Frío + Charleston Gray) T8 (Prensado en Frío + Crimson Sweet) y T9 (Prensado en Frío + Quetzali) se encuentran dentro de los rangos.

Capítulo VI

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Factor A (Método de extracción)

El rendimiento del aceite fue mayor con el método de Soxhlet, alcanzando el 16,29 %, en comparación con la torta reprocesada de la cual se obtuvo el 14,09% y 9,66% con el método Prensado en Frío.

El valor más bajo de pH, densidad, humedad y absorbancia fue con el aceite extraído de la torta reprocesada con 3,45, 0,9181 g/cm³, 0,021% y 0,090 nm, mientras que el prensado en frío mostró el menor porcentaje en ceniza con 0,033% con el cual se considera un aceite con alto porcentaje de pureza.

El índice de saponificación y el índice de yodo con los tres métodos de extracción superó los valores de 196 mg KOH/g y 94 cg I/g establecidos por el Codex Alimentarius, obteniendo los valores menores con el Prensado en Frío con 222,80 mg KOH/g y 235,16 cg I/g, lo cual refleja la gran cantidad de insaturación en los ácidos grasos presentes en el aceite indicando ser de bajo peso molecular. A su vez el índice de acidez y de peróxido fue menor con el prensado en frío con 0,74 mg KOH/g y 4,67 meqO²/kg.

La cantidad de cianuro fue mayor en la torta reprocesada con 0,12 ppm y menor con el Prensado en Frío con 0,09 ppm, indicando mayor presencia de cianuro en los métodos que interviene la temperatura, además de la presencia de UFC de bacterias/ml en una disolución de 10⁻⁵ únicamente con la torta reprocesada y Soxhlet con 1,5x10⁷ y 4,78x10⁶ respectivamente.

Factor B (Variedad)

Las características fisicoquímicas tuvieron diferencias significativas en las tres variedades estudiadas, los valores más bajos en pH, porcentaje de humedad y absorbancia fue con la variedad Quetzali con 3,67, 0,0228% y 0,09 nm, mientras que con la Crimson Sweet tuvo la menor densidad con 0,919 g/cm³ y el menor porcentaje de ceniza fue con la Charleston Gray con 0,19%.

Tanto para el índice de saponificación, índice de yodo, porcentaje e índice de acidez las tres variedades presentaron resultados similares manteniendo un rango de 232,82-254,95 mg KOH/g, 236,11-237,91 cg I/g, 5,01-5,74%, 9,97-11,41 mg KOH/g, teniendo los valores más altos la variedad Charleston Gray, mientras que para el índice de peróxido se mostró una diferencia significativa con la variedad Crimson Sweet la cual tuvo 14,44 meqO²/kg siendo el parámetro más representativo, se considera a esta variedad como la mejor opción.

El contenido de cianuro fue mayor con la variedad Charleston Gray con 0,13 ppm, y menor en la Quetzali con 0,08 ppm, la misma que junto con la variedad Crimson Sweet con una disolución de 10⁻⁵ presentaron UFC de bacterias/ml 8,48 x 10⁶ y 1,13 x 10⁷ respectivamente, lo que determina influencia en el manejo poscosecha en las diferentes variedades

Interacción A * B (Método de extracción * Variedad)

El mayor porcentaje de rendimiento se obtuvo con el T2 (Soxhlet + Crimson Sweet) con 16,07% y el menor rendimiento 8,65% con el T7 (Prensado en Frío + Charleston Gray).

Todos los tratamientos mostraron excelentes características físicas con densidades de 0,91 - 0,92 g/cm³, porcentajes en ceniza y humedad de 0,01 – 1,77% y 0,02-0,05% y absorbancia de 0,08-0,2 nm.

En base a las pruebas fisicoquímicas los valores óptimos para considerar un aceite apto para el consumo alimentario según los parámetros establecidos por el Codex Alimentarius fue el aceite obtenido de la variedad Crimson Sweet con el prensado en frío (T8) reflejando excelentes características químicas al tener el menor índice de peróxido con 3,33 meqO²/kg, porcentaje de acidez de 0,24%, índice de acidez de 0,47 mg KOH/g y mayor índice de yodo con 236,85 cg I/g e índice de saponificación de 216,92 mg KOH/g, además del alto contenido de ácidos grasos insaturados los cuales regulan los lípidos sanguíneos, determinando que el prensado en frío permite obtener un aceite beneficioso y de calidad con alto potencial para fines comestibles.

Los tratamientos empleados con el prensado en frío T7 (Prensado en Frío + Charleston Gray), T8 (Prensado en Frío + Crimson Sweet) y T9 (Prensado en Frío + Quetzali) mostraron total inocuidad.

Recomendaciones

Se recomienda el método de extracción de Prensado en Frio como una alternativa para garantizar un aceite natural con buena calidad, ya que, al tener ausencia de calor y solventes orgánicos durante el proceso de extracción, permite que el aceite conserve propiedades deseables para fines comestibles, además de los beneficios que aporta al contener un alto porcentaje de ácidos grasos insaturados.

El aceite de semilla de sandía sin influencia de solvente orgánico mostró características fisicoquímicas favorables, logrando un índice de acidez de 9,97 mg KOH/g y de peróxido 14,44 meqO²/kg siendo los parámetros más representativos, para ello se sugiere la variedad Crimson Sweet, considerando previamente una buena selección, lavado, secado, almacenamiento y trituración de la semilla para obtener un mejor porcentaje de rendimiento.

Con la finalidad de conservar las características fisicoquímicas del aceite obtenido es recomendable su almacenamiento en recipientes de vidrios oscuros para evitar que la influencia de la luz deteriore su calidad.

Capítulo VII

Bibliografía

- Alaska s.a. (Febrero de 2019). *Importadora Alaska s.a.* Obtenido de https://www.imporalaska.com/uploads/products/2019/02/ficha_1549256205_1549256208.pdf
- Arias, D. (2014). *UNIVERSIDAD DE CUENCA*. Obtenido de FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5480/1/tag305.pdf>
- Averos, E. (2020). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO*. Obtenido de FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8011/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000071.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Begambre, L. (Diciembre de 2020). *Universidad de Córdoba*. Obtenido de Facultad de Ciencias Básicas: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/3872/Monograf%C3%ADa%20Leidys%20Begambre%20Vergara.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bombón, A. (Marzo de 2021). *Universidad Técnica de Ambato*. Obtenido de Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología : <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/32552/1/BQ%20266.pdf>
- Cedeño, D. (FEBRERO de 2006). *EFFECTO DE NPK Y ENMENDANTES EN LA PRODUCCIÓN DE Citrullus vulgaris EN RÍO VERDE, CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA*. Obtenido de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/959/1/P-SENESCYT-0028.pdf>
- Chemonics International. (Abril de 2019). *Guía para el cultivo de sandía (Citrullus Lanatus)*. Obtenido de PROGRAMA DE DIVERSIFICACION HORTICOLA: <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01CH517s.pdf>
- Cortez, M. (2016). *UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL*. Obtenido de FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL:

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/18191/1/TESIS%20ANDREA%20CORTEZ%20FAJARDO.pdf>

Crawford, H. (2017). *Manual de manejo agronómico para cultivo de sandía*. Obtenido de INIA: <https://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/02%20Manual%20Sandia.pdf>

Cruz, R., & Melendez, C. (Febrero de 2004). *UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR*. Obtenido de "OBTENCION, REFINACION Y CARACTERIZACION DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE *Passiflora edulis flavicarpa* (MARACUYA)": : <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5545/1/10128150.pdf>

Díaz, M., & Guerrero, S. (2018). *Influencia del Índice de Acidez en el Poder Calorífico del Biodiesel, obtenido a partir de aceites reciclados de cocina*. Obtenido de Universidad Nacional del Santa : <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3046/47075.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Durán, S., Torres, J., & Sanhueza, J. (2015). Aceites vegetales de uso frecuente en Sudamérica: características y propiedades. *SciELO*, 11.

EEA/UPR. (Marzo de 2000). *Conjunto Tecnológico para la Producción de Sandía (Publicación 159)*. Obtenido de <https://www.uprm.edu/eea/wp-content/uploads/sites/177/2016/09/2.-SANDIA-CARACTERISTICAS-DE-LA-PLANTA-version-2015.internet-2.pdf>

FAO. (1999). *ALIMENTARIUS, CODEX*. Obtenido de NORMAS INTERNACIONALES DE LOS ALIMENTOS: http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B210-1999%252FCXS_210s.pdf

FAO, & OMS. (1993). Elaboración y refinado de aceites comestibles. En FAO/OMS, *Grasas y aceites en la nutrición humana*. Roma.

INEC. (30 de Septiembre de 2000). *FAO*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Ganadería: http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/ess_test_folder/World_Census_Agriculture/Country_info_2000/Reports_2/ECU_SPA_REP_2000.pdf

- Jordan, V. (2020). *UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR*. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VARELA%20TAPIA%20JORDAN%20FRANCISCO.pdf>
- KMEC. (2012). *Henan Kingman Mechanical & Electrical Complete Plant Co., Ltd.* Obtenido de <http://www.plantasaceiteras.com/plata-de-molienda-de-aceite/prensado-en-frio.html>
- Lafont, J., Páez, M., & Portacio, A. (2011). Extracción y Caracterización Físicoquímica del Aceite de la Semilla (Almendra del Marañón (*Anacardium occidentale* L)). *SciELO*, 22(1), 55.
- Lakshmi, J., & Kaul, P. (2011). Potencial nutricional, bioaccesibilidad de minerales y funcionalidad de semillas de sandía (*Citrullus vulgaris*). *Food Science and Technology*, Volumen 44, 1821-1826.
- Londoño, P., Valera, M., Silva, V., & Pitre, A. (2014). EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE PATILLA (*Citrullus vulgaris*) POR LIXIVIACIÓN. *Avances en Ciencia e Ingeniería- Vol. 5*, 45.
- Macas, M. (4 de Marzo de 2021). *Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*. Obtenido de Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/24110/1/T-ESPESD-003105.pdf>
- Márquez, B. (2014). *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*. Obtenido de Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4188/IAmasibm024.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martín, F. (20 de Septiembre de 2017). *Las sustancias tóxicas están presentes de manera natural en algunos alimentos vegetales*. Obtenido de <https://www.restauracioncolectiva.com/n/las-sustancias-toxicas-presentes-de-manera-natural-en-alimentos-vegetales>
- Mirabal, C., Tovar, A., & Patiño, L. (20 de Julio de 2012). *Universidad Mayor de San Simón*. Obtenido de ACEITE DE OLIVA REFINADO: <https://www.clubensayos.com/Tecnolog%C3%ADa/Platna-De-Oliva/1208958.html>

- Moaddabdoost, Z., & Safe, A. (2010). Characteristics and Composition of watermelon Seed Oil and Solvent Extration Parameters Effects. *Revista de la Sociedad Estadounidense de Químicos del Aceite (JAOCS)*, 667-671.
- Montano, M. (2020). Consecuencias en la salud humana del uso de las tecnologías de producción de aceites vegetales refinados de semillas. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 4.
- NTE INEN 2688. (Abril de 2014). *INEN*. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2688.pdf
- Ouassor, I., Aqil, Y., Belmaghraoui, W., & El Hajjaji, S. (2020). Caracterización de dos variedades de aceite de semillas de sandía marroquíes mediante tres métodos de extracción diferentes. *OCL Sciences*, 8.
- Pantoja, A., Hurtado, M., & Martinez, H. (2017). Caracterización de aceite de semillas de maracuyá (*Passiflora edulis Sims.*) procedentes de residuos agroindustriales obtenidos con CO₂ supercrítico. *SciELO*, 66(2), 178-185.
- Puig, N., & Tagle, J. (2010). *UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL*. Obtenido de INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CITRULLUS VULGARIS (SANDIA): <file:///D:/Usuario/Downloads/1047.pdf>
- Ramsés, L. (Junio de 2010). *Universitat Politècnica de Catalunya*. Obtenido de Estudio de la viscosidad y densidad de diferentes aceites para su uso como biocombustible: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/9403/3.4.%20EI%20aceite%20vegetal.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Raziq, S., Anwar, F., Mahmood, Z., Shahid, S., & Nadeem, R. (2012). Characterization of seed oils from different varieties of watermelon (*Citrullus Lanatus*(Thunb)) From Pakistan. *CSIC - Grasas y Aceites*, 365-367.
- Rivas, K. (2012). *Guía ilustrada de especies agro diversas en el Ecuador*. Cuenca-Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Rivera, C., Rivera, P., & Rizo, M. (Septiembre de 2015). *Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua - LEON*. Obtenido de Departamento de Química: <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/4224/1/229228.pdf>

- Sabahelkhier, M., Ishag, K., & Sabir, A. (2011). Sabahelkhier, MK (2011). Perfil de ácidos grasos, composición de cenizas y características del aceite de semillas de sandía cultivadas en Sudán. *British Journal of Science*, 77-79.
- Solano, D., & Coello, J. (2019). *UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL*. Obtenido de "Elaboración y Análisis proximal de la harina de sandía en 2 variedades diferentes (*Citrullus lanatus*, Charleston Gray y Crimson Sweet)": <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/45437/1/BCIEQ-T-0467%20Solano%20Gonz%C3%A1lez%20Diego%20David%3B%20Coello%20Mor%C3%A1n%20Josu%C3%A9%20David.pdf>
- Tabio, D., Díaz, Y., Rondón, M., Fernández, E., & Piloto, R. (2017). Extracción de aceites de origen vegetal. *ResearchGate*, 7.
- VHA Enemor, CE Oguazu, AU Odiakosa, & SC Okafor. (2019). Evaluation of the Medicinal Properties and Possible Nutrient Composition of *Citrullus lanatus* (Watermelon) Seeds. *Revista de investigación de plantas medicinales*, 130.