



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AGRICOLA MENCION AGROINDUSTRIAL

**ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE
RECUBRIMIENTOS BIODEGRADABLES OBTENIDOS A
PARTIR DE CÁSCARA Y SEMILLA DE SANDÍA (*Citrullus
lanatus*)**

TRABAJO DESCRIPTIVO

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de

INGENIERO AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL

AUTOR
CABEZAS RODRÍGUEZ JOSÉ ALBERTO

TUTOR
Dra. CAROLINA PAZ YEPEZ, M.Sc.

GUAYAQUIL – ECUADOR

2020



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AGRICOLA MENCION AGROINDUSTRIAL

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, PAZ YEPEZ CAROLINA, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RECUBRIMIENTOS BIODEGRADABLES OBTENIDOS A PARTIR DE CÁSCARA Y SEMILLA DE SANDÍA (*Citrullus lanatus*), realizado por el estudiante CABEZAS RODRIGUEZ JOSE ALBERTO; con cédula de identidad N° 0931446173 de la carrera INGENIERIA AGRICOLA MENCION AGROINDUSTRIAL, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Dra. Carolina Paz Yepez, M.Sc.
Docente Tutor

Guayaquil, 9 de noviembre del 2020



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RECUBRIMIENTOS BIODEGRADABLES OBTENIDOS A PARTIR DE CÁSCARA Y SEMILLA DE SANDÍA (*Citrullus lanatus*)”, realizado por el estudiante CABEZAS RODRIGUEZ JOSE ALBERTO, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Dra. Emma Jácome Murillo
PRESIDENTE

Dr. Freddy Arcos Ramos
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Luis Calle Mendoza
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Ana Campuzano Vera
EXAMINADOR SUPLENTE

Ciudad, 9 de noviembre del 2020

Dedicatoria

Primeramente, quiero dedicarle este logro a Dios ya que sin él no hubiera llegado donde estoy.

A mis padres que con sus consejos y regaños hicieron un hombre de bien en mí, mucho de mis logros se los debo a ellos y en especial este. A mis hermanas que sin su ayuda incondicional tampoco lo hubiera logrado.

Y finalmente pero no menos importante a mi tutor Dr. Cesar por brindarme su valiosa colaboración y orientación en el desarrollo de este proyecto.

Agradecimiento

Gracias a Dios por permitirme estudiar y darme unos padres responsables y preocupados por todos sus hijos.

Agradecido con mis padres por el apoyo en cada paso que tomo, por creer en mi

A mis profesores, personas de gran sabiduría por ayudarme a llegar al punto en el que estoy.

Gracias a todos aquellos que siguen estando cerca de mí y a los que ya no están muy cerca, pero sus recuerdos siguen intactos.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo CABEZAS RODRÍGUEZ JOSÉ ALBERTO, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre “ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RECUBRIMIENTOS BIODEGRADABLES OBTENIDOS A PARTIR DE CÁSCARA Y SEMILLA DE SANDÍA (*Citrullus lanatus*)” para optar el título de INGENIERÍA AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 9 de noviembre del 2020

FIRMAR

CABEZAS RODRÍGUEZ JOSÉ ALBERTO
C.I. 0931446173

Índice general

PORTADA	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	3
Dedicatoria	4
Agradecimiento	5
Autorización de Autoría Intelectual	6
Índice general.....	7
Índice de tablas.....	12
Índice de figuras	13
Resumen.....	14
Abstract	15
1. Introducción	17
1.1 Antecedentes del problema	17
1.2 Planteamiento y formulación del problema.....	18
1.2.1 Planteamiento del problema.....	18
1.2.2 Formulación del problema.....	19
1.3 Justificación de la investigación	19
1.4 Delimitación de la investigación	20
1.5 Objetivo general.....	20
1.6 Objetivos específicos.....	21
2. Marco teórico	22
2.1 Estado del arte	22
2.2 Bases teóricas	25
2.2.1 Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>)	25

2.2.2 Clasificación Taxonómica	25
2.2.3 Descripción botánica de la planta	26
2.2.3.1. <i>Planta</i>.....	26
2.2.3.2. <i>Raíz</i>.....	26
2.2.3.3. <i>Tallos</i>	26
2.2.3.4. <i>Fruto</i>	26
2.2.3.5. <i>Semillas</i>.....	27
2.2.4 Harinas	27
2.2.5 Características de la sandía	28
2.2.6 Clasificación	28
2.2.6.1. <i>Fuertes o duras</i>	28
2.2.6.2. <i>Suaves o Blandas</i>	29
2.2.6.3. <i>Integrales</i>	29
2.2.7 Tipos de Harina	29
2.2.7.1. <i>Harina enriquecida</i>	29
2.2.7.2. <i>Harina acondicionada</i>	29
2.2.7.3. <i>Harina mezclada</i>.....	30
2.2.7.4. <i>Harina integral</i>.....	30
2.2.7.5. <i>Harinas envasadas</i>	30
2.2.8 Obtención de la harina	31
2.2.9 Obtención de harinas a partir de futas	31
2.2.10 Usos de la harina	31
2.2.11 Estudio de harina de sandía.....	32
2.2.12 Aceites esenciales.....	32
2.2.12.1. <i>Definición de los aceites</i>.....	32

2.2.12.2. Clasificación.....	33
2.2.12.3. Extracción.....	33
2.2.12.4. Destilación por arrastre.....	33
2.2.12.5. Extracción por solventes.....	34
2.2.12.6. Método de enflorado o enfleurage	34
2.2.12.7. Extracción por fluidos supercríticos	34
2.2.12.8. Extracción Soxhlet	35
2.2.13 Recubrimientos comestibles	35
2.2.13.1. Composición del recubrimiento	36
2.2.13.2. Tipos de recubrimientos comestibles	36
2.2.13.3. Propiedades que presentan los recubrimientos comestibles.....	37
2.2.14 Ensayo de calorimetría diferencial de barrido.....	38
2.2.15 Propiedades mecánicas de los materiales.....	38
2.3 Marco legal	39
3. Materiales y métodos.....	42
3.1 Enfoque de la investigación.....	42
3.1.1 Tipo de investigación	42
3.1.2 Diseño de investigación.....	42
3.2.1 Variables	42
3.2.1.1. Variable independiente	42
3.2.1.2. Variable dependiente.....	42
3.2.2 Tratamientos.....	42
3.1.2 Diseño experimental	43
3.1.3 Recolección de datos	43
3.2.3.1. Recursos.....	43

3.2.4.2. Métodos y técnicas.....	45
3.2.4.2.1. Diagrama de flujo de la elaboración del aceite esencial de semilla de sandía.....	45
3.2.4.2.2. Descripción del diagrama de flujo de la extracción de aceite esencial de semilla de sandía	46
3.2.4.2.3. Diagrama de flujo de la obtención de harina de cáscara de sandía .	48
3.2.4.2.4. Descripción del diagrama de flujo en base al proceso de obtención de harina de cáscara de sandía	49
3.2.4.2.5. Diagrama de flujo del recubrimiento biodegradable.....	51
3.2.4.2.6. Descripción del diagrama de flujo del recubrimiento biodegradable	51
3.2.4.2.7. Descripción del ensayo de calorimetría diferencial de barrido	52
3.1.4 Análisis estadístico	52
4. Resultados	53
4.1 Extracción de aceite esencial de la semilla de sandía mediante el método de Soxhlet.....	53
4.2 Obtención de harina a partir de la pulpa de la cáscara de sandía mediante un proceso de deshidratación controlada.....	53
4.3 Resultados de la formulación de recubrimientos biodegradable a partir de la harina y aceite esencial de desechos de sandía.	54
4.4 Caracterización de las películas mediante Calorimetría Diferencial de Barrido.	55
5. Discusión.....	58
6. Conclusiones	62
7. Recomendaciones.....	63
8. Bibliografía	64

9. Anexos	71
9.1 Anexo 1. Elaboración del aceite de la semilla de sandía.....	71
9.2 Anexo 2. Elaboración de harina de la cáscara de sandía.....	72
9.3 Anexo 3. Elaboración del recubrimiento biodegradable a partir de harina de la cáscara de sandía y el aceite de la semilla de sandía	74
9.4 Anexo 4. Análisis de calorimetría diferencial de barrido.....	75
9.5 Anexo 5. Informa del análisis de la muestra 1	76
9.6 Anexo 6. Información del análisis de la muestra 2.....	77
9.7 Anexo 7. Información del análisis de la muestra 3.....	78

Índice de tablas

Tabla 1. Taxonomía de la Sandía	25
Tabla 2. Tratamiento de formulación.....	43
Tabla 3. Análisis global de DSC en las muestras del recubrimiento biodegradable	57

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de flujo de la elaboración del aceite esencial de semilla de sandía	45
Figura 2. Diagrama de flujo de la obtención de harina de cáscara de sandía..	48
Figura 3. Diagrama de flujo del recubrimiento biodegradable.....	51
Figura 4. Estructura de un polímero amorfo versus estructura cristalina (Polímero amorfo).....	58
Figura 5. Tratamiento 1 análisis de DSC	55
Figura 6. Tratamiento 2 análisis de DSC	56
Figura 7. Tratamiento 3 análisis de DSC	56

Resumen

El objetivo de este trabajo de investigación fue la elaboración y caracterización física de un recubrimiento biodegradable obtenido a partir de la cáscara y aceite esencial de la semilla de sandía (*Citrullus lanatus*). Todo esto se realizó con el fin de ser una alternativa para los subproductos de sandía, ya que estos una vez obtenida la pulpa son desechados y no se le da ningún tipo de uso más allá de ser un alimento animal. Es por esto que la finalidad del estudio fue la de obtener tres formulaciones con la harina de cáscara de sandía y el aceite esencial de la semilla junto con el agente plastificante (glicerol), en donde la variable de estudio fue el cambio en los porcentajes del aceite esencial. Las películas obtenidas fueron analizadas mediante calorimetría diferencial de barrido, la cual fue realizada por duplicado y evaluadas frente a un patrón de referencia (cápsula hermética vacía) dentro del equipo con una velocidad de calentamiento de 10°C/min desde -25°C a 200°C, lo cual permitió demostrar que el recubrimiento elaborado era un polímero amorfo en donde no se observaron transiciones térmicas (temperatura de pico endotérmico, temperatura final e intervalo de cristalización), dando como resultado que no hubieron diferencias significativas entre las propiedades de los tratamientos planteados. El polímero obtenido debe ser potencializado con algún otro material para este tenga las características de recubrimiento esperadas. Todo esto permite establecer posibles aplicaciones tecnológicas de esta harina siempre y cuando se la potencialice con otros materiales que forman recubrimientos biodegradables.

Palabras claves: caracterización, cristalización, deshidratación, extracción, recubrimiento.

Abstract

The objective of this research work was the elaboration and physical characterization of a biodegradable coating obtained from the shell and essential oil of the watermelon seed (*Citrullus lanatus*). All this was done with the purpose of being an alternative for watermelon byproducts, since once the pulp is obtained, it is discarded and it is not used in any way beyond being an animal food. That is why the purpose of the study was to obtain three formulations with the watermelon shell flour and the essential oil of the seed together with the plasticizing agent (glycerol), where the study variable was the change in the percentages of the essential oil. The obtained films were analyzed through differential scanning calorimetry, which was carried out in duplicate and evaluated against a reference pattern (empty hermetic capsule) inside the equipment with a heating speed of 10°C/min from -25°C to 200°C, which allowed demonstrating that the elaborated coating was an amorphous polymer where thermal transitions were not observed (endothermic peak temperature, final temperature and crystallization interval), giving as a result that there were not significant differences between the properties of the proposed treatments. The obtained polymer must be potentialized with some other material for it to have the expected coating characteristics. All this allows establishing possible technological applications of this flour as long as it is potentialized with other materials that form biodegradable coatings.

Keywords: coating characterization, crystallization, dehydration, extraction



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL

APROBACIÓN DEL ABSTRACT

Yo, BRIONES ZAMBRANO MARIANA MARISOL, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de ENGLISH TEACHER, **CERTIFICO** que he procedido a la **REVISIÓN DEL ABSTRACT** del presente trabajo de titulación: “ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RECUBRIMIENTOS BIODEGRADABLES OBTENIDOS A PARTIR DE CÁSCARA Y SEMILLA DE SANDÍA (*Citrullus lanatus*)”, realizado por el estudiante CABEZAS RODRIGUEZ JOSE ALBERTO; con cédula de identidad N°0931446173 de la carrera INGENIERÍA AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL, Unidad Académica Guayaquil, el mismo que cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

.....
BRIONES ZAMBRANO MARIANA MARISOL
mbriones@uagraria.edu.ec

Guayaquil, 9 de noviembre del 2020

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

Tavman, Otles, Glaue y Gogu (2019), mencionan que la población mundial se encuentra aumentando al mismo tiempo que la cantidad de desperdicios, generando una problemática que necesita ser solucionada. Los alimentos fuera de parámetros de calidad no son aptos para el consumo humano y, por lo tanto, se desperdician. Varios factores pueden llevar a que los alimentos no sean seguros, tales como las toxinas que se producen naturalmente en los alimentos, los microorganismos, el agua contaminada, el uso inseguro de pesticidas y los residuos de medicamentos veterinarios. La manipulación incorrecta de los alimentos durante su almacenamiento, y la falta de un control de temperatura adecuado deben evitarse mediante una técnica de conservación.

De acuerdo a lo investigado por Moo-Young, Lin, y Tsao (2019), la creciente demanda de inocuidad de los alimentos y sus cualidades, incluido el aspecto, el sabor y sus nutrientes, han llevado a la utilización de productos antimicrobianos naturales, los cuales se han convertido en línea de investigación en el campo de la conservación de alimentos. Los vegetales son una fuente importante para el desarrollo de nuevos productos antisépticos, debido a un sin número de especies que permiten encontrar y desarrollar antimicrobianos naturales, los cuales contienen terpenoides, compuestos fenólicos, alcaloides y péptidos.

En los últimos años ha tenido un auge el uso de residuos de frutas y verduras para reducir la contaminación ambiental, teniendo en cuenta que estos son fuentes importantes de polifenoles. Los residuos agrícolas e industriales son fuentes de antioxidantes naturales y fibra dietética, existiendo una gran cantidad de información acerca de su contenido y actividad biológica, por lo que pueden utilizarse para la elaboración de otros subproductos (Al-Sayed y Ahmed 2013).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

En los países desarrollados como Alemania, Suiza y Canadá, las pérdidas postcosecha de frutas causadas por microorganismos se encuentran entre el 5 al 25%, mientras que en los países en desarrollo están alrededor del 20 al 50%. La diferencia se debe a que en los países desarrollados hay mayor disponibilidad de recursos tecnológicos para industrializar y de esta forma mejorar el aprovechamiento (Jimenes Trujillo, 2017).

El uso de nuevas tecnologías en la conservación de frutas responde a la necesidad de cumplir con las exigencias del mercado, de que éstas sean saludables y mínimamente procesadas. Al momento de adquirir los productos encontramos diferentes tratamientos para su consumo, siendo la IV gama una de las que agrada a los consumidores, pues es cuando las hortalizas y frutas frescas están limpias, peladas, troceadas y listas para el consumo. Estos alimentos deben cumplir con el objetivo de conservar sus características nutritivas y sensoriales, que es lo que espera el consumidor y es aquí donde nos enfrentamos a uno de los más grandes problemas de calidad que es inactivar enzimas, con el fin de evitar la reacción de pardeamiento enzimático (oscurecimiento) producida por los compuestos fenólicos que contienen los frutos y que dan lugar a la pérdida de calidad (Aroca, Regalado y Acosta 2018).

Es por esto que la presente investigación plantea el desarrollo de un recubrimiento biodegradable a partir de la cáscara y la semilla de la sandía (*C. lanatus*), dando a conocer el aprovechamiento de estos desechos agroindustriales generados durante su producción y comercialización.

1.2.2 Formulación del problema

¿El desarrollo de un recubrimiento biodegradable a base de harina y aceite de sandía cumplirá con las características mecánicas para su utilización como película de empaque en frutas?

1.3 Justificación de la investigación

En la actualidad el aprovechamiento de los desechos agroindustriales ha despertado interés en la búsqueda de nuevos productos y oportunidades de mejora en los procesos productivos. En Ecuador, es importante la explotación al máximo de los recursos que pueden generarse de manera favorable para el país, donde la sandía es una fuente importante tanto para el consumidor (como fruta), como para la industria de zumos. El objetivo de estas industrias en su mayoría se destina para la industria de concentrados y si se obtiene la complejidad de nuevos procesos, puede lograrse el aprovechamiento de estos desechos de manera intermedia antes de llegar al producto final.

En los últimos años con los avances de la tecnología se ha logrado conservar a frutas y hortalizas mínimamente procesadas aplicando técnicas de conservación, que combinadas o no, puedan mantener o mejorar las características originales del producto, alargando su vida útil sin que se pierdan las características sensoriales y nutricionales, asegurando además su estabilidad microbiológica. Dentro de las más usadas se encuentra el uso de agentes de higienización para la desinfección de la materia prima, el envasado en atmósfera modificada que permita controlar los procesos respiratorios típicos de los tejidos vivos, el empleo de agentes antioxidantes para evitar el oscurecimiento superficial, la aplicación de compuestos antimicrobianos para prevenir la proliferación de microorganismos causantes de alteraciones, y más recientemente el empleo de revestimientos comestibles.

El creciente interés de los consumidores por productos saludables, nutritivos, naturales y beneficios para la salud ha guiado e investigaciones motivadas hacia el desarrollo de películas y recubrimientos comestibles aplicados a productos de frutas y verduras. Se aplican estos revestimientos, con el objetivo de extender la vida útil de los alimentos y brindan la posibilidad de mejorar la seguridad del producto mediante limitación de la transferencia de humedad, oxígeno y compuesto responsable del sabor, color y aroma. El empleo de películas comestibles y los revestimientos de polisacáridos, proteínas, lípidos, conservantes y compuestos activos han jugado un papel importante en la industria de los alimentos y han demostrado ser efectivos en la conservación de frutas y verduras controlando la transferencia de gases, el crecimiento microbiano, así como manteniendo las características deseadas por los consumidores, como apariencia fresca, estabilidad, brillo, color, calidad y valor comercial.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** El trabajo se realizará en la ciudad de Guayaquil, y los análisis se realizarán en el laboratorio Lemat, (ubicado en el km 30.5 vía perimetral, FIMCP – ESPOLO Campus Gustavo Galindo, Guayaquil).
- **Tiempo:** El tiempo estimado para la elaboración del proyecto será de 6 meses.
- **Población:** Estará dirigido a público en general.

1.5 Objetivo general

Determinar las características físicas de recubrimientos biodegradables obtenidos a partir de la cáscara y la semilla de la sandía (*Citrullus lanatus*).

1.6 Objetivos específicos

- Obtener harina a partir de la pulpa de la cáscara de la sandía mediante un proceso de deshidratación controlada.
- Extraer el aceite esencial de la semilla de la sandía mediante el método de Soxhlet.
- Diseñar tres formulaciones de recubrimientos biodegradables a partir de la harina y el aceite esencial de sandía.
- Caracterizar la película obtenidas mediante ensayos de calorimetría diferencial de barrido.

1.7 Hipótesis

La utilización del aceite esencial de la semilla y la harina de la cáscara de la sandía permitirán obtener un recubrimiento biodegradable con características térmicas y morfológicas adecuadas para su aplicación como películas de empaque en frutas.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

Acosta et al (2016), realizaron un estudio acerca de la elaboración de películas con propiedades antifúngicas a base de almidón y la adición aceites esenciales, mediante el empleo de aceites esenciales de canela, clavo de olor y orégano al 25% con respecto al polímero utilizado.

Se incorporó glicerol a las películas plastificadas en una mezcla de almidón y gelatina (relación 1:1), para dilucidar su efecto físico (barrera, propiedades mecánicas y ópticas), y sus propiedades estructurales y antifúngicas (Amberg-schwab y Isc 2016).

Entre sus resultados destacan que la presencia de los aceites esenciales no exhibió un efecto significativo sobre el comportamiento a la tracción en el caso de películas de preparadas acondicionadas a una humedad relativa del 53% y 25°C, además de reducir significativamente el vapor de agua y la permeabilidad al oxígeno de las películas. Del mismo modo, su presencia aumentó la transparencia de las películas, pero redujo su brillo, exhibiendo además una actividad antifúngica contra las dos especies probadas por los autores, como fue hacia los microorganismos *Colletotrichum gloesporoides* y *Fusarium oxysporum*, usando como método de revelado el de difusión de agar in vitro.

Egbonu (2015), investigó las propiedades proximales y funcionales de la cáscara de la sandía (*C. lanatus*) y la harina de semillas, utilizando métodos estándares. Las composiciones próximas (%) para la corteza y la semilla, respectivamente, fueron: humedad (5.12%), materia seca (94.88%), lípidos (1.05%), proteína cruda (7.04%), carbohidratos (80.75%), cenizas crudas (3.07%) y fibra cruda (2.98%). El valor energético (360.59 ± 0.01 , 574.58 ± 0.30 kcal), el

azúcar total (0.47%) y el azúcar soluble total (1.42%), respectivamente para la cáscara y la semilla fueron menores en la corteza que en la muestra de semillas. Las propiedades funcionales (%) para la corteza y la semilla, respectivamente, son la capacidad de absorción de agua (7.13%), la capacidad de absorción de aceite (1.65%), la capacidad de formación de espuma (5.65%), la estabilidad de la formación de espuma (20.75%) y la estabilidad de la emulsión (0.28%) fueron mayores en la muestra de semillas. La diferencia en el valor de los parámetros para las muestras, aparte de la estabilidad de la emulsión, cenizas y fibra, fue significativa ($p < 0.05$) (Parra, 2016). Los resultados implican que la harina de semilla de sandía (*C. lanatus*), seguida de la cáscara, tiene nutrientes, energía, almacenamiento y potenciales industriales que podrían aumentar su utilización evitando así un posible efecto ambiental adverso.

(Acosta, Jiménez, Cháfer, González-Martínez y Chiralt 2015), en su ensayo se determinaron propiedades física y estabilidad de las películas a base de almidón-gelatina afectadas por la adición de ésteres de ácidos grasos, las películas de almidón de yuca que tenían 25 y 50% (en la mezcla de polímeros) de gelatina bovina 28 se obtuvieron usando glicerol (30%) como plastificante. Las formulaciones de películas también fueron 29 obtenido con 15% de lípidos (mezcla de ésteres de ácidos grasos y glicerol). Microestructural y se analizaron 30 propiedades físicas (ópticas, de barrera y mecánicas) para comparar 31 mezclar películas con almidón puro o películas de gelatina. La incorporación de gelatina y lípidos a 32 películas de almidón de yuca plastificadas con glicerol afectaron notablemente sus propiedades físicas, 33 mientras mostraban separación de fase polimérica y una fase dispersa en lípidos. Gelatina La incorporación de 34 dio lugar a películas más duras con mayor resistencia a la rotura y extensibilidad, 35 mientras

que los lípidos disminuyeron la dureza y resistencia de la película, pero mejoraron la capacidad de estiramiento, 36 especialmente en películas con 50% de contenido de gelatina. Asimismo, los lípidos mejoraron la barrera de agua 37 propiedades de las películas, pero perjudicaron la permeabilidad al oxígeno al mismo tiempo que 38 disminuyeron el brillo y la transparencia de la película. Después de 5 semanas de almacenamiento, todas las películas. 39 se hizo más duro y más resistente a la rotura, especialmente aquellos que no contenían 40 lípidos, que mejoraron la extensibilidad de las películas durante el almacenamiento. Películas de almidón de yuca con 41 El 50% de gelatina, con y sin lípidos, exhibió propiedades muy adecuadas para la alimentación.

Pinargote Zavala y Gálvez Encalada (2015), en su ensayo se realizó aplicando la emulsión mediante la técnica de spray sobre la superficie de las papayas. Con los resultados obtenidos, se demostró la eficiencia del film como barrera al ataque de los microorganismos patógenos característicos de la papaya en postcosecha, como son los hongos *C. gloeosporioides* y *F. oxysporum*, inhibiendo el desarrollo de los mismos al ser inoculados sobre la superficie de la papaya. Además, se demostró la efectividad del mismo retrasando la senescencia de la fruta, realizando pruebas de calidad en las papayas como lo son los análisis de textura, grados Brix, acidez y humedad a dos tiempos inicial y final, comprobando que con los datos obtenidos la papaya se mantuvo hasta los 11 días sin cambios que determinarán su descomposición, lo que se traduce en una reducción del factor de deterioro en el tiempo de vida útil de la fruta. Finalmente ellos comprobaron mediante evaluación sensorial con personas denominadas catadores no entrenados, la aceptación o rechazo de la fruta con la cobertura, donde determinaron que no presentó ningún sabor extraño.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Sandía (*Citrullus lanatus*)

La sandía es una especie agrícola originaria del viejo mundo que se domesticó en África y desde ahí se dispersó por el Mediterráneo, Medio Oriente e India. Ingresó a México por el norte del país, aunque existe la posibilidad de que haya sido introducida por los esclavos africanos que los españoles le trajeron a este territorio. Son diversas las variedades que hay de este producto y difieren entre ellas de acuerdo a su forma y tamaño (Gladvin, Sudhaakr, Swathi y Santhisri 2017). La sandía por su frescura y sabor es un fruto muy cotizado en casi todo el año y su comercio depende de las preferencias del consumidor (Uzcanga-Pérez, Cano-González y Ramírez-Silva 2017).

2.2.2 Clasificación Taxonómica

Tabla 1. Taxonomía de la Sandía

Reino:	<i>Plantae</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase:	<i>Dilleniidae</i>
Orden:	<i>Cucurbitales</i>
Familia:	<i>Cucurbitaceae</i>
Subfamilia:	<i>Cucurbitoideae</i>
Tribu:	<i>Benincaseae</i>
Subtribu:	<i>Benincasenae</i>
Genero:	<i>Citrillus</i>
Especie:	<i>C. lanatus</i>

Información acerca de la taxonomía y la variedad de la sandía.
Orduz y León, 2000.

2.2.3 Descripción botánica de la planta

La sandía es una planta herbácea, anual, rastrera o trepadora si se le facilita un tutorado adecuado, propia de cultivos intensivos de secano y regadío. Gracias al cultivo forzado y a su protección en invernadero se ha ampliado el tiempo de su permanencia en el mercado, habiendo dejado de ser fruta exclusivamente de verano, al ser consumida también en primavera (Mármol, 1994).

2.2.3.1 Planta

El desarrollo de la planta comienza con un brote principal hasta completar 5-6 hojas bien formadas, a partir de ese momento se inician las brotaciones de segundo orden, que nacen en los nudos del tallo principal. De estos nudos nacen, a su vez, ramas de tercer orden que van conformando la planta (Mármol, 1994).

2.2.3.2 Raíz

La raíz de la sandía es ramificada, siendo la principal la que se ramifica en raíces primarias y éstas, a su vez, vuelven a subdividirse. En relación con las raíces secundarias, la raíz principal alcanza un gran desarrollo (Orduz y Leon, 2000).

2.2.3.3 Tallos

Los tallos son herbáceos blandos y verdes, tendidos, trepadores y largos; con zarcillos caulinares, cuyo extremo puede ser bífido o trífido según que esté hendido en dos o tres partes. El tallo es cilíndrico, asurcado longitudinalmente y muy peloso; los pelos inclinados, cortos y finos, relucen como la seda (Mármol, 1994).

2.2.3.4 Fruto

La sandía es una baya grande con placenta carnosa y epicarpio quebradizo, generalmente liso, de color, forma y tamaños variables, esférico, ovalado más o menos largo y que puede llegar a los 20 kg de peso. No obstante, los tamaños más

frecuentes oscilan entre 6-8 kg de peso medianos, siendo los de peso superior a 12 kg muy voluminosos son poco comerciales (Agrarias, 2019).

La pulpa es más o menos dulce y su color que va del rosa claro al rojo intenso, teniendo en cuenta que en su interior se encuentran gran número de semillas y un porcentaje de agua entre el 90% y 95%. La piel, como se decía antes, presenta diferentes colores según variedad cultivada, generalmente, de color verde claro a verde muy oscuro y reticulado, igualmente, más o menos oscuro (Meta et al, 2018).

