



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

Extracción de oleorresinas de Cúrcuma (*Cúrcuma Longa*) y su efecto preservante en carne de pollo, a escala de laboratorio.

AUTORES

- Br. Jandir David Gutiérrez Martínez
Br. Christopher Octavio Olivas Rodríguez
Br. Carlos Mario Ponce Arévalo

TUTORA

- Dra. Sandra Lorena Blandón Navarro

Estelí, 04 de octubre de 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Sede Regional del Norte
Recinto Universitario Augusto C. Sandino, Estelí - Nicaragua

Estelí, 5 de Julio del 2021

Ing. Lester Artola

Decano

Facultad de Tecnología de la Industria

Estimado decano,

En mi carácter de tutora, he revisado el informe final del trabajo monográfico “**Extracción de oleorresina de Cúrcuma (*Curcuma Longa*) y su efecto preservante en carne de pollo, a escala de laboratorio**”, cuyos autores son los egresados **Br. Jandir David Gutiérrez Martínez** (No. Carnet 2015- 0211 N), **Br. Carlos Mario Ponce Arévalo** (No. Carnet 2015-0020 N) y **Br. Christopher Octavio Olivas Rodríguez** (No. Carnet 2015-0045 N), para optar al título de ingeniero agroindustrial.

Supervisé la realización de los experimentos de secado de la cúrcuma y extracción de la oleorresina, la aplicación de las evaluaciones sensoriales, el procesamiento de los datos y redacción del informe final. Los resultados del estudio sugieren que es técnicamente viable la extracción de oleorresina de cúrcuma utilizando etanol hidratado como solvente de extracción. Además, la oleorresina tiene buen desempeño en la preservación de Nuggets de pollo, no obstante, se debe dosificar la cantidad de oleorresina a aplicar debido a su efecto sobre el sabor de este producto alimenticio.

Cabe destacar que los resultados preliminares de este trabajo se presentaron en la Expociencia Territorial de Estelí (octubre, 2020) y en la TECNO UNI (diciembre 2020). El resumen se encuentra en el documento que contiene la memoria de la Jornada Científica 2020 de la UNI.

De este modo, sugiero apoyar a los bachilleres para que puedan proseguir con la próxima etapa de culminación de estudios, la presentación y defensa del trabajo monográfico.

Atentamente,

Dra. Sandra Lorena Blandón Navarro
Profesora titular FTI
UNI Sede Regional del Norte

cc: archivo 2021



Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Tecnología de la Industria

DECANATURA

Managua, 29 de abril de 2020

Brs. Jandir David Gutiérrez Martínez
Christopher Octavio Olivas Rodríguez
Carlos Mario Ponce Arévalo

Por este medio hago constar que el protocolo de su trabajo monográfico titulado **Extracción de oleorresinas de Cúrcuma (Cúrcuma Longa) y su efecto preservante en carne de pollo, a escala de laboratorio**, para obtener el título de **Ingeniero Agroindustrial** y que contará con la **Dr. Sandra Lorena Blandón Navarro** como tutor, ha sido aprobado por esta Decanatura.

Cordialmente,

MSc. Lester Antonio Artola Chavarría
Decano

C/c Archivo
LACH/art



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Industria

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

GUTIÉRREZ MARTÍNEZ JANDIR DAVID

Carne: **2015-0211N** Turno **Diurno** Plan de Estudios **2005** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los quince días del mes de julio del año dos mil veinte y uno.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA**

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

OLIVAS RODRÍGUEZ CHRISTOPHER OCTAVIO

Carne: **2015-0045N** Turno **Diurno** Plan de Estudios **2005** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los siete días del mes de julio del año dos mil veinte y uno.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA**

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

PONCE ARÉVALO CARLOS MARIO

Carne: **2015-0020N** Turno **Diurno** Plan de Estudios **2005** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los dos días del mes de julio del año dos mil veinte y uno.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad



Dedicatoria

A Dios, por ser la luz en la oscuridad del sendero transcurrido.

A nuestros padres, por ser pilares fundamentales de nuestras vidas y por brindarnos el apoyo necesario durante este proceso de profesionalización.

Agradecimiento

A nuestra tutora Dra. Sandra Lorena Blandón Navarro, por su apoyo indiscutible, su eterna paciencia, su actitud motivadora en el transcurso de esta investigación, y por poner a nuestra disposición una biblioteca de conocimientos inimaginable.

A los docentes de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, por los conocimientos brindados, experiencias compartidas, y por acompañarnos y ser guías en el camino de la verdad.

Resumen

Esta investigación experimental realizada con el objetivo de extraer oleorresina de cúrcuma (*Curcuma longa*) para determinar su poder preservante en nuggets de pollo, se planteó como el estudio de una alternativa natural frente al uso de conservadores de origen sintético con auge en la industria alimentaria. La cúrcuma utilizada fue obtenida del departamento de Matagalpa, la cual se transportó hasta la Universidad Nacional de Ingeniería, sede Estelí (UNI-RUACS), donde luego, en el laboratorio de agroindustria se sometería a una serie de operaciones entre las que podrían destacar un secado a 60° C que favoreció la reducción de la humedad contenida en los rizomas, y la operación de extracción sólido - líquido, donde finalmente se lograría separar los compuestos de interés de la fase sólida utilizada para la experimentación, mediante las cuales logró obtenerse oleorresina de cúrcuma aplicando el método de extracción por etapas con agitación mecánica y utilizando como solvente de extracción etanol con un 97% de pureza.

Una vez extraída la oleorresina de cúrcuma se procedió a realizar un análisis sensorial con un panel de 10 personas y una evaluación de deterioro en base al transcurso del tiempo en estado de refrigeración, lo que permitiría determinar el efecto preservante de la oleorresina en los nuggets de pollo y qué características organolépticas logran mantenerse estables en el producto, además, del tiempo de vida promedio en base a distintas concentraciones de oleorresina agregadas a las formulaciones de los nuggets. En este caso se propusieron 3 formulaciones, la primera con 3g de oleorresina por cada libra de nuggets de pollo, la segunda con 5g de oleorresina por cada libra de nuggets y la tercera con 10g de oleorresina por cada libra de nuggets de pollo.

Como demuestra la investigación, la oleorresina de cúrcuma posee efecto preservante cuando se utiliza en nuggets de pollo, incluso utilizando la dosis más baja logro aumentarse la vida útil del producto en condiciones de refrigeración, sin embargo, hay que considerar que este tipo de productos suelen estar destinados a ambientes de congelación por lo que su vida útil podría verse prolongada aún más. De igual manera

podemos ver que el método y el solvente seleccionado lograron extraer una cantidad considerable de oleorresina, sin embargo, esto podría mejorar con un solvente más puro y con métodos más controlados.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES	3
III. JUSTIFICACIÓN	5
IV. OBJETIVOS.....	6
4.1 Objetivo general	6
4.2 Objetivos Específicos	6
V. MARCO TEÓRICO.....	7
5.1 Generalidades de la Cúrcuma.....	7
5.2 Compuestos presentes en la cúrcuma	7
5.3 Usos potenciales de la cúrcuma.....	10
Uso como agente antioxidante	10
Uso como colorante	11
Uso como aditivo gastronómico	11
5.4 Oleorresina	12
5.5 Extracción de oleorresina.....	12
5.6 Antioxidantes	14
Antioxidantes sintéticos	15
Antioxidantes naturales	15
5.7 Carne de pollo.....	16
Nuggets de pollo	16
Elaboración de nuggets de pollo.....	17
5.8 Oxidación de carnes	17
5.9 Investigación Experimental	18
VI. HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	20
VII. METODOLOGÍA	21
7.1. Ubicación del Estudio.....	21
7.2. Tipo de Investigación	21

7.3. Desarrollo Experimental.....	22
7.3.1. Extracción de oleorresina.....	22
7.3.2. Diagrama de flujo de la extracción de oleorresina.....	25
7.3.3. Formulación.....	26
7.3.4. Variables a medir.....	26
7.3.5. Esquema de diseño experimental.....	27
7.3.6. Metodología de Análisis sensorial.....	28
VIII. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	30
8.1. Recolección de la materia prima.....	30
8.2. Criterios aplicados para la selección.....	31
8.3. Operaciones de preparación.....	34
8.3.1. Lavado.....	34
8.3.2. Reducción de tamaño.....	35
8.4. Secado.....	39
8.5. Extracción de la oleorresina.....	43
8.5.1. Adición de solvente.....	43
8.5.2. Filtrado.....	45
8.5.3. Evaporado.....	46
8.6. Diagrama de flujo con balance de masa.....	51
8.7. Análisis Sensorial.....	52
8.7.2. Análisis sensorial para Nuggets de pollo cocinados.....	54
8.8. Costos.....	59
IX. Conclusiones.....	61
X. Recomendaciones.....	62
XI. Bibliografía.....	63
XII. Anexos.....	68

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1: Rendimiento de extracción de la oleorresina	26
Ecuación 2 Balance General Operación de Selección	34
Ecuación 3 Balance General Operación de Lavado	35
Ecuación 4 Balance General Operación de Reducción de Tamaño	38
Ecuación 5 Balance General Operación de Secado.....	41
Ecuación 6 Porcentaje de agua retirada.....	41
Ecuación 7 Humedad presente en cúrcuma después de secado	41
Ecuación 8 Proporción de alcohol adicionado	43
Ecuación 9 Balance General Operación de Extracción (Adición de Solvente).....	44
Ecuación 10 Balance General Operación de Extracción (Filtrado)	46
Ecuación 11 Balance General Operación de Extracción (Evaporado).....	49

Índice de Tablas

Tabla 1 Composición Nutricional de la Cúrcuma, tomada de (Saiz de Cos, Cúrcuma I (Curcuma longa L.), 2014)	8
Tabla 2 Dosificación de Antioxidantes Sintéticos	15
Tabla 3 Cuadro de Certitud Metodológica	27
Tabla 4 Criterios aplicados para selección de materia prima.....	31
Tabla 5 Dimensiones de Cúrcuma fresca rallada	36
Tabla 6 Pérdidas por reducción de tamaño	37
Tabla 7 Secado de Cúrcuma.....	40
Tabla 8 Dimensiones de Cúrcuma seca rallada	42
Tabla 9 Adición de Solvente.....	43
Tabla 10 Resultados de la operación de filtrado.....	45
Tabla 11 Alcohol retenido en residuo	47
Tabla 12 Porcentaje de oleorresina extraído	48
Tabla 13 Variación del olor de la pechuga de pollo en el transcurso del tiempo...	52
Tabla 14 Análisis de Varianza del color.....	55
Tabla 15 Análisis de la Varianza (SC tipo III)	55
Tabla 16 Test: Duncan para el color, Alfa=0.05	55
Tabla 17 Análisis de Varianza del Olor	56
Tabla 18 Análisis de la Varianza (SC tipo III)	56
Tabla 19 Test: Duncan para el olor, Alfa=0.05	57
Tabla 20 Análisis de Varianza del Sabor.....	58
Tabla 21 Análisis de la Varianza (SC tipo III)	58
Tabla 22 Test: Duncan para el sabor, Alfa=0.05	58
Tabla 23 Costos Variables	59
Tabla 24 Gastos por servicios públicos	60
Tabla 25 Costos Fijos	60
Tabla 26 Costo Unitario (3.460g de oleorresina)	60
Tabla 27 Escala de valoración del análisis sensorial.....	68
Tabla 28 Matriz de evaluación de muestras y características.....	69

Índice de Figuras

Figura 1. Cúrcuma Longa (Kulinica, 2013)	7
Figura 2. Ubicación del estudio.	21
Figura 3. Extracción de la oleorresina de cúrcuma.....	24
Figura 4 Flujograma de Extracción de Oleorresina de Cúrcuma (Normas ANSI) .	25
Figura 5. Esquema de Diseño Experimental.	28
Figura 6. Localización de área de obtención de Materia Prima	30
Figura 7.a. Muestra de cúrcuma.....	32
Figura 8 Operación de Selección de Materia Prima.	33
Figura 9. Operación de Lavado.	35
Figura 10. Muestra de Cúrcuma fresca rallada.....	37
Figura 11. Operación de Reducción de Tamaño.	38
Figura 12. Cúrcuma después de Reducción de Tamaño.....	39
Figura 13. Operación de Secado.....	40
Figura 14. Cúrcuma después de secado.....	42
Figura 15. Operación de Extracción - Adición de Solvente.....	44
Figura 16. Operación de Extracción – Filtrado.	46
Figura 17. Operación de Extracción – Evaporado.	48
Figura 18. Muestra de Oleorresina extraída (50°Celsius).....	49
Figura 19. Muestra de Oleorresina extraída (60°Celsius).....	50
Figura 20 Diagrama de flujo con balance de masa (Normas ANSI).....	51
Figura 21 Variación del olor de la pechuga de pollo en el transcurso del tiempo .	54
Figura 22 Comparación de los valores de color (media y error estándar).....	56
Figura 23 Comparación de los valores de olor (media y error estándar)	57
Figura 24 Comparación de los valores de sabor (media y error estándar)	59

I. INTRODUCCIÓN

Los fenómenos de oxidación son una de las principales causas de deterioro de la carne y sus derivados, durante años se han desarrollado diversas estrategias para prevenir el deterioro oxidativo en productos de origen cárnico mediante el empleo de preservantes.

Dentro de la clasificación de los preservantes se encuentran los antioxidantes, cuyos efectos sobre los fenómenos oxidativos se traducen en productos menos afectados y con vida útil alargada, sin embargo, a largo plazo y en cantidades altas los productos sintéticos repercuten de forma negativa en la salud humana, por lo que el uso de antioxidantes de origen natural supone una alternativa frente a los efectos de los antioxidantes sintéticos, obteniéndose rendimientos en la disminución de la oxidación similares (Armenteros, Ventanas, Morcuende, Estévez, & Ventanas, 2012)

La *Curcuma longa*, conocida popularmente como cúrcuma, pertenece a la familia de las zingiberáceas (Zingiberaceae) y cuenta con una larga historia de aplicación medicinal. Este pigmento amarillo se obtiene moliendo el rizoma. Una de las principales propiedades de la cúrcuma, que se ha encontrado es ser un potente antioxidante natural comparada en sus efectos preventivos del estrés oxidativo inducido por radicales libres. Estudios realizados confirman no solo sus propiedades antioxidantes, sino también citoprotectoras, hepatoprotectoras e inmunomoduladoras, mediada por la fuerte capacidad antioxidante, de conjugación y de protección del ADN de los linfocitos contra el daño peroxidativo, tanto de la curcumina como de los péptidos y residuos de metionina presentes en esta planta (García Reinoso, 2019, pág. 17)

Además de los efectos antioxidantes en la salud humana, estudios realizados por la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano han demostrado que en un producto de la industria cárnica como la carne molida esta tiene efectos antimicrobianos, en este mismo estudio se propone la evaluación de los posibles efectos que podrían tener los compuestos antioxidantes presentes en la cúrcuma sobre la carne molida.

En Nicaragua la Cúrcuma es un producto con un alto potencial de producción, ya que el país cuenta con las condiciones ecológicas necesarias y existe una demanda nacional e internacional con tendencia futura creciente. Asimismo, este producto representa una alternativa favorable para el fomento de la diversificación de las exportaciones del país, siendo en el año 2006 Costa Rica el principal y único destino de este producto, pero

previéndose exportaciones hacia países con alta demanda como Estados Unidos, China y Suiza (CEI, 2012, pág. 3).

En 2013, según el diario “La Prensa” la Cúrcuma era una especia muy poco apreciada en el país (La Prensa, 2013), sin embargo, desde el año 2016 se ha ido incrementando la producción de este cultivo en sustitución de productos que necesitan mayor control como el café (Martínez, 2016).

Debido a estas premisas, la presente propuesta de investigación pretende evaluar el uso de la oleorresina de cúrcuma (*Curcuma longa*) en Nuggets de pollo para determinar su poder como preservante, aprovechando los componentes presentes en la cúrcuma. Por lo tanto, en este documento se describen las actividades a llevar a cabo para la obtención y evaluación de la oleorresina.

La extracción fue ejecutada siguiendo el método de extracción por etapas con agitación planteado por (Bautista Dueñas & Suzuki Yuzuriha, 1996) definiendo, en base a lo obtenido, distintas formulaciones que fueron aplicadas a los nuggets de pollo para la evaluación del posible efecto preservante. Esta evaluación se realizó mediante análisis sensorial para detectar los cambios en el alimento en cuestión.

II. ANTECEDENTES

La *Curcuma longa* L., de la familia de las Zingiberáceas, es una planta de origen asiático cuyo rizoma, de color naranja vivo bajo una fina película marrón clara, es usado comúnmente como una especia en la cultura asiática, donde está considerada como una planta mágica dadas sus características organolépticas y sus indudables propiedades terapéuticas y protectoras. El rizoma de cúrcuma ha sido objeto de muchas investigaciones en la India, se ha intentado encontrar sus principios activos con el fin de optimizar su actividad y de explicar su mecanismo de acción; se han preparado numerosos extractos, etanólicos, metanólicos y con distintos solventes para analizar sus actividades biológicas (Aguirre & Gutierrez, 2017).

Entre los componentes del extracto están: carbohidratos (4.7-8.2%), aceites esenciales (2.44.0%), ácidos grasos (1.7-3.3%), curcuminoides (curcumina, demetoxicurcumina y bisdemetoxicurcumina) cuyo contenido aproximado es de un 2%, aunque puede rondar entre 2.5-5.0% del peso seco, y otros polipéptidos como la turmerina (0.1 % del extracto seco) (Aguirre & Gutierrez, 2017).

En la Universidad Agrícola Panamericano Zamorano, en el año 2016, se realizó una investigación sobre el “Evaluación del efecto antimicrobiano del extracto etanólico de *Curcuma longa* L. y dos tipos de empaque, sobre carne molida”, el resultado obtenido en este estudio fue “Que no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos, lo que demuestra que el extracto de cúrcuma al igual que el empaque no ejerció un efecto significativo sobre la proliferación de bacterias mesófilas aerobias” y realizar un análisis de TBA (ácido tiobarbitúrico), para corroborar el efecto antioxidante del extracto etanólico de *Curcuma longa* L. sobre carne molida de res.” (Trujillo I., Márquez, Acosta, & Soto, 2016, pág. 19). Cabe destacar que los datos obtenidos “no podrán generalizarse a otros tipos de productos cárnicos, ya que poseen una composición y procesamiento distinto” (Trujillo I., Márquez, Acosta, & Soto, 2016, pág. 3).

Potencial antioxidante: La concentración de los antioxidantes tiene efecto significativo en la inhibición de la oxidación de la matriz oxidante. Sin embargo, no existe diferencia significativa entre los antioxidantes evaluados. Por lo cual se puede decir que el extracto de cúrcuma tiene un potencial antioxidante similar al del BHT (Butil hidroxitolueno). Lo que pone

de manifestó el alto potencial antioxidante de dicho extracto evaluados a las mismas condiciones (Arrazola & Martinez, 2012).

Así mismo en el año 2012 en la Universidad de Oriente, Santiago de Cuba se realizó un estudio sobre las plantas medicinales, por sus innumerables propiedades terapéuticas (antioxidante, antiinflamatoria, anticancerígeno y anti infecciosa, entre otras) han mostrado ser sumamente eficaces en todas las civilizaciones. Con el desarrollo de las investigaciones actuales en esta materia, existen en Cuba grandes posibilidades de obtener nuevos fitofármacos con bajo potencial de reacciones adversas. Se determinó que el *curcumin* neutraliza el daño producido por las especies reactivas de oxígeno inducido por arsénico, al disminuir el nivel de peroxidación lipídica y aumentar las enzimas de detoxificación catalasa, superóxido dismutasa y glutatión peroxidasa, además de reforzar la reparación del ADN (por aumento de la expresión de la enzima reparadora polimerasa). Esta acción antioxidante, cúrcuma inhibe la elevación (inducida por arsénico) de urea sérica, glucosa, triglicéridos, alanin aminotransferasa y butiril colinesterasa sérica, sugieren que el *curcumin* puede ser una alternativa económica para tratar el efecto nocivo del arsénico en poblaciones expuestas a este tóxico (Clapé & Castillo, 2012).

Un estudio reciente realizado por (García Reinoso, 2019, pág. 79) logró concluir, comparando entre tres muestras de cúrcuma de distintas procedencias, la actividad antioxidante del extracto hidro alcohólico por el método del radical DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil); donde se encontró que el extracto de una de las muestras mostro tener mayor actividad antioxidante en contraste con las otras dos muestras evaluadas, por tanto el extracto frente a los estándares mencionados posee una alta capacidad antioxidante y un alto poder secuestrante de radicales libres.

De esta forma es observable que productos de origen natural como la cúrcuma u otras hierbas y plantas, poseen características favorables que de ser aprovechadas permitirán una disminución del uso de productos sintéticos en la preservación de alimentos.

III. JUSTIFICACIÓN

Actualmente en la industria de productos cárnicos los preservantes utilizados en mayor medida son los antioxidantes sintéticos como TBHQ (Ter-butil-Hidro-quinona), BHT (Butil-hidroxi-tolueno), BHA (Butil-hidroxi-anisol) y propil galato debido a que son efectivos para controlar la oxidación de la grasa animal, minimizan la aparición de olores y sabores desagradables o la pérdida de vitaminas o aminoácidos en el producto final, son fáciles de usar, más seguros y económicos en relación a los preservantes naturales a pesar de que estos son obtenidos de productos derivados a base del petróleo (Armenteros, Ventanas, Morcuende, Estévez, & Ventanas, 2012, págs. 65-66).

Sin embargo, extractos naturales como el obtenido del romero presentan propiedades preservantes similares a las de ciertos sintéticos, de hecho, se ha utilizado con éxito en carnes procesadas como la hamburguesa de vacuno, además de ser productos aprobados fácilmente por los entes reguladores (Armenteros, Ventanas, Morcuende, Estévez, & Ventanas, 2012, pág. 71)

De esta situación surge la idea de ampliar los estudios en el uso de preservantes naturales en los productos cárnicos, por esto se propone la evaluación de las propiedades preservantes de la oleorresina extraída de la cúrcuma en un producto relevante de la industria cárnica como son los nuggets de pollo.

Actualmente existen estudios relacionados a los efectos preservantes de productos como la cúrcuma en productos cárnicos. Sin embargo, los productos obtenidos de la industria cárnica llevan procesamientos distintos, por lo que los resultados de los estudios previos no pueden ser generalizados. De ahí la necesidad de realizar un estudio centrado en los efectos preservantes de la cúrcuma en un producto como los nuggets de pollo.

De igual manera los estudios mencionados anteriormente en los antecedentes del presente documento provienen de fuentes internacionales por lo que los resultados obtenidos son aplicables específicamente a las situaciones que se viven en los países donde se realizaron, debido a esto, el siguiente estudio permitirá adaptar los resultados al contexto nacional y en específico a los resultados sobre un producto cárnico procesado en el país.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Extraer oleorresina de cúrcuma (*Curcuma longa*) para determinar su poder preservante en Nuggets de pollo, a escala de laboratorio.

4.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar la materia prima en términos de composición química, (humedad y materia seca), y propiedades físicas a través de análisis de laboratorio.

- Determinar los parámetros físicos que inciden en el rendimiento de extracción sólido líquido de la oleorresina de cúrcuma para definir las condiciones óptimas del proceso.

- Identificar el poder preservante de la oleorresina de cúrcuma en Nuggets de pollo, a través del análisis sensorial para determinar el efecto de la oleorresina sobre la vida útil del producto cárnico.

V. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta los fundamentos teóricos, relacionados con los objetivos planteados en la investigación y referente para la discusión de los resultados.

5.1 Generalidades de la Cúrcuma

Es una planta de la Familia Zingiberaceae originaria del sudeste asiático. Es conocida mundialmente como especia aromática, utilizada en la gastronomía asiática para dar un toque de color y sabor picante a los platos. Los compuestos fitoquímicos presentes en su rizoma anaranjado característico, los curcuminoides, le confieren a esta planta importantes propiedades medicinales. El trabajo realizado por Saiz de Cos, tiene como objetivo realizar una descripción panorámica de la cúrcuma, detallando sus aspectos botánicos, su origen, datos históricos y gastronómicos, los diferentes usos que se le dan en la industria, su composición nutricional y compuestos característicos, así como las variedades que existen y las formas de cultivarlas. (Saiz de Cos, Paula, 2014)



Figura 1. Cúrcuma Longa (Kulinica, 2013)

5.2 Compuestos presentes en la cúrcuma

Curcuminoides

Los Curcuminoides son compuestos de alto interés en la cúrcuma, se ha reportado que la “curcumina” comercial es usualmente una mezcla de tres Curcuminoides, cerca de 71.5 % curcumina, 19.4% desmetoxicurcumina y 9.1% disdesmetoxicurcumina. En la planta también se han identificado otros compuestos, dentro de estos se encuentran seis fenilpropenos monoméricos, ácido vanílico y vainillina en hojas principalmente 185 terpenos

se han encontrado en hojas, flores y rizomas de la *Curcuma longa*, incluyendo 68 monoterpenos, 109 sesquiterpenos, cinco diterpenos y tres triterpenoides. Adicionalmente se han reportado algunos esteroides y ácidos grasos. (Armando Alvis, 2011).

La curcumina (diferuloilmetano) es el compuesto fenólico más utilizado siendo la sustancia causante del color amarillo característico de los rizomas de esta planta, y es uno de los ingredientes activos responsable de su actividad biológica.

La curcumina I y la curcumina III presentan tautomerismo quimio-enol. Los grupos hidroxilo (-OH) de los isómeros de enol se atribuyen a la fuerte acción antioxidante de la curcumina. Las curcuminas se componen, simplificando, por 2 grupos fenólicos unidos por 2 grupos α , β insaturados. Estos últimos, como los receptores de Michael, favorecen las adiciones nucleofílicas. En función del proceso de purificación a continuación, pueden estar presentes, en pequeñas cantidades, α -turmerona, β -turmerona, Curlone, zingibereno, turmenorolo A, turmeronolo B y otros sesquiterpenos y resinas que caracterizan a la oleorresinacurcuma, producción intermedia de curcumina. La mayor concentración de componentes aromáticos modifica el uso potencial de la cúrcuma y el sorgo cúrcuma (Saiz de Cos, 2014)

Los Curcuminoides no son estables a la luz, especialmente en soluciones. Se ha reportado que la curcumina muestra foto descomposición cuando se expone a radiación de UV / Visible, tanto en solución como en estado sólido como una película delgada. (Eunice Ríos, 2009)

Composición Nutricional

“La cúrcuma es una planta poco calórica, baja en grasas y fundamentalmente compuesta por carbohidratos, Presenta una alta proporción de minerales como el potasio, el fósforo y el magnesio, y es una buena fuente de vitaminas C y E” (Saiz de Cos, Cúrcuma I (Curcuma longa L.), 2014).

A continuación, se presenta una tabla con la composición nutricional de la Cúrcuma por cada 100 g y por cada 3 g (ración por persona):

Tabla 1 Composición Nutricional de la Cúrcuma, tomada de (Saiz de Cos, Paula, 2014)

NUTRIENTES	UNIDAD	VALOR POR 100g	VALOR POR 3g
Agua	g	12,85	0,39

NUTRIENTES	UNIDAD	VALOR POR 100g	VALOR POR 3g
Energía	kcal	312	9
Proteínas	g	9,68	0,29
Lípidos totales (grasas)	g	3,25	0,10
Carbohidratos	g	67,14	2,01
Fibra dietética total	g	22,7	0,7
Azúcares totales	g	3,21	0,10
MINERALES			
Calcio, Ca	mg	168	5
Hierro, Fe	mg	55,00	1,65
Magnesio, Mg	mg	208	6
Fósforo	mg	299	9
Potasio, K	mg	2080	62
Sodio, Na	mg	27	1
Zinc, Zn	mg	4,50	0.14
VITAMINAS			
Vitamina C total (ácido ascórbico)	mg	0.7	0
Tiamina (vit. B1)	mg	0.058	0.002
Riboflavina (vit. B2)	mg	0.15	0.004
Niacina (vit. B3)	mg	1.35	0.041
Vitamina B-6	mg	0.107	0.003
Folato, DFE	µg	20	1
Vitamina B-12	µg	0	0
Vitamina A, RAE	µg	0	0
Vitamina A, IU	IU	0	0
Vitamina E (alfatocoferol)	mg	4.43	0.13
Vitamina D (D2 + D3)	µg	0	0
Vitamina D	IU	0	0
Vitamina K (filoquinona)	µg	13.4	0.4
LÍPIDOS			

NUTRIENTES	UNIDAD	VALOR POR 100g	VALOR POR 3g
Ácidos grasos saturados, total	g	1.838	0.055
Ácidos grasos mono insaturados, total	g	0.449	0.013
Ácidos grasos poliinsaturados, total	g	0.756	0.023
Ácidos grasos trans, total	g	0.056	0.002

5.3 Usos potenciales de la cúrcuma

Uso como agente antioxidante

La curcumina es un potente antioxidante, lo que disminuye el daño celular debido a que protege las membranas biológicas contra la peroxidación. La peroxidación de los lípidos es una reacción en cadena de radical libres, que conduce a los daños de las membranas celulares. La inhibición de la peroxidación por la curcumina se atribuye principalmente a la reacción de esta con los radicales libres que intervienen en la peroxidación. El mecanismo por el que actúan como antioxidantes se debe a la presencia de los grupos OH fenólicos y al grupo enol en la estructura de los curcuminoides. Se plantea que el mecanismo vía transferencia del átomo de hidrógeno se da en los grupos OH fenólicos al poseer una menor energía de disociación de enlaces que el hidrógeno del enol. (Eunice Ríos, 2009)

Según (Alvis, Arrazola, & Martin, 2012) se extrajeron los compuestos fenólicos del rizoma de la cúrcuma (*Cúrcuma longa*) empleando como disolvente etanol al 75%. Adicionando los compuestos fenólicos obtenidos a una matriz lipídica. Se determinó la actividad y el potencial antioxidante del producto natural y se comparó con el potencial antioxidante del butil hidroxitolueno (BHT), encontrándose que el extracto de cúrcuma mostró un potencial antioxidante similar al del BHT evaluado a las mismas condiciones.

En algunos estudios anteriores se han reportado diferencias de las capacidades antioxidantes de rizomas de *Cúrcuma longa* secos y frescos obtenido de manera *in vitro*, se ha encontrado que los rizomas frescos tienen una capacidad antioxidante mayor a los rizomas secos.

En una investigación experimental realizada por (Vives, Rodríguez, & Lorenzo, 2017) en la que se hacía una comparación entre el potencial antioxidante del ajo y el potencial antioxidante de la *Cúrcuma* se logró concluir que el extracto de cúrcuma inhibió la oxidación de los aceites presentes en aderezo de soya tipo mayonesa para una concentración de fenoles de 30 mg/kg utilizando etanol al 80% de pureza, lo que muestra que el extracto de cúrcuma es efectivo cuando se trata de retardar los efectos de descomposición de los ácidos grasos presentes en un alimento como los aderezos.

Uso como colorante

Los colorantes tienen aplicación en la industria textil, alimentaria, farmacéutica, cosmética entre otras. Su utilización se remonta a la antigüedad encontrando evidencias de su uso por el hombre del Cromañón entre los años 10000 y 30000 A.C (Llano Gill, 2016).

Los colorantes naturales usados antes del siglo XX eran obtenidos de fuentes naturales debido a que aún no se había dado el desarrollo químico e industrial para obtener colorantes sintéticos. Con el desarrollo industrial y de la industria química se comienzan a sintetizar y a producir colorantes artificiales, los cuales reemplazaron el uso de los colorantes naturales debido a: generación de amplio rango de colores, su estabilidad química y el poder de tinción. Los colorantes naturales son conocidos desde la antigüedad, no solo en el proceso de la coloración de textiles sino también en alimentos y cosméticos, se obtienen de fuentes biológicas como vegetales, animales/insectos o minerales. Los colorantes naturales son renovables, tienen propiedades nutracéuticas y un impacto ambiental mínimo (Llano Gill, 2016).

Uno de los colorantes naturales más usados en la actualidad es la curcumina, de color naranja amarillento, extraído de la raíz de la cúrcuma u obtenido sintéticamente por fermentación con ayuda de bacterias. Aparece en refrescos, mermeladas, mantequillas, quesos, productos de pastelería y panadería, curry, té, salchichas y platos preparados a base de arroz. No presenta toxicidad, salvo predisposición alérgica (Llano Gill, 2016).

Uso como aditivo gastronómico

Se usa como especia, como harina para procesos en las industrias químicas, farmacéuticas, cosméticas y de alimentos también es usada en diversas medicinas tradicionales. En la industria de alimentos se usan extractos de cúrcuma como colorante en los siguientes productos: grasas, aceites y emulsiones, helados, frutas y hortalizas, productos de

confitería, productos de cereales, productos de panadería, carne y productos cárnicos, pescado y productos de pescado, huevos y productos de huevos, especias, sopas, salsas y productos de proteína, los productos alimenticios destinados a una alimentación especial, bebidas, aperitivos salados listos para comer y alimentos compuestos. Los niveles de uso de la curcumina están en el rango de 5 a 500 mg / kg dependiendo de la categoría de alimentos (Llano Gill, 2016).

5.4 Oleorresina

Según (Salamanca García & Sánchez Bermúdez, 2009) las oleorresinas son mezclas homogéneas de resinas y aceites esenciales, que se obtienen a partir de especias y otros vegetales (plantas aromáticas), obtenidos mediante el uso de solventes, los cuales deben estar libres de los solventes orgánicos de extracción.

Por tal razón, se utilizan extensamente para la sustitución de especias de uso alimenticio y farmacéutico por sus ventajas (estabilidad, uniformidad química e inocuidad microbiológica, facilidad de incorporar al producto terminado). Están constituidas en general por una mezcla entre resinas (principios aromatizantes no volátiles, aceites grasos, ingredientes picantes) y aceite esencial, el cual contiene principios odoríferos volátiles. Las proporciones en la mezcla dependen fuertemente de la técnica de extracción y el órgano, tejido o fruto de la planta donde se obtengan.

Cuando se realiza la extracción, se debe seleccionar un solvente, generalmente de punto de ebullición bajo, lo cual permite eliminarlo en forma sencilla.

5.5 Extracción de oleorresina

En el caso de extracción de oleorresina de cúrcuma (Bautista Dueñas & Suzuki Yuzuriha, 1996) presentan dos métodos eficientes:

Extracción por etapas con agitación mecánica

La extracción consiste básicamente en agitar la especia molida y el solvente dentro de un tanque en una relación establecida previamente, poniendo de esta manera en contacto íntimo estos para extraer la oleorresina de la cúrcuma. Es común en estos tipos de extracción realizar varios lavados o cambios de solvente, debido a que se satura durante la

extracción. Entre las etapas de este método se encuentran el secado, molienda, tamizado, extracción sólido-líquido, filtrado, concentrado o evaporado.

Secado

Se entiende por secado de alimentos la extracción deliberada del agua que contienen, operación que se lleva a cabo en la mayoría de los casos evaporando el agua por adición de calor latente de evaporación. Por tanto, en la operación básica de secado intervienen dos factores importantes. Transmisión de calor, para suministrar el calor latente de evaporación necesario y el movimiento del agua o del vapor de agua a través del producto alimenticio y su separación del mismo (Borja Mancheno & Quintana Peralta , 2011).

Molienda

La molienda es una operación de reducción de tamaño y según Berk (2009) tiene múltiples aplicaciones en la industria de alimentos, entre las cuales se puede mencionar la molienda de granos para obtener harina, el refinado de la masa de chocolate, el laminado de la soja previo a la extracción con solventes, el cortado de frutas y vegetales para darles una forma deseada, trituración y aplastamiento para preparar papillas para infantes.

Tamizado

Según (Castillo Martínez, 2010) el tamizado consiste en el uso de equipos conocidos como tamices, constituidos por una malla o superficie perforada cuyos orificios contienen un tamaño uniforme, con el propósito de limpiar alimentos o materias primas para la fabricación de alimentos, la separación de una mezcla de partículas sólidas en un número pequeño de fracciones o el análisis de mezclas heterogéneas de partículas sólidas

Extracción sólido-líquido

Es una operación básica o unitaria mediante la cual se separan uno o varios constituyentes solubles contenidos en un sólido inerte mediante la utilización de un disolvente adecuado, en el proceso de extracción sólido líquido las operaciones implicadas son (Universidad de Granada, 2013):

- Cambio de fase del soluto
- Difusión del soluto a través del disolvente

- ❑ Transferencia del soluto desde las inmediaciones de la interfase sólido/líquido hasta el seno de la masa principal del disolvente

❑ **Filtrado**

Se denomina filtración al proceso de separación de partículas sólidas de un líquido o un gas, al forzar la mezcla para que atraviese un medio poroso que retiene las partículas. De este modo, las partículas más grande que la abertura de la superficie porosa son retenidas (Berk, 2009).

❑ **Evaporación**

Es un proceso de separación (operación unitaria), en el cual, a través de la transferencia de calor, se logra eliminar el vapor formado por ebullición de una solución líquida, con la finalidad de obtener una solución más concentrada (Larrea Colchado, 2016).

❑ Extracción continua con Soxhlet

Se coloca la especia dentro del percolador en un saco a través del cual el solvente pueda atravesar logrando que se ponga en contacto con esta; en el recipiente inferior (balón) se coloca el solvente, se calienta, se evapora y luego sus vapores condensan al pasar por el condensador refrigerado con agua, cae a través del lecho formado por los sacos rellenos de especia así se produce la extracción; al completarse la capacidad del percolador actúa el sifón y se produce un vacío, toda esta solución regresa al primer recipiente (balón) repitiéndose nuevamente el ciclo.

5.6 Antioxidantes

Un antioxidante es una molécula capaz de retardar o prevenir la oxidación de un sustrato oxidable, actuando como donador de electrones (agente reductor).

Todos los seres vivos que utilizan el oxígeno para obtener energía, liberan radicales libres, lo cual es incompatible con la vida a menos que existan mecanismos celulares de defensa que los neutralice. A estas defensas se las denomina antioxidantes. Los niveles bajos de los mismos, o la inhibición de las enzimas antioxidantes causan estrés oxidativo y pueden dañar o matar las células (Alomar, 2013).

En la actualidad, con el desarrollo de las industrias químicas y alimentarias aumenta cada vez más el uso de sustancias que se añaden a los alimentos con el fin de retardar la degradación natural de los alimentos. Entre ellas destacan antioxidantes de origen sintético y antioxidante de origen natural.

Antioxidantes sintéticos

Los antioxidantes fenólicos sintéticos más empleados en la industria alimentaria son los galatos de propilo, octilo y dodecilo, el BHT, el BHA y la Terbutil-hidroquinona (TBHQ). El BHA y el BHT son antioxidantes sintéticos que, aunque a ciertos niveles pueden tener significación toxicológica, se emplean frecuentemente, incluso mezclados, por su alta eficacia tecnológica contra la oxidación de los alimentos (García, Soto, García, Torres, & García, 2018).

El *Codex Alimentarius* define dosis específicas de estos antioxidantes, como se observa a continuación:

Tabla 2 Dosificación de Antioxidantes Sintéticos

Antioxidante	Cantidad
BUTILHIDROXITOLUENO	100mg/kg
BUTILHIDROXIANISOL	200mg/kg
TERBUTILHIDROXIQUINONA	100mg/kg

Antioxidantes naturales

A partir de los años 60 se han estudiado extractos de numerosas plantas, haciendo énfasis en los compuestos fenólicos como los tocoferoles, alcoholes y ácidos fenólicos, ácidos cinámicos, cumarinas, flavonoides, flavonas e isoflavonas, flavonoles y flavanonas, siendo el romero la primera planta de la cual se aisló un antioxidante natural identificado como carnosol, un diterpeno fenólico cuyo potencial antioxidante llamó la atención de investigadores y llevó al registro de patentes sobre diversos métodos de extracción de la fracción antioxidantes (Maestro Durán & Borja Padilla, 1993).

5.7 Carne de pollo

La (Fundación Española de la Nutrición, 2015) menciona que la carne de pollo tiene como componente mayoritario en un 70% aproximadamente el agua. Le siguen las proteínas con alto valor biológico, dado su contenido en aminoácidos esenciales. El pollo se puede considerar una carne magra, sobre todo cuando se consume sin piel donde reside una parte importante de la grasa. La grasa es mayoritariamente grasa monoinsaturada constituida principalmente por ácido oleico, seguida de la grasa saturada, representada sobre todo por ácido palmítico, también encontramos una gran cantidad de ácidos grasos poliinsaturados principalmente en forma de ácido linoleico, variable dependiendo de la alimentación del ave. La carne de pollo se distingue de la de vacuno o porcino en que su contenido en colesterol es más elevado, prácticamente el doble.

Con respecto a los micronutrientes el pollo es fuente de minerales como el fósforo, un constituyente de huesos y dientes, calcio, magnesio, sodio y potasio.

Las principales vitaminas presentes son del grupo B, destacando niacina y la vitamina B6.

De la carne de pollo al igual que de cualquier otro tipo de carne se obtienen derivados que permiten dinamizar el mercado y dar un valor agregado a la materia prima, entre estos productos se encuentran embutidos, carnes molidas y nuggets.

Nuggets de pollo

Los productos conformados de pollo denominados nuggets fueron introducidos en el mercado a principios de la década del 80. Inicialmente, eran piezas sólidas de carne de pechuga. La creciente demanda ha provocado una necesidad continua de emplear nuevas materias primas y tecnologías que permitan mejorar sus características organolépticas y sus rendimientos. (Bonato, Perlo, Teira, Fabre, & Kueider, 2006).

Es la carne reconstituida más famosa y también con mayor consumo a nivel mundial. Está elaborada principalmente de pechuga de pollo deshuesada, harina de trigo, sal, aglutinantes y condimentos. Los nuggets de pollo son preferidos por los consumidores debido al aumento de la palatabilidad proporcionando un interior suave y húmedo con una corteza crujiente y porosa (Antanova, 2003)

Elaboración de nuggets de pollo

La elaboración de este producto cárnico consta de 6 etapas descritas por (Garzón Martínez, 2017) en su trabajo previo a la obtención del título de ingeniero de alimentos titulado “*Elaboración de nuggets de pollo con zumos vegetales*”:

Reducción del tamaño de las partículas

Se procede a cortar la carne de pollo, con el fin de liberar el contenido proteínico intramuscular.

Adición de ingredientes para la unión

Se añaden diferentes ingredientes y aditivos por razones principales como: ayudar en la extracción de proteínas, mejorar el sabor, proporcionar nuevas notas de sabor, contenido de agua, aumento de jugosidad, mejorar la textura.

Formación

Se mezcla los ingredientes y aditivos, para luego dar la forma al nuggets (redondo, cuadrado, dinosaurio).

Rebozado y empanizado

Se reboza el nuggets para proporcionarlo de una capa “pegante” donde las migas de pan o harina puedan adherirse.

Pre fritura

La pre fritura se realiza a 190 °C durante 25 segundos utilizando una freidora continua.

Congelación

Congelación mecánica o criogénica.

5.8 Oxidación de carnes

La oxidación de los lípidos constituye una de las principales causas de la alteración de la carne y de los productos cárnicos durante su procesamiento y almacenamiento, esta afecta a diferentes características que contribuyen a la carne como el flavor, color, textura, valor nutritivo y seguridad, aunque tradicionalmente el aspecto más preocupante hace referencia del desarrollo de aromas anormales (Zumalacárregui Rodríguez & Domínguez, 2000).

En el artículo titulado “*Determinación de rancidez en carne*” elaborado por (Venegas & Pérez, 2009) se expresa que la oxidación lipídica es un proceso espontáneo y complejo, en el cual los ácidos grasos insaturados de los triglicéridos o de cualquier otra molécula lipídica reaccionan con el oxígeno molecular a través de una cadena de reacciones de radicales libres, donde estos son iniciadores y promotores de más oxidación. El mecanismo clásico de la autoxidación comprende tres etapas:

1. **Iniciación (también llamada periodo de inducción):** formación de radicales libres.
2. **Propagación:** cadena de reacciones de los radicales libres.
3. **Terminación:** formación de productos no radicales (hidrocarburos, aldehídos, cetonas, alcoholes, ácidos, etc.).

En ese mismo artículo también se menciona que “*esta oxidación puede medirse por métodos químicos y físicos. El conjunto de pruebas analíticas que se utilizan es diverso, comprende desde sencillas evaluaciones sensoriales a métodos complejos de determinación de compuestos volátiles relacionados con el aroma rancio*”.

5.9 Investigación Experimental

Se trata de un experimento en donde el investigador manipula una variable y controla/aleatoriza el resto de las variables. Cuenta con un grupo de control, los sujetos han sido asignados al azar entre los grupos y el investigador solo pone a prueba un efecto a la vez. Asimismo, es importante saber que variables se desean probar y medir (Explorable, 2008).

La investigación experimental es la investigación en donde el científico influye activamente en algo para observar sus consecuencias. La mayoría de los experimentos suelen ubicarse entre la definición estricta y la amplia.

❑ Objetivo de la investigación experimental

Los Experimentos se llevan a cabo con el objeto de predecir fenómenos. Normalmente un experimento es construido para poder explicar algún tipo de causalidad. La investigación experimentas es importante para la sociedad ya que nos ayuda a mejorar nuestra vida.

❑ Identificación del problema

Después de decidir el tema de interés, el investigador trata de definir el problema de investigación. Esto lo ayuda a enfocarse en un área de investigación más estrecha para poder estudiarla correctamente.

Generalmente, el problema de investigación es operacionalizado para definir la forma de medir el problema de investigación. Los resultados dependerán de las medidas exactas que el investigador elija y puede ser puesto en práctica de manera diferente en otro estudio para poner a prueba las conclusiones principales del estudio.

Definir el problema de investigación te ayuda a formular una hipótesis de investigación, que se pone a prueba en contra de la hipótesis nula. Las variables conceptuales se expresan generalmente en términos generales, teóricos, cualitativos o subjetivos y son importantes en el proceso de construcción de hipótesis (Explorable, 2008).

□ Construcción del Experimento

Existen varios aspectos a tener en cuenta en la construcción de un experimento. La planificación anticipada asegura que el experimento sea llevado a cabo correctamente y que los resultados reflejen el mundo real de la mejor manera posible.

VI. HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN

El uso de la oleorresina de cúrcuma como preservante de las propiedades organolépticas, podría ser una fuente alternativa de preservación frente al uso de preservantes sintéticos en un producto cárnico como los nuggets de pollo, de igual manera una fuente natural para evitar el daño que aumenta con la ingesta de preservantes sintéticos.

VII. METODOLOGÍA

En este capítulo se muestran los métodos de recolección de información utilizados para el alcance de los objetivos propuestos en la investigación.

7.1. Ubicación del Estudio

Este estudio será realizado en la Universidad Nacional de Ingeniería, Recinto Universitario Augusto C. Sandino (UNI-RUACS). En la Figura 2 se muestra la ubicación del estudio auxiliados con la aplicación Google Maps, obtenida en 2020, código plus del sitio: 3JFH+QQ Estelí

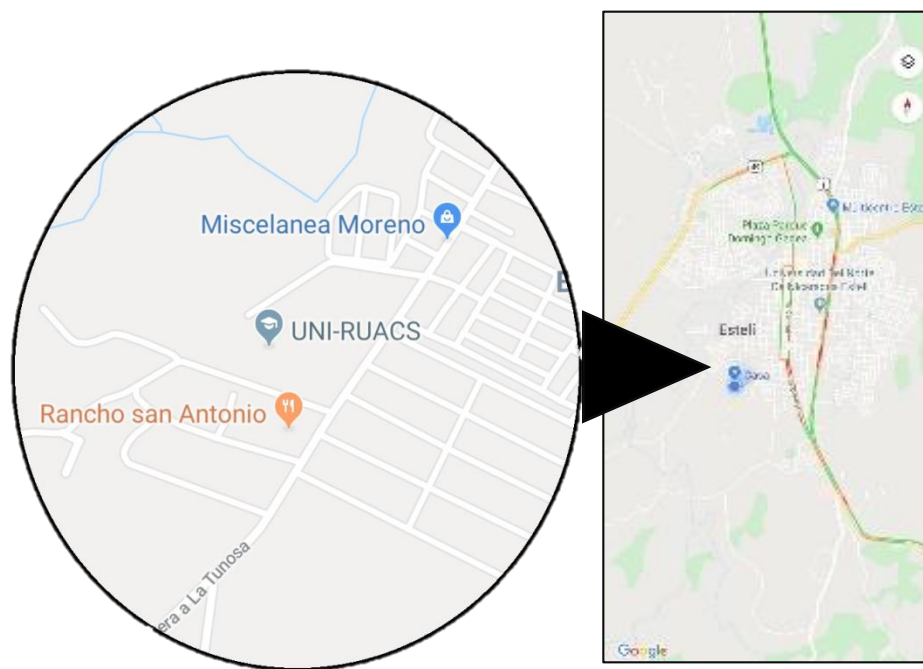


Figura 2. Ubicación del estudio.

Investigación

Investigación experimental

La presente propuesta es del tipo de investigación experimental, ya que se basa en experimentos con oleorresina de cúrcuma. Mediante los cuales se pretende evaluar el posible efecto preservante en un producto cárnico, en este caso nuggets de pollo, por medio

7.2. Tipo de

de la obtención de datos precisos recopilados de los experimentos a realizar tratando de abordar todo lo planteado en los objetivos de la investigación.

La investigación es experimental según lo planteado por Explorable (2008) pues determinan que en una investigación experimental se debe de manipular una variable, manteniendo control sobre el resto de variables del experimento, influyendo de manera activa en lo que se pretende analizar para observar sus consecuencias.

7.3. Desarrollo Experimental

A continuación, se presentan aspectos relacionados al desarrollo del experimento, se describe el proceso que se siguió para obtener la oleorresina de cúrcuma a utilizar en las pruebas, las dosificaciones de oleorresina que serán suministradas a los nuggets de pollo en base a las dosificaciones de antioxidantes sintéticos planteado por el *Codex Alimentarius* y la cantidad de experimentos que se van a llevar a cabo tomando en cuenta un esquema de diseño experimental.

7.3.1. Extracción de oleorresina

Se realizaron pruebas a nivel de laboratorio con el fin de fijar los parámetros que permitan realizar una mayor extracción de oleorresina calificándose como extracción óptima aquella que permite un mayor rendimiento de extracción de oleorresina.

Para la experimentación se siguieron las etapas descritas por Bautista Dueñas & Suzuki Yuzuriha (1996) abarcando molienda, extracción, filtración y concentración.

Se utilizó como solvente alcohol etílico de distribución comercial con una concentración al 97% v/v.

El proceso seleccionado es conocido como proceso de extracción por etapas con agitación mecánica, el cual se ha seleccionado considerando disposición de equipos y costos de obtención de los mismos, y básicamente consiste en:

□ Preparación de la materia prima:

Se elimina contaminantes presentes en la materia prima como tierra, polvo, tallo, materia extraña, hojas secas, entre otros. Para obtener un producto de buena calidad y mejorar los rendimientos se tendrá la materia prima limpia para las posteriores operaciones.

☐ Molienda (Reducción de tamaño):

Esta operación se realizará para facilitar la obtención de la oleoresina. La disminución del tamaño de partícula de un sólido conducirá al aumento de la superficie del mismo, esto contribuirá a aumentar la velocidad en el proceso de extracción. La materia prima será cortada en tiras de aproximadamente 4mm de grosor para acelerar el proceso de secado.

☐ Secado de la materia prima:

Debido a que el contenido de humedad del producto fresco es mayor al porcentaje requerido se hace necesaria la operación de secado, misma que se realizará en un secador durante 12 horas a temperaturas $50 \pm 1^\circ\text{C}$, llevando el producto hasta una humedad de alrededor de 13% para facilitar las operaciones posteriores.

☐ Extracción de la Oleoresina:

El solvente utilizado para la extracción de oleoresina será alcohol etílico concentrado al 97%, el cual actuará primeramente en las capas exteriores y posteriormente en las capas internas de la masa obtenida.

Las partículas sólidas se suspenderán en el líquido por medio de la agitación para mantener en contacto el solvente y la materia prima, facilitando la transferencia de masa durante la extracción.

☐ Filtración del extracto:

Esta operación es necesaria para separar las partículas sólidas: torta o bagazo del líquido: extracto, y así obtener una solución sin sólidos en suspensión.

☐ Concentración:

La concentración o evaporación será la operación que permitirá concentrar la solución por ebullición y separación del solvente. De tal manera se obtendrá la oleoresina y se evaporará el solvente utilizado, en este caso alcohol etílico.

Para reducir riesgos de deteriorar compuestos termo sensibles durante la evaporación se mantendrá baja la temperatura de ebullición y se controlarán los tiempos de exposición al calor.

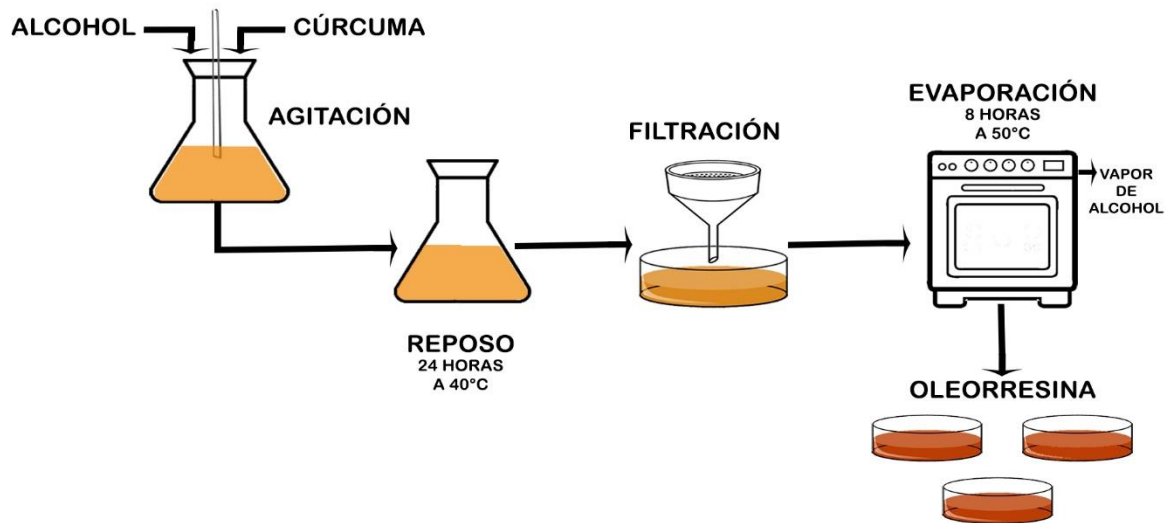


Figura 3. Extracción de la oleorresina de cúrcuma.

7.3.2. Diagrama de flujo de la extracción de oleorresina

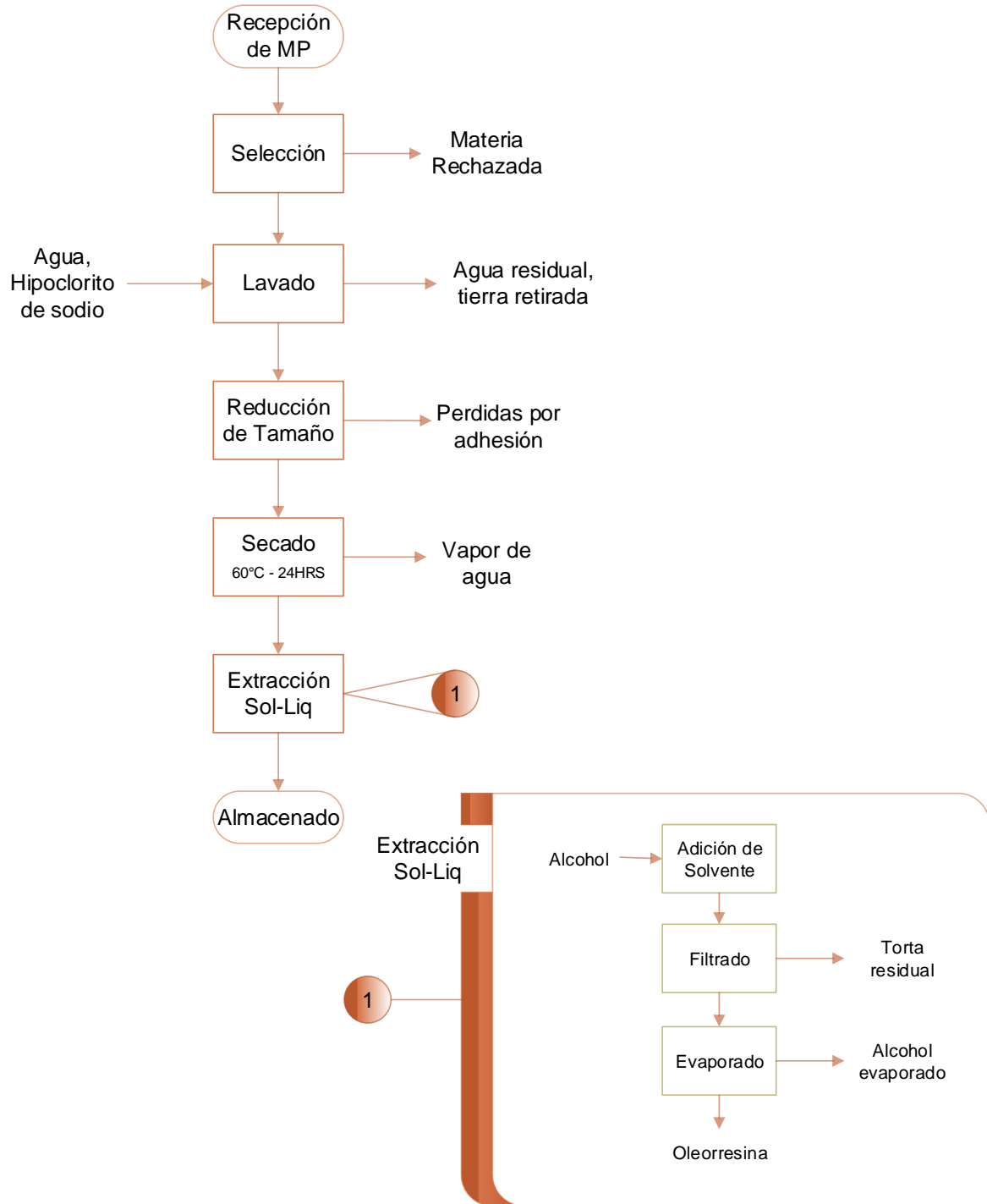


Figura 4 Flujograma de Extracción de Oleorresina de Cúrcuma (Normas ANSI)

Para determinar el rendimiento del producto se usó la siguiente ecuación de balance de materia:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Masa de oleorresina obtenida}}{\text{Masa de materia prima utilizada}} * 100$$

Ecuación 1: Rendimiento de extracción de la oleorresina

Por lo tanto, se llevó registro de la cantidad en gramos de materia prima empleada, la cual se pesó en balanza analítica marca Sartorius (precisión 0.01 g). También se pesó la oleorresina obtenida, una vez que se desolventizó en secador Thermo Scientific de convección forzada, a temperatura de 50°C por 12 horas.

7.3.3. Formulación

Para establecer las dosificaciones se utilizó información presente en el *Codex Alimentarius*, para este estudio se ha seleccionado el Butil-hidroxi-tolueno, cuyos valores de dosificación fueron contrastados con los de la oleorresina obtenida de la cúrcuma, a la vez de ser usados como referencia debido a que es uno de los más usados en la industria, con el fin de observar los resultados y comparar el aumento en el tiempo de vida del producto (nuggets) que logra obtenerse en base al antioxidante añadido.

Se utilizaron tres formulaciones de oleorresina diferentes para especificar mediante pruebas sensoriales cuáles o cuál es la dosis más efectiva para la oleorresina. Basado en el antioxidante seleccionado se utilizarán diferentes cantidades por porción. Por su naturaleza se utilizó:

- Muestra 1: 3 g de oleorresina/454g de nuggets
- Muestra 2: 5 g de oleorresina/454g de nuggets
- Muestra 3: 10 g de oleorresina/454g de nuggets

7.3.4. Variables a medir

- Tiempo que demora el panelista en percibir variaciones en el aroma, sabor y color del producto.
- Percepción global del producto.

En base a datos obtenidos de las variables se analizó el poder preservante del extracto de la cúrcuma en carne basándonos en estudios y teorías sobre extractos naturales de

antioxidantes, así mismo se tomaron muestras para análisis sensorial, siguiendo la metodología descrita en el punto 7.3.3.

7.3.4.1. Cuadro de certitud metodológica

Tabla 3 Cuadro de Certitud Metodológica

Variables	Definición Teórica	Definición Operacional
Tiempo que demora el panelista en percibir variaciones en el aroma, sabor y color del producto.	Período de tiempo transcurrido desde la adición de la oleorresina hasta el inicio de procesos degradativos naturales en la muestra evaluada.	Se contarán los días transcurridos desde la adición de la oleorresina hasta el inicio de la degradación.
Percepción global del producto.	Nivel de degradación observado en base a la cantidad de oleorresina utilizada y al tiempo transcurrido.	Se evaluará por medio de análisis sensorial el nivel de degradación que presenta cada muestra en base al sabor, olor y al color la primera semana, transcurridas dos semanas solo se evaluará olor y color.

7.3.5. Esquema de diseño experimental

El esquema de diseño experimental permitirá determinar la cantidad de experimentos a realizar optimizando el uso de recursos y de tiempo en base a las variables que se desean medir y los resultados que se espera obtener.

Como se muestra en la Figura 5 se llevaron a cabo 2 etapas experimentales, la primera basada en la obtención de la oleorresina de cúrcuma, a través del uso de *Curcuma longa* en estado seco para lograr determinar el rendimiento en base al estado de la materia prima. La segunda etapa se basará en la adición de la oleorresina de cúrcuma a los nuggets de pollo utilizando distintas concentraciones de oleorresina. En total, 3 muestras de nuggets en cuya formulación se añadieron distintas concentraciones de oleorresina de Cúrcuma, esto con el fin de observar las posibles variaciones que puedan presentarse en base a las características sensoriales del producto, como rancidez detectable mediante el olfato,

cambios en la coloración del producto y cambio en el sabor del producto (solo en la primera semana).

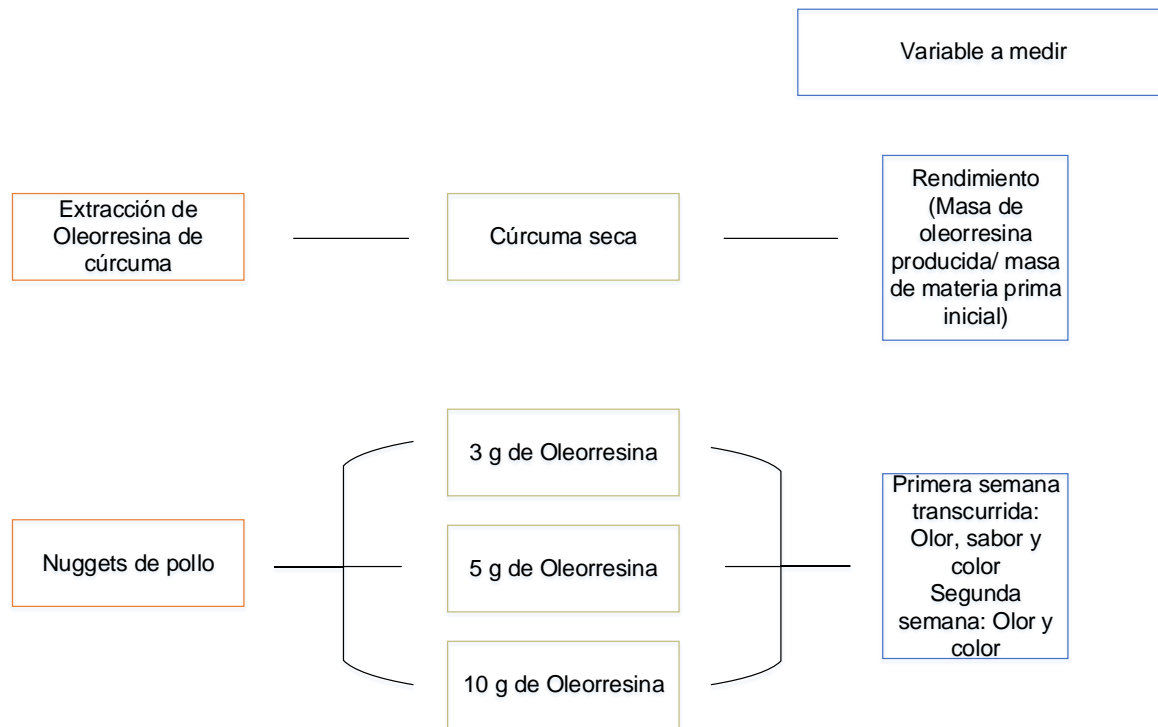


Figura 5. Esquema de Diseño Experimental.

7.3.6. Metodología de Análisis sensorial

Se seleccionó un panel de 10 personas, quienes, durante dos semanas evaluaron los posibles cambios presentados por las muestras de nuggets de pollo con las distintas dosificaciones establecidas previamente. Así, se presentaron tres porciones de aproximadamente 20 gramos de nuggets cada una, con las cantidades de oleorresina designadas, a cada miembro del panel y estos evaluaron de acuerdo a una escala del 1 al 5, donde el 1 representa un nivel bajo de aceptación y el 5 el nivel más alto de aceptación, como se muestra en Anexos 1, en las tablas referentes a la matriz de evaluación sensorial.

La primera semana los panelistas evaluaron las características relativas al olor y color del producto, también se presentó una muestra cocinada para permitir una evaluación del sabor tratando de detectar si hay presencia de degradación o alteraciones en el sabor.

La segunda semana sólo se evaluó olor y color por cuestiones de sanidad, se determinó si el producto presenta rancidez perceptible al olfato o si presenta tonalidades de colores ajenas a este tipo de productos (nuggets de pollo).

VIII. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

8.1. Recolección de la materia prima

La Materia prima a utilizar en esta investigación provenía de la finca propiedad del señor Lino Andrés Padilla, ubicada en la comunidad Santa Josefina (Código Plus en Google Maps 2020: V37V+RC), municipio de Matagalpa, departamento de Matagalpa, Nicaragua. Se compraron aproximadamente 10 libras (4,535.9237 g) de cúrcuma en el período Septiembre – Octubre del 2020.

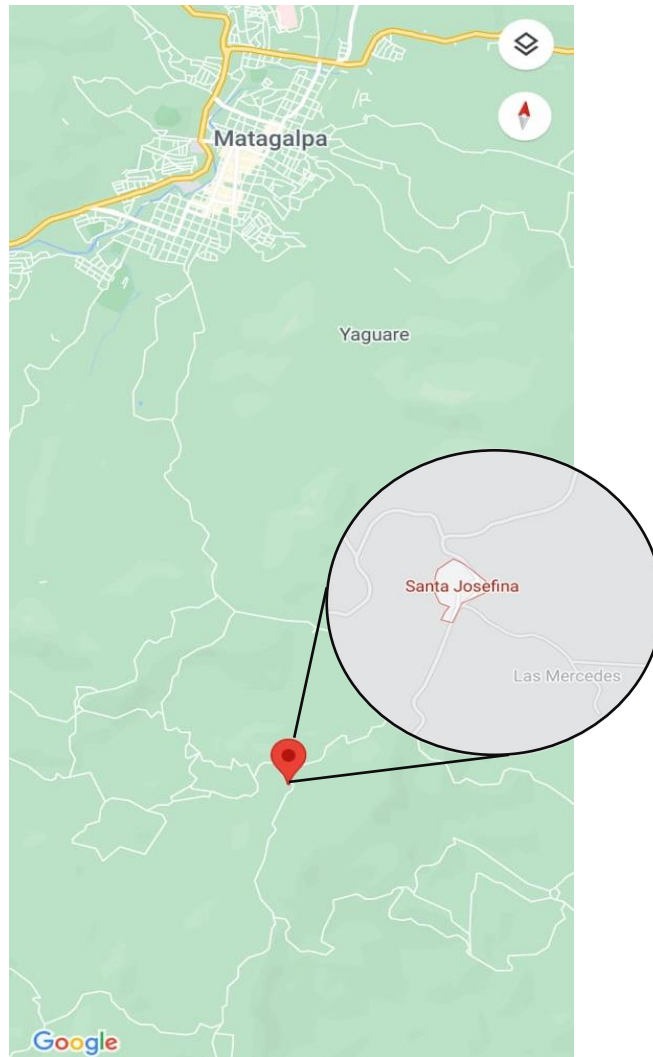


Figura 6. Localización de área de obtención de Materia Prima

También se encuentra disponible este tipo de materia prima en los departamentos de Managua, Boaco, Jinotega y León.

Se decidió adquirir la materia prima de esta fuente debido a cuestiones de disponibilidad y costos de la misma, ya que en el departamento de Estelí no existen productores a gran escala de cúrcuma y la distribución principalmente está ligada a comercios del municipio de Condega donde se vende el rizoma en pequeñas cantidades

Para disponer de la muestra se seleccionaron los rizomas que presentaran características físicas óptimas para procesos y que a simple vista no se vieran afectados por daños mecánicos o daños producto de la senescencia.

8.2. Criterios aplicados para la selección

Los criterios aplicados para la selección de la materia prima se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4 Criterios aplicados para selección de materia prima

Características del producto	Se Acepta	Se Rechaza
Presenta signos de golpes o magulladuras		x
Presenta signos de sobre maduración		x
Presenta coloración extraña o impropia del producto		x
Presenta olor fétido o putrefacto		x
Presenta señales de enmohecimiento		x
Presenta sobre enraizamiento		x
Presenta coloración apropiada (naranja brillante)	X	
Presenta textura apropiada (firme, solida)	X	
Presenta olor propio del producto (refrescante)	X	
Presenta signos de deterioro a causa de insectos		x

La materia prima fue seleccionada con el fin de evitar posibles inconvenientes a la hora de realizar las labores experimentales y, de manera no menos importante, al tratarse de un producto de índole alimenticia se debe de brindar la seguridad necesaria para que al momento de consumirlo no haya riesgo de contraer enfermedades de transmisión alimentaria, una afección común en nuestra comunidad.

Dentro de los criterios de selección no se tomó en cuenta el tamaño ni la forma de los rizomas ya que estos presentan tamaños, diámetros y formas irregulares como puede observarse en las siguientes imágenes:



Figura 7.a. Muestra de cúrcuma



7.b. Muestra de cúrcuma



7.c. Muestra de cúrcuma



7.d. Muestra de cúrcuma

Una vez finalizada la operación de selección se obtuvieron 858.63 g de materia rechazada, lo que nos deja con 3,676.37 g de cúrcuma apta para procesamiento. Esto implica que se obtuvo un porcentaje de 18.92% de materia de rechazo una vez aplicados los criterios de selección mencionados anteriormente.

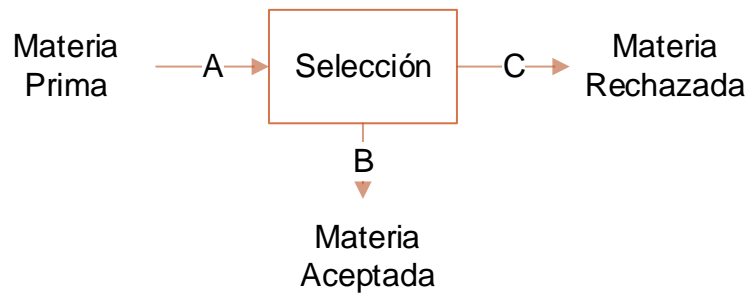


Figura 8 Operación de Selección de Materia Prima.

Balance General

$$A = B + C$$

$$4,535.92g = B + 858.63g$$

$$4,535.92g - 858.63g = B$$

$$3,676.37g = B$$

Ecuación 2 Balance General Operación de Selección

8.3. Operaciones de preparación

8.3.1. Lavado

Una vez que la cúrcuma se recibió y pesó, fue trasladada a la sección de lavado. En esta área los rizomas fueron lavados de manera manual con agua potable para eliminar completamente la tierra, ya que la materia prima fue obtenida directamente de un productor y no presentaba un tratamiento post cosecha adecuado más que la bolsa de polietileno que se utilizó para el envío del departamento de Matagalpa al departamento de Estelí.

El lavado manual consistió en lavar el rizoma con la ayuda de un cepillo de fibras suaves, delgado y pequeño que permitiera eliminar la tierra acumulada en la cúrcuma proveniente del campo, se lograron eliminar aproximadamente 22.74 g de tierra (porcentaje de tierra adherida de 0.61%), el dato se obtuvo después de pesar la cúrcuma lavada y observar la diferencia entre el peso inicial y el peso final después de la operación.

Desinfección

Esta etapa es de gran importancia en la calidad, seguridad y vida post cosecha del rizoma. El proceso consiste en sanear la superficie del rizoma, a través del uso de un desinfectante químico (Hipoclorito de sodio). Para lograr este saneamiento del rizoma, se sumergió en una solución de agua y desinfectante en una concentración de 25ppm por un periodo determinado (15 segundos).

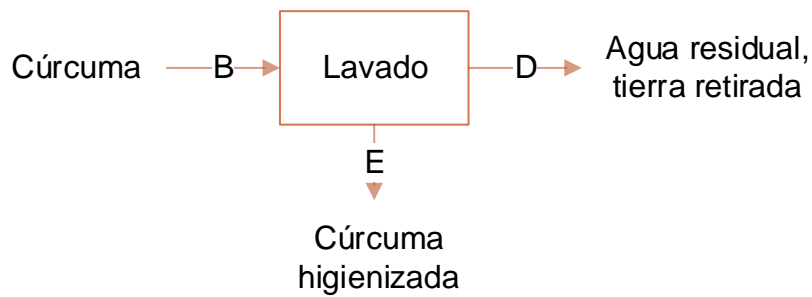


Figura 9. Operación de Lavado.

Balance General

$$B = E + D$$

$$3,676.37g = 3,653.63g + D$$

$$3,676.37g - 3,653.63g = D$$

$$22.74g = D$$

Ecuación 3 Balance General Operación de Lavado

Después de realizar las operaciones de higienización se puso en marcha un secado leve con el fin de retirar la humedad conferida a la cúrcuma en las operaciones anteriormente mencionadas, para esto, se dejó la cúrcuma a 60° Celsius por 60 minutos en el horno secador y luego se retiró para pasarla a la etapa siguiente.

8.3.2. Reducción de tamaño

Una vez realizadas las operaciones anteriores se procedió a reducir el tamaño de partícula de la cúrcuma, esto con el objetivo de aumentar la superficie de contacto entre el soluto y el solvente en la operación de extracción sólido – líquido.

La reducción de tamaño se realizó con un rallador de cocina debido a que se buscaba obtener partículas finas que permitieran una mejor extracción, pero no tan finas (polvo) ya que una vez realizada la extracción se pretende separar la fase sólida de la fase líquida, y esto se volvería difícil si la partícula fuese demasiado pequeña y se mezclara a un nivel mayor con la fase líquida.

El rallador de cocina permitió obtener partículas de 2.08 ± 0.3172 cm de largo por 0.42 ± 0.0696 cm de ancho en promedio cuando la cúrcuma aún mantenía su humedad, esto puede observarse en la siguiente tabla:

Tabla 5 Dimensiones de Cúrcuma fresca rallada

Dimensiones de Cúrcuma fresca rallada						
N° Muestra	Largo (cm)	Media	D.E	Ancho (cm)	Media	D.E
1	2.30			0.30		
2	2.20			0.30		
3	2.20			0.50		
4	2.10			0.50		
5	2.30			0.40		
6	2.50			0.40		
7	2.40			0.50		
8	1.50			0.40		
9	2.30			0.40		
10	2.10	2.08	0.3172	0.50	0.42	0.0696
11	2.10			0.40		
12	2.10			0.50		
13	2.00			0.40		
14	2.00			0.40		
15	2.00			0.50		
16	2.20			0.40		
17	2.10			0.40		
18	1.00			0.30		
19	2.00			0.40		
20	2.20			0.50		



Figura 10. Muestra de Cúrcuma fresca rallada.

Al realizar la reducción de tamaño a través del rallador de cocina se tuvieron pérdidas menores (7.73 g) debido a materia que quedaba adherida a las paredes del rallador, estas pérdidas se plasmaron en la tabla presentada a continuación:

Tabla 6 Pérdidas por reducción de tamaño

Perdidas por reducción de tamaño (Rallado)			
Número de muestra	Peso de muestra antes de rallado (g)	Peso de muestra después de rallado (g)	Perdida por Rallado (g)
1	50.535	47.885	2.650
2	52.940	51.435	1.505
3	41.895	40.845	1.050
4	53.190	51.915	1.275
5	52.935	51.685	1.250

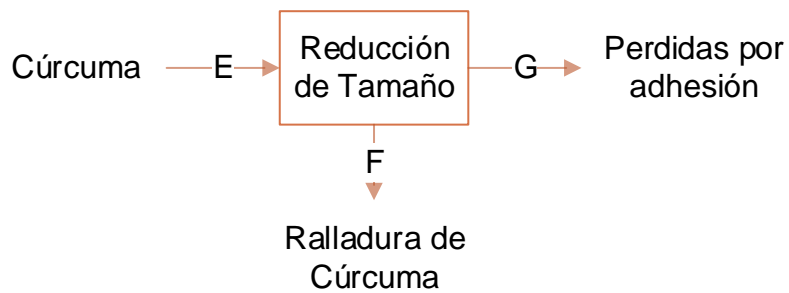


Figura 11. Operación de Reducción de Tamaño.

Balance General

$$E = F + G$$

$$251.495g = 243.765g + G$$

$$251.495g - 243.765g = G$$

$$7.73g = G$$

Ecuación 4 Balance General Operación de Reducción de Tamaño

Para realizar los experimentos para la recopilación de los datos a utilizar en los cálculos de rendimiento se tomó una muestra de aproximadamente 250 g de cúrcuma.

Después de la reducción del tamaño se hace más notable la coloración naranja brillante propia de la cúrcuma como se observa en las imágenes siguientes:



Figura 12. Cúrcuma después de Reducción de Tamaño.

8.4. Secado

La finalidad de la operación de secado es reducir la humedad contenida en la cúrcuma para poder obtener una extracción con mayor grado de efectividad y pureza. El secado se realizó en un horno secador Thermo Scientific de convección forzada, los valores de secado establecidos en este dispositivo fueron de 60° Celsius $\pm 1^{\circ}$ Celsius.

Se seleccionó un secado lento por evaporación tratando de reducir el efecto de las altas temperaturas en los compuestos de interés presentes en la cúrcuma, es bien sabido que las cantidades altas de calor altera los compuestos como proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales, como lo menciona (Arias Cardona, 2016) en su trabajo de grado sobre los “*Efectos de los tratamientos térmicos sobre las propiedades nutricionales de las frutas y las verduras*”, así que, al no existir un tratamiento ideal para lograr conservar las características organolépticas y nutritivas de los alimentos, en este tratamiento se trató de reducir ese impacto.

Se tomó como muestra 243.765 g de cúrcuma, una vez secada esta muestra redujo su peso a 33.610 g, como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 7 Secado de Cúrcuma

Secado de cúrcuma				
Cúrcuma antes de secado (g)	Cúrcuma después de secado (g)	Materia Seca	Media	D.E
29.095	4.150	14.2636	13.8010	0.4898
18.790	2.565	13.6509		
24.970	3.225	12.9155		
26.465	3.535	13.3573		
21.035	3.005	14.2857		
19.810	2.865	14.4624		
23.155	3.155	13.6256		
28.760	3.920	13.6300		
25.690	3.495	13.6045		
25.995	3.695	14.2143		

La cúrcuma fue sometida a una temperatura de 60°C por un período de 24 horas y al término de la exposición logró eliminarse 86.22% de la humedad contenida en el rizoma dando como resultado que la ralladura de cúrcuma contiene un 13.8 ± 2.159 % de materia seca.

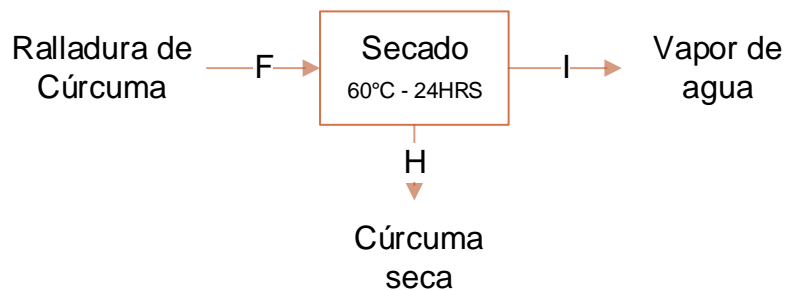


Figura 13. Operación de Secado.

Balance General

$$F = H + I$$

$$243.765g = 33.610g + I$$

$$243.765g - 33.610g = I$$

$$\mathbf{210.155g = I}$$

Ecuación 5 Balance General Operación de Secado

Porcentaje de humedad contenida en la cúrcuma

$$\% \text{Agua retirada} = \frac{\text{Masa de agua retirada}}{\text{Masa de materia prima utilizada}} * 100$$

$$\% \text{Agua retirada} = \frac{210.155g}{243.765g} * 100$$

$$\% \text{Agua retirada} = \mathbf{86.2\%}$$

Ecuación 6 Porcentaje de agua retirada

Contenido de materia seca en cúrcuma después del secado

$$\% \text{Materia seca en Cúrcuma} = \frac{\text{Masa de cúrcuma obtenida}}{\text{Masa de materia prima utilizada}} * 100$$

$$\% \text{Materia seca en Cúrcuma} = \frac{33.610g}{243.765g} * 100$$

$$\% \text{Materia seca en Cúrcuma} = \mathbf{13.8\%}$$

Ecuación 7 Humedad presente en cúrcuma después de secado

Se debe resaltar que una vez transcurrida la operación de secado el diámetro de partícula de la Cúrcuma rallada se vio alterado por la reducción de humedad descrita anteriormente,

observándose un encogimiento de las tiras, el ancho de partícula después del secado logró obtenerse utilizando tamices con mallas cuyas medidas van desde 850 μm hasta +4.75 mm, haciéndose notable que el tamiz con malla de 4.75 mm retuvo un porcentaje mayor de la masa de la muestra, lo que se traduciría en que la mayoría (aproximadamente 52%) de las partículas que conformaban la muestra para este estudio presentaban un ancho de 4.75 mm o, 0.475 cm.

En la tabla 8 se pueden observar los porcentajes de masa retenida en cada tamiz:

Tabla 8 Dimensiones de Cúrcuma seca rallada

Dimensiones de cúrcuma seca rallada		
N° de Tamiz	Medida	% de Masa Retenida
≥ 4	+4.75 mm	16.78
4	4.75 mm	51.95
10	2.00 mm	27.72
20	850 μm	3.54

Una vez realizado el secado fue notable un cambio en la coloración de las partículas de cúrcuma, la tonalidad naranja brillante fue sustituida por una tonalidad más amarillenta y opaca, algo parecida al amarillo mostaza, como se observa en la siguiente imagen:



Figura 14. Cúrcuma después de secado.

8.5. Extracción de la oleorresina

Esta operación fue llevada a cabo en 3 etapas: la primera etapa fue la adición del solvente (etanol al 97%) al soluto (ralladura de cúrcuma sometida a secado), la segunda etapa consistió en un filtrado y en la tercera etapa se realizó una evaporación.

8.5.1. Adición de solvente

Para la extracción sólido – líquido se seleccionó un solvente polar, de fácil adquisición en el mercado nacional, alcohol al 97% de pureza, este reactivo fue añadido en una proporción 1:5 a la ralladura de cúrcuma, donde por cada gramo de ralladura de cúrcuma se agregaron 5 gramos de alcohol etílico al 97%, esto puede observarse a continuación:

Tabla 9 Adición de Solvente

Adición de solvente			
Peso de cúrcuma añadida (g)	Peso de Alcohol añadido (g), proporción 1:5	Mezcla (g)	
6.700	34.750	41.450	
6.760	33.105	39.865	
5.785	28.155	33.940	
7.035	35.090	42.125	
7.195	35.255	42.450	

Cantidad de alcohol añadida

$$g \text{ de Alcohol} = g \text{ de Cúrcuma} * 5$$

$$g \text{ de Alcohol} = 33.375g * 5$$

$$g \text{ de Alcohol} = 167.375g$$

Ecuación 8 Proporción de alcohol adicionado

Finalmente se añadieron 166.355 g de alcohol, diferente a los 167.375g que da como resultado el cálculo anterior, esto debido al factor humano y la complejidad que representa poder suministrar una dosis de exactamente 167.375 g de alcohol.

El alcohol (solvente) y la cúrcuma (sólido) fueron dejados en contacto durante 24 horas en maceración, durante este periodo las partículas de alcohol entraron en los espacios entre las partículas de cúrcuma y capturaron los compuestos de interés (curcumina) presentes en la cúrcuma, de esta forma este compuesto bioactivo fue retirado de la partícula de cúrcuma y se vio disuelto en el medio líquido (alcohol) lo que posteriormente facilitaría su extracción.

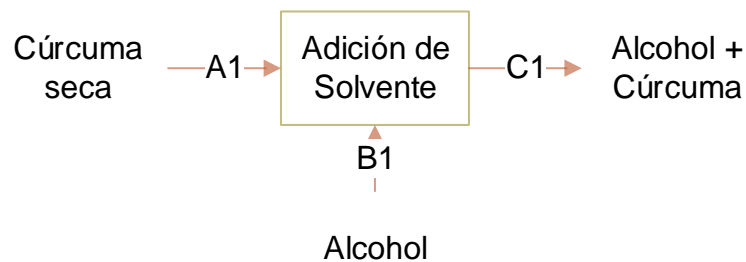


Figura 15. Operación de Extracción - Adición de Solvente.

Balance General

$$A1 + B1 = C1$$

$$33.475g + 166.355g = C1$$

$$199.83g = C1$$

Ecuación 9 Balance General Operación de Extracción (Adición de Solvente)

Se seleccionó la proporción 1:5 considerando múltiples factores, uno de los más importantes fue lograr una imbibición completa del sólido en el solvente, ya que con proporciones 1:3 y 1:4 un porcentaje de la muestra siempre quedaba fuera de contacto con el solvente, en la proporción 1:3 el líquido ni siquiera cubría completamente el sólido, y en la proporción 1:4 apenas y lograba cubrirse completamente.

Otro punto considerado fue la bibliografía consultada, (Cravo Ferreira, 2016) en su trabajo “Evaluación del uso de etanol para la extracción sólido-líquido de aceite de Soja para la

producción de biodiesel etílico mediante análisis de equilibrio liquido-liquido” presenta una tabla comparando proporciones entre sólido y solvente para la extracción de aceite de soja a 60°Celsius, en esta tabla puede observarse el rendimiento de extracción de aceite en distintas proporciones, la menor (proporción 1:1.5) dejaba una cantidad más que considerable de aceite retenido en el sólido, mientras que proporciones mayores (1:4 y 1:6) extraían una mayor cantidad de aceite de la fase sólida de la operación.

8.5.2. Filtrado

Una vez transcurridas las 24 horas de macerado se procedió a filtrar la mezcla que se había obtenido, esto se realizó con un colador fino que no permitía el paso de las partículas de cúrcuma, solamente daba paso al alcohol con los compuestos adheridos al mismo.

En el filtrado se obtuvieron 2 productos: Una torta residual con poco o nulo valor nutricional con un peso de 71.710 gramos, y, una mezcla de alcohol y los compuestos presentes en la cúrcuma que fueron extraídos durante la maceración con un peso de 109.345 g, como se observa a continuación:

Tabla 10 Resultados de la operación de filtrado

Resultados de la operación de filtrado	
Alcohol después de Filtrado (g)	Residuo después de Filtrado (g)
21.035	15.985
22.005	13.290
18.590	12.400
23.830	14.875
23.885	15.160

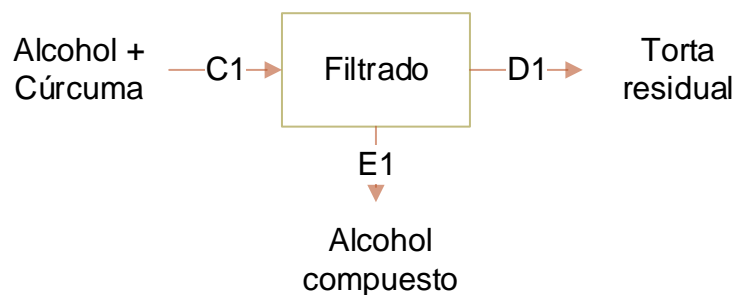


Figura 16. Operación de Extracción – Filtrado.

Balance General

$$C1 = E1 + D1$$

$$199.83g = 109.345g + 71.710g$$

$$199.83g \neq 181.305g$$

Ecuación 10 Balance General Operación de Extracción (Filtrado)

El resultado del balance anterior no termina en una igualdad considerando pérdidas por adhesión de materia al envase de macerado y a la herramienta utilizada para el filtrado.

8.5.3. Evaporado

La última etapa de la extracción sólido – líquido, aquí, ambos productos obtenidos en el filtrado fueron sometidos a un secado a condiciones de 50°Celsius durante 12 horas, pero, con distintos fines:

- ✓ La torta residual se sometió a este tratamiento para eliminar los residuos de alcohol que pudiesen estar presentes luego del macerado, con el objetivo de determinar cuánto alcohol quedo en la torta y, por otro lado, poder desechar la torta sin que presentara riesgos ambientales.

Tabla 11 Alcohol retenido en residuo

Alcohol retenido en residuo								
Masa en placa (g)	Residuo contenido (g)	Alcohol evaporado (g)	% Alcohol retenido			Nivel de retención del solvente		
				Media	D.E		Media	D.E
15.985	5.690	10.295	64.404			1.809		
13.290	5.900	7.390	55.606			1.253		
12.400	5.050	7.350	59.274	60.008	3.14	1.455	1.513	0.200
14.875	5.925	8.950	60.168		7	1.511		
15.160	5.975	9.185	60.587			1.537		

Al someter la torta residual al evaporado se determinó que después del filtrado el alcohol representaba un $60.008 \pm 3.147\%$ de la masa total de la torta. En perspectiva, es una gran cantidad de solvente adherida al soluto, esto podría adjudicarse al hecho de que en los experimentos el tiempo de escurrido en el filtrado fue corto (5 minutos máximo) además el residuo no fue sometido a ningún tipo de mecanismo de compresión o estrujado que permitiera extraer la mayor cantidad de líquido de la mezcla obtenida.

Además, se determinó que el nivel de retención del solvente o liquid holdup (LH) por sus siglas en inglés, es de 1.519 ± 0.200 g de solución/ g de sólidos inertes, (B. Navarro & C. Rodrigues, 2018) en su artículo de investigación titulado *“Macadamia Oil Extraction With Alcoholic Solvents: Yield and Composition of Macadamia Oil and Production of Protein Concentrates From Defatted Meal”* mencionan que, en investigaciones realizadas con residuos de café se obtuvo valores similares, sin embargo en investigaciones con pellets de salvado de arroz y maíz los valores del LH van de 0.3 a 0.58 Kg de solución/ Kg de sólidos inertes, esta diferencia se atribuye principalmente a las características de la base sólida de la extracción, el pellet por su estructura permite tener un drenaje más efectivo en comparación a otras bases sólidas utilizadas en extracciones, de igual manera en este artículo, se establecen diferentes niveles de retención de solvente en base al soluto añadido al comparar múltiples sustancias utilizadas para la extracción de aceite de macadamia, las sustancias menos puras tuvieron un LH mayor, mientras que las sustancias con un grado de pureza mayor escurrieron de mejor manera fuera de la base sólida.

Es decir que en este caso los valores obtenidos (1.519 ± 0.200 g de solución/ g de sólidos inertes) pueden atribuirse a ambos factores, el nivel de pureza del soluto (alcohol 97%) y las características que presentaba la base sólida (partículas de 0.475 cm aprox.) no permitieron una separación mayor entre la fase líquida y la fase sólida quedándose adherida una cantidad considerable de soluto a la masa residual.

- ✓ La mezcla de alcohol y los componentes de la cúrcuma extraídos en el macerado se sometieron a este tratamiento ya que se debía retirar el alcohol de la mezcla para obtener el producto de interés, así que fue volatilizado por las condiciones programadas en el secador.

Tabla 12 Porcentaje de oleorresina extraído

Porcentaje de oleorresina extraído				
Alcohol compuesto (g)	Oleorresina de Cúrcuma (g)	% Oleorresina	Media	D.E
21.035	0.710	3.3753		
22.005	0.665	3.0220		
18.590	0.580	3.1200	3.183	0.135
23.830	0.775	3.2522		
23.200	0.730	3.1466		

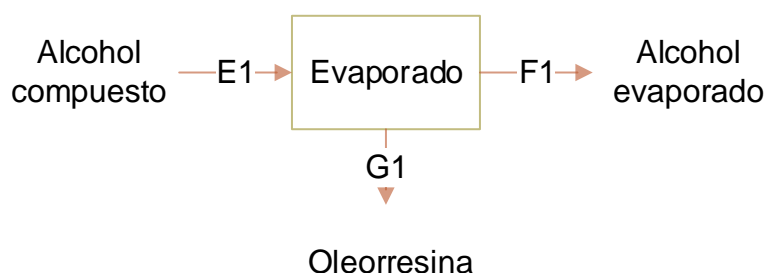


Figura 17. Operación de Extracción – Evaporado.

Balance General

$$E1 = G1 + F1$$

$$108.66g = 3.460g + F1$$

$$108.66 \text{ g} - 3.460 \text{ g} = F1$$

$$105.200 \text{ g} = F1$$

Ecuación 11 Balance General Operación de Extracción (Evaporado)

Finalmente, después de la evaporación se obtuvo un $3.1832 \pm 0.1351\%$ del total de la mezcla entre alcohol y cúrcuma, que representa el total de los sólidos presentes en la mezcla anterior, esta porción sólida es una resina de aspecto oleoso y fácil de untar (como se observa en la siguiente imagen) resultante del procesado de la cúrcuma, en ella está contenida la curcumina, el compuesto de interés de este estudio.



Figura 18. Muestra de Oleorresina extraída (50°Celsius).

En cuanto al rendimiento podría decirse que a pesar de las condiciones de extracción se obtuvo un porcentaje significativo de oleorresina comparando los datos recopilados con los datos que muestra la bibliografía consultada, tomando como referencia lo descrito en el libro editado por (Parthasarathy, Chempakam, & Zachariah, 2008) titulado “*Chemistry of spices*” donde se presentan datos de rendimiento de extracción de oleorresina de cúrcuma que están en un rango de 7.9% a 10.4%, números que resultan elevados si no se consideran dos puntos importantes: el tipo de solvente utilizado y el método de extracción al que se someten las muestras.

En este libro se expone que el método de extracción por lotes fríos con percolación en columnas a contracorriente da rendimientos de 5.7% a 5.9% cuando se utiliza acetona, siendo esta el solvente que más se utiliza por tener mejores rendimientos, en el caso de la extracción por Soxhlet utilizando el mismo solvente (acetona) se obtienen rendimientos de

aproximadamente 5%, contrastando, el método utilizado tiene un impacto más que significativo en el rendimiento de extracción. Además, se menciona que la acetona es un solvente con rendimientos de extracción un poco mayores que los presentados por solventes como el alcohol.

Por lo señalado anteriormente es acertado expresar que al utilizar el método de extracción por etapas con agitación mecánica (método llevado a cabo durante esta investigación) y utilizando como solvente etanol con concentración del 97% se obtienen rendimientos de $3.1832 \pm 0.1351\%$, porcentaje significativo si se compara con los rendimientos obtenidos con solventes más puros y con métodos más tecnificados y de condiciones más controladas.

Cabe destacar que al trabajar esta etapa del evaporado a temperaturas cