



TESIS PROFESIONAL
EVALUACIÓN POSTCOSECHA
DE UN RECUBRIMIENTO
COMESTIBLE A BASE DE
NEJAYOTE EN MALANGA
(Colocasia esculenta L.)

**EVALUACIÓN POSTCOSECHA DE UN
RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE
NEJAYOTE EN MALANGA (*Colocasia esculenta* L).**

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MARTÍNEZ DE LA
TORRE

TESIS


PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:
**LICENCIADA EN INGENIERÍA (INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS)**

Presenta:
**ISABEL DE JESÚS
VÁZQUEZ**

Asesores:
**M.C. ALFREDO NAVA
ZAMORA
M.E. DEYANIRA CASTRO
VELA
M.E. ELENA CRUZ PREZA**

Martínez de la Torre, Veracruz octubre 2021

FICHA TÉCNICA		
Estudiante		
Apellido paterno	Apellido materno	Nombre (s)
De Jesús	Vázquez	Isabel
No. de control: 130I0025		
Carrera: Ingeniería en Industrias Alimentarias		
Correo: isabeldejesus.vazquez@mail.com		
Asesor(es) y/o colaboradores ITSMT		
M.C. Alfredo Nava Zamora		
M.E. Deyanira Castro Vela		
M.E. Elena Cruz Preza		
Datos del lugar donde se desarrolló el proyecto		
Nombre o razón social		
Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre		
Dirección (calle, número, colonia, ciudad, código postal)		
Asesor externo:		
Departamento:		
Cargo:		
Correo:		
Teléfono y extensión:		

	<p align="center">Nombre del Documento: Liberación del Proyecto para Titulación Integral</p>	<p align="center">No. Pág. 1/1</p>
---	--	--

Martínez de la Torre, Ver. a 02 de Julio de 2020

C. ING. GUADALUPE JIMÉNEZ BARRAGÁN
JEFE(A) DE DEPARTAMENTO DE SERVICIO SOCIAL
Y RESIDENCIAS PROFESIONALES
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MARTÍNEZ DE LA TORRE
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación Integral:

Nombre:	Isabel De Jesús Vázquez		
Carrera:	Ingeniería en Industrias Alimentarias	No. De control:	130I0025
Nombre Proyecto:	"Evaluación postcosecha de un recubrimiento comestible a base de nejayote en malanga (<i>Colocasia sculenta</i> L)."		
Opción Titulación:	Tesis		

Agradezco su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados(as).

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MARTÍNEZ DE LA TORRE
RECIBIDO
 19 AGO 2020
 DEPARTAMENTO DE SERVICIO SOCIAL Y RESIDENCIAS PROFESIONALES
 Recibió: Concepción Hora: 04:17 PM.

A T E N T A M E N T E



MC. ROMÁN MORALES PABLO
JEFE DE CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



JEFATURA DE CARRERA
 ING. INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Alfredo Nava Z.
MC. ALFREDO NAVA ZAMORA
ASESOR


ME. ELENA CRUZ PREZA
REVISORA


ME. DEYANIRA CASTRO VELA
REVISORA

C.c.p Estudiante
 C.c.p. Archivo



Carta de Autorización de Entrega de Tesis en
Soporte Digital

Página 1 de 1

No. de Oficio: DET/ITSMT/DA/IIA/051/2021
ASUNTO: Autorización de entrega

Martínez de la Torre, Ver., a 12 de octubre de 2021.

C. ISABEL DE JESÚS VÁZQUEZ
No DE CONTROL 130I0025
EGRESADO (A) DE LA CARRERA
INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
P R E S E N T E

Por medio de la presente hago constar que ha cumplido satisfactoriamente con lo estipulado por el Lineamiento para la Titulación Integral.

Por tal motivo se autoriza la entrega de la Tesis en soporte digital titulada:

Evaluación Poscosecha de un Recubrimiento Comestible a Base de Nejayote en Malanga
(Colocasia esculenta L).

Dándose un plazo máximo de 30 días naturales a partir de la fecha de la expedición de la presente para realizar la solicitud del Acta de Recepción para la obtención del Título Profesional.

A T E N T A M E N T E

ING. DEYANIRA CASTRO VELA
PRESIDENTA DE ACADEMIA DE
INGENIERIA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS

ING. GUADALUPE JIMENEZ BARRAGAN
JEFA DE CARRERA DE INGENIERIA
EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



JEFATURA DE CARRERA
ING. INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

C.c.p. División de Estudios Profesionales
C.c.p. Archivo

F-11-09
Rev. 1

DEDICATORIA

A **Dios**, por brindarme su protección, por guiarme siempre en cada momento, dándome fortaleza para continuar en cada etapa de mi vida, por haber sido siempre mi consuelo, refugio y pronto auxilio en situaciones difíciles.

A mis padres **Teodora Vázquez** y **Pedro de Jesús**, quienes han sido los pilares fundamentales en mi vida. Por su confianza, por haberme guiado a lo largo de toda mi carrera y poder ahora finalizarla exitosamente, ya que siempre han luchado por mi educación y bienestar, siendo mi mayor apoyo en cada momento.

Todos ellos han depositado su entera confianza en cada reto que se me presentaba. A ellos les debo lo que soy ahora.

A mis hermanos por ser mis amigos incondicionales apoyándome en todo momento ya que siempre han estado cuando los he necesitado.

¡MUCHAS GRACIAS!

AGRADECIMIENTOS

Al **Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre** por abrirme las puertas de esta institución de calidad y llegar a desarrollarme como una profesionalista en esta área.

A mis asesores por su apoyo, colaboración y guía de este trabajo.

Agradezco también a la Unidad de Investigación y Desarrollo de Alimentos (UNIDA), por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de realizar dentro de sus instalaciones este trabajo.

A todos los profesores, por compartir sus conocimientos y experiencias, por instruirme y enseñarme con tanta paciencia.

“Y a todos quienes de una u otra manera fueron parte de mi enseñanza aprendizaje, y colaboraron para la realización de esta investigación”.

Isabel de Jesús Vázquez

RESUMEN

En la presente investigación se formuló un recubrimiento a base de nejayote y se estudió el efecto de un recubrimiento comestible comercial sobre la vida postcosecha de cormos de malanga (*Colocasia esculenta* L.) almacenados a 12 °C y 25 °C. Se evaluaron seis tratamientos: cormos de malanga sin aplicación de recubrimiento y almacenados a 12 °C y 25 °C (MSR12 y MSR25); cormos de malanga con aplicación de recubrimiento comercial y almacenados a 12 °C y 25 °C (MRC12 y MRC25); cormos de malanga con recubrimiento a base de nejayote y almacenados a 12 °C y 25 °C (MRN12 y MRN25).

Como parte de la investigación se realizó la caracterización fisicoquímica de los cormos de malanga, para lo cual los cormos fueron separados en dos grupos denominados “chicos y grandes” obteniendo para el peso de cormos chicos un promedio de 1.41 kg y 3.4 kg en cormos denominados grandes.

Con respecto al tamaño, se obtuvo que para el grupo de cormos denominados chicos la longitud promedio fue de 21.42 cm y 39.57 cm para cormos grandes.

Para el caso del pH el valor obtenido fue de 6.93 muy cercano a la neutralidad.

El porcentaje de humedad se realizó por secado en estufa y en un equipo analizador de alimentos por infrarrojo (infralab), obteniendo por el método de secado en estufa 68.47 %, mientras que en el equipo infralab se obtuvo 66.1 % para la humedad, 0.88 % para la grasa y 0.597 % en proteína, puesto que dicho equipo tiene la ventaja de analizar más parámetros en una sola lectura.

Los tratamientos MRC12 y MRN12 los que presentaron menores pérdidas 3.78 y 5.68 %, respectivamente. La tasa de respiración presentó diferencia significativa entre los tratamientos, siendo aquellos cormos almacenados a 12 °C los que presentaron menor tasa de respiración con valores de 0.0667, 0.1543 y 0.0637 mg CO₂ kg⁻¹-h⁻¹, respectivamente.

La variable color presentó un valor de chroma de 16±2.92 y hue de 33.23±0.4, para el caso de la textura el valor reportado fue de 6.9±0.9.

Palabras clave: Recubrimiento comestible, nejayote, malanga, postcosecha.

ABSTRACT

In the present investigation a nejayote-based coating was formulated and the effect of a commercial edible coating on the postharvest effect of malanga corms (*Colocasia esculenta* L.) stored at 12 ° C and 25 ° C. Six treatments were evaluated: Malanga corms without coating application and stored at 12 ° C and 25 ° C (MSR12 and MSR25); malanga corms with commercial coating application and stored at 12 ° C and 25 ° C (MRC12 and MRC25); malanga corms with nejayote-based coating and stored at 12 ° C and 25 ° C (MRN12 and MRN25).

As part of the investigation the physicochemical characterization of the malanga corms was carried out, for which the corms were separated into two groups called “small and large” obtaining for the weight of small corms an average of 1.41 kg and 3.4 kg in corms denominated large.

With respect to size, obtain what for the group of corms called small the average length was 21.42 cm and 39.57 cm for large corms.

In the case of pH, the value obtained was 6.93 very close to neutrality.

The humidity percentage was carried out by drying in an oven and in an infrared food analyzer (infralab), obtaining by the method of drying in an oven 68.47%, while in the infralab equipment 66.1% was obtained for humidity, 0.88% for fat and 0.597% in protein, since this equipment has the advantage of analyzing more parameters in a single reading.

The statistical agreement with the statistical analysis of the corms shows a significant difference in the variable physiological weight loss during storage, with the MRC12 and MRN12 treatments having the lowest losses 3.78% and 5.68% respectively in mg CO₂ kg⁻¹·h⁻¹.

The color variable had a chroma value of 16 ± 2.92 and a tone of 33.23 ± 0.4, for the case of texture the reported value was 6.9 ± 0.9.

Keywords: Edible coating, nejayote, malanga, postharvest.

CONTENIDO

FICHA TÉCNICA	IV
DEDICATORIA	VII
AGRADECIMIENTOS	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
LISTA DE FIGURAS.....	XIII
LISTA DE CUADROS.....	XIV
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	4
3. JUSTIFICACIÓN	4
4. OBJETIVOS DEL PROYECTO	6
4.1 OBJETIVO GENERAL	6
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
5. HIPÓTESIS.....	6
6. MARCO TEÓRICO.....	7
6.1.1. Principales causas de pérdidas postcosecha de <i>Colocasia esculenta</i> L.	8
6.13.1. Usos potenciales del nejayote	23
6.13.2. Recubrimientos comestibles	26
6.13.3. Función de los Recubrimientos comestibles.....	26
6.13.4. Principales constituyentes de los recubrimientos comestibles.....	27
6.13.5. Métodos de aplicación de los recubrimientos	29
7. MATERIALES Y MÉTODOS	30
7.1 Lugar de la investigación.....	30
7.2 Materia prima	30
7.3 Caracterización física	30
7.3.1 Peso.....	30
7.3.2 Longitud y diámetro	30
7.4 Caracterización química.....	31
7.4.1 pH.....	31
7.4.2 Humedad	31
7.4.3 Caracterización de materia prima proteína, grasa y humedad.....	31
7.5 Formulación del recubrimiento	32
7.5.1 Elaboración del recubrimiento	32

7.6 Evaluación del recubrimiento comestible	34
7.6.1 Pérdida de peso.....	34
7.6.2 Color	34
6.6.3 Producción de CO ₂	35
7.6.4 Textura.....	37
7.7 Análisis estadístico.....	37
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
8.1 Peso, longitud.....	38
8.2 pH.....	38
8.3. Humedad	39
8.4 Grasa, proteína y humedad.....	39
8.5.2. Color	42
9. CONCLUSIÓN.....	45
10. RECOMENDACIONES	46
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
12. ANEXOS.....	51
HOJA TÉCNICA DE RECUBRIMIENTO COMESTIBLE NATURAL SHINE®5050-OR ...	51
EVIDENCIA FOTOGRÁFICA.....	52
Fotografía 1: Materia prima para la elaboración del recubrimiento comestible.	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.-Pérdidas postcosecha de alimentos.	7
Figura 2.-Cormo de colocasia esculenta L.	10
Figura 3.-Hoja de Xanthosoma sagitifolium (A) y Colocasia esculenta L (B).	13
Figura 4.-Órganos subterráneos de Colocasia esculenta L.	14
Figura 5.-Diagrama de bloques del proceso de empacado de malanga.	18
Figura 6.-Malanga lista para ser embarcada y enviada a cliente.	19
Figura 7.-Maíz cocido (nixtamal)	21
Figura 8.-Diagrama de proceso para la obtención de nixtamal.	22
Figura 9.-Mecanismo de funcionamiento de los recubrimientos comestibles.	26
Figura 10.-Determinación del tamaño de cormos de malanga.	31
Figura 11.-Aplicación de recubrimiento por aspersión.	33
Figura 12.-Secado de cormos de malanga a temperatura ambiente.	33
Figura 13.-Evaluación de pérdida de peso del cormo de Colocasia sculenta L.	34
Figura 14.-Escala de color CIE L*a*b.	34
Figura 15.-Evaluación de color en el cormo de Colocasia esculenta.	35
Figura 16.-Cromatógrafo de gases (CG).	36
Figura 17.-Cormo de malanga en cámara de respiración.	36
Figura 18.-Análisis de textura del cormo de malanga.	37
Figura 19.-Tasa de respiración en cormos de malanga con recubrimiento comestible a temperaturas de 12 y 25 °C.	43
Figura 20.-Evaluación de textura en cormo de malanga.	44

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.-Principal sinonimia y nombres vulgares de Colocasia esculenta L.	10
Cuadro 2.-Principales municipios productores de malanga en Veracruz 2018.	12
Cuadro 3.-Clasificación taxonómica de Colocasia esculenta L.	14
Cuadro 4.-Composición nutricional de la Colocasia esculenta L.	15
Cuadro 5.-Parámetros fisicoquímicos del nejayote.	24
Cuadro 6.-Principal función de los recubrimientos comestibles.	27
Cuadro 7.-Componentes de la formulación del recubrimiento comestible a base de nejayote.	32
Cuadro 8.-Condiciones de evaluación del recubrimiento comestible a base de nejayote sobre cormos de malanga Colocasia esculenta (L) a temperatura de 12 °C y 25 °C.....	33
Cuadro 9.- Valores de peso y longitud en muestras de Colocasia esculenta L.	38
Cuadro 10.-Datos obtenidos de pH.	39
Cuadro 11.-Datos obtenidos del análisis de humedad.	39
Cuadro 12.-Datos obtenidos en equipo analizador de alimentos (infralab).....	40
Cuadro 13.-Pérdida fisiológica de peso en cormos de malanga con recubrimiento comestible a base de nejayote almacenados a temperatura de 12 y 25 °C.	41
Cuadro 14.-Resultados de análisis de color.	42
Cuadro 15.-Datos obtenidos del análisis de textura.	44

1. INTRODUCCIÓN

La malanga *Colocasia esculenta* L es una planta perenne tropical usada principalmente como verdura por su cormo comestible, esta raíz es de ciclo corto y puede permanecer bajo tierra por periodos de hasta 16 meses (Sánchez, González, Sánchez, Zaragoza, Chávez y Sánchez, 2017). Es un tubérculo con alto contenido en carbohidratos empleado en la alimentación humana y animal por su aporte nutrimental. Sin embargo, a pesar de su aporte e importancia nutricional a nivel industrial y salud, no ha ganado suficiente atención en la investigación que fomente dicho potencial. Además de este hecho, la malanga tiene una alta pérdida después de la cosecha principalmente por su alto contenido de humedad (Aboubakar, Njintang y Mbofung, 2008).