2.2.3.5 Semillas

Están distribuidas por la pulpa, al contrario del melón que están reunidas en una cavidad central. Son generalmente de longitud menor que el doble de la anchura, aplastadas, ovoides, duras, de peso y colores también variables blancas, marrones, amarillas, negras, entre otras, moteadas unas, otras no; con expansiones alares en los extremos más agudos (Mármol, 1994).

2.2.4 Harinas

Los cereales cumplen un papel muy importante en la historia de la civilización, y así conforman la base de nutriente en la mayoría del mundo, es por ello que Pablo, Valério, Vilas, y Rosell(2012), tomaron este tema como objeto a investigación, para llenar dichos vacíos y servir de fuente actualizada acerca del cultivo y uso de derivado de cereales granos y harinas de otro origen que se utilizan en la obtención de productos de panificación.

Se pueden obtener harina de distintos cereales, aunque la más habitual es harina de trigo cereal proveniente de Asia, elemento habitual en la elaboración del pan, también se hace harina de centeno, de cebada, de avena, de maíz cereal proveniente del continente americano o de arroz cereal. Existen harinas de

leguminosas, garbanzos, judías, incluso en Australia se elaboran harinas a partir de semillas de varias especies de acacias (Rosado, Camacho-Solís y Bourges, 1999).

El común denominador de las diversas harinas vegetales es el almidón, que es un carbohidrato complejo. En Europa se suele aplicar el término harina para referirse a la de trigo y se refiere indistintamente tanto a la refinada blanca como a la integral por la importancia que ésta tiene como base del pan, que a su vez es un pilar de la alimentación en la cultura europea. El uso de la harina de trigo en el pan es en parte gracias al gluten, siendo esta es una proteína compleja, la cual le otorga al pan su elasticidad y consistencia (Rosado et al, 1999).

2.2.5 Características de la sandía

Afirman que el 90% de sandía es agua, cada 250 gramos de esta fruta prácticamente equivale a 220-230cc de agua, aporta vitaminas como es la A, B, C, E, potasio, magnesio y sales minerales. Es importante recalcar que aporta cuatro veces más vitamina A que la naranja, es un fruto depurador y antioxidante.

El aporte de potasio y magnesio, explica lo importante de este fruto para la recuperación de sales minerales, su aporte en grasa es mínimo y tiene poca fibra (Saftner, Luo, McEvoy, Abbott y Vinyard, 2007).

2.2.6 Clasificación

2.2.6.1 Fuertes o duras

Requena Pelaéz (2013), indican que estas provienen de trigos duros, siendo de color crema acentuadas y ásperas al tacto. Es rica en gluten, el cual se encuentra presente del 9% al 12%, lo que le da capacidad de tener un buen nivel de

elasticidad y retención de agua, por lo cual son ideales en panaderías para que el pan adquiera mejor volumen y mejor miga.

2.2.6.2 Suaves o Blandas

Kou et al (2019), las características de la harina son un factor importantísimo en la obtención de un pan precocido de consistencia firme. Las harinas flojas provocan que en este tipo de pan una vez finalizada la precocción, se arrugue y se derrumbe, esto debido a que provienen de trigos blandos, siendo de color claro y sedosos al tacto. Por su menor contenido de proteínas de 7% a 9% y su bajo poder de absorción de agua se utilizan en galleterías y pastelerías porque producen una miga compacta pero suave.

2.2.6.3 Integrales

Es el producto resultante de la molienda del grano del trigo y se le incorporan a todas las masas debido a su alto contenido de proteínas (10% al 13%), además de aportar fibra para mejorar los procesos digestivos (Kou et al, 2019).

2.2.7 Tipos de Harina

2.2.7.1 Harina enriquecida

Bajo esta denominación se incluye la harina a la que se ha adicionado algún producto que eleve su valor nutritivo. Las harinas enriquecidas deben reunir las condiciones exigidas a las harinas ordinarias, haciéndose constar en la etiqueta de los envases el tipo o calidad y su condición de enriquecido (Varela, 2011).

2.2.7.2 Harina acondicionada

Bajo esta denominación se comprende la harina cuyas características organolépticas y plásticas se modifiquen o complementen para mejorarlas,

mediante tratamientos físicos o adición de productos debidamente autorizados. Estas harinas se expendrán en envases apropiados, presentados con etiqueta en la que figure de manera clara y bien visible Harina acondicionada, fecha de su envasado y referencia numérica de la autorización para realizar el acondicionamiento (Kou et al, 2019).

2.2.7.3 Harina mezclada

Es la resultante de la mezcla de harinas de diferentes cereales. Los envases en que se expendan estas harinas deberán llevar en su etiqueta la leyenda Harina mezclada y seguidamente la especificación cuantitativa y cualitativa de las harinas que los integran.

2.2.7.4 Harina integral

Es el producto resultante de la trituración del cereal, previa limpieza y acondicionamiento, sin separación de ninguna parte de él. Los envases en que se expendan estas harinas deberán llevar en su etiqueta una leyenda en la que figuren las palabras Harina integral, seguidas de la denominación del cereal del que procede.

2.2.7.5 Harinas envasadas

Cardoso et al (2019) en su estudio revelaron que las harinas envasadas presentaron humedad y cenizas por debajo del máximo requerido, por otro lado, presentaron un bajo contenido de grasas, lo que eso ayuda a evitar algunos cambios como color, sabor y olor de las harinas. Las pruebas de microbiología, fueron comparadas y el resultado en el recuento de microorganismo no fue significativo.

2.2.8 Obtención de la harina

Díaz et al (2019) la harina es considerada un polvo fino que se obtiene de los cereales molidos, también las podemos encontrar en alimentos ricos en almidón. Por esta razón el denominador común de todas las harinas es el almidón, se puede extraer harina de varios cereales, como son la cebada, avena, centeno o maíz, pero la más habitual en él la tenemos del trigo. No es muy sencilla su elaboración, por lo que en ella intervienen muchos factores a controlar.

2.2.9 Obtención de harinas a partir de futas

Las harinas obtenidas de frutas tienen importantes fuentes de carbohidratos no digeribles como almidón resistente y polisacáridos no amiláceos como las fibras dietéticas, el almidón resistente que se presentan en estas frutas no maduras se comportan como fibras solubles, por lo tanto estas harinas pueden ser utilizadas en varios productos como alternativa de nuevas fibras dietéticas en la industria alimenticia (Ramírez y Pacheco, 2009).

2.2.10 Usos de la harina

Kou et al. (2019) la harina de uso general se hace con una mezcla de harina dura y blanda, la cual puede utilizarse para todo tipo de cocina, incluyendo panadería y pastelería, siendo ideal para hacer pan. La harina para bizcocho está hecha a base de harina de trigo blando debido a su bajo contenido en gluten, la cual da a las tartas una textura suave.

La harina auto leudante es una harina a la que se le ha añadido un agente leudante, la cual para hacerla se le debe añadir de polvo de hornear y hay que tener cuidado de no añadir la levadura y sal, a menos que la receta diga si se usa harina auto leudante en vez de harina normal. La harina integral se obtiene de la molienda del grano de trigo entero, la cual contiene el germen y el salvado, lo que la hace

muy nutritiva. Cuando se usa para hacer pan, los bordes afilados del salvado tienden a romper las hebras de gluten, produciendo un pan denso y pesado, por este motivo, muchas personas usan una mezcla de harina integral y harina blanca para obtener un pan más ligero. Las harinas flojas, también se conocen como harinas de invierno o harinas candeales y proceden de granos de trigo blanco cuya época de siembra es el invierno. Es más refinada y más blanca, al tener escasa formación de gluten no es un buen contenedor de gas y los panes pierden forma, es por ese motivo que sólo se utiliza en panes de molde y en pastelería, en batido de tortas, hojaldres, entre otros (Mercado, 2019).

2.2.11 Estudio de harina de sandía

Martins et al. (2018), estos investigadores especulan que la corteza de la sandía podría relajar los vasos sanguíneos como cáncer y enfermedades cardiovasculares, la corteza generalmente se descarta; son comestibles, y a veces se usan como vegetales.

2.2.12 Aceites esenciales

2.2.12.1. Definición de los aceites

Un aceite esencial es un líquido aromático de aspecto fluido o espeso y de color variable según las plantas de las que esté extraído. Es segregado por células especiales que se encuentran, tanto en las hojas de menta piperita, albahaca linalol, como en las flores de lavanda, ylang ylang, la madera de cedro del Atlas, sándalo blanco, las raíces de jengibre, valeriana, vetiver o las semillas de cilantro, anís verde, zanahoria (Freeman, 2013). El tamaño de esas gotas es de unos pocos micrones, motivo por el cual no podemos verlas. Cuando se frota la planta aromática, las gotitas de aceite esencial se liberan en la atmósfera y nos llegan a

la nariz. Los receptores olfativos de la nariz se activan y envían estímulos sensoriales a distintas zonas del cerebro (Hevea, 2017).

2.2.12.2. Clasificación

Akin, Karuk-Elmas, Arslan, Yilmaz y Kenar (2019), los aceites esenciales pueden ser clasificado en criterios diferentes, origen y naturaleza química de los componentes mayoritaria, y de acuerdo con su consistencia se pueden clasificar en esenciales, bálsamos y resinas.

2.2.12.3. Extracción

Cuco, Massa, Postae, Cardozo-Filho y da Silva (2019), la técnica utilizada para la extracción de aceites. La presión mecánica con la que se obtienen principalmente aceites de cascaras de cítricos como la naranja, el limón y la mandarina, esta técnica no tiene gran aplicación cuando el aceite esencial se encuentra en las flores, puesto que en esta parte de la planta es difícil la extracción por medios mecánicos. También existe el método empleado de la extracción con solventes (los más utilizados son hexano, etanol, acetona, etc).

De ellos se obtienen mezclas de aceites esenciales, resinas, ceras y materiales vegetales liposolubles; sin embargo, este método en la actualidad tiende a usarse menos por las trazas de solvente que puedan quedar en el producto final (Cedeño et al, 2019).

2.2.12.4. Destilación por arrastre

Se lleva a cabo en la destilación por arrastre de vapor la vaporización selectiva del componente volátiles de una mezcla que forma por otros no volátiles, se logra lo anterior por inyección de vapor de agua directamente en el seno de la mezcla y esta se denomina vapor de un equilibrio de fases liquidas-vapor, entre los dos

componentes a destilar como podemos ver en una destilación simple (Navarrete, Gil, Durango y Garcia, 2010).

2.2.12.5. Extracción por solventes

En el método de extracción por solvente la muestra seca se pone en contacto con disolventes orgánicos tales como cloroformes y alcohol, estos disolventes solubilizan la esencia también extraen sustancias como ceras y grasas al final obteniendo oleorresina o extracto impuro (Mesas, 2012).

2.2.12.6. Método de enflorado o enfleurage

El material vegetal (generalmente flores) es puesto en contacto con un aceite vegetal, la esencia es solubilizada en el aceite vegetal que actúa como vehículo extractor. Se obtiene inicialmente una mezcla de aceite esencial y aceite vegetal la cual es separada posteriormente por otros medios físico-químicos. Esta técnica es empleada para la obtención de esencias florales, pero su bajo rendimiento y la difícil separación del aceite extractor la hacen costosa (Martínez, 2001).

2.2.12.7. Extracción por fluidos supercríticos

La extracción por fluidos supercríticos es una operación unitaria que explota el poder disolvente de fluidos supercríticos en condiciones encima de su temperatura y presión críticas. Es posible obtener extractos libres de disolvente usando fluidos supercríticos y la extracción es más rápida que con la utilización de disolventes orgánicos convencionales (Estrada, Cardos y Zac, 2019).

Estas ventajas son debidas a la alta volatilidad de los fluidos supercríticos (gases en condiciones ambientales normales) y a las propiedades de transporte mejoradas (Luna, Garcia y Lopez, 2009).

2.2.12.8. Extracción Soxhlet

El método Soxhlet para la extracción de aceites, es un procedimiento que acompañado de un solvente orgánico extraerá la grasa de forma directa, el cual se utiliza para materiales sólidos. Consiste en colocar el material a extraer, previamente molido y pesado, en un cartucho de celulosa que se introduce en la cámara de extracción, conectada por una parte a un balón de destilación y por otra a un refrigerante. El disolvente contenido en el balón se calienta a ebullición, el vapor asciende por el tubo lateral y se condensa en el refrigerante, cayendo sobre el material (Quiroz, Salina-de León, Morales-Martínez, T.K y Rios-Gonzalez, 2019).

En la era actual se realizan un sin número de investigaciones enfocados en obtener fuentes alternas de aceites y grasas vegetales siendo una de estas fuentes las semillas de la sandía. Londoño, Valera, Silva y Pitre, (2014)

En su trabajo mencionan que la extracción del aceite de semilla de sandía consistió en un estudio fisicoquímico de la semilla, con la finalidad de conocer su contenido nutricional pero posteriormente realizaron la extracción del aceite con el uso del equipo sólido-líquido Soxhlet, empleando hexano como solvente mediante el diseño factorial tipo dos.

2.2.13 Recubrimientos comestibles

La aplicación de recubrimiento comestible es una aplicación útil en la conservación de frutas y hortalizas.

Fernández Valdés et al (2015), afirman que los recubrimientos revelan un papel significativo en la vida de anaquel de los alimentos debido a que reducen la pérdida de agua, permitiendo el control respiratorio, retrasando el envejecimiento y mejorando la calidad y valor comercial de los mismos.

Este es un motivo por el cual muchas investigaciones han dedicado su estudio sobre el uso de estas tecnologías aplicadas a una amplia gama de productos hortofrutícolas. Un recubrimiento comestible se puede definir como una matriz continua, delgada, que se estructura alrededor del alimento generalmente mediante la inmersión del mismo en una solución formadora del recubrimiento (Quintero, Falguera y Muñoz, 2010)

2.2.13.1. Composición del recubrimiento

Cualquier tipo de material utilizado para recubrir, es decir envolver o recubrir varios alimentos para extender la vida útil del producto que se puede comer junto con los alimentos, con o sin su posterior eliminación, se considera una película o recubrimiento comestible.

Las películas y recubrimientos se producen exclusivamente a partir de ingredientes renovables y comestibles y, por lo tanto, se anticipa que se degradarán más fácilmente que los materiales poliméricos. Desde la última década, las investigaciones sobre películas comestibles y recubrimientos de alimentos, especialmente frutas y verduras, están impulsadas por la gran demanda de los consumidores de una mayor vida útil y una mejor calidad de los alimentos frescos, así como de envases ecológicos y saludables (Paul y Group, 2019).