La malanga es un cultivo no tradicional o también conocido como producto exótico que tiene características de zona tropical que hacen un producto factible para cultivarse en nuestro país (Sánchez et al., 2017).

Los principales países exportadores de malanga son Costa Rica, Nicaragua y Ecuador y en conjunto, no cubren la necesidad del mercado, debido a lo cual existe un déficit de exportación de un 50 %. Este hecho ofrece una importante oportunidad para ubicar a México como un proveedor hacia los Estados Unidos, aprovechando la ventaja de su ubicación geográficamente estratégica (Sánchez et al., 2017).

Por otra parte, la malanga tiene una mala posición en el perfil de la seguridad alimentaria de muchos países debido a sus características fisicoquímicas. Se ha estimado que hay un promedio de pérdida de un 30 % durante la etapa de almacenamiento de estos tubérculos, son varios los desórdenes relacionados con la pérdida postcosecha y entre los principales se encuentra: la pérdida de peso, la disminución de la firmeza, la transpiración, además de otras alteraciones que reducen la calidad del producto, como son la aparición de enfermedades causadas por hongos. El deterioro aumenta los costos y pérdidas considerables a los productores y comercializadores del cultivo.

Se considera que la porción de pérdida que sufren estos tubérculos podría resolver

problemas de inanición en países no desarrollados (Aboubakar et al., 2008).

Las condiciones óptimas para el almacenamiento de la malanga se encuentran entre (15 °C y 85-95 % humedad relativa) las cuales pueden retrasar el proceso de senescencia en dicho producto, además de estas condiciones combinado con la aplicación de recubrimientos comestibles.

El uso de recubrimientos comestibles ha sido una práctica muy antigua a lo largo de los años en las distintas civilizaciones con el fin de alargar la vida útil de los alimentos, manteniendo lo mejor posible las características de frescura.

Actualmente, se emplean cubiertas protectoras principalmente para retardar la vida útil de productos perecederos, los cuales pueden estar constituidos por hidrocoloides (polisacáridos, proteínas) y lípidos. Además, se añaden plastificantes que contribuyen a mejorar las propiedades mecánicas y estabilizantes que mejoran la estabilidad de las formulaciones cuando se mezclan componentes hidrofílicos e hidrofóbicos (Valencia y Torres, 2016).

Se han realizado esfuerzos enfocados en la extracción de arabinosilanos ferulados a partir de subproductos de la industria procesadora de cereales (trigo, centeno, cebada, avena, arroz, sorgo, maíz y mijo), así como del "nejayote" que es el agua residual obtenida como resultado de la nixtamalización del maíz, ya que recientemente diversos estudios señalan haber encontrado que los arabinosilanos ferulados son los principales polisacáridos no amiláceos de los granos de cereales los cuales presentan características fisicoquímicas determinantes para su capacidad gelificante por lo que han despertado gran interés debido a que presentan características tales como: olor y sabor neutro; estabilidad al pH, a los cambios de temperatura y de concentración de electrolitos; así como una estructura macroporosa. Dichas características le confieren aplicación potencial como matrices para la liberación controlada de biomoléculas en aplicaciones alimentarias y no alimentarias, lo cual podría dar valor agregado a los cereales o subproductos de cereales de los cuales pueden ser extraídos estos polisacáridos como es el caso del residuo del proceso de nixtamalización (nejayote) localizados en las paredes celulares del endospermo, en la capa de aleurona y en el pericarpio de los mismos (Morales, Niño, Carbajal, Gardea,

Torres, López, Rascon, y Lizardi, 2013).

En México, el proceso de la nixtamalización es muy importante ya que cerca de la mitad del volumen total de alimentos consumidos es el maíz (Morales et al., 2013). La cual se basa en la cocción de granos de maíz en una solución de cal; después de un remojo durante un periodo de 2-8 h posteriormente se descarta el sobrenadante (llamado nejayote). El material restante es molido para obtener masa, utilizado para preparar una variedad de productos, siendo la tortilla el más importante.

La nixtamalización degrada y solubiliza los componentes de la pared celular de maíz, por lo tanto, facilita la remoción del pericarpio (Niño, Carvajal, Lizardi, Rascon, Márquez, Gardea, Martínez y Guerrero, 2009).

El nejayote obtenido de la nixtamalización es un agua alcalina, con alta demanda química y biológica del oxígeno considerada un agente contaminador del medio ambiente, sin embargo, este contiene más del 60 % de los polisacáridos sin almidón. Los polisacáridos de la pared celular no celulósico álcali-solubles, presentes en el pericarpio del maíz (principalmente arabinosilanos), demuestran características funcionales interesantes como espesantes, estabilizadores, emulsores y formadores de la película y del gel (Niño et al., 2009).

En esta investigación se formuló un recubrimiento comestible añadiendo valor agregado al nejayote y a los productos vegetales, dinamizando de esta manera la economía, por lo cual los principales beneficiados serían las pequeñas y medianas empresas dedicadas a la nixtamalización.

Finalmente se está garantizando la seguridad alimentaria, a través de nuevas tecnologías accesibles y a bajo costo para el productor, evitando pérdidas económicas.

2. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

Añadir valor agregado al nejayote (subproducto de la nixtamalización) y ayudar a reducir las pérdidas postcosecha de productos hortofrutícolas y contribuir de esta manera dinamizando la economía, por lo cual los principales beneficiados serían las pequeñas y medianas empresas dedicadas a la nixtamalización y exportación de productos hortofrutícolas.

3. JUSTIFICACIÓN

Se estima que las pérdidas postcosecha de los productos hortofrutícolas que se producen en el mundo sobrepasan el 20 %, debido a deterioros microbiológicos y fisiológicos.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2016), estima que las pérdidas de alimentos por grupos en América Latina van de un 25 % para los cereales, 40 % para las raíces y tubérculos, un 20 % para las oleaginosas y legumbres, 55 % de frutas y hortalizas, 20 % de productos cárnicos, 20 % de productos lácteos y un 33 % de los pescados y mariscos.

Se ha estimado que el desperdicio generado es de hasta 1 300 millones de toneladas de alimentos cada año en el mundo. Tan sólo en América Latina se pierden o desperdician hasta 127 millones de toneladas de alimentos por año, lo que representa cerca de un tercio de los alimentos producidos para el consumo humano (FAO, 2016).

El costo a nivel nacional de los desechos alimentarios, según precios al productor en 2009, fue de 750,000 millones de dólares.

Aunado a lo anterior, un problema ambiental que se presenta es la nixtamalización, que es un proceso de gran importancia en México, América, el sur de los Estados Unidos, Asia y partes de Europa (Gutiérrez et al., 2010), siendo este proceso la base del método para la producción de harinas de maíz instantáneas, tortillas y otros alimentos a base de maíz como tostadas, chips de tortilla y tacos entre otros. El nejayote es el líquido que

resulta de la cocción del maíz en una solución de cal con un previo remojo de 2-8 h. La cantidad de nejayote que es generado en México aproximadamente cada mes es de 1.2 millones m³. Sin embargo, si el nejayote no es tratado este genera una alta demanda biológica de oxígeno (BOD) y demanda química de oxígeno (DQO).

Sin embargo, actualmente no existe una regulación para el proceso de nixtamalización de las pequeñas fábricas. Considerando las características del nejayote y su composición química, hay una fuerte evidencia que sugiere que la fabricación de productos nixtamalizados es una fuente importante de contaminación del agua.

A pesar de ello, el nejayote representa un fuerte potencial para darle un uso alimentario, puesto que el nejayote contiene más del 60% de los polisacáridos sin almidón. Los polisacáridos de la pared celular no celulósico alcalisolubles, presentes en el pericarpio del maíz (principalmente arabinosilanos), demuestran características funcionales interesantes como espesantes, estabilizadores, emulsores y formadores de la película y del gel.

Es por ello que en este trabajo se planteó formular mediante el método de emulsión un recubrimiento comestible a base de nejayote para su aplicación postcosecha en malanga. Puesto que uso de los recubrimientos comestibles tiene un papel significativo en la vida de anaquel de los alimentos debido a que reducen la pérdida de agua, permiten el control respiratorio, retrasan el envejecimiento y mejoran la calidad y valor comercial de los mismos, manteniendo sus atributos de calidad y valor nutritivo.

4. OBJETIVOS DEL PROYECTO

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del recubrimiento comestible en los parámetros fisicoquímicos de frutos de malanga durante su almacenamiento postcosecha.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar física y químicamente la materia prima.
- Caracterizar la materia prima mediante los parámetros grasa , proteína y humedad.
- Establecer la formulación del recubrimiento.
- Evaluar el efecto del recubrimiento comestible en los parámetros peso, tasa de respiración y color de frutos de malanga durante su almacenamiento postcosecha.

5. HIPÓTESIS

Recubrimiento comestible a base de nejayote aplicado a frutos de malanga mantendrá por igual o menor tiempo las características fisiológicas y fisicoquímicas del cormo.

El recubrimiento comestible a base de nejayote mantendrá por más tiempo las características fisiológicas y fisicoquímicas del cormo.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. Pérdidas de alimentos

Las frutas, hortalizas, raíces y bulbos son consumidas en su mayoría en fresco, sin embargo, dichos productos son perecederos por sus características provocando el deterioro, llegando a causar grandes pérdidas al productor y comerciante. Dichas pérdidas pueden llegar a ser parciales o totales en el alimento.

Se estima que se llegan a desperdiciar hasta 1.3 millones de toneladas de alimentos cada año en el mundo. Tan sólo en América Latina se pierden o desperdician hasta 127 millones de toneladas de alimentos por año, lo que representa cerca de un tercio de los alimentos producidos para el consumo humano de acuerdo a la FAO 2016, (Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. En América Latina las pérdidas de alimentos van de un 25 % para los cereales, 40 % para las raíces y tubérculos, un 20 % para las oleaginosas y legumbres, 55 % de frutas y hortalizas, 20 % de productos cárnicos, 20 % de productos lácteos y un 33 % de los pescados y mariscos (FAO, 2016).

Hay dos tipos de pérdidas en los alimentos (Figura 1), el primero se da por la pérdida de cantidad cuando la descomposición avanza haciendo que el producto no sea apto para el consumo. El segundo caso se refiere a la pérdida de la calidad visual, que afecta únicamente la superficie del producto, provocando imperfecciones que hacen que su valor comercial disminuya (Solórzano, 2015).



Figura 1.-Pérdidas postcosecha de alimentos.

Fuente: FAO, 2016.

6.1.1. Principales causas de pérdidas postcosecha de *Colocasia esculenta* L.

Los procesos fisiológicos continúan en frutas, hortalizas y raíces aun después de ser cosechados, hasta agotar todas las reservas de nutrientes y agua dando como resultado final el deterioro total del alimento (Solórzano, 2015).

La Colocasia posee una alta pérdida después de la cosecha debido principalmente a su alto contenido de humedad, por ello tiene una mala posición en el perfil de seguridad alimentaria, ya que dicha porción podría resolver los problemas de inanición en los países no desarrollados (Aboubakar et al., 2008).

En un estudio acerca de las normas de calidad en raíces y tubérculos se encontró que en malanga el peso está en el rango de un 93 % dentro de los rangos establecidos por el reglamento, presenta un 24 % de daños totales, con un 2 % en daños severos. La malanga clasifica respecto al calibre y no clasifica respecto a daños totales; sin embargo, esta dentro de las tolerancias causadas por daños severos (Segura, Saborío y Vinicio, 2003).

Existen distintos factores que se relacionan entre si y aceleran los procesos vitales haciendo que el producto pierda calidad. La mayoría de ellos son influenciados por el medio ambiente como los siguientes:

- ✚ Estado fisiológico: Es uno de los factores de mayor importancia, ya que determina directamente la vida útil de los alimentos, dado que, frente a un estrés, la velocidad de deterioro de un órgano o tejido joven se incrementa, presentando una actividad metabólica alta y por tanto la capacidad de conservación disminuye (Chiesa, 2010).

- ✚ Daños mecánicos: Las lesiones físicas se producen una vez cosechado el alimento, por lo tanto, no se logran evitar. Los daños pueden ocurrir al momento del cultivo, manipulación, almacenamiento y comercialización. Las lesiones son de diferentes tipos como el agrietamiento por impacto, magulladuras internas causadas por golpes, raspaduras o aplastamientos. Una mala manipulación llega a provocar magulladuras internas que aceleran el proceso de descomposición, el cual se produce por la síntesis y acción del etileno en respuesta al estrés causado por el

daño físico, que aceleran los cambios fisiológicos normales y favorecen al desarrollo de microorganismos (Chiesa, 2010).

- ✚ Microorganismos infecciosos: Las pérdidas provocadas por microorganismos constituyen la principal causa de pérdidas en postcosecha. La carga microbiana presente en el producto influye en la calidad del mismo y se encuentra relacionada con el manejo sanitario tanto en su producción, cosecha, como en el acondicionamiento y transporte del producto alimenticio (Chiesa, 2010).
- ✚ Los grupos de microorganismos que causan alteraciones van desde: hongos, bacterias, plagas provocadas por insectos o roedores y virus, entre los cuales se puede citar “el mal seco” complejo de Rhizoctonia, Phythium, Erwinia, Pseudomonas y malezas (Chiesa, 2010).

Daños por frío: Son muy numerosas los trastornos celulares y las alteraciones fisiológicas y bioquímicas causadas por el frío no congelante, generalmente, estimula la tasa respiratoria y la emisión de etileno, reduce la fotosíntesis, interfiere la producción de energía, aumenta la energía de activación, retrasa la fluidez del protoplasma, aumenta la permeabilidad de la membrana, inactiva algunos enzimas, desarregla la membrana y altera la estructura celular llegando incluso a la ruptura de las membranas, necrosis y muerte del órgano o de la planta (Artes, 2014).

- ✚ Humedad relativa: es importante para controlar la pérdida de agua, desarrollo de descomposición, incidencia de trastornos fisiológicos y uniformidad de maduración. La humedad relativa para algunas verduras de raíz es de 95-100 % (FAO, 2003).

6.2. Generalidades del cultivo de malanga *Colocasia esculenta* L.

Entre los cultivos de raíces y tubérculos de los trópicos se encuentran las aroides comestibles *Colocasia esculenta* L. (Figura 2). Son cultivados y consumidos ampliamente como alimento básico en muchas partes de África, América, las islas del Pacífico y Asia. El potencial de este tipo de cultivos es particularmente alto en los trópicos húmedos y

subhúmedos, que no son aptos para la producción de cereales (Pérez E.E., Gutiérrez M.E., Pacheco E., Tovar, J. & Lares, M. 2007).

La *Colocasia esculenta* L. es un vegetal de cultivos de raíces y de hojas, con almidón que se cultiva mediante la propagación vegetativa (Hunt, Moots y Matthews, 2013).



Figura 2.-Cormo de *colocasia esculenta* L.

Fuente propia, 2017

Este cultivo ha recibido una gran variedad de nombres (Cuadro 1) en los distintos países donde se produce.

Cuadro 1.-Principal sinonimia y nombres vulgares de *Colocasia esculenta* L.

Sinonimia y nombres vulgares	Lugar
Sinonimia	(<i>Arum esculentum</i> , <i>Caladium esculentum</i> , <i>Colocasia antiquorum</i> , <i>Arum colocasia</i> , <i>Leucocasia sp.</i>).
Papa china	Ecuador, Colombia, Venezuela
Ocumo culín, Danchi	Venezuela
Danchi	Venezuela
Quiquisque	Guatemala, Nicaragua
Bituca	Perú
Malanga, Guagui	Cuba, Puerto Rico, México
Madumbe	Colombia
Pipa	Sudafrica
Taro, Dasheen, Chinese eddoe	Trinidad y Tobago
Yautía Coco	Jamaica
Ñame	Costa Rica, Islas Canarias
Cará	Brasil

Fuente: Olivares, 2019.

También estos tubérculos son fuentes importantes de hidratos de carbono, energía y se utilizan como alimentos básicos en los países tropicales y subtropicales (Kaushal, Kumar y Sharma, 2015). El cormo de malanga es consumido principalmente como vegetal por su cormo comestible, y como verdura (Morales, 2012).

6.3. Origen, evolución y distribución geográfica

La malanga se encuentra entre los primeros cultivos domesticados por el hombre y se considera que sus orígenes datan desde las culturas neolíticas más primitivas en el sureste de Asia entre la India e Indonesia y de allí fue llevada a África. Este cultivo es nativo de áreas boscosas del centro-sur de Asia y posteriormente fue introducida a América probablemente por los esclavos negros (Morales, 2012).

Probablemente el cultivo de la malanga no constituyó un cultivo porque la cultura local indígena, incluyendo sus hábitos de alimentación, era amplia y muy variada, por lo que se presume permaneció por cientos de años como una planta silvestre (malanga criolla), desarrollándose y reproduciéndose por sí misma en las riveras de ríos y arroyos, teniendo consumos esporádicos por parte de los habitantes locales (Pérez, 2007).

Fue en los últimos años de la década de los setenta que algunos genotipos mejorados de malanga, de procedencia cubana, se introdujeron a México por investigadores del entonces Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) en Veracruz, para observar su desarrollo en campos experimentales (Olguín y Álvarez, 2011).

El cultivo de *Colocasia esculenta* L. se encuentra principalmente en el estado de Veracruz (Cuadro 2), este cuenta con un total de 585 ha sembradas, y los principales municipios donde se siembra son Actopan, Úrsulo Galván, La Antigua y Puente Nacional (Servicio de Información Agrícola y Pesquera, 2018).

Cuadro 2.-Principales municipios productores de malanga en Veracruz 2018.

Municipio	Sup. Sembrada (ha)	Sup. Cosechada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)	Valor Producción (Miles de Pesos)
Actopan	585.0	460.0	35,880.0	78.0	211,800.0
Úrsulo Galván	35.0	35.0	2,450.0	70.0	14,681.0
Puente Nacional	18.0	18.0	864.0	48.0	3,456.0
La Antigua	6.0	6.0	288.0	48.0	1,008.0
Total	644.0	519.0	16,552.0	244.0	230,945.0

Fuente: Servicio de Información Agrícola y Pesquera, 2018.

En México, la producción de malanga es incipiente, además del estado de Veracruz también se cultiva en Oaxaca y Puebla, y estos estados conforman 100 hectáreas de las cuales se cosechan alrededor de 2,500 Ton, destinadas principalmente para la exportación en Estados Unidos y Canadá, cuya demanda es de 30,000 ton anuales (Sánchez et al, 2017).

6.4. Características botánicas y taxonómicas de *Colocasia esculenta* L

Existen numerosas variedades botánicas, pero generalmente se clasifican en dos grupos principales: el tipo eddoe que posee cormos más pequeños y cormelos más grandes, y el tipo dasheen, en el cual el corno es grande y los cormelos más pequeños. Bajo este supuesto el tipo eddoe es *Colocasia esculenta* var. *Antiquorum*, mientras que los del tipo dasheen son *Colocasia esculenta* var. *Esculenta*.

Los cultivares de *Colocasia esculenta* L. son distinguidos en base al color de la carne del corno y cormelos, por el color de la cáscara y venas, el color del peciolo, por la acidez del tubérculo y las hojas (Figura 3).

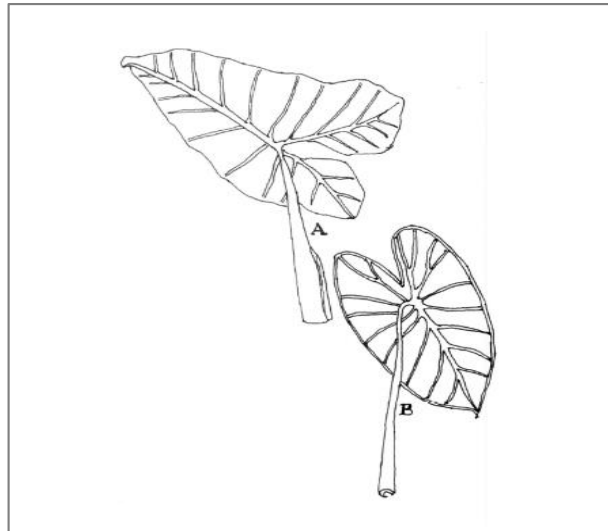


Figura 3.- Hoja de *Xanthosoma sagittifolium* (A) y *Colocasia esculenta* L (B).

Fuente: Lozada, 2005.

La malanga es una planta alimenticia que pertenece a la familia de las aráceas, originaria del sudeste de Asia. Es una planta herbácea, suculenta y alcanza una altura de 1 a 3 metros, sin tallo aéreo. Consiste de un cormo central comestible, grande, esférico, elipsoidal o cónico, del que se originan los cormelos, raíces y parte aérea. Las hojas nuevas salen enrolladas de entre los pecíolos (tronco de la planta) de las hojas ya formadas, y las laterales más viejas se marchitan y secan (Martínez et al., 2010).

La inflorescencia brota entre las hojas en espádice provistas de una espata (pequeño órgano de la planta) blanca de 12-15 cm; con flores femeninas en su porción inferior, masculinas en la superior y estériles en la media. La fruta y semilla del taro son más raras que la floración. Muchas inflorescencias se marchitan sin producir alguna semilla. Cuando ocurre fructificación, las frutas están en racimadas a la proporción basal del espádice (Montaldo, 1991).

El sistema radicular de la malanga es fibroso y se confina mayoritariamente a la capa superior del suelo. Las raíces nacen de las porciones inferiores del cormo del taro, siendo de estructura cilíndrica o esférica que representa el tallo principal de la planta (Montaldo, 1991).

Morfológicamente los brotes axilares representan las ramas laterales del tallo de la planta y el cormo representa el tallo principal (Figura 4). Cada cormelo es una carnosa y cónica estructura, siendo relativamente delgada en su punto de atadura al cormo, y más gruesa y redondeado hacia el extremo distal (Montaldo, 1991).

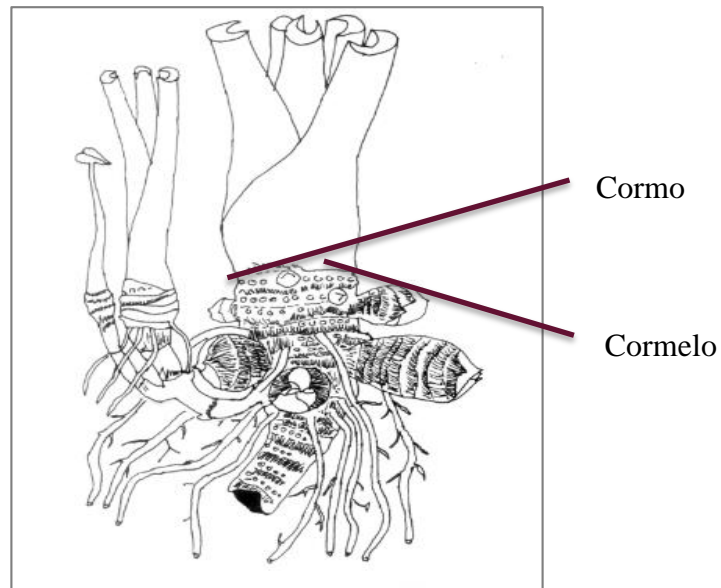


Figura 4.-Órganos subterráneos de *Colocasia esculenta* L.

De acuerdo a Morales (2012) la clasificación taxonómica de la *Colocasia esculenta* L. es de la siguiente manera (Cuadro 3).

Cuadro 3.-Clasificación taxonómica de *Colocasia esculenta* L.

Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Alismatales
Familia	Araceae
Subfamilia	Aroideae
Género	<i>Colocasia</i>
Especie	<i>Colocasia esculenta</i>
Nombre	<i>Colocasia esculenta</i> (L) Schott

Fuente: Morales, 2012.

Esta planta generalmente no produce semillas, probablemente debido a que, por selección clonal, a través de cientos de años de cultivo solo se hayan seleccionado clones infértiles, o bien, como la cosecha se realiza antes del año o al año, las inflorescencias no tienen la oportunidad de formarse. Todas las aráceas contienen oxalato de calcio (CaC_2O_4) lo cual limita el consumo de algunas variedades. También, en la pulpa puede presentarse un principio de acre que genera ácido cianhídrico (HCN), pero este puede eliminarse mediante lavados o cocción (Morales, 2012.).

6.5. Composición nutricional

Nutricionalmente, la *Colocasia esculenta* L. ha sido complemento de vitaminas y nutrientes como otros tubérculos. La composición nutrimental de la colocasia se muestra en el Cuadro 4. Los cormos de *Colocasia esculenta* L. son ricos en calcio, fósforo, hierro, vitamina C, tiamina, riboflavina y niacina, las cuales son constituyentes importantes de la dieta humana (Kaushal et al., 2015).

Cuadro 4.-*Composición nutricional de la Colocasia esculenta* L.

Componente	Cantidad (%)
Humedad	63-85
Proteína	1.4-3.0
Grasa	0.16-0.36
Carbohidratos	13-29
Fibra cruda	0.60-1.18
Ceniza	0.60-1.3
Vitamina C	7-9 (mg/100g)

Fuente: Kaushal *et al.*, 2015.

En general, el contenido de proteína y grasa de la *Colocasia esculenta* L. son bajos, pero es alto en carbohidratos, fibra y minerales.

Aunque los cormos de la *Colocasia esculenta* L. son relativamente pobres en fuente de ácido ascórbico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) y carotenos, el contenido de carotenos es equivalente al de la col y el doble que el de la papa (Englberger, Schierle, Marks y Fitzgerald, 2003).

6.6. Clima

La Colocasia es una planta esencialmente tropical con requerimientos de precipitación alta de 1,800-2,500 mm durante su ciclo biológico y bien distribuida, temperatura oscilante de 25-30 °C con buena luminosidad (Sánchez et al., 2017).

6.7. Suelo

Este tipo de cultivo prefiere suelos sueltos-limosos, con alto contenido de materia orgánica (como orillas de ríos o zonas propensas a inundación) y un pH de 5.5 a 6.5.

Prospera en suelos arcillosos, pero si no hay disponibilidad de agua en la cosecha se dificulta la actividad; tolera inundaciones, puede sobrevivir hasta tres días bajo el agua (Sánchez et al., 2017).

6.8. Siembra

Para la siembra se pueden emplear los cormos “camote” o las plántulas nuevas (hijuelos), los cormos para la siembra deben pesar menos de 200 g, enteros, sanos y como tratamiento preventivo, se debe sumergir en una solución fungicida. Esta planta puede cultivarse bajo diferentes sistemas de producción ya sea en surcos sencillos o en camas de doble hilera, en riego rodado, riego por goteo o micro aspersión. La densidad de población de esta planta puede variar desde 25 mil hasta 45 mil plantas por ha-1 (Sánchez et al., 2017).

6.9. Fertilización

Una buena fertilización debe iniciarse 30 días después de la siembra y luego se aplican dos o tres aplicaciones fraccionadas con intervalos de 30 a 45 días cada una con fórmulas completas como Nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K): 12-24-12, 10-30-10 o 15-15-15 con adición de potasio (0-0-60) y urea al 46 % (Blandón, 2019).

6.10. Método de recolección y manejo de campo

La maduración se basa principalmente en el tamaño del cormo al ser cosechado cerca de los 8-12 meses después de ser plantado, dependiendo del tamaño deseado y en las condiciones del mercado. La madurez también es asociada al marchitamiento y el secado de las hojas externas más viejas, la duración del período de crecimiento y la senescencia de las hojas son, por lo tanto, indicadores de que la raíz está completamente madura

(Medlicott, s.f.)

La recolección se realiza con ayuda de un azadón o un machete, el cormo se retira suavemente del suelo. Los cormelos y las raíces se dejan unidos al cormo, el suelo circundante se separa suavemente alejado del cormo de malanga, se realiza una selección preliminar (pequeño, dañado, suavidad, los dañados por insectos o cormos infestado deben ser quitados). Se manipula cuidadosamente para reducir la rotura de cormo, contusiones y otros daños al cormo.

6.11. Tratamiento y almacenamiento postcosecha de la *Colocasia esculenta* L.

La temperatura óptima de almacenaje va de 10-12 °C y 80-90 % de humedad relativa. Si se les trata adecuadamente y están sanos, se pueden almacenar durante varios meses.

El proceso de empacado de malanga (Figura 5) inicia con la cosecha y selección de los tubérculos, eligiendo aquellos que poseen más de un kilo y medio y que sean presentables a la vista, posteriormente se llevan al área de maquila.

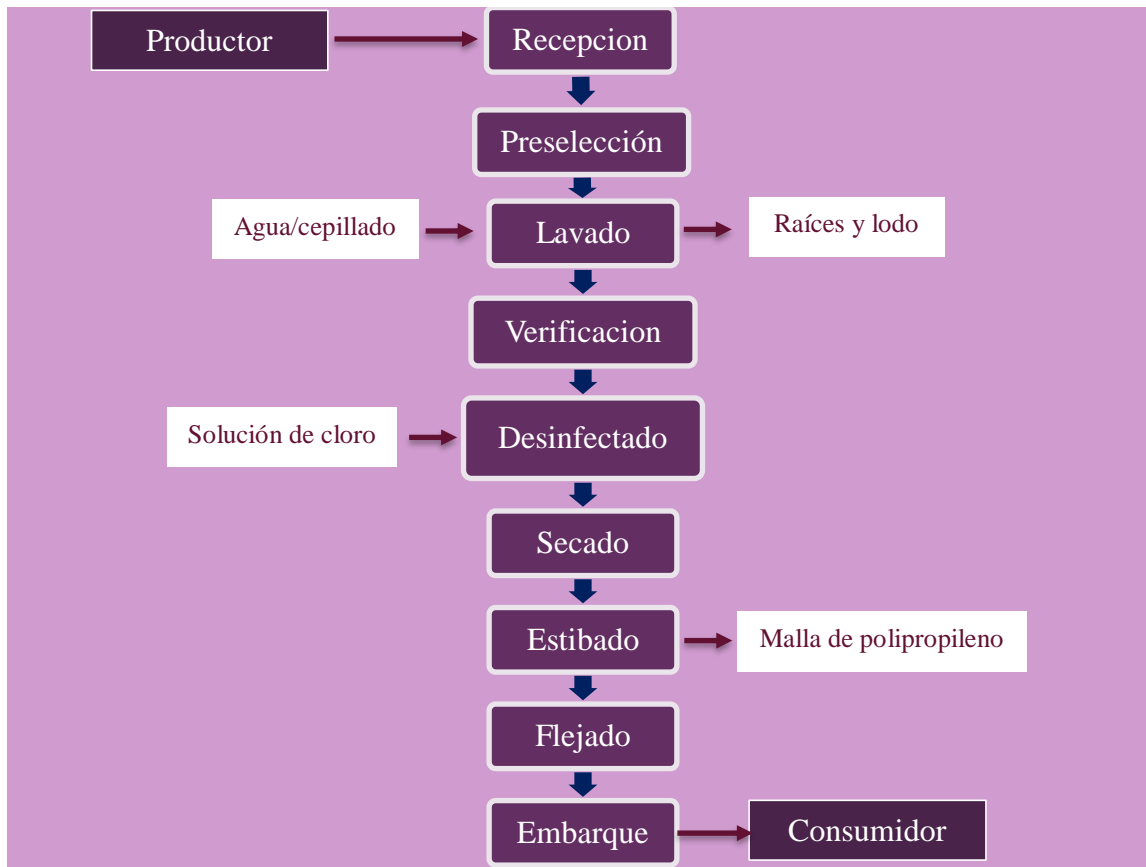


Figura 5.- Diagrama de bloques del proceso de empaque de malanga.

Fuente: Araujo *et al.*, 2011.

El proceso se basa principalmente en las siguientes etapas:

- ✚ Recepción: consiste en la admisión del producto en costales de 35 kilos y tendido en una explanada cerca del área de lavado para esperar el siguiente proceso el cual es inmediato.
- ✚ Preselección: una primera selección donde se elimina los cormos que no cumplen con las especificaciones de calidad e inocuidad.
- ✚ Lavado: enjuagado del cormo con ayuda de guantes y una escobeta a fin de eliminar todo el excedente de tierra, en seguida se corta con un cuchillo aquellas imperfecciones que pudiera tener el tubérculo.
- ✚ Verificación: revisión de que el producto cumple con los requerimientos de lavado.

- ✚ Desinfectado: se realiza en una tina con agua y desinfectante.
- ✚ Secado: se colocan en arpillas de 22.7 kg para luego situarlas en tarimas y quitar el exceso de humedad con ayuda de un ventilador.
- ✚ Estibado: Una vez secado el producto, lo estiban en tarimas de 1x1.20 m que suman 1 tonelada, se realizan tendidos de 6 arpillas de base por 7 arpillas de alto.
- ✚ Flejado: Asegurar que las estibas queden fijas para una mejor movilidad al momento de la carga en el contenedor.
- ✚ Embarque. contenedor que debe estar refrigerado a 7° C (Araujo T. P., Pulido M. Y., Y Córdova S. 2011).

Las mallas con el producto seco y listo (Figura 6) son estibadas y están listas para ser entregadas al exportador en la zona de embarque (Araujo et al., 2011).

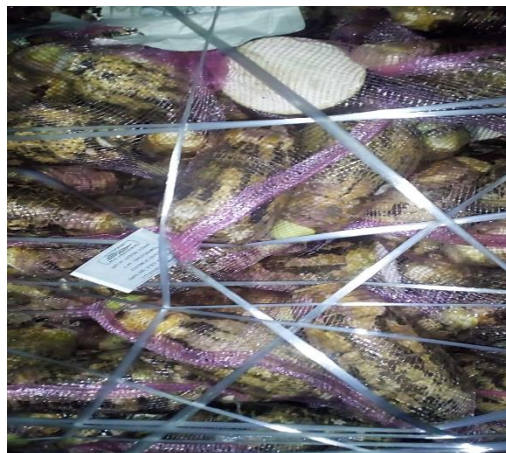


Figura 6.- *Malanga* lista para ser embarcada y enviada a cliente.

Fuente propia.

6.12. Principales usos de la *Colocasia esculenta* L.

El consumo mundial ha tenido un auge importante debido al interés en sectores crecientes de consumidores, debido al contenido de almidón de estructura microgranular, minerales y vitaminas que hacen de este tubérculo un producto de gran importancia nutricional para la población (Sánchez et al., 2017).

Los cormos de la *Colocasia esculenta* L. pueden ser consumidos cocidos, obtener harina para diversos usos, rodajas fritas, platillos, refrescos, bebidas, sopas, pastas, guisos,

ensaladas, dulces, panes, pasteles, galletas y nieve. Estudios realizados con tubérculos de *Colocasia esculenta* L. revelan que tiene el potencial de ser una fuente de carbohidratos para la alimentación, contiene una harina altamente digestible (Caceido, Rodríguez y Valle, 2013), también es rico en gomas (mucilago) y se ha informado que tiene un contenido promedio de almidón extraído de 28.3 % y 27 % para corno de color rosa y blanco respectivamente, Kaushal, (2015).

El tubérculo es usado como fuente de carbohidratos en lugar de gluten que contiene carbohidratos, puede ayudar en la reducción de la incidencia de la enfermedad celíaca u otras reacciones alérgicas (Kaushal, 2015). El corno de colocasia esculenta L contiene una cantidad considerable de almidón (70-80 g/100 g de taro seco) y proteínas. Estas raíces y tubérculos son procesados generalmente en varias formas antes del consumo dichos procesamientos los hace digeribles y sabrosos, prolongando la vida útil y reduciendo las pérdidas postcosecha.

6.13. Nixtamalización

En México, antes de consumirse el maíz se somete a un proceso térmico-alcalino fuerte conocido como nixtamalización (palabra náhuatl, derivada de nextli que significa cenizas o cenizas de cal y tamalli, masa de maíz), por lo que se considera un proceso autóctono de nuestro país (Badui, 2006).

Es un proceso muy antiguo (Figura 7), desarrollado por los aztecas, el cual todavía se utiliza de manera generalizada entre los industriales de la masa y la tortilla para producir tortillas de buena calidad y otros productos alimenticios.



Figura 7.-Maíz cocido (*nixtamal*)

Fuente: Rodríguez, 2016.

En su forma tradicional, primero se hierva el maíz en agua en una proporción de 1:3 (peso: volumen) a la que se ha añadido 1-3% de cal, con lo cual se alcanza un pH que varía de 11 a 13. El tiempo de cocimiento, que oscila es entre 20 y 40 minutos, depende de las variedades de maíz, pues las variedades de endospermo suave requieren menos tiempo que las de endospermo duro. La dureza del grano está dada por la composición, grosor del pericarpio y de la relación de concentración entre la amilosa y amilopectina. Después de este corto tiempo de ebullición, se deja reposar de 10 a 14 horas. El agua de cocción llamada “nejayote” se elimina, posteriormente el maíz se lava con agua para eliminar el exceso de álcali lo que mejora el sabor de la tortilla que de otra forma sería alcalino. El nejayote es un contaminante importante por su alta demanda biológica de oxígeno y pH de aproximado de 8.5 (Badui, 2006).

El maíz ya lavado se muele en un molino de piedras que, por la fricción genera una gran cantidad de calor que incrementa considerablemente la temperatura de la masa obtenida. Finalmente, esta masa sirve para preparar un gran número de alimentos, entre los que destaca notablemente la tortilla; para su fabricación, se requiere un cocimiento a 170-190

°C de 4 a 5 minutos, mismo que se lleva a cabo en planchas metálicas o de barro (Figura 8) (Badui, 2006).

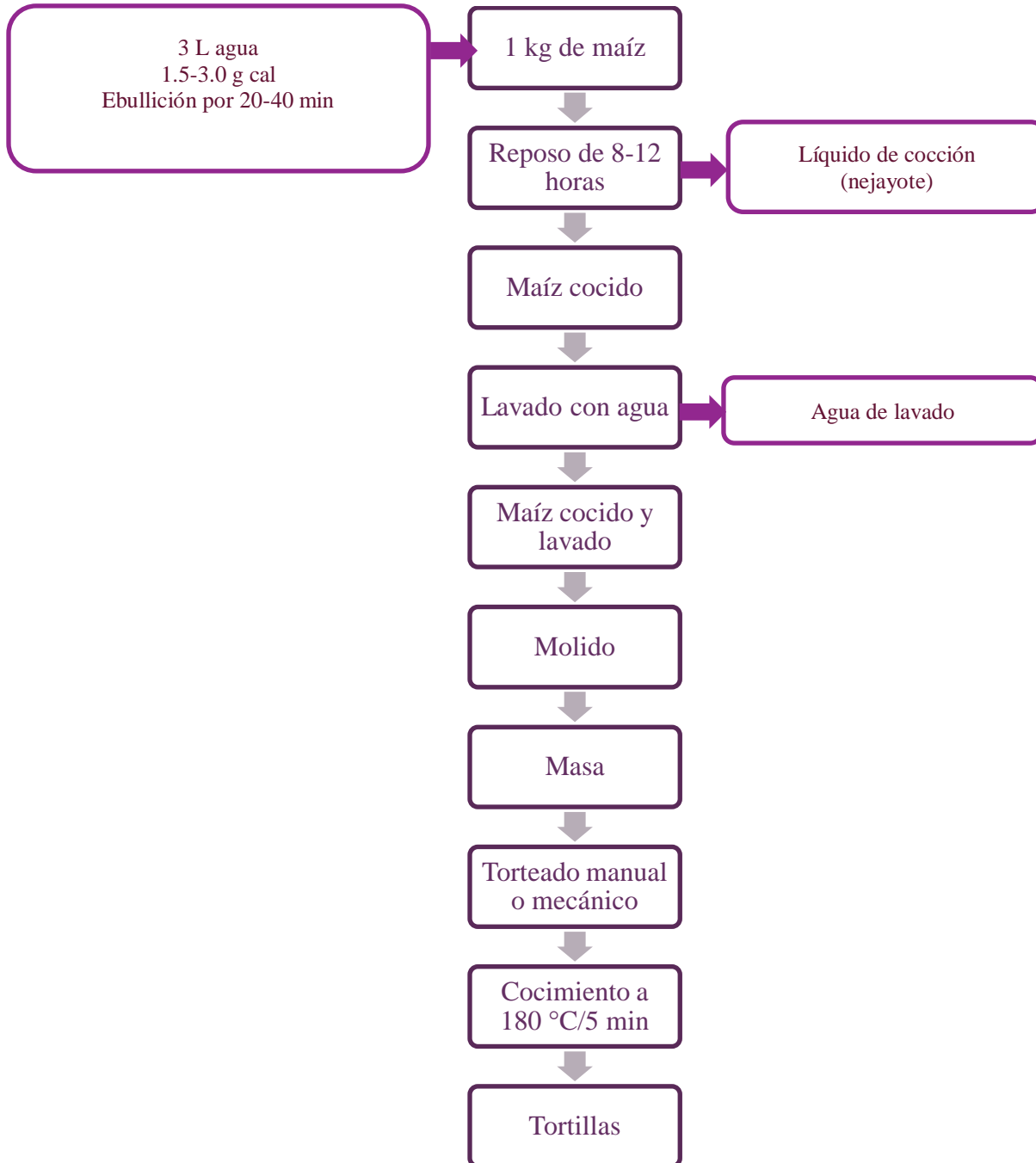


Figura 8.-Diagrama de proceso para la obtención de nixtamal.

Fuente: Badui, 2006.

Las gomas del maíz, ricas en arabinosilanos ayudan a retener el agua e imparten flexibilidad y suavidad a la masa y las tortillas elaboradas con esta. Por otro lado, cuando se retiene un exceso de cal en el nixtamal, existe un oscurecimiento del producto debido a que propicia que los compuestos fenólicos generen tonalidades oscuras (Badui, 2006). Las condiciones a las que se someten el maíz durante la nixtamalización, es de gran importancia, ya que la temperatura y la agitación tienen un efecto significativo en la remoción de las capas superficiales, así como en la adsorción del agua y el calcio (Gutiérrez, Rojas, García y Serna, 2010). En dicho proceso, la acción del hidróxido de calcio genera dos productos: el nixtamal, que es el grano suave disponible para la elaboración de masa o productos derivados y el nejayote, que es el agua de cocimiento y cuyas propiedades físico-químicas resultan de los componentes presentes en el maíz (Acosta, Lazo, Nava, Gutiérrez y Serna, 2014).

A pesar de ser un tratamiento severo, la nixtamalización tiene beneficios, ya que mejora la calidad nutritiva del maíz, debido a las siguientes transformaciones: la biodisponibilidad de la lisina de la glutelina se incrementa considerablemente, así como la del triptófano y; lo mismo ocurre con la niacina, que originalmente se encuentra en forma no disponible biológicamente; la destrucción de leucina hace que la relación de este aminoácido con la isoleucina mejore considerablemente y se incremente el aprovechamiento de ambos; la gelatinización del almidón propicia que éste sea utilizado por el organismo humano (Baduí, 2006).

6.13.1. Usos potenciales del nejayote

Comúnmente el nejayote es desechado en drenajes, cenotes o, arrojándose directamente a las inmediaciones del molino. Como consecuencia de esto se genera erosión del suelo, muerte de peces y otros seres acuáticos debido a la falta de oxígeno.

El nejayote, se le considera altamente contaminante debido a: la alta demanda biológica de oxígeno (2692-7875 mg O₂ L⁻¹), alta demanda química de oxígeno (10200-22000 mg O₂ L⁻¹) y con un pH básico 10.5-11.5 (Gutiérrez *et al.*, 2010). Debido al hecho de que el nejayote obtenido de nixtamalización es un agua inútil altamente alcalina, con alta demanda química y biológica del oxígeno, se considera un agente contaminador del medio

ambiente.

Se ha encontrado que aproximadamente el 50% de los sólidos del nejayote están suspendidos; estos contienen 64% de polisacáridos, 20% de almidón y 1.4% de proteína (Ramírez, Reyes y Cruz, 2013).

Cuadro 5.-Parámetros fisicoquímicos del nejayote.

Compuesto	% en base seca
Proteína soluble	4.76 – 4.90
Grasa	0.74 – 5.76
Carbohidratos	71.93 – 75.41
Almidón	2.57 – 32.0
Polisacáridos no amiláceos	49.8 – 79.1
Fibra cruda	19.29 – 22.77
Lignina	0.36 – 0.67
Proteína	0.81 – 7.42
Cenizas	1.09 – 12.66
Calcio	4.68 – 13.13
Densidad	1030.85 - 1047.32 kg-m ⁻³
Humedad	88.15 - 89.29
Actividad de agua	0.99 a 1.00
pH	11.5 a 11.6

Fuente: Rosentrater, 2006.

Ciertas propiedades biológicas (actividad antioxidante) del nejayote se atribuyen a la presencia de compuestos bioactivos, tales como arabinosilanos (AX) y polifenoles. Los primeros son polímeros de xilosa sustituida por un arabinofuranosil, los cuales están presentes en cereales y gramíneas sin celulosa (Mendis et al., 2014). Los segundos funcionan como vínculo estructural entre el pericarpio y el endospermo del grano (Castro, 2014).

En general, el nejayote contiene más del 60 % de los polisacáridos sin almidón. Los polisacáridos de la pared celular no celulósico álcali solubles, presentes en el pericarpio del maíz (principalmente arabinosilanos), demuestran características funcionales interesantes como espesantes, estabilizadores, emulsores y formadores de la película y del gel.

Han surgido numerosos estudios que pretenden dar solución a los problemas que genera dicho residuo, tales como, remover la materia insoluble por clarificación y sedimentación, y la materia soluble por medio de la acción de microorganismos aerobios o anaerobios. Otro uso potencial del nejayote es en la producción de enzimas, particularmente, amilasas (Domínguez y Pacho, 2003).

Pérez, (2012) estudió el potencial del concentrado de nejayote pre-tratado como sustrato para la producción de bioetanol a través de los carbohidratos, conformados principalmente por glucosa, xilosa y arabinosa, si son hidrolizados hasta sus unidades monoméricas y se realiza una adecuada selección de levaduras.

Torres, (2015) diseñó un proceso aplicando un biocatalizador oxidativo denominado lacasa y un polímero natural quitosano o celulosa, que además de reducir los efectos contaminantes del nejayote se aprovecha el ácido ferúlico que contiene para la elaboración de un producto biotecnológico con múltiples funciones, a favor de la salud y como conservador de alimentos.

Investigaciones demuestran que la utilización del nejayote como fuente potencial de goma de maíz podría representar una alternativa al uso de este residuo contaminante (Carvajal, 2007). Las gomas son ampliamente utilizadas como espesantes, estabilizantes y agentes de encapsulación para preparar salsas, helados, productos de panadería, entre otros.

El nejayote también es rico en arabinosilanos, azúcares simples y ácido ferúlico (AF), por lo que posee un gran potencial para formular medios de cultivo para la producción de feruloil esterases (FEs). Las FEs, son carbohidratos esterases producidas por diversos microorganismos, con la capacidad de llevar a cabo tanto la hidrólisis como la síntesis de ésteres de distintos ácidos hidroxicinámicos que pueden dar como resultado, moléculas con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antitumorales.

6.13.2. Recubrimientos comestibles

Los recubrimientos comestibles se definen como una capa delgada que se forma directamente sobre la superficie de los alimentos formando una envoltura protectora (Andrade, Acosta, Bucheli y Luna, 2013).

Estos se elaboran a partir de una gran variedad de proteínas, polisacáridos y lípidos, como componentes únicos o combinados (Andrade et al., 2013).

6.13.3. Función de los Recubrimientos comestibles

El mecanismo por el cual conserva la calidad de frutas y vegetales (Figura 9), es debido a que constituyen una barrera semipermeable a los gases y al vapor de agua retrasando el deterioro controlando la respiración y la senescencia de forma similar a las atmósferas modificadas, mejoran las propiedades sensoriales, ayudan a mantener la integridad estructural del producto que envuelven, a retener compuestos volátiles y también pueden actuar como vehículo de aditivos alimentarios (Andrade et al., 2013).

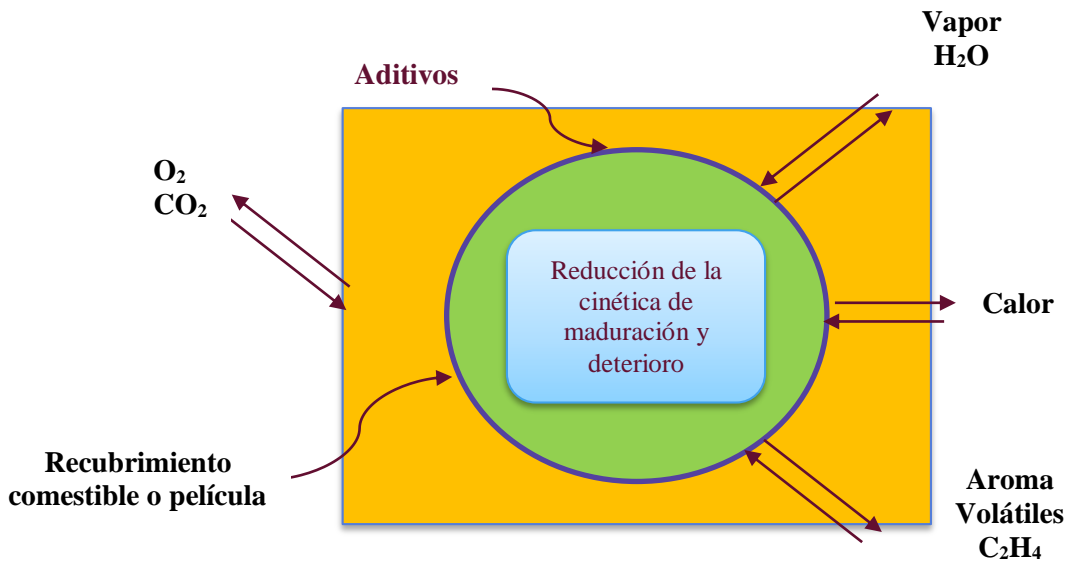


Figura 9.- Mecanismo de funcionamiento de los recubrimientos comestibles.

Fuente: Andrade *et al.*, 2013

Los recubrimientos se elaboran a partir de una gran variedad de proteínas, polisacáridos y lípidos ya sea como componentes únicos o de manera combinada, con la finalidad de conseguir mejores propiedades de barrera y mecánica (Cuadro 6).

Cuadro 6.-Principal función de los recubrimientos comestibles.

Recubrimientos comestibles
<ul style="list-style-type: none">• Controlar pérdida de humedad• Controlar pérdida de compuestos volátiles• Contener aditivos• Prevenir la pérdida de color• Controlar la pérdida o intercambio de sabor• Prevenir o controlar la oxidación• Mejorar las propiedades mecánicas y de manejo

Fuente: *Torres, 1994.*

6.13.4. Principales constituyentes de los recubrimientos comestibles

La materia prima que constituye los recubrimientos comestibles puede estar presente de las siguientes categorías:

Recubrimientos a base de lípidos: Los lípidos se caracterizan por ser hidrofóbicos y no poliméricos, presentando excelentes propiedades de barrera frente a la humedad, sin embargo, su falta de cohesividad e integridad estructural hace que presenten malas propiedades mecánicas formando recubrimientos quebradizos; sin embargo, reducen la transpiración, la deshidratación, la abrasión en la manipulación posterior y pueden mejorar el brillo y la apariencia de muchos de los alimentos.

Sin embargo, estos recubrimientos presentan ciertas limitaciones tales como, propiedades mecánicas pobres e incluso mala apariencia (García et al., 2000).

Es por ello que los lípidos son mezclados con otras sustancias como los polisacáridos, ya que estas combinaciones le otorgan al recubrimiento una mayor estabilidad. Se ha reportado que mezclas de aceite de girasol (*Helianthus annuus L.*) y almidón de maíz (*Zea mays L.*) con glicerol y sorbitol como plastificante, obtuvieron un recubrimiento con buenas propiedades mecánicas para adherirse en zanahoria (*Daucus carota L.*) reduciendo

la pérdida de vapor de agua tres veces más por encima del control.

Dentro del grupo de lípidos aplicados a recubrimientos y películas comestibles se pueden mencionar las ceras (abejas, candelilla y carnauba), resinas, monoglicéridos, diglicéridos y los ácidos grasos tales como el ácido esteárico.

- ✚ Aceite de olivo: El aceite de oliva es un compuesto complejo constituido por ácidos grasos, vitaminas, componentes solubles en agua y pequeños trozos de oliva. El ácido oleico y el ácido linoleico son los ácidos grasos primarios del aceite de oliva. El ácido oleico es monoinsaturado es el componente del aceite de oliva en un 55 a 85% y es obtenido a partir de la aceituna, el fruto del árbol de olivo, ya sea de forma mecánica o física.

El aceite de oliva virgen tiene muchas propiedades y elementos beneficiosos para el organismo. Los polifenoles son uno de los componentes más apreciados del aceite de oliva gracias a su acción antioxidante y a los recién descubiertos efectos beneficiosos en la prevención y lucha contra las enfermedades cardiovasculares como la aterosclerosis (Hernández, 2016).