2.2.13.2. Tipos de recubrimientos comestibles

Los polisacáridos, las proteínas y los lípidos son los tres principales ingredientes poliméricos usados para producir recubrimientos comestibles. En muchos casos, dos o más materiales son mezclas para producir un material compuesto con mejores características físicas (Velazquez Moreira y Guerrero Beltran, 2011).

Los recubrimientos comestibles a base de polisacáridos son hidrofílicos y permiten la formación de enlaces de hidrogeno, que se pueden utilizar para la unión

con aditivos. Debido a sus propiedades químicas, estos recubrimientos constituyen una barrera muy eficiente contra el oxígeno, pero deficiente contra la humedad. Los recubrimientos a base de lípidos proporcionan una buena barrera contra la humedad debido a su naturaleza hidrofóbica, pero presentan propiedades mecánicas deficientes.

Los recubrimientos a base de proteínas también suelen ser hidrofílicos y se caracterizan por tener una buena resistencia mecánica, por lo que se recomienda ser utilizados en frutas para reducir las lesiones durante su transporte, sin embargo, proporcionan una pobre barrera contra la humedad. La fabricación y el uso de recubrimientos de mezclas de materiales ayudan a minimizar las desventajas de los componentes individuales, mientras que hacen sinergia de sus propiedades funcionales y físicas (Velazquez-Moreira y Guerrero-Beltran, 2011).

2.2.13.3. Propiedades que presentan los recubrimientos comestibles

Según Fernández Valdés et al. (2015), las películas y recubrimientos deben presentar ciertas exigencias funcionales que permitan controlar o aminorar las causas de alteración de los alimentos a recubrir, algunas de estas ventajas y propiedades son:

- Ser libres de tóxicos y seguros para la salud.
- Deben requerir una tecnología simple para su elaboración.
- Ser protectores de la acción física, química y mecánica.
- Presentan propiedades sensoriales: deben ser transparentes y no ser detectados durante su consumo.
- Mejoran las propiedades mecánicas y preservan la textura.
- Prolongan la vida útil de alimentos a través del control sobre el desarrollo de microorganismos.

- Pueden regular distintas condiciones de interfase o superficiales del alimento, a través del agregado de aditivos como antioxidantes, agentes antimicrobianos y nutrientes.
- Presentan propiedades de barrera como transferencia de distintas sustancias, adecuada permeabilidad al vapor de agua, solutos y una permeabilidad selectiva a gases y volátiles, desde el alimento hacia el exterior y viceversa.

2.2.14 Ensayo de calorimetría diferencial de barrido

Surinach, Baro, Bordas, Clavaguera y Clavaguera, (1992), la calorimetría diferencial de barrido, o DSC, es una técnica experimental dinámica que nos permite determinar la cantidad de calor que absorbe o libera una sustancia, cuando es mantenida a temperatura constante, durante un tiempo determinado, o cuando es calentada o enfriada a velocidad constante, en un determinado intervalo de temperaturas. La calorimetría diferencial de barrido se ha revelado como una técnica importante en el campo de la Ciencia de Materiales debido a su elevado grado de sensibilidad y a su rápida velocidad de análisis. Por otra parte, es bien sabido que el conocimiento de la estabilidad térmica de un material, así como la completa caracterización de sus transiciones, es de primordial interés en los materiales con potenciales aplicaciones industriales. El objetivo planteado es estudiar la influencia del tratamiento térmico sobre la microestructura y, en consecuencia, las propiedades de un material para determinar de esta forma el tratamiento más adecuado.

2.2.15 Propiedades mecánicas de los materiales

Las propiedades mecánicas son todas aquellas características que permiten diferenciarlo de otras, desde su comportamiento mecánico que puede ser

elasticidad y plasticidad, rigidez y flexibilidad, tenacidad, trabajo de rotura y resistencia Comín et al. (1996).

2.3 Marco legal

Para el presente trabajo se tomará como referencia la normativa manual del buen vivir, Título I principios generales, título V participación social para la soberanía alimentaria (BPM, 2010).

Artículo 1. Finalidad. - Esta Ley tiene por objeto establecer los mecanismos mediante los cuales el Estado cumpla con su obligación y objetivo estratégico de garantizar a las personas, comunidades y pueblos la autosuficiencia de alimentos sanos, nutritivos y culturalmente apropiados de forma permanente.

Artículo 2. Carácter y ámbito de aplicación. - Las disposiciones de esta Ley son de orden público, interés social y carácter integral e intersectorial. Regularán el ejercicio de los derechos del buen vivir -sumak kawsay- concernientes a la soberanía alimentaria, en sus múltiples dimensiones.

Artículo 31. Participación social. - La elaboración de las leyes y la formulación e implementación de las políticas públicas para la soberanía alimentaria, contarán con la más amplia participación social, a través de procesos de deliberación pública promovidos por el Estado y por la sociedad civil, articulados por el Sistema de Soberanía Alimentaria y Nutricional (SISAN), en los distintos niveles de gobierno.

Artículo 31.1.- Del Sistema de Soberanía Alimentaria y Nutricional. - El Sistema de Soberanía Alimentaria y Nutricional (SISAN) es el conjunto articulado de personas, comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades, actores sociales, institucionales y estatales involucrados en la construcción participativa de propuestas de políticas públicas relacionadas con el régimen de la soberanía alimentaria.

Normativa INEN Plástico. Calorimetría diferencial de barrido (DSC)

(NTE INEN-ISO,11357-1, 2016)

Parte 1: principios generales (ISO 11357- 1: 2009, IDT)

La norma ISO 11357 describe métodos de ensayos DSC termoanalíticos, los cual, se pueden emplear con el fin de asegurar la calidad, para comprobación de rutina de materias primas y productos acabados, o para la determinación de datos comparables necesarios para fichar o bases de datos. Se aplican los procedimientos dados en la Norma ISO 11357, siempre y cuando, las normas de producto o las normas que describen atmósferas espaciales de acondicionamiento de probetas no especifiquen otra cosa.

Objetivo y campo de aplicación. – La Norma ISO 11357 especifica varios métodos de calorimetría diferencial de barrido (DSC) para el análisis térmico de polímeros y mezclas de polímeros, tales como

- Termoplásticos (polímeros, compuestos moldeados y otros materiales de moldeo, con o sin cargas, fibras o refuerzos)
- Termoestables (materiales sin curar o curados, con o sin cargas, fibra o refuerzos)
- Elastómeros (con o sin cargas, fibras o refuerzos).

La Norma ISO 11357 está destinada para la observación y medición de varias propiedades de, y fenómenos asociados con, los materiales arriba mencionados, tales como:

- Transiciones físicas (transición vítrea, fases de transición como fusión y cristalización, transiciones polimórficas, etc.).
- Reacciones químicas (polimerización, agrietamiento y curado de elastómeros y termoestables, etc.).

- Estabilidad a la oxidación.
- Capacidad calorífica.

Esta parte de la Norma ISO 11357 especifica un número de aspectos generales de la calorimetría diferencial de barrido, tales como el principio del método y los aparatos, el muestreo, la calibración y los aspectos generales del procedimiento e informe de ensayo común para todas las partes siguientes.

En siguientes partes de la Norma ISO 11357 (véase el antecedente) se dan detalles sobre métodos específicos de funcionamiento.

Normas para consultar.

Las normas que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de esta norma. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de la norma (incluyendo cualquier modificación de ésta).

- ISO 291 Plásticos. Atmósferas normalizadas para acondicionamiento y ensayos.
- ISO 472 Plásticos. Vocabulario.
- ISO 80000-5 Magnitudes y unidades. Parte 5: Termodinámicas.

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación que se utilizó en el trabajo fue del tipo descriptivo, ya que se realizó la extracción de aceite esencial de la semilla y la obtención de la harina de la pulpa de la cáscara de sandía. Luego se realizaron tres formulaciones con distintas concentraciones del aceite para la elaboración del recubrimiento biodegradable, tomando en cuenta solo los resultados de las variables y no como se relacionan entre sí.

3.1.2 Diseño de investigación

El diseño de investigación que se empleó en el trabajo fue de tipo descriptivo, ya que se realizó la extracción del aceite esencial y la harina de los desechos de la sandía, para luego diseñar una película biodegradable.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1 Variable independiente

Porcentaje de aceite esencial de la semilla de sandía

3.2.1.2 Variable dependiente

Capacidad calorífica, la temperatura de transición vítrea, la temperatura de cristalización, la temperatura de fusión.

3.2.2 Tratamientos

Se efectuaron tres tratamientos para la elaboración de las películas biodegradables con diferentes porcentajes de aceite esencial de semilla de sandía (*C. lanatus*).

Tabla 2. Tratamiento de formulación

Formulaciones	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Aceite de sandía	0.15%	0.25%	0.35%
Harina de sandía	1%	1%	1%
Glicerol	0.25%	0.25%	0.25%
Total	1.4%	1.5%	1.6%

Se realizó 3 tratamientos variando los porcentajes de aceite esencial de semilla de sandía.

Cabezas, 2019

3.1.2 Diseño experimental

Para la elaboración del recubrimiento biodegradable se usaron tres formulaciones donde lo único que vario fue el aceite esencial de semilla de sandía, dejando así la harina de la corteza y el glicerol en porcentajes iguales en las tres formulaciones. En la primera formulación (5 g de harina de cascará de sandía, 6.42 ml de glicerol y 0,74 ml de aceite esencial) y segunda formulación (5 g de harina de cáscara de sandía, 6.42 ml de glicerol y 1,27 ml de aceite esencial) se visualizó uniformidad en la mezcla a diferencia de la tercera formulación (5 g de harina de cáscara de sandía, 6.42 ml de glicerol y 1,78 ml de aceite esencial) que presento capas es decir la separación del aceite con los demás componentes de la película

3.1.3 Recolección de datos

3.2.3.1 Recursos

3.2.3.1.1 Materiales y equipos

- Balanza analítica (+- 0,1 mg, capacidad maxima de 110 hasta 1010 g).
- Deshidratados de aire caliente.
- Equipo Soxhlet.
- Hexano.

- Agitador magnetico (2200 rpm).
- Calorímetro diferencial de barrido (DSC) Mettler TA 400.
- Tamiz
- Sandía
- Extractor marca Ultramaxx
- Cápsulas Petri
- Vaso de precipitación
- Termómetro
- Fiola
- Pipetas

3.2.4.2 Metodos y tecnicas

3.2.4.2.1 Diagrama de flujo de la elaboración del aceite esencial de semilla de sandía

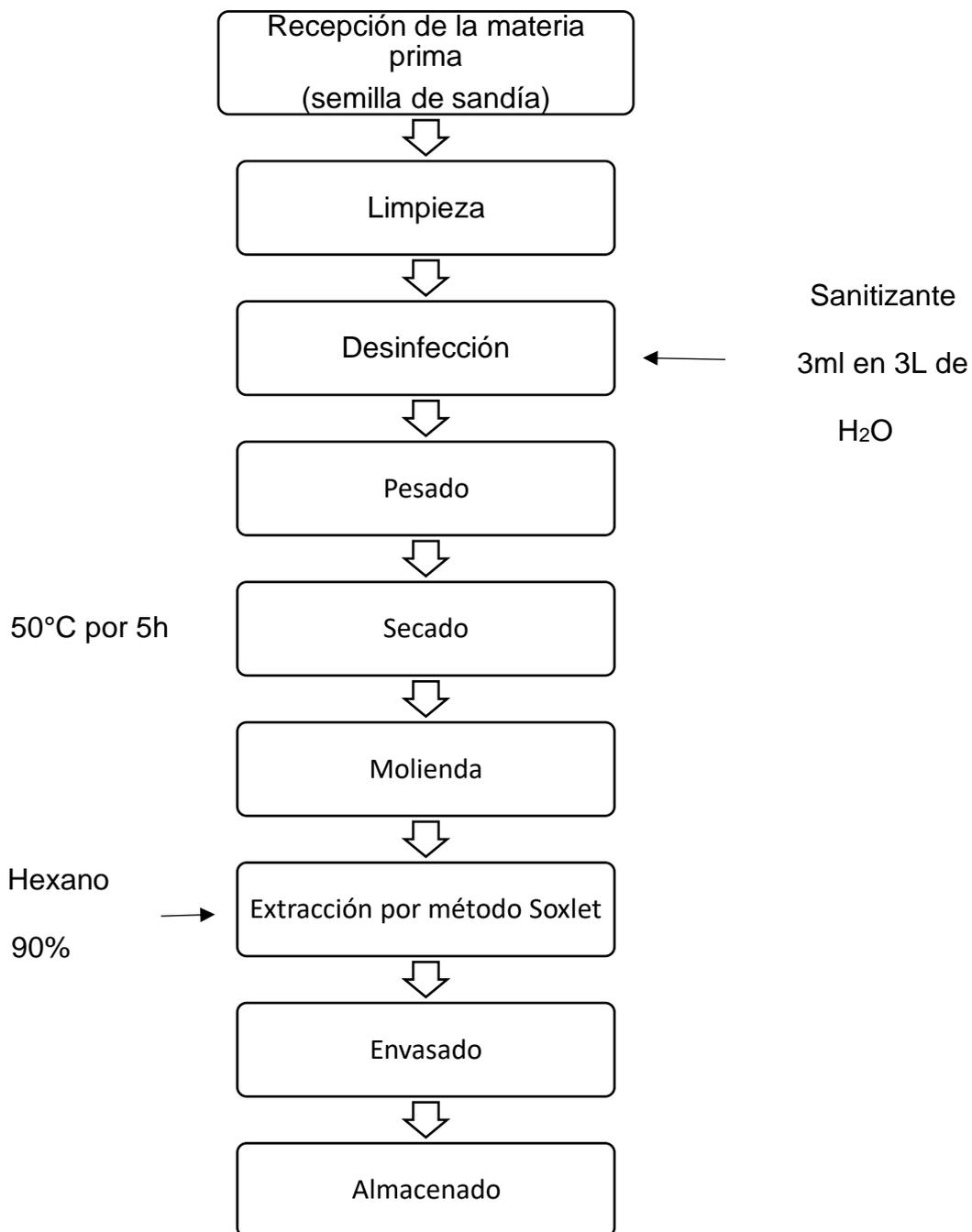


Figura 1. Diagrama de flujo de la elaboración del aceite esencial de semilla de sandía
Cabezas, 2019

3.2.4.2.2 *Descripción del diagrama de flujo de la extracción de aceite esencial de semilla de sandía*

- **Recepción de la materia prima:** Se clasificó las semillas de sandía se verifico que sean de la misma especie y no presenten ni una anomalía (INEN 2013).
- **Desinfección:** Se sumergen las semillas en una solución de aguas 3 litros con sanitizante 3ml.
- **Pesado:** se pesa las semillas de sandía para luego de ser deshidratada realizar los calculos de rendimiento.
- **secado:** Las semillas de sandía se llevaron a la horno donde se realizó la deshidratación.
- **Molienda:** Se lleva las semillas seca a un molino de bola para ser tricturados en particulas pequeñas, se utilizo la cantidad sugerida por el Manual Internacional de Métodos Oficiales de Análisis AOAC, 50 gramos por cada corrida

Extracción por el método de soxhlet: Se armó el equipo Soxhlet y se conecto a una fuente de calor permanente con una temperatura controlada y fija, 30°C.

Se colocó loa 10 g de semilla triturada en la recámara de Soxhlet.

Se agregó el solvente hexano a través del condensador hacia la recámara Soxhlet y luego cayo en el balón aforado, con el fin de empezar la destilación.

El hexano subió como vapor por el ascensor de vapores hasta el condensador.

El hexano cayó nuevamente a la recámara Soxhlet y se mezcló con la semilla. Al llegar la solución a nivel, regresó nuevamente el solvente más el aceite extraído al balón aforado para comenzar nuevamente la destilación.

Transcurridas 4 a 5 horas se retiró la solución obtenida del aparato de Soxhlet. Se transportó la solución a una ampolla de decantación.

Se le agregó 10 ml de Hexano para la extracción pura de aceite y se agitó para liberar presión. Obteniendo así, aceite, agua y hexano (que atrapa el aceite para ayudar a la separación en una fase oleosa del agua). Se decantó cinco veces.

Se agregó Sulfato de Sodio Anhidrido y se decantó en el beaker utilizando papel filtro.

Se trasladó a los recipientes para someterlos a calor y evaporar el hexano que retiene el aceite.

La muestra con un porcentaje de hexano, el cual se extrajo y fue introducido al horno a 74°C para evaporarlo en su totalidad y así obtener una muestra libre de solvente.

- **Envasado y almacenado:** se almacenó el aceite obtenido a una temperatura de 25- 32°C,

3.2.4.2.3 Diagrama de flujo de la obtención de harina de cáscara de sandía

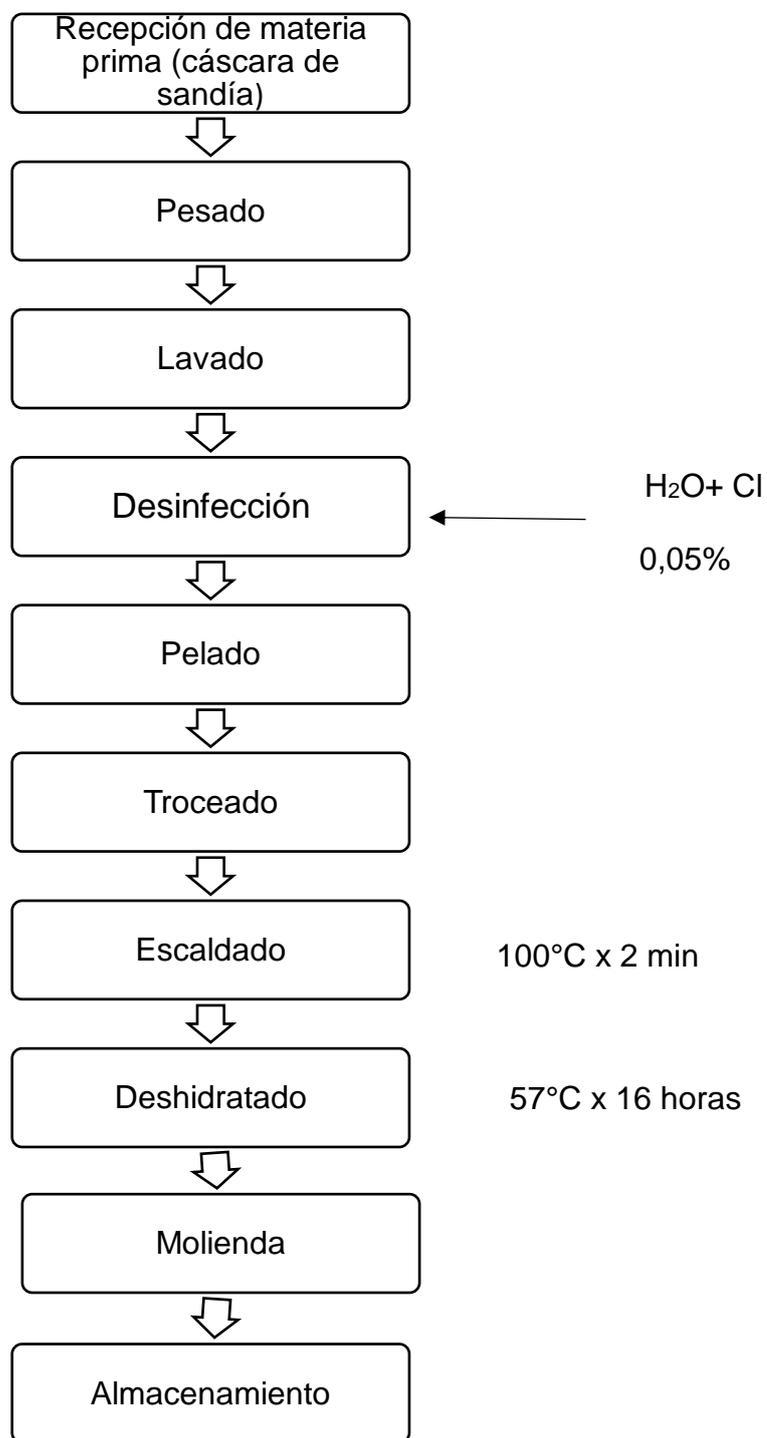


Figura 2. Diagrama de flujo de la obtención de harina de cáscara de sandía
Cabezas, 2019

3.2.4.2.4 Descripción del diagrama de flujo en base al proceso de obtención de harina de cáscara de sandía

El ensayo se realizó en dos fases: la primera consistió en la deshidratación de la pulpa de la cáscara de sandía, la cual se realizó a temperatura de 57°C mediante un deshidratados de aire caliente, luego el producto deshidratado se procedio a la molienda para obtener la harina, se elaboro harina de cáscara de sandía bajo las normas técnicas de las Buenas Prácticas de Manufactura, obteniendo un producto de excelente calidad.

- **Recepción de la materia prima:** Se receiptó la materia prima (sandía), se procedió a la clasificación, es decir se separó las materias primas que se utilizo y que no presentaron ningún defecto.
- **Pesado:** En esta etapa se pesó la cantidad de cáscara a utilizar.
- **Lavado y desinfección:** El lavado se realizo, la operación que consistió en eliminar suciedad que el material trae consigo antes de que entre a la línea de proceso, evitando así complicaciones derivadas de la contaminación que la materia prima puede contener. El lavado se realizó, en proporción de 0,2 a 0,5 ppm de agua clorada, la cantidad de agua fue la suficiente para remover la suciedad, el cloro actúo como agente desinfectante.
- **Pelado:** El pelado consistio en la remoción de la corteza de la fruta, esta operación se la pudo realizar por medios físicos como el uso de cuchillos o aparatos similares.
- **Troceado:** En esta operación permitió alcanzar diversos objetivos, como la uniformidad en la penetración de calor en los procesos térmicos, la

uniformidad en el secado. En el caso del secado, el troceado favorece la relación superficie/volumen, lo que aumenta la eficiencia del proceso.

- **Escaldado:** Escaldado esta operación se sumergió la materia prima en agua caliente de (90 a 100 °C). Hubo un control preciso de temperatura y tiempo. El principal objetivo del escaldado es inactivar enzimas como la polifenoloxidasas, que produce el oscurecimiento enzimático. Deshidratado ,los cortes finos de la cáscara de la sandía fueron transportados a los túneles de secado, los cuales estuvieron a una temperatura de 57°C por tiempo de 16 horas hasta lograr un secado uniforme.
- **Deshidratado:** El objetivo del secado es la eliminación total o parcial de agua contenida en la cáscara de sandía por acción de aire caliente.
- **Molienda:** Molienda y refinado, la cáscara de sandía deshidratada fueron triturada y pasadas por un tamiz, donde la harina paso en un 85% como mínimo por un tamiz de 180 µm (tamiz nro. 80) y el 100 % por un tamiz de 250 µm (nro. 60) según como lo indico la norma (INEN, 1980), se almaceno en un lugar fresco y seco sin contaminantes.
- **Almacenado:** Se almaceno en un lugar fresco y seco sin contaminantes.

3.2.4.2.5 Diagrama de flujo del recubrimiento biodegradable

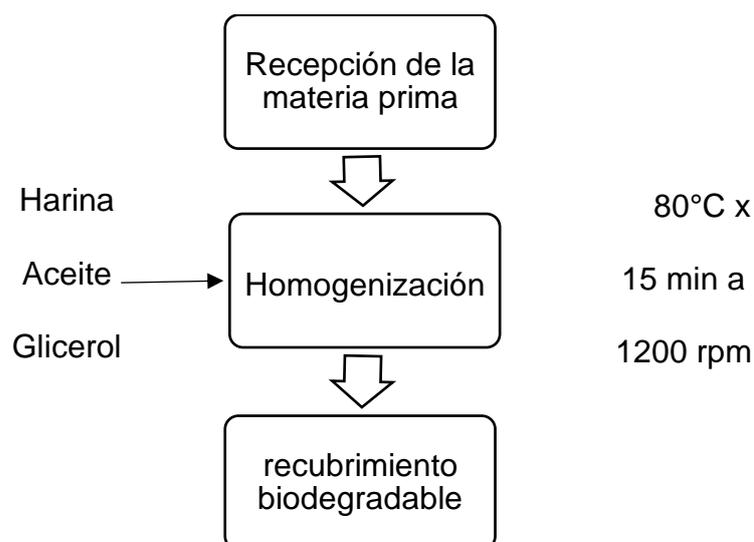


Figura 3. Diagrama de flujo del recubrimiento biodegradable
Cabezas, 2019

3.2.4.2.6 Descripción del diagrama de flujo del recubrimiento biodegradable

- **Recepción de la materia prima:** Se recibió las materias primas (aceite esencial de semilla de sandía, harina de la cáscara de sandía y glicerol). Se elaboró tres diferentes recubrimientos, que correspondieron a los tres tratamientos, cuyas formulaciones mantengan constantes las siguientes cantidades: 0.15g de aceite esencial de semilla de sandía, 1g harina de cáscara de sandía, 1g de glicerol, obteniendo así una mezcla de partida, en base a la cual se definió los intervalos funcionales del trabajo
- **Homogenización:** En la primera formulación (5 g de harina de cascará de sandía, 6.42 ml de glicerol y 0,74 ml de aceite esencial) y segunda formulación (5 g de harina de cáscara de sandía, 6.42 ml de glicerol y 1,27 ml de aceite esencial) se visualizó uniformidad en la mezcla a diferencia de la tercera formulación (5 g de harina de cáscara de sandía, 6.42 ml de glicerol y 1,78 ml de aceite esencial) que presento capas es decir la separación del aceite con los demás componentes de la película

- **Recubrimiento biodegradable:** El aceite y la harina de cáscara de sandía está disponible a partir de fuentes renovables y mediante este estudio, se trató de comprobar que tiene una gran capacidad de formar recubrimientos biodegradables que puedan servir como alternativa para la conservación de frutas, las películas son transparentes, insípidas, inodoros y tienen muy buen oxígeno.

3.2.4.2.7 Descripción del ensayo de calorimetría diferencial de barrido

Las propiedades térmicas como la temperatura de fusión, la temperatura de cristalización y la temperatura de transición vítrea se pueden obtener al realizar un ensayo de calorimetría diferencial de barrido (DSC) a la muestra, para la cual se utiliza un calorímetro TA Instruments DSC Q200 utilizando la metodología planteada en la norma ASTM 3418. Las muestras de aproximadamente 10mg se colocan en cápsulas de aluminio. Se realiza un borrado térmico calentando hasta 200 °C, a una velocidad de calentamiento de 10 °C /min; luego se hace un enfriamiento hasta -5 °C a una velocidad de 10 °C / min; y por último se vuelve a calentar hasta 200oC a una velocidad de 10 °C /min. Los experimentos se realizan en atmósfera de nitrógeno con un flujo de 50ml/min.

3.1.4 Análisis estadístico

En la presente investigación no se desarrollo el análisis estadístico ya que es un proyecto netamente descriptivo el cual solo se estudiaron tres tratamientos sin repeticiones lo que se tomó en cuenta fue el mejor tratamiendo para si determinar un tratamiento ganador .

4. Resultados

4.1 Extracción de aceite esencial de la semilla de sandía mediante el método de Soxhlet.

Para la extracción del aceite esencial de semilla de sandía se aplicó diferentes procesos tales como la separación de la semilla de la pulpa, lavado, sanitizado, secado por horno para luego hacer una molienda hasta llegar a tener un polvo. Cabe recalcar que el secado de la semilla se llevó a una temperatura de 50 °C con un tiempo de 5 horas.

Continuando con el proceso de extracción se colocó el polvo en el cartucho de celulosa, se colocaron los 200 ml de hexano en el balón de destilación, se trabajó con un extractor, el hexano se evaporizó totalmente por medio del método de la calor, choco con la superficie del refrigerante que circula agua, se condensa el hexano inundo la muestra y empezó a extraer la grasa o aceite, llenó la cámara y empezó a recircular por un tiempo de 8 hora hasta así obtener el aceite de semilla de sandía, luego de eso quedo el aceite esencial y residuos de hexano en el balón de destilación, se lleva al proceso de secado por estufa por 2 horas para volatizar las cantidades pequeñas remanente de hexano que quedaron en la muestra para así obtener el aceite de semilla de sandía de manera natural en la cual se realizó a una temperatura de 70°C la destilación, a una presión de 1 atmósfera que es igual a 1.013 bar o 147 PSI. Como se aprecia en el anexo 1

4.2 Obtención de harina a partir de la pulpa de la cáscara de sandía mediante un proceso de deshidratación controlada.

Mediante un proceso de deshidratación controlada se obtuvo la harina de la pulpa de la cáscara de sandía aplicando una temperatura de 57°C por 16 horas. mediante diferentes procesos, tales como, lavado, pelado, troceado, escaldado,

deshidratado, molido, refinado. Obteniendo una harina con características organoléptica agradable.

Molienda y refinado, la cáscara de sandía deshidratada fueron triturada y pasadas por un tamiz, donde la harina paso en un 85% como mínimo por un tamiz de 180 μm (tamiz nro. 80) y el 100 % por un tamiz de 250 μm (nro. 60) según como lo indico la norma (INEN, 1980), se almaceno en un lugar fresco y seco sin contaminantes

Las deshidratación se llevo a cabo, los cortes finos de la cáscara de la sandía fueron transportados a los túneles de secado, los cuales estuvieron a una temperatura de 57°C por tiempo de 16 horas hasta lograr un secado uniforme.

El objetivo del secado es la eliminación total o parcial de agua contenida en la cáscara de sandía por acción de aire caliente.

Se evidenció rendimiento de desperdicio con relación al fruto que en este caso fue (39.17%) de la cascara de sandía y un 15% de la harina con relación a la cascara, como se demuestra en el anexo 2

4.3 Resultados de la formulación de recubrimientos biodegradable a partir de la harina y aceite esencial de desechos de sandía.

Para la elaboración del recubrimiento biodegradable se usaron tres formulaciones donde lo único que vario fue el aceite esencial de semilla de sandía, dejando así la harina de la corteza y el glicerol en porcentajes iguales en las tres formulaciones.

En la primera formulación (5 g de harina de cascará de sandía, 6.42 ml de glicerol y 0,74 ml de aceite esencial), las segunda formulación (5 g de harina de cáscara de sandía, 6.42 ml de glicerol y 1,27 ml de aceite esencial) se visualizó uniformidad en la mezcla a diferencia de la tercera formulación (5 g de harina de cáscara de

sandía, 6.42 ml de glicerol y 1,78 ml de aceite esencial) que presento capas es decir la separación del aceite con los demás componentes de la película como se observa en el anexo 3

4.4 Caracterización de las películas mediante Calorimetría Diferencial de Barrido

Los análisis realizados a los tres tratamientos dieron como resultado un barrido en donde se observa una curva característica de un polímero amorfo, es decir uno en el cual no se observan transiciones térmicas, de tal manera que todas las moléculas están distribuidas de manera irregular. En el primer barrido se observa una curva de inclinación endotérmica debido a un solvente retenido en la estructura amorfa (H₂O). En el segundo barrido se aprecia que, a la temperatura requerida, 200°C el polímero sigue limpio y no se aprecia ningún punto de referencia como se visualiza en las figuras 4, 5 y 6.

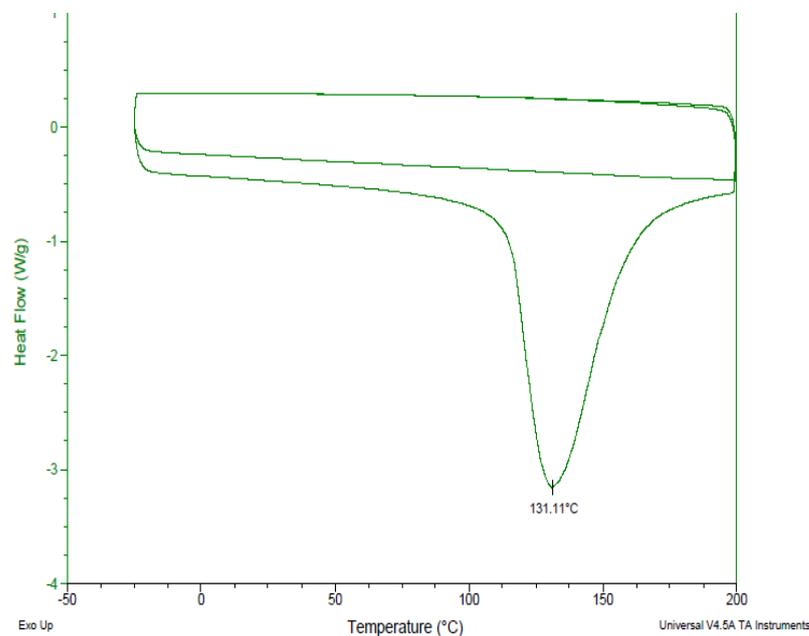


Figura 4. Tratamiento 1 análisis de DSC: Grafica del análisis de calorimetría diferencial de barrido LEMAT, 2020

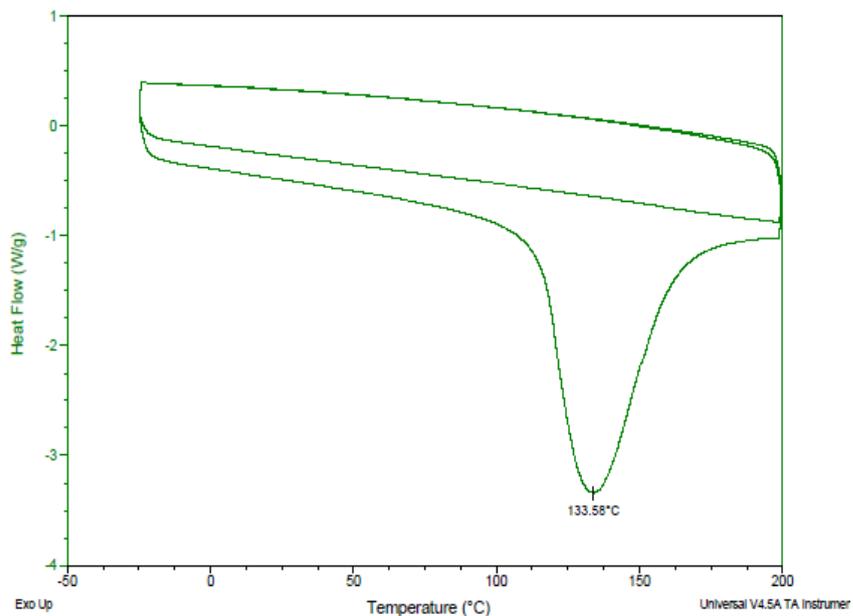


Figura 5. Tratamiento 2 análisis de DSC: Grafica del análisis de calorimetría diferencial de barrido
LEMAT, 2020

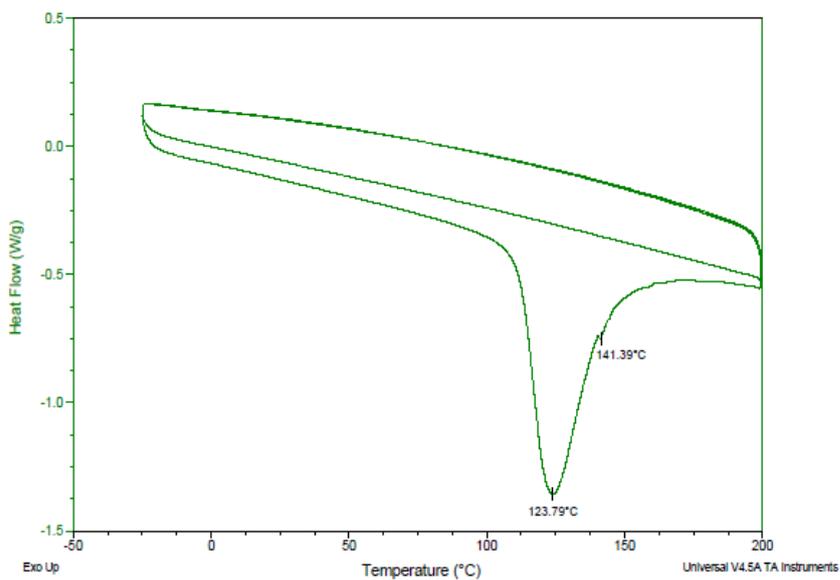


Figura 6. Tratamiento 3 análisis de DSC: Grafica del análisis de calorimetría diferencial de barrido
LEMAT, 2020

Una de las limitantes de este análisis fue el hecho de que el estudio debió haberse realizado a una temperatura más elevada, todo esto con el fin de poder observar

las transiciones térmicas correspondientes al punto de fusión o el punto de descomposición del polímero amorfo.

Tabla 3. Análisis global de DSC en las muestras del recubrimiento biodegradable

	Primer tratamiento	Segundo tratamiento	Tercer tratamiento
Tg (°C)	No se aprecia	No se aprecia	No se aprecia
Tm (°C)	No se aprecia	No se aprecia	No se aprecia
Td (°C)	No se aprecia	No se aprecia	No se aprecia

Tg=Transición vítrea, Tm=Fusión y Td= Transición de degradación: parámetros del tratamiento a evaluar
Cabezas, 2020

De acuerdo a los resultados los tres tratamientos a estudio no presentaron características de un recubrimiento biodegradable siendo así que se formó un polímero con estructura amorfa como se visualiza en la figura 7.

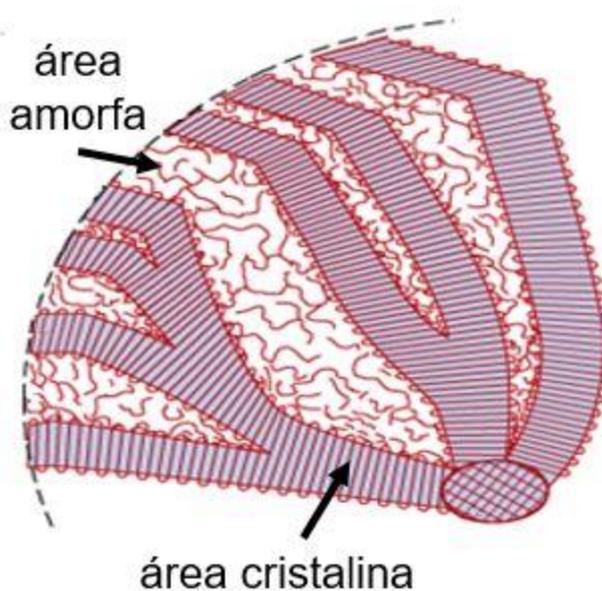


Figura 7. Estructura de un polímero amorfo versus estructura cristalina (Polímero amorfo)

Laza-Terroba, Pérez-Álvarez y Ruiz-Rubio (2014).

5. Discusión

En el aceite esencial extraído por el método Soxhlet en el presente estudio se obtuvo a partir de 10 gramos de muestra de harina de semilla de sandía con un total de 2 ml de aceite en un tiempo determinado de 2 horas. Esto se asemeja con lo obtenido por Chichande-Romero (2019), que en su trabajo de investigación titulado “Extracción de los aceites esenciales de romero (*R. officinalis*) y albahaca (*O. basilicum*) usados como sustituto de aditivos en la elaboración de mortadela de pollo” utilizó 2000 gramos de romero y albahaca para la obtención final de 10 ml de aceite esencial por un tiempo de 2 horas.

Rai, Mohanty y Bhargava (2015) en una investigación mencionan que el contenido total de aceite en material de semilla de sandía por extracción de Soxhlet proporciona un rendimiento de aproximadamente 52.37%, siendo el solvente de extracción el hexano.

Sánchez, Ortiz, Aguilar, y Aguilar, (2015), elaboraron harina a base de la corteza de melón y sandía en el cantón San Miguel de Bolívar mediante la aplicación de un proceso de deshidratación de 105°C por 24 horas en un horno de bandejas, obteniendo así una harina uniforme de color oscuro. Esto difiere con la presente investigación ya que la harina obtenida a partir de la pulpa de sandía presentó características organolépticas agradables con una tonalidad clara y textura uniforme, todo esto a una temperatura de 57°C por 16 horas.

Bastidas Oleas (2017), en su proyecto de investigación “influencia de tres temperaturas en la obtención de harina de cascara de sandía (*C. lanatus*)”, menciona que el uso de una deshidratación de aire caliente usando tres temperaturas 50°C, 60°C y 70°C. Para una temperatura de 50°C la pérdida de humedad era muy lenta, a diferencia a lo obtenido en la actual investigación ya que

se utilizó una temperatura de 57°C, debido a que al aumentar la temperatura a 60°C la cáscara se tornaba a un color muy oscuro y con fracciones húmedas.

Acosta et al (2016), en su estudio elaboración de películas con propiedades antifúngicas a base de almidón y la adición de aceite esencial de canela, clavo de olor y orégano, las investigaciones se orientan a sistemas de envasado antimicrobiano y/o con actividad antioxidante con un enfoque en películas biodegradables elaboradas con polisacáridos y otros materiales, esto se asemeja a los que se quiere llegar con la presente investigación.

Amberg-schwab y Isc (2016), en su investigación llamada recubrimientos funcionales sostenibles para futuros embalajes barrera y revestimientos antimicrobianos, incorporo glicerol a las películas plásticas en una mezcla de almidón y gelatina para dilucidar su efecto físico, asemejándose con la presente investigación en la cual se utiliza el glicerol como plastificante en la mezclado de harina de corteza de sandía con el aceite esencial de la semilla.

Quiroga (2011), en su estudio “metodología para la caracterización termomecánica de películas plásticas biodegradables” mostró mediante un ensayo de calorimetría diferencial de barrido la temperatura de transición vítrea (T_g), la temperatura de cristalización (T_c) y la temperatura de fusión (T_m) en las películas obtenidas. Entre sus resultados se pudo lograr encontrar los tres puntos de estudio, obteniendo tres temperaturas de transición vítrea entre 47°C hasta 53°C, una temperatura de fusión entre los 139°C hasta los 148°C en la mezcla y 152°C en plástico puro. Las pruebas de calorimetría permiten comparar la procesabilidad del plástico biodegradable con el PEBD (polietileno de baja densidad), obteniendo un alto nivel de compatibilidad del procesamiento. Sin embargo, se pudo establecer que el gasto energético durante el procesamiento del plástico biodegradable es

relativamente menor, justificado en el menor calor específico y la estructura amorfa del polímero. No obstante, con las muestras de la presente investigación el análisis realizado dio como resultado una curva de calorimetría relacionada con la estructura de un polímero amorfo, ya que a una temperatura entre los -25°C hasta los 200°C no se observó ninguna transición de estudio.

Ruiz Avilés (2012), en su proyecto de investigación acerca de polímeros biodegradables obtenidos a partir del almidón de yuca argumentan que, en los materiales poliméricos, las transiciones térmicas más importantes en DSC son la temperatura de transición vítrea (T_g) y la temperatura de fusión (T_f). En los polímeros amorfos la T_g es la única transición que se registra y aparece como un cambio abrupto de la línea base. Por otra parte, en los muy cristalinos la T_g es difícil de observar debido a la baja proporción de parte amorfa en el polímero. Normalmente en una calorimetría rutinaria se registra 4 barridos, en el primer barrido se obtiene información acerca de la fusión de una muestra cristalizada directamente en el proceso de polimerización. Inmediatamente después de la fusión se procede al enfriamiento lento de las muestras para obtener la cristalización del fundido (segundo barrido), posteriormente se realiza un segundo calentamiento (tercer barrido) para verificar la fusión de las muestras cristalizadas a partir del fundido y la reproducibilidad de la fusión observada. Por último, después de haber sometido la muestra a un enfriamiento rápido se hace un tercer calentamiento (cuarto barrido) que permite determinar la temperatura de transición vítrea. Por otro lado, en el presente trabajo debido al número de barridos realizados no se pudo apreciar ninguno de los puntos a estudio, todo esto dado a la falta de disponibilidad del equipo de DSC y la poca disposición para realizar los análisis de manera correcta por parte del laboratorio de servicio. De haberse realizado los

análisis de manera correcta se hubiera observado una fusión, la cual se manifiesta en un pico endotérmico con medida más o menos gradual según la naturaleza e historial térmico de la muestra.

6. Conclusiones

De acuerdo con la elaboración de la harina de la corteza de sandía presentó características agradables como color, olor y textura. La corteza fue sometida a temperatura de 57°C por 16 horas, donde se evidenció el porcentaje de desperdicio con relación al fruto que en este caso del 35% de la cáscara de sandía y un 15% de la harina con relación a la cáscara.

El aceite esencial de sandía presentó características organolépticas agradables como olor a nuez y color amarillo claro. Para la obtención de este aceite se utilizó las semillas de sandía de variedad rayada las cuales fueron sometidas a un proceso de deshidratación controlada a 50°C en un tiempo de 5 horas. La extracción del aceite esencial de sandía se realizó mediante el método Soxhlet en el laboratorio de suelos de la Universidad Agraria del Ecuador.

En la elaboración del recubriendo biodegradable se pudo analizar que los tres tratamientos a estudio los que más se asemejan a un recubrimiento fueron los tratamientos 1 y 2, ya que se obtuvo una mayor uniformidad en las mezclas a diferencia del tratamiento 3 que presentó una separación del aceite con los demás componentes.

Los resultados obtenidos a través de este análisis térmico indicaron que no hubo diferencias significativas entre las propiedades de los tratamientos, ya que no pudo observarse en el análisis ningún tipo de transición, dando como resultado un polímero amorfo.

7. Recomendaciones

Se debería de considerar que para mejorar las características de las películas conseguidas se debería de usar mezclas con otros tipos de carbohidratos de manera se logren conformar polímeros biodegradables agregando agentes compatibles o reforzando con fibras u otro polímero sintético en pequeñas porciones.

Se recomienda en futuras investigaciones hacer los estudios de calorimetría diferencial de barrido a temperaturas más altas (300°C) y realizar un mínimo de 3 barridos para observar cualquier punto de referencia o transiciones térmicas (fusión, descomposición).

Se recomienda hacer estudio de caracterización de espectroscopía infrarroja, termogravimetría analítica y microscopía electrónica de barrido a los polímeros biodegradables logrados en el presente análisis.

8. Bibliografía

- Acosta, S., Chiralt, A., Santamarina, P., Rosello, J., González-Martínez, C., & Cháfer, M. (2016). Antifungal films based on starch-gelatin blend, containing essential oils. *Food Hydrocolloids*, *61*, 233–240. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.05.008>
- Acosta, S., Jiménez, A., Cháfer, M., González-Martínez, C., & Chiralt, A. (2015). Physical properties and stability of starch-gelatin based films as affected by the addition of esters of fatty acids. *Food Hydrocolloids*, *49*, 135–143. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.03.015>
- Agrarias, C. (2019). Producción de híbridos de sandía injertados sobre genotipos criollos de *Lagenaria siceraria* en la comuna Sinchal (Tesis de grado). *Universidad Estatal de Santa Elena*. Retrieved from. <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/46000/4805/UPSE-TIA-2019-0005..pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Akin, G., Karuk Elmas, Ş. N., Arslan, F. N., Yılmaz, İ., & Kenar, A. (2019). Chemometric classification and quantification of cold pressed grape seed oil in blends with refined soybean oils using attenuated total reflectance–mid infrared (ATR–MIR) spectroscopy. *Lwt*, *100*, 126–137. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.046>
- Al-Sayed, H. M. A., & Ahmed, A. R. (2013). Utilization of watermelon rinds and sharlyn melon peels as a natural source of dietary fiber and antioxidants in cake. *Annals of Agricultural Sciences*, *58*(1), 83–95. <https://doi.org/10.1016/J.AOAS.2013.01.012>
- Amberg-schwab, S., & Isc, D. C. (2016). *Sustainable functional coatings for future packaging: barrier and antimicrobial coatings*. (February). Retrieved from http://www.dibbiopack.eu/fileadmin/_migrated/content_uploads/Antimicrobial_and_Barrier_Properties_Improvement_-_ISC_-_PLASMA.pdf
- Aroca, K., Regalado, O., & Acosta, S. (2018). Estudio de la conservación de frutas en IV GAMA con la aplicación de un recubrimiento biodegradable-activo.

Revista Científica Ecuatoriana, 5, 1–11.

Bastidas Oleas, P. (2017). *Universidad agraria del ecuador*. 27. Retrieved from <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/Bastidasoleaspamelakatherine.pdf>

Cardoso, R. V. C., Fernandes, Â., Heleno, S. A., Rodrigues, P., González-Paramás, A. M., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2019). Physicochemical characterization and microbiology of wheat and rye flours. *Food Chemistry*, 280(September 2018), 123–129. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.063>

063

Cedeño, A., Moreira, C., Muñoz, J., Muñoz, A., Pillasaguay, S., & Riera, M. A. (2019). Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios (Comparison of distillation methods for obtaining eucalyptus essential oil). *Tecnología y Negocios*, 6(1), 1–13. Retrieved from https://revistas.up.ac.pa/index.php/revista_colon_ctn/article/view/472/383

https://revistas.up.ac.pa/index.php/revista_colon_ctn/article/view/472/383

Chichande-Romero. (2019). Extracción de los aceites esenciales de romero (*Rosmarinus officinalis*) y albahaca (*Ocimum basilicum*) usados como sustituto de aditivos en la elaboración de mortadela de pollo (Tesis de grado). Universidad Agraria del Ecuador. Retrieved from https://cia.uagraria.edu.ec/archivos/chichanderomerokevin_jeremy.pdf

https://cia.uagraria.edu.ec/archivos/chichanderomerokevin_jeremy.pdf

Comín, M., Dejoz, R., Peris, J. L. L., Atienza, C., Prat, J., & Vera, P. (1996). Conceptos básicos de mecánica en biomecánica. *Biomecánica*, IV(7), 96–109. Retrieved from <http://upcommons.upc.edu/revistes/handle/2099/5496%5Cn>

<http://hdl.handle.net/2099/5496>

Cuco, R. P., Massa, T. B., Postaué, N., Cardozo-Filho, L., & da Silva, C. (2019). Oil extraction from structured bed of pumpkin seeds and peel using compressed propane as solvent. *Journal of Supercritical Fluids*, 152, 104568. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2019.104568>

Díaz, A., Bomben, R., Dini, C., Viña, S. Z., García, M. A., Ponzi, M., & Comelli, N. (2019). Jerusalem artichoke tuber flour as a wheat flour substitute for biscuit elaboration. *Lwt*, 108, 361–369. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.082>

Egbonu, A. C. C. (2015). Comparative Investigation of the Proximate and

Functional Properties of Watermelon (*Citrullus lanatus*) Rind and Seed. *Research Journal of Environmental Toxicology*, 9(3), 160–167. <https://doi.org/10.3923/rjet.2015.160.167>

Estrada, M., Ba, C., Cardos, L., & Zac, S. (2019). *Extracción del aceite de semilla de ciruela (Prunus domestica) por métodos de trituración y Soxhlet. 2, 2–4.* Retrieved from

<http://www.e-gnosis.udg.mx/index.php/trabajosinocuidad/article/view/616/320>

Fernández Valdés, D., Bautista Baños, S., Fernández Valdés, D., Ocampo Ramírez, A., García Pereira, A., & Falcón Rodríguez, A. (2015a). Eatable films and coverings: a favorable alternative in the postharvesting conservation of fruits and vegetables. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(3), 52–57. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542015000300008%0Ahttp://gso.gbv.de.proxy.bnl.lu/DB=2.34/PPNSET?PPN=1516287940

Fernández Valdés, D., Bautista Baños, S., Fernández Valdés, D., Ocampo Ramírez, A., García Pereira, A., & Falcón Rodríguez, A. (2015b). Eatable films and coverings: a favorable alternative in the postharvesting conservation of fruits and vegetables. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(3), 52–57.

Freeman. (2013). Summary for Policymakers. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Gladvin, G., Sudhaakr, G., Swathi, V., & Santhisri, K. V. (2017). Mineral and Vitamin Compositions Contents in Watermelon Peel (Rind). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5(5), 129–133. Retrieved from <https://www.ijcmas.com/special/5/G. Gladvin, et al.pdf>

Hevea, L. (2017). *Los aceites esenciales ¿Que es un aceite esencial?* Retrieved from http://es.labo-hevea.com/downloads/HE_es.pdf

INEN. (1980). *Norma técnica. Harinas de origen vegetal determinación del tamaño de las partículas $m_r = m_2 - m_1$.*

INEN. (2014). *Ex Ac Ac. 2000.*

NTE INEN-ISO, 11357-1. (2016). *Ex Ex Ex Ex Ex. (7), 1–7.* Retrieved from https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_11357-1.pdf

- Jimenes Trujillo, A. (2017). Recubrimiento comestible a base de aloe vera (*Aloe barbadensis miller*) para papaya (*Carica papaya*) y guayaba (*Psidium guajava*) como alimentos de IV gama (Tesis de grado). Universidad Técnica del Norte. Retrieved from <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6455/1/03EIA436.pdf>
- Kou, X., Luo, D., Zhang, K., Xu, W., Li, X., Xu, B., ... Liu, J. (2019). Textural and staling characteristics of steamed bread prepared from soft flour added with inulin. *Food Chemistry*, 301, 125272.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125272>
- Londoño, P., Valera, M., Silva, V., & Pitre, A. (2014). Extracción del aceite de la semilla de patilla (*Citrullus vulgaris*) por lixiviación extraction of oil seed pin (*Citrullus vulgaris*) by leaching. *Avances en Ciencias e Ingeniería*. 5(2), 45–55 Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6276078>
- Luna, P., Garcia, P., & Lopez, A. (2009). *Métodos de extracción de aceites* (pp. 24–32). pp. 24–32. San Andres Cholula.
- Mármol, J. R. (1994). Cultivo intensivo de la sandía. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*, 1–48.
- Martínez, A. (2001). *Universidad De Antioquia Aceites Esenciales*. 1.
- Martins, C. P. C., Ferreira, M. V. S., Esmerino, E. A., Moraes, J., Pimentel, T. C., Rocha, R. S., ... Cruz, A. G. (2018). Chemical, sensory, and functional properties of whey-based popsicles manufactured with watermelon juice concentrated at different temperatures. *Food Chemistry*, 255, 58–66.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.044>
- Mercado, D. C. (2019). *Efecto de diferentes tratamientos térmicos sobre las propiedades tecfuncionales de la harina de fríjol blanco (Phaseolus lunatus L.) y la determinación de su potencial uso agroalimentario* Effect of different thermal treatments on the tecfunctional prope. 15(2), 132–142. Retrieved from <https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/article/view/2510/2490>
- Mesas, L. (2012). Aceites esenciales naturales digestivos. *Norel S.A.*, 26–30.

- Moo-Young, M., Lin, H., & Tsao, R. (2019). Antimicrobials From Plants - Food Preservation and Shelf Life Extension. *Comprehensive Biotechnology*, 703–714. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64046-8.00249-4>
- MSP. (2010). *Buenas Practicas De Manufactura Certificado Previo a La Obtencion Del Permiso De Funcionamiento De Plantas Procesadoras De Alimentos Artesanales*. 2–7. Retrieved from http://instituciones.msp.gob.ec/dps/pichincha/images/stories/buenas_p.m_artesanales.pdf
- Navarrete, C., Gil, J., Durango, D., & Garcia, C. (2017). Extraction and characterization of mandarin essential oil obtained from agroindustrial residues. *DYNA (Colombia)*, 77(162), 85–92.
- Orduz, J., & Leon, G. (2015). *El cultivo de la sandía o patilla en el departamento del meta*. 24. Retrieved from http://repository.lasalle.edu.com/bitstream/handle/10185/21329/46132073_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pablo, E., Valério, E., Vilas, D. B., & Rosell, C. M. (2012). *Fruit flours as healthy ingredient for bakery products : snack bars* (Pablo, E; Vilas Boas, Ed.). 23-oct-2012.
- Parra, C. (2016). Formulación y evaluación de las características físico químicas y organolépticas de una mermelada elaborada a partir de la cáscara de sandía (*Citrullus lanatus*) (Tesis de grado). Universidad Católica de Guayaquil Retrieved from <http://192.188.52.94/bitstream/3317/5403/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-70.pdf>
- Paul, S. K., & Group, A. S. (2019). Chapter 11509 - Edible Films and Coatings for Fruits and Vegetables. In *Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.11509-7>
- Pinargote Zavala, S. B., & Gálvez Encalada, M. D. (2015). *Aplicación de recubrimientos biodegradables de almidón de yuca y gelatina con aceite esencial de orégano para la conservación de papayas a temperatura ambiente*. (Espol). Retrieved from <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/30284>

- Quintero, C. J., Falguera, V., & Muñoz, H. A. (2010). Films and edible coatings : importance , and recent trends in fruit and vegetable value chain. *Revista Tumbaga*, 5(1), 93–118.
- Quiroga, R. M. (2011). Metodología para la caracterización termo-mecánica de películas plásticas biodegradables. *Prospectiva*, 9(1), 46–51.
- Quiroz, D.C., Salina-de León, F., m Castillo-Reyes, F., Morales-Martínez, T.K., Rodríguez -de la Garza, J. A. & Rios-Gonzalez, L. J. (2019). Extracción de aceite de la semilla de *Recinus communis* L. asistida por ultrasonido. *Revista Bio Ciencias*, 6(10), 1–10. Retrieved from <http://revista.uan.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/433/pdf>
- Rai, A., Mohanty, B., & Bhargava, R. (2015). Modeling and response surface analysis of supercritical extraction of watermelon seed oil using carbon dioxide. *Separation and Purification Technology*, 141, 354–365. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2014.12.016>
- Ramirez, A., & Pacheco, D. (2009). Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia*, 34 (4), 293-298.
- Renau-piqueras, J., & Faura, M. (1965). Principios básicos del Microscopio Electrónico de Barrido. *Centro de Investigación Hospital "La Fé,"* 73–92. Retrieved from https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/9313/CC-011_art_5.pdf
- Requena Pelaéz, J. M. (2013). Harinas y derivados, feculas y almidones. *Innovación y Experiencias Educativas*, 1–9.
- Rosado, J. L., Camacho-Solís, R., & Bourges, H. (1999). Adición de vitaminas y minerales a harinas de maíz y de trigo en México. *Salud Pública de México*, 41(2), 130–137.
- Ruiz Avilés, G. (2012). Pólimeros Biodegradables a partir de almidón de yuca. *Eafit*, 97. Retrieved from https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7364/Gladys_RuizAviles_2005.pdf?sequence=2.
- Saftner, R., Luo, Y., McEvoy, J., Abbott, J. A., & Vinyard, B. (2007). Quality

characteristics of fresh-cut watermelon slices from non-treated and 1-methylcyclopropene- and/or ethylene-treated whole fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 44(1), 71–79. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006>

11.002

- Sánchez, J. E. B., Ortiz, M. I. C., Aguilar, Á. R. S., & Aguilar, R. G. S. (2015). Elaboración De Harina a Base De La Corteza De Melón Y Sandía En El Cantón San Miguel De Bolívar. *Revista Científica Horizonte Empresarial*, 2(1). Retrieved from file:///Users/familia/Downloads/126-Texto del artículo-478-1-10-20150902 (1).pdf
- Surinach, S., Baro, M., Bordas, S., Clavaguera, N., & Clavaguera-Mora, M. (1992). La calorimetría diferencial de barrido y su aplicación a la ciencia de materiales. *Boletín de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 31(1), 11–17. Retrieved from <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/6545/1/098218.pdf>
- Tavman, S., Otlés, S., Glaue, S., & Gogus, N. (2019). Food preservation technologies. In *Saving Food* (pp. 117–140). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815357-4.00004-3>
- Uzcanga Pérez, N. G., Cano González, A. D. J., & Ramírez Silva, J. H. (2017). Diagnóstico socioeconómico del cultivo de sandía en el estado de Campeche, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(6), 1331. <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i6.580>
- Varela, G. (2011). *Evaluación del consumo de alimentos enriquecidos / fortificados en España a través del Panel de Consumo Alimentario*.
- Velazquez Moreira, A., & Guerrero Beltran, J. A. (2011a). Algunas investigaciones recientes en recubrimientos comestibles aplicados en alimentos. *Universidad de Las Américas Puebla*, 5–12. Retrieved from <http://web.udlap.mx/tsia/files/2015/05/TSIA-82-Velazquez-Moreira-et-al-2014.pdf>
- Velazquez Moreira, A., & Guerrero Beltran, J. A. (2011b). Algunas investigaciones recientes en recubrimientos comestibles aplicados en alimentos. *Universidad de Las Américas Puebla*, 5–12.

9. Anexos

9.1 Anexo 1. Elaboración del aceite de la semilla de sandía



Figura 1. Elaboración de aceite esencial de semilla de sandía
Cabezas, 2020



Almacenado del aceite esencial de semilla de sandía
Cabezas, 2020

9.2 Anexo 2. Elaboración de harina de la cáscara de sandía



Figura 2. Pelado y lavado de la corteza de la cascara de sandía
Cabezas, 2020



Escaldado y colocación de las cáscaras a los platos de deshidratado
Cabezas, 2020



Molienda y tamizado de la harina de la cáscara de sandía
Cabezas, 2020



Deshidratado y harina de la cáscara de sandía
Cabezas, 2020

9.3 Anexo 3. Elaboración del recubrimiento biodegradable a partir de harina de la cáscara de sandía y el aceite de la semilla de sandía



Figura 3. Homogenización del tratamiento y medición de temperatura
Cabezas, 2020



Secado del recubrimiento en capsulas petri
Cabezas, 2020



Formulación de los tres tratamientos de recubrimiento biodegradable
Cabezas, 2020

9.4 Anexo 4. Análisis de calorimetría diferencial de barrido



Equipo de termoanalizados METTLER Marca TA Q200
LEMAT, 2020

9.5 Anexo 5. Informa del análisis de la muestra 1

INFORME DE ENSAYO

Peak Maximum

Start	Stop	Maximum
°C	°C	°C
101.06	193.73	131.11

Gas 1: Nitrogen 50.0 ml/min

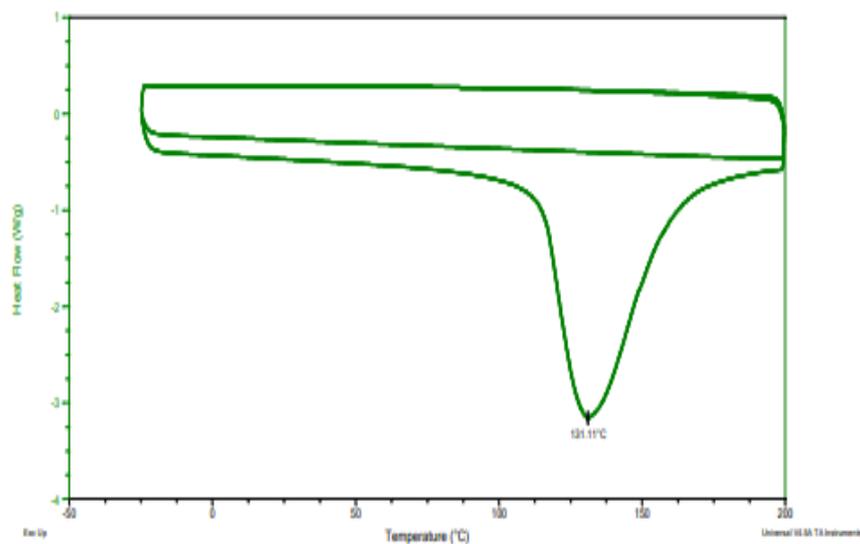
Operator: A. Damián

Sample: Tratamiento 1

Temperature	Heat Flow
°C	W/g
0.00	-0.4302
10.00	-0.4460
20.00	-0.4627
30.00	-0.4792
40.00	-0.4965
50.00	-0.5154
60.00	-0.5348
70.00	-0.5589
80.00	-0.5880
90.00	-0.6279
100.00	-0.6899

Size: 6.0000 mg
Method: Heat/Cool/Heat

DSC

Operator: A. Damián
Run Date: 31-Aug-2020 09:07
Instrument: DSC Q200 V24.11 Build 124

Nota: Resultado de la muestra 1 del (DSC)
LEMAT, 2020

9.6 Anexo 6. Información del análisis de la muestra 2

INFORME DE ENSAYO

Peak Maximum

Start	Stop	Maximum
°C	°C	°C
87.80	196.39	133.58

Gas 1: Nitrogen 50.0 ml/min

Operator: A. Damián

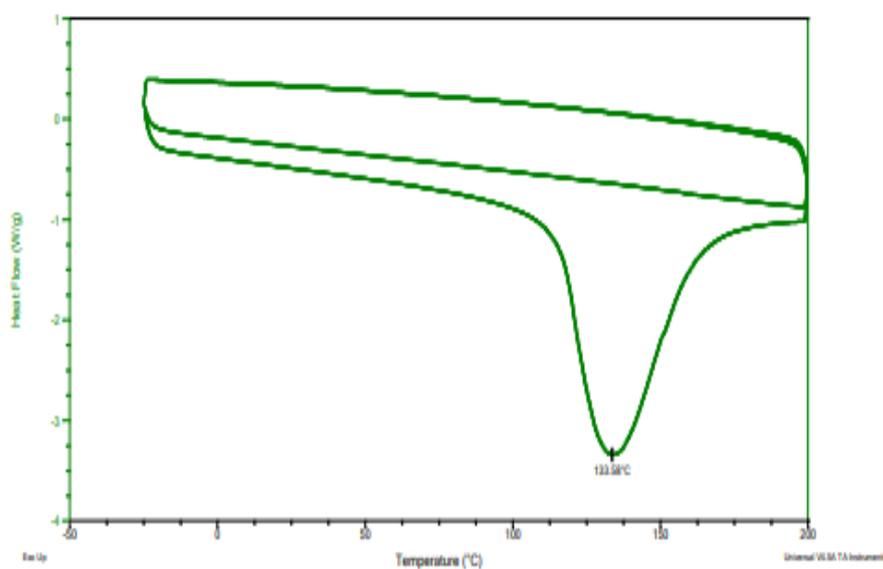
Sample: Tratamiento 2

Temperature	Heat Flow
°C	W/g
0.00	-0.3887
10.00	-0.4290
20.00	-0.4692
30.00	-0.5091
40.00	-0.5504
50.00	-0.5926
60.00	-0.6358
70.00	-0.6847
80.00	-0.7375
90.00	-0.8026
100.00	-0.8919

Sample: Tratamiento 2
Size: 9.0000 mg
Method: Heat/Cool/Heat

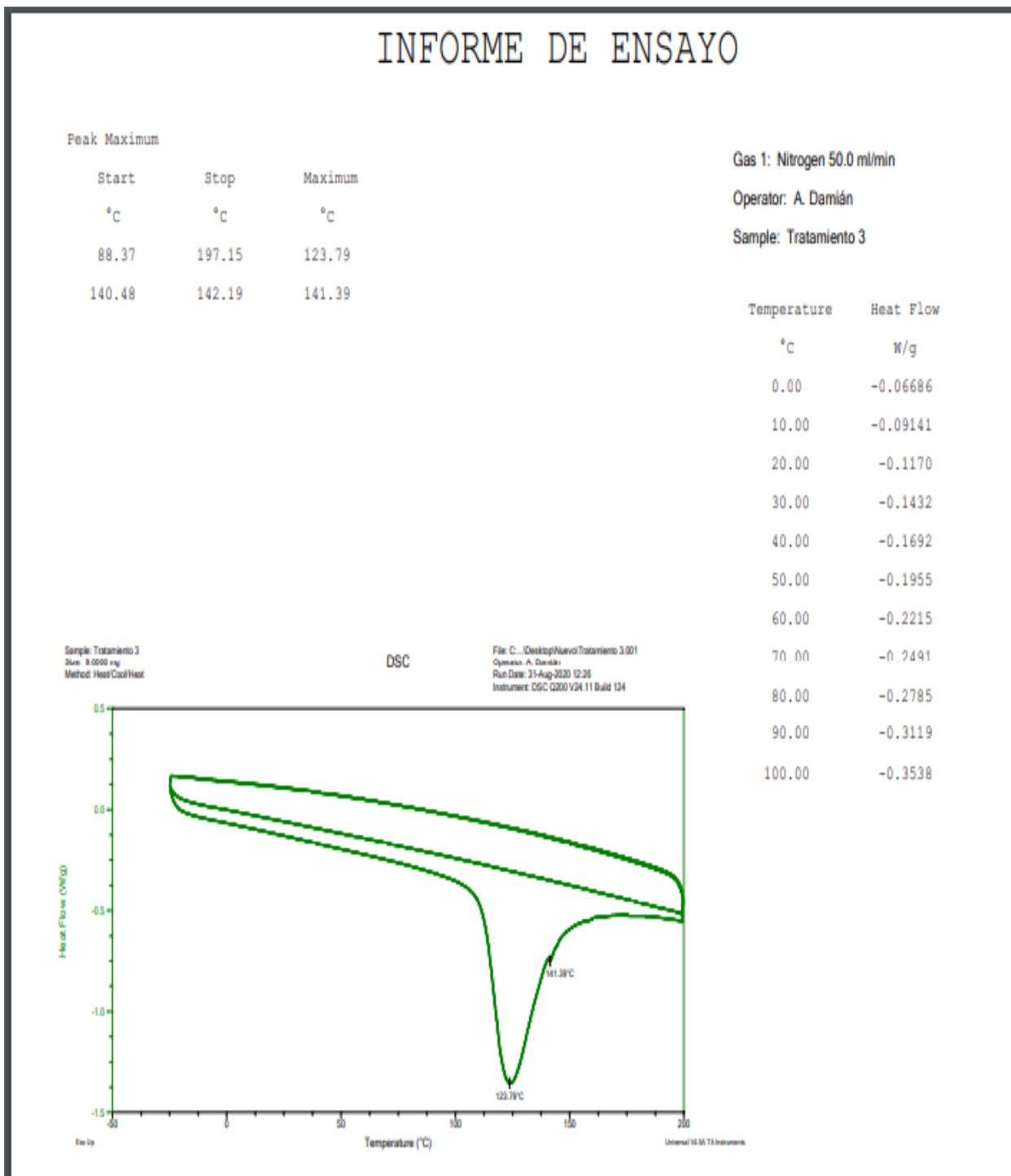
DSC

File: C:\Desktop\Nuevo\Tratamiento 2.001
Operator: A. Damián
Run Date: 31-Aug-2020 10:47
Instrument: DSC Q200 V24.11 Build 124



Nota: Resultado de la muestra 2 del (DSC)
LEMAT, 2020

9.7 Anexo 7. Información del análisis de la muestra 3



Nota: Resultado de la muestra 3 del (DSC)
LEMAT, 2020