- ✚ Recubrimientos a base de polisacáridos: Los recubrimientos a base de polisacáridos han resultado los más utilizados principalmente por sus propiedades mecánicas de adherencia y flexibilidad en la superficie de los productos hortofrutícolas.
- ✚ Nejayote: Se ha encontrado que aproximadamente el 50% de los sólidos suspendidos en el nejayote contienen 64% de polisacáridos, 20% de almidón y 1.4% de proteína. El otro 50% está compuesto de sólidos solubles a base de proteínas, azúcares, vitaminas y fitoquímicos ricos en polifenoles y carotenoides (Gutiérrez et al., 2010).
- ✚ Recubrimientos a base de proteínas: Los recubrimientos elaborados a base de proteínas presentan mejores propiedades de barrera a los gases, pero, la desventaja que presentan es la resistencia al vapor de agua debido a la naturaleza hidrofílica.

✚ Otros constituyentes:

Son adicionados a las formulaciones de los recubrimientos comestibles utilizándolos como plastificantes o simplemente para garantizar que el recubrimiento tenga mayores propiedades de barrera a la pérdida de agua.

✚ Benzoato de sodio:

Los antimicrobianos más empleados para la preservación de los productos son sorbatos y benzoatos. Para asegurar la estabilidad microbiológica del producto, se debe tener en cuenta que el preservador se divide entre las fases acuosa y oleosa y, por ende, no se encuentra en su totalidad disponible para ejercer su acción como antimicrobiano.

6.13.5. Métodos de aplicación de los recubrimientos

Los recubrimientos comestibles son aplicados en forma líquida por inmersión o pulverización formándose la película sobre el alimento. Existen dos métodos para la aplicación de los recubrimientos:

✚ Inmersión:

La inmersión es utilizada en productos que tienen superficies irregulares y requieren el recubrimiento uniforme. Se usa en frutas, verduras, carnes, pescados y aves. La técnica consiste en sumergir el alimento, por un tiempo variable, que dependerá de la viscosidad y temperatura. Posteriormente se deja secar y se almacena. La desventaja de este método, es la necesidad de cambiar constantemente la solución empleada para el recubrimiento ya que se vuelve vulnerable a la contaminación microbiana.

✚ Aspersión:

Esta técnica se basa en la aplicación de la solución filmogénica presurizada. Permite obtener recubrimientos comestibles más finos y uniformes.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Lugar de la investigación

Parte de la investigación teórica y práctica del presente trabajo se desarrolló en el laboratorio de alimentos del Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre y se terminó de desarrollar en el laboratorio de postcosecha en la Unidad de Investigación y Desarrollo de Alimentos (UNIDA-Instituto Tecnológico de Veracruz).

7.2 Materia prima

Para este estudio se adquirieron malangas del género *Colocasia esculenta* L. provenientes de una plantación ubicada en la región de Actopan en el estado de Veracruz. Los cormos de malanga recolectados fueron de una edad aproximada de maduración cercana a los 8 y 12 meses de plantación con pesos de 1 a 2.5 kg.

El nejayote empleado para la elaboración del recubrimiento fue recolectado de una tortillería de la región de Veracruz “Tortillería el rincón” el cual fue acondicionado, para ello se procedió a una pasteurización lenta de 62-64 °C por 30 min y se ajustó el pH.

Además se empleó un recubrimiento comercial para comparar los resultados con el recubrimiento comestible ver anexo 1.

7.3 Caracterización física

7.3.1 Peso

Para la caracterización del peso de los cormos se empleó una balanza analítica (Sartorius Lab Instruments®, ENTRIS2202-1S, Alemania).

7.3.2 Longitud y diámetro

El tamaño de los cormos se determinó al tomar medida en tres áreas representativas del corno (Figura 10), para ello se empleó un vernier digital marca Toolmeter®, modelo 15CM, México.

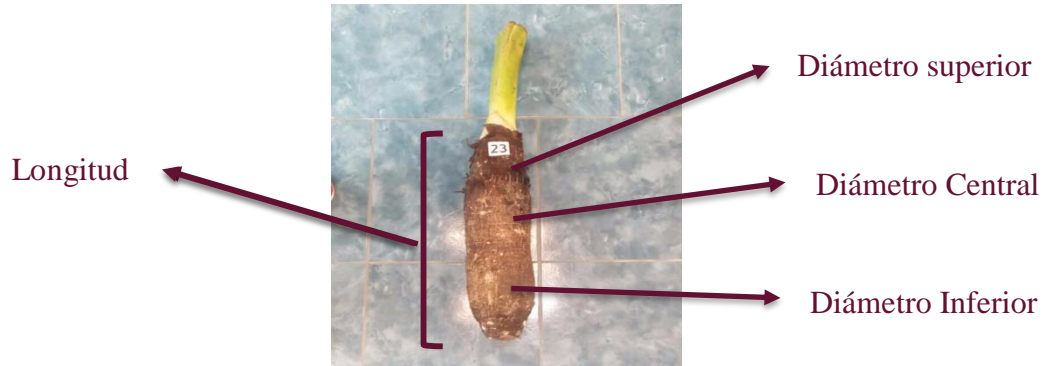


Figura 10.- Determinación del tamaño de cormos de malanga.
Fuente: Elaboración propia

7.4 Caracterización química

7.4.1 pH

Se determinó mediante el método AOAC (2000). Se empleó un potenciómetro digital Oakton Eco Testr pH2, E.U.A. El potenciómetro se calibró con buffer pH 7 y buffer pH 4. La muestra de malanga se trituró y mezcló homogéneamente y se tomó la lectura de pH.

7.4.2 Humedad

El porcentaje de humedad se determinó empleando el método 925.09 de la AOAC 2011. Los cormos fueron pelados y triturados, se pesó aproximadamente 1.5 g de muestra en una charola, se colocaron en un horno de secado TERLAB TRB-TE-H218LDM, México, de 105 °C durante 4 h. Posteriormente, se llevó la muestra al desecador por espacio de 10 minutos para su enfriamiento. Al final se pesó en la balanza analítica.

El porcentaje de humedad se calcula con la Ecuación1:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(\text{Peso de muestra seca}) * 100}{\text{Peso muestra humedad}} \quad (1)$$

7.4.3 Caracterización de materia prima proteína, grasa y humedad

Para la caracterización de proteína, grasa y humedad de la materia prima se utilizó el equipo infralab (NDC Infrared Engineering 710e) analizador por infrarrojo, con respuesta

media de 10 segundos, para ello se llenó hasta tres cuartas partes de la charola del equipo con pulpa fresca, rebanadas frescas, harina y malanga deshidratadas, cuidando que la muestra quedara totalmente esparcida en la charola se procedió a realizar las lecturas, los datos obtenidos se analizaron para obtener el promedio y la desviación estándar.

7.5 Formulación del recubrimiento

Para la obtención de la formulación del recubrimiento comestible fue necesario realizar ensayos preliminares, los cuales permitieron evaluar la afinidad del nejayote con los demás componentes. La formulación del recubrimiento comestible se realizó con base en Reynoso et., al 2008) con algunas modificaciones.

La composición del recubrimiento comestible a estudiar estuvo conformada por: aceite de olivo, glicerol, benzoato de sodio y nejayote.

7.5.1 Elaboración del recubrimiento

Para la formulación del recubrimiento a base de nejayote se empleó la formulación que se presenta en el Cuadro 7.

Cuadro 7.-Componentes de la formulación del recubrimiento comestible a base de nejayote.

Ingrediente	Concentración (%)
Nejayote	10
Aceite de olivo	20
Glicerol	0.5-1
Benzoato de sodio	0.1

Fuente: Elaboración propia

Se llevó a cabo mezclando en agitación constante a 8000 rpm para homogenizar todos los constituyentes, nejayote, aceite de olivo, glicerol con una proporción de 0.5%, benzoato de sodio como conservador, posteriormente se colocó en un baño de agua fría, el pH final de la composición fue de 5.5-6.5.

Las figuras (11 y 12) muestran la manera de aplicación y secado a temperatura ambiente del recubrimiento, respectivamente. Dicha aplicación sobre la Colocasia fue mediante la técnica de asperjado, las cuales se dejaron secar a temperatura ambiente.



Figura 13.-Aplicación de recubrimiento por aspersión.



Figura 12.-Secado de cormos de malanga a temperatura ambiente.

A continuación (Cuadro 8) muestra las condiciones de evaluación de los tratamientos con su respectiva denominación:

Cuadro 8.-Condiciones de evaluación del recubrimiento comestible a base de nejayote sobre cormos de malanga *Colocasia esculenta* (L) a temperatura de 12 °C y 25 °C

Tratamiento	Abreviatura
Malanga con recubrimiento comercial a 12 °C	MRC12
Malanga con recubrimiento comercial a 25°C	MRC25
Malanga con recubrimiento nejayote a 12°C	MRNE12
Malanga con recubrimiento nejayote a 25°C	MRNE25
Malanga sin recubrimiento a 12°C	MSR12
Malanga sin recubrimiento a 25°C	MSR25

Fuente: Elaboración propia

7.6 Evaluación del recubrimiento comestible

7.6.1 Pérdida de peso

Para la medición de pérdida de peso (Figura 13) se seleccionaron muestras de cada grupo de estudio mencionado anteriormente (T1-T6) Con ayuda de una balanza analítica (Sartorius Lab Instruments, ENTRIS2202-1S) se registró la pérdida de peso durante el periodo de evaluación.

Los resultados se expresaron en porcentaje, utilizando la Ecuación 2:

$$\text{Pérdida de peso (\%)} = \frac{100 (P_f - P_0)}{P_0} \quad (2)$$



Figura 14.-Evaluación de pérdida de peso del corno de *Colocasia sculenta L.*

7.6.2 Color

La determinación del color se realizó con un colorímetro (MiniScan® modelo 4500L, E.U.), tomando como base el sistema CIE L*a*b (Figura 14).

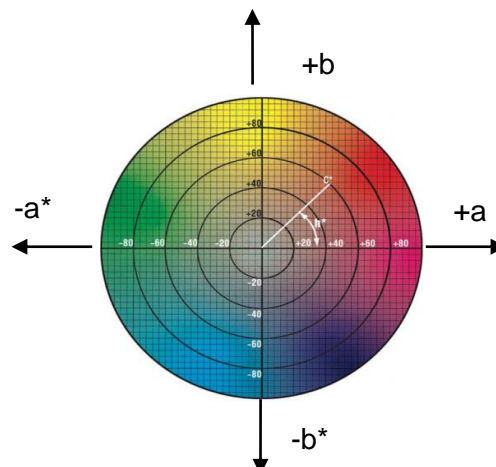


Figura 15.-Escala de color CIE L*a*b.

Donde L^* es la luminosidad (que va desde 0 para negro, hasta 100 para blanco), a^* es la tendencia del color verde (-), hasta el rojo (+) y b^* es la tendencia del color azul (-) al amarillo (+). El colorímetro se calibró con el color blanco, la lectura se tomó a temperatura ambiente (25 ± 1 °C) en diferentes puntos del corno de malanga (Figura 15). Las coordenadas polares de color, también conocidas como pureza o saturación ($C^* = \text{Chroma}$) y ángulo de matiz o tono ($h^\circ = \text{valor Hue}$), se calcula mediante las ecuaciones 3 y 4.

$$C = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (3)$$

$$h = \tan^{-1} \frac{b}{a} \quad (4)$$



Figura 16.-Evaluación de color en el corno de *Colocasia esculenta*.

Fuente: Elaboración propia

6.6.3 Producción de CO_2

La cuantificación se realizó en un cromatógrafo de gases GC Systems 7820A Agilent, China (Figura 16), con una columna Poraplot Q (Agilent ®) de 12 m de longitud, 0.32 mm de diámetro, bajo condiciones de 250 °C en el inyector, 100°C en el horno, 250 °C en el Detector de Ionización de Flama (FID), utilizando N_2 como gas acarreador a un flujo de $1.5 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ en la columna.



Figura 17.-Cromatógrafo de gases

Los resultados del CG se representan por el área bajo la curva de operación; con estas áreas se calcularon las concentraciones de CO₂ mediante una curva estándar. Para ello, las malangas a las cuales se les determinó respiración fueron encerradas en recipientes herméticos por un periodo de dos horas (Figura 17).



Figura 18.-Cormo de malanga en cámara de respiración.

Para calcular la concentración de CO₂ presente en la muestra se empleó la Ecuación 5:

$$CO_2 = \frac{V_{gas} DCm - DCb}{t} \frac{1}{P} \frac{1}{100} \quad (5)$$

Dónde:

CO_2 = Producción de CO₂ en $\mu L/g - h$.

V_{gas} = Volumen de la cámara - volumen del fruto (mL).

t = Tiempo de residencia del fruto en la cámara (h).

DCm = mg/L de CO₂ en la muestra.

DCb = mg/L de CO₂ en el blanco.

P = Peso del fruto en (kg).

7.6.4 Textura

Se realizó con un penetrómetro digital motorizado para frutas (FTA modelo GS-15, Italia), para lo cual se cortaron rebanadas a las cuales se les realizó la medición y los datos se reportaron en Newton (Figura 18).

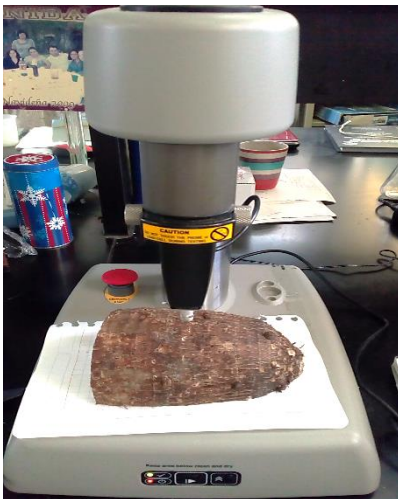


Figura 19.-Análisis de textura del cormo de malanga.

7.7 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) para determinar diferencias significativas entre tratamientos, para ello se empleó un Diseño Completamente al Azar. Se utilizó el software STATGRAPHICS® Centurion XVI. Version 16.1.18. (StatPoint Technologies, Inc., E. U. A).

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 Peso, longitud

Con respecto a la caracterización física de los cormos (Cuadro 9), Madrigal et al., (2018) reportan una longitud de 39 cm para cormos grandes, sin embargo, reporta un valor de 35 cm para cormos pequeños, además reportan un peso para cormos de 2.5 kg y 3.6 kg respectivamente.

Enríquez et al., (2011) reportan un peso de 1.449 kg en cormos cosechados en suelo fangoso, mientras que para cormos cosechados en suelo seco fue de 2.332 kg.

El diámetro de cormos cosechados en suelo seco reportado fue de 13.5 cm y los cosechados en suelo fangoso fue de 11.5 cm (Enríquez et al., 2011).

Por lo anterior, se puede decir que dichos parámetros se ven influenciados principalmente por el tipo de tratamiento que se le aplique al suelo tal como fertilizantes y humedad presente en el suelo.

Cuadro 9.- Valores de peso y longitud en muestras de *Colocasia esculenta* L.

Parámetro	Cormo pequeño	Cormo grande
Longitud (cm)	21.42±6.80	39.57±5.432
Peso (kg)	1.41±0.62	3.482±0.543
D Centro(cm)	9.115±1.013	11.087±0.423

Pruebas realizadas por duplicado (se reporta la media ± la DS*)

*Desviación estándar

Fuente: Elaboración propia

8.2 pH

El pH promedio de la malanga (Cuadro 10), se encontró dentro de lo reportado por Miranda, et al., (2011) con un pH de 6.78. En otro estudio realizado por Mbofung et al., (2009) reportaron valores de pH en un rango de 6 a 7.

Cuadro 10.-*Datos obtenidos de pH.*

Parámetro	<i>Colocasia esculenta</i>
pH	6.93

Pruebas realizadas por duplicado (se reporta la media ± la DS).

*Desviación estándar

Fuente: Elaboración propia

8.3. Humedad

Madrigal et al., (2018), reportan un valor de 67.7 % en plantaciones del municipio de Actopan, dicho valor es muy cercano al aquí reportado cuadro 11. Mientras que Martínez, et al., (2010) reportan un valor de 65.3 % en plantaciones del sur de Sinaloa.

Por lo que podemos decir que la variación encontrada en dichos datos se puede atribuir principalmente a las variaciones climatológicas y posición geográfica que presentas dichas regiones.

Cuadro 11.-*Datos obtenidos del análisis de humedad.*

Parámetro	<i>Colocasia esculenta L</i>
Humedad (%)	68.47± 5.7373

Pruebas realizadas por duplicado (se reporta la media ± la DS).

*Desviación estándar

Fuente: Elaboración propia

8.4 Grasa, proteína y humedad

Los datos obtenidos en el equipo infralab Cuadro 12, Torres et al., (2013), reportaron 14.49±0.04 % de humedad, 1.5±0.03 % de proteína, respectivamente, para la harina de malanga lo cual no concuerda con los datos obtenidos los cuales fue mayores respectivamente para la humedad y la proteína. La diferencia encontrada en los datos puede estar relacionado con el tipo de análisis utilizado ya que los resultados reportados en diversas literaturas fueron realizados con métodos de análisis tradicionales y los datos aquí obtenidos se obtuvieron mediante el equipo infralab a través de detección infrarrojo. La calibración del equipo es un factor de gran influencia en los datos registrados ya que dicho equipo requiere de hacer diversos análisis de humedad, grasa y proteína antes de

analizar un producto, los cuales son insertados en dicho equipo para posteriormente obtener resultados confiables en menor tiempo en comparación a los análisis convencionales.

Cuadro 12.-*Datos obtenidos en equipo analizador de alimentos (infralab).*

	Humedad	Grasa	Proteína
Malanga deshidratada	25.9±2.54	13.7±0.851	16.3±1.19
Harina de malanga	23.4±0.964	14.4±0.831	16.7±0.657
Pulpa fresca de malanga	66.1±0.826	0.885±0.410	0.597±0.536
Rebanada fresca	35.9±1.19	8.7±2.54	17.7±0.827

Pruebas realizadas por duplicado (se reporta la media ± la DS) *Desviación estándar. Fuente: Elaboración propia.

8.5 Evaluación del recubrimiento comestible

8.5.1 Pérdida de peso

Durante el estudio realizado, los cormos de malangas fueron almacenadas a temperatura de 12 °C y 25 °C. El uso del recubrimiento comercial Natural shine®505-OR, produjo un retraso en la pérdida de peso de los frutos, retardando 12 días la vida útil de las malangas recubiertas. En el Cuadro 13 se muestra la pérdida fisiológica de peso en cormos de malanga almacenados a temperatura de 12 y 25 °C. Se observó que la pérdida de peso en malangas con recubrimiento comercial a 12 °C fue de 3.78 %, y en malangas sin recubrimiento a 12 °C, se observó una pérdida de peso del 6.61 %, mientras que la pérdida de peso en malangas con recubrimiento de nejayote fue de 5.678 %, con estos resultados se prueba que el uso de recubrimientos retarda la vida postcosecha, esto debido a que la respiración es un proceso físico que puede ser controlado aplicando tratamientos al producto (ejemplo ceras y otros recubrimientos superficiales o envolturas con películas plásticas) o manipulando el ambiente (ejemplo manteniendo alta humedad relativa y controlando la circulación del aire) (Kader et al., 2007).

Cuadro 13.-Pérdida fisiológica de peso en cormos de malanga con recubrimiento comestible a base de nejayote almacenados a temperatura de 12 y 25 °C.

Tratamiento	% PP
MRC12	3.7785 _c
MRN12	5.6785 _{bc}
MSR12	6.6142 _b
MRC25	6.9714 _b
MSR25	8.2285 _b
MRN25	11.5714 _a

Letras diferentes indican diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.05$)

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de los tratamientos evaluados a 25 °C, malangas con recubrimiento comercial a 25°C 6.97 % y malangas sin recubrimiento 8.23 % de pérdida de peso, mientras que la pérdida de peso en malangas con recubrimiento de nejayote a 25°C fue de 11.57 %.

Los resultados experimentales sugieren que la pérdida de peso en cormos de malanga está más influenciada por el factor temperatura de almacenamiento que por el tipo de recubrimiento empleado.

Guerra, (1996), menciona que la velocidad de respiración de un fruto se reduce a la mitad por cada 10 °C en que disminuye la temperatura, de acuerdo con (Kader et al., 2007), la temperatura ideal para transporte y almacenamiento de malanga es de 10-12 °C por lo que en este estudio los cormos de malanga se mantuvieron en cámara de refrigeración a 12 °C. por lo que dicha temperatura ayudó a atenuar el proceso de deterioro en los frutos logrando disminuir la tasa respiratoria y la pérdida excesiva de agua, así como la velocidad de las reacciones bioquímicas y enzimáticas.

Solórzano, (2015) estudio el efecto de un recubrimiento comestible sobre la vida útil de yuca (manihot esculenta) durante 9 días, obteniendo que el producto sin recubrimiento fue el que incrementó su pérdida de peso en 19.9 % y en los tratamientos con recubrimiento obtuvo valores entre 11 al 15 % de pérdida de peso. Por lo que el tratamiento con menor pérdida de peso en su estudio fue el recubrimiento comercial 3.3 %.

8.5.2. Color

Los valores que mostraron diferencia estadística significativa para L fueron los tratamientos MRC25 con 39.89 y MRN12 con 35.82, para los valores de a^* MRC25 con 12.05, MRN12 con 12.18, los valores de b y hue, no mostraron diferencia estadística entre los tratamientos evaluados, mientras que para chroma los tratamientos MSR12 con 20.35 y MRC25 con 24.19 si mostraron diferencia significativa.

Por lo que los resultados en este estudio sugieren que el color de los cormos de malanga está más influenciado por el tipo de recubrimiento aplicado que por la temperatura de almacenamiento.

Cuadro 14.-Resultados de análisis de color.

Recubrimiento	L	A	b	Chroma	Hue
MRC12	39.79 ^{ab}	11.17 ^b	18.84 ^b	21.91 ^b	30.87 ^b
MRN12	35.82 ^c	12.18 ^a	18.76 ^b	22.39 ^b	33.10 ^b
MSR12	37.93 ^b	10.06 ^{ac}	17.66 ^b	20.35 ^a	29.77 ^b
MRC25	39.89 ^a	12.05 ^c	20.97 ^b	24.19 ^c	29.84 ^b
MSR25	36.56 ^b	11.39 ^b	18.47 ^b	21.74 ^b	32.00 ^b
MRN25	36.29 ^b	11.49 ^b	18.89 ^b	22.13 ^b	31.53 ^b

Letras diferentes indican diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.05$). Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del análisis de color mostraron que la luminosidad (L) de la malanga es un valor medio (rango entre los tratamientos de 33-42) y el valor de a^* se inclinó hacia el color rojo, mientras que el valor de b^* hacia el color amarillo. Los parámetros C^* y h , muestran que el color de malanga se ubicó en el cuadrante rojo-amarillo con una baja saturación.

El tratamiento de recubrimiento comercial fue el que resultó mejor ya que presentó un mayor brillo respecto a los demás tratamientos.

8.5.3 Producción de CO₂ en malanga

En la Figura 18 se puede observar que la tasa de respiración presentó diferencia significativa entre los tratamientos, siendo aquellos cormos almacenados a 12 °C los que presentaron menor tasa de respiración con valores de 0.0667, 0.1543 y 0.0637 mg CO₂

kg-1-h-1, respectivamente.

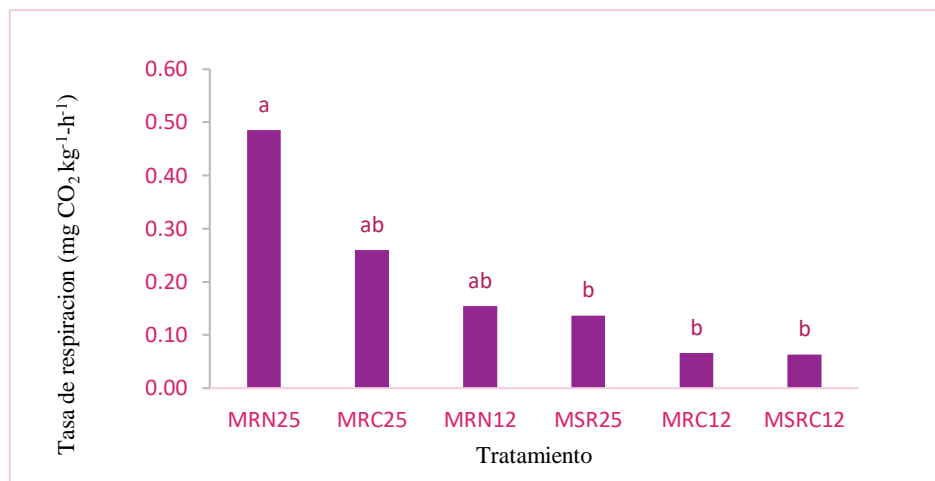


Figura 20.- Tasa de respiración en cormos de malanga con recubrimiento comestible a temperaturas de 12 y 25 °C.

El incremento en la tasa respiratoria, como respuesta al aumento en la temperatura de almacenamiento, se da como consecuencia de una disminución en la energía de activación necesaria para llevar a cabo las diferentes reacciones involucradas en este proceso (Kays 1997, Fonseca *et al.*, 2002).

La respiración es un proceso por el cual metabolitos como, carbohidratos, proteínas y lípidos, por degradación oxidativa, son transformados en formas más simples (CO₂ y agua) y proveer las demandas energéticas de la fruta para su actividad funcional vital, y para la síntesis de metabolitos secundarios.

Otro factor que también pudo tener influencia en la tasa de respiración es el daño físico (daño en la superficie, magullamiento por impacto, vibración y otros) son causantes principales del deterioro, puesto que algunas malangas que fueron parte del estudio llegaron con algunos daños físicos y que pueden atribuirse al aceleramiento de la pérdida de peso, ya que son sitios de entrada de infecciones fúngicas y además estimulan la producción de CO₂ del producto.

8.5.4. Textura

Los tratamientos que presentaron valores mayores de textura en pulpa del corno fueron los tratamientos MRC12 111.2 N, MRC25 98.1 N y MRN12 con 94.8, mientras que los tratamientos MSR12, MSR25, MRN25 fueron los que presentaron menores valores de textura.

Cuadro 15.-Datos obtenidos del análisis de textura.

Parámetro	Textura en Pulpa (N)	Textura en Piel (N)
MRC12	111.2	190.5
MRN12	94.8	182.0
MSR12	93.1	181.6
MRC25	98.1	192.7
MSR25	91.5	149.7
MRN25	91.8	148.2

Pruebas realizadas por duplicado (se reporta la media \pm la DS). Fuente: Elaboración propia.

La disminución de la textura Figura 20, se atribuye a la pérdida de agua, según Gisbert *et al.*, (2007), es provocada por la hidrólisis de las paredes celulares durante la maduración dando lugar al ablandamiento, afectando a las fuerzas de cohesión, por lo que disminuye la resistencia a la penetración.



Figura 21.-Evaluación de textura en corno de malanga.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos sugieren que la textura en los cormos de malanga está influenciada en el tipo de recubriendo aplicado, siendo el recubrimiento comercial el que presentó valores mayores de textura.

9. CONCLUSIÓN

El recubrimiento que presentó un menor porcentaje de pérdida de peso a temperatura de cámara de refrigeración 12 °C, fue de 4.6 % en recubrimiento comercial, 7.61 % de pérdida de peso para el recubrimiento de nejayote, para el caso de malangas sin recubrimiento fue de 10.9%, siendo el recubrimiento comercial el más apropiado para conservar las propiedades de la malanga.

Los resultados en este estudio sugieren que el color de los cormos de malanga está influenciado por el tipo de recubrimiento aplicado.

La textura se mantiene constante sin diferencia significativa entre los tratamientos a una temperatura de 12°C, mientras que a temperatura de 25°C si se ve afectado este parámetro, presentando cambios físicos como lo es el arrugamiento de la piel y ablandamiento.

La tasa de respiración también fue un parámetro que también tuvo influencia con tratamientos a temperatura ambiente y tratamientos cámara. La mayor tasa de respiración fue para el tratamiento de recubrimiento de nejayote a temperatura de 25° C mientras que la tasa de respiración más baja fue con malanga con recubrimiento comercial a 12°C y malanga testigo en cámara.

La pérdida fisiológica de peso y la tasa de respiración en cormos de malanga son parámetros que son afectados principalmente por la temperatura de almacenamiento.

El recubrimiento comestible a base de nejayote presentó algunas ventajas en la conservación de cormos de malanga con respecto a los frutos sin recubrimiento, sin embargo, los resultados no fueron consistentes.

10. RECOMENDACIONES

Seguir haciendo investigando sobre el manejo postcosecha de la malanga ya que es un tema que ha tenido poca investigación.

El manejo postcosecha es un tema de interés puesto que depende en gran medida sobre la vida útil de la malanga ya que si no se da un manejo adecuado los cormos pueden sufrir heridas que provoquen una rápida descomposición causada por hongos o bacterias.

Hacer mas investigación sobre el uso de los arabinosilanos presentes en el nejayote para uso en la industria alimentaria.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agbor, T., Rickard, J. (1991). Study on the factors affecting storage of edible aroids. *Annals of Applied Biology* 119, 121–130.
- Álvarez, R. (2012). *Formulación de un recubrimiento comestible para frutas cítricas, estudio de su impacto mediante aproximación metabolómica y evaluación de la calidad poscosecha*. (Tesis doctoral). Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Andrade, J., Acosta, D., Bucheli, M y Luna, G. C. (2013). Elaboración y evaluación de un recubrimiento comestible para la conservación postcosecha del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Cav. Sendt). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 30 (2), 60-72.
- Araujo T. P., Pulido M. Y., & Córdova S. (2011). *Malanga a la ciudad de Los Ángeles California*. (Trabajo de especialidad). Universidad Veracruzana.
- Acosta, B. A., Lazo, M. A., Nava, Y., Gutiérrez, J. A., y Serna, S. O. (2014). Improvement of dietary fiber, ferulic acid and calcium contents in pan bread enriched with nejayote food additive from with maize (*Zea mays*). *Journal of Cereal Science*, 60 (1), 264-269.
- Baduí, S. (2006). *Química de los alimentos*. México. Pearson.
- Blandón, V. [INTA]. (2019, noviembre 29). Alternativas tecnológicas para garantizar la fertilización y manejo de malanga y quequisque [Archivo video]. Recuperado de <https://youtu.be/xpSD26Rarr4>
- Caceido, Q.W., Rodríguez, B.R y Valle, R.S. (2013). A review on use tubers Chinese potato *Colocasia esculenta* conserved in silage form feed pigs. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 15 (1), 1695-7504.
- Chiesa, A. (2010). Factores precosecha y postcosecha que inciden en la calidad de la Lechuga. *Horticultura Argentina*, 29 (68), 28-32.
- Carvajal, E. (2007). Una alternativa para convertir un residuo del proceso de “nixtamalización” del maíz en un

- producto de alto valor agregado. *Tecnociencia*, 1 (2), 4-5.
- Castro, J. (2014). *Cuantificación de almidón en diez especies vegetales*. (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
- Domínguez, R., Pacho, D. Efluentes de la industrialización del maíz: ¿contaminante o recurso valioso? *Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán*, 227, 54-63.
- Englberger L, Schierle J, Marks G.C, Fitzgerald M. H. (2003). Micronesian banana, taro and other foods: newly recognized sources of provitamin A and other carotenoids. *Journal of Food Composition and Analysis*. 16, 3–19.
- Enriquez D. Y., y Mairena E. N. (2011). *Efecto de dos condiciones de humedad del suelo y tiempo de cosecha sobre el rendimiento de malanga (colocasia esculenta L. Schott) para exportación, Boaco-Nicaragua 2011*. (Trabajo de diploma). Universidad nacional agraria. Managua.
- Fernández, D., Bautista, S., Fernández, D., Ocampo, A., García, A y Falcón, A. (2015). Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 24 (3), 52-57.
- Gutiérrez, J.A., Rojas, C., García, S. y Serna, S.O. (2010). Phytochemical analysis of wastewater (nejayote) obtained after lime cooking of different types of maize kernels processed into masa for tortillas. *Journal of Cereal Science*, 52 (3), 410-416.
- Grajales, D. A., Ruiz, M., Torres, A., Rodríguez, J., Días, J. C. (2015). Aprovechamiento del nejayote para la producción de feruloil esterasas de *A. ochraceus* útiles en la síntesis de ésteres de ácidos hidroxycinámicos. *XVI Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería*. Congreso llevado a cabo en Guadalajara, Jalisco.
- Kaushal, P., Kumar, V., Sharma, H.K. (2013). Utilization of taro (*Colocasia esculenta*): a review. *Journal Food Scientists and Technologists*, 52 (1), 27-40.
- Madrigal L.V., Hernandez, J.V., Carranco, M. E., Calvo, M. C. y Casas, R. G. (2018). Caracterización física y nutricional de harina del tubérculo de “Malanga” *Colocasia esculenta* L. Schott) de Actopan, Veracruz, México. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 68(2).
- Mbofung, C.M., Aboubakar, Y. Njintang N, Abdou, A. and Balaam F. (2006). Physicochemical and Functional Properties of Six Varieties of Taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) Flour. *Food Technology*, 4, 135-142.
- Medlicott A. s.f. Postharvest handling of eddoe. Product specifications and postharvest handling for fruits,

vegetables and root crops exported from the Caribbean. St. Vincent, Barbados.

- Morales, A. F. (2012). Fitogeografía e industrialización del almidón de pituca (*Colocasia esculenta*). *Espacio y desarrollo*, 24, 97-117.
- Morales, A., Niño, G., Carbajal, E., Gardea, A., Torres, P., López, Y., Rascon, A. y Lizardi, J. (2013). Los arabinoxilanos felurados de cereales. Una revisión de sus características fisicoquímicas y capacidad gelificante. *Revista Fitotecnia mexicana*, 36 (4), 439-446.
- Mendis, M. y Simsek, S. (2014). Arabinoxylans and Human Health. *Food Hydrocolloids*, 42, 239-243.
- Martínez, C. O., Muñozcano, M. y Santoyo, J. A. (2010). Paquete tecnológico para el establecimiento de malanga, *Fundación Produce Sinaloa A.C.* Recuperado de: <https://www.fps.org.mx/portal/index.php/publicaciones/106-otros/1237-paquetetecnologico-para-el-establecimiento-de-malanga>.
- Martínez Y, NEL P, & RODRÍGUEZ, JHON ALEXANDER, & DÍAZ TORO, PAULO CÉSAR (2011). Obtención de vainillina a partir de la lignina de la guadua. *Scientia Et Technica*, XVI (48),305-309. [fecha de Consulta 26 de febrero de 2020]. ISSN: 0122-1701.
- Niño, G., Carvajal, E., Lizardi, J., Rascon, A., Márquez, J.A., Gardea, A., Martínez, A.L., y Guerrero, V. (2009). Maize processing wastewater arabinoxylans: Gelling capability and crosslinking content. *Food Chemistry*, 115 (4), 1286-1290.
- Olivares R. (8 de Agosto 2019). Malanga. Recuperado de https://www.ecured.cu/index.php?title=Malanga&oldid=3493632#cite_note-12
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). Boletín de pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe: 3ª Edición. América Latina y el Caribe.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (1993). *Prevención de las pérdidas de alimentos poscosecha: frutas, hortalizas, raíces y tubérculos*. Recuperado el 18 marzo de 2018, de <http://www.fao.org/3/t0073s/t0073s00.htm>
- Pérez, E.E., Gutiérrez, M.E., Pacheco De Delahaye, E., Tovar, J. y Lares, M. (2007). Producción y caracterización de *Xanthosoma sagittifolium* y *Colocasia esculenta* Harinas. *Journal of Food Science*, 72 (6), 367-372.
- Reinoso, E., Mittal, G. S. y Tak, L. (2008). Influence of Whey Protein Composite Coating on Plum (*Prunus Dometica* L.) Fruit Quality. *Food and Bioprocess Technology*, 1, 314-325.

- Ramirez, G.; Reyes, M.; Cruz, A. (2013). Estudio del nejayote como medio de crecimiento de probióticos y producción de bacteriocinas. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 12 (3), 463-471.
- Sánchez, A., González, J.M., Sánchez, A.I., Zaragoza, S., Chávez, J & Sánchez, C. (2017). Cultivo de la malanga (*Colocasia esculenta Schott*) en Tuxtla Chico, Chiapas, México. *Agroproductividad*, 3, 75-80.
- Segura A., Saborio D., & Vinicio M. (2003). Algunas normas de calidad en raíces y tubérculos tropicales de exportación de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 27 (1), 49-61.
- Soliva, R.C., Grigelmo, M. N, Odriozola, I. Gorisnstein, S. y Belloso, M. (2001). Browning evaluation of ready-to-eat apples as affected by modified atmosphere packaging. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49 (8), 3685-3690.
- Solórzano, V. K. (2015). *Estudio del efecto de un recubrimiento comestible con látex de sande (Brosimum utile) sobre la vida útil de yuca (Manihot sculenta), tomate de árbol (Solanum betaceum) y papa chaucha (Solanum phureja)* (Título de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- Torres, A., Montero, P. y Duran, M. (2013). Propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*), *Revista Lassallistas de investigación*. 10 (2), 52-61.
- Valderrama, C., Gutierrez, E. Contreras, M., Rojas, I., Mosquera, J.C, Rojas, A., Beristain, F y Rodríguez, M.E. (2012). Constant pressure filtration of lime water (nejayote) used to cook kernels in maize processing. *Journal of Food Engineering*, 110 (3), 478–486.
- Valencia, S., y Torres, J. (2016). Recubrimientos comestibles aplicados en productos de IV y V gamma. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 17 (2), 162-174.

12. ANEXOS

HOJA TÉCNICA DE RECUBRIMIENTO COMESTIBLE NATURAL SHINE®5050-OR



HOJA TÉCNICA

1. GENERALIDADES

Natural Shine® 505-OR es un recubrimiento orgánico para frutos cultivados orgánicamente, conforme a las regulaciones de FDA de los EE.UU., 21 CFR, Parte 172, y con Regla Orgánica de USDA.

2. COMPOSICIÓN PORCENTUAL

INGREDIENTE	% EN PESO
Hidróxido de Sodio	5
Ingredientes de grado alimenticio	Balance

3. CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS

Nombre común (ingrediente activo) Hidróxido de Sodio	Categoría toxicológica No disponible
Grupo químico No disponible	Fitotoxicidad No disponible
Nombre químico No disponible	Efectos adversos Ninguno conocido sobre órganos específicos. Puede causar enrojecimiento e irritación reversible de los ojos. El contacto prolongado o repetido puede causar irritación de la piel.
Formulación Líquida	Compatibilidad Incompatible con Alcalis, metales, oxidantes fuertes. Pueden formarse óxidos irritantes o venenosos de nitrógeno y carbono cuando es calentado hasta la descomposición.

Fuente: ©Valent de México, 2019

ANEXO B

Natural Shine® 505-OR



HOJA TÉCNICA

4.a RECOMENDACIONES PARA PREPARAR Y APLICAR EL PRODUCTO

SIN DILUIR, aplicar a la fruta limpia y seca.

Usar 3.8 Litros de NS 505 OR por cada 3,600 a 5,400 kg de fruta.

4.b RECOMENDACIONES TÉCNICAS DE USO

1. Aplicar con barra de rociado o goteo sobre la cama de rodillos que contengan al menos el 50% de pelo de caballo para ayudar a esparcir la cera. La velocidad de Iso rodillos no debe exceder 100 r.p.m.
2. Es posible que este recubrimiento desarrolle manchas blancas por condensación cuando se remueve la fruta de la cámara de frío.

Este producto no contiene preservantes, por lo que debe usar todo su contenido después de 30 días de abierto el envase. Para evitar la contaminación, mantener los tubos de succión en buenas condiciones sanitarias si se va a insertar en el envase del producto.

5. INFORMACIÓN ADICIONAL

En caso de requerir servicio de información toxicológica puede llamar a (SINTOX) de PROCCYT a los siguientes teléfonos las 24 horas del día:

En área metropolitana de la Ciudad de México: (55) 5598 66 59 y 56 11 26 34
Desde el interior de la República: 01 800 00 928 00

Mayor información:
Valent de México SA de CV
Av. Vallarta 6503 G8 Col. Cd. Granja
Zapopan 45010
Tel. (33) 310 10 01 62
www.valent.com.mx

Fuente: ©Valent de México, 2019

Fotografía 1: Materia prima para la elaboración del recubrimiento comestible.



Fotografía 2: Elaboración del recubrimiento a base de nejayote.



Fotografía 3: Materia prima (malanga *Colocasia esculenta* L).



Fotografía 4: Aplicación de recubrimiento



Fotografía 4: Análisis Físicos: a) medición de textura; b) medición de color externo

a)



b)



Fotografía 5: Análisis de tasa de respiración de malanga.



Fotografía 6: Equipo Infracab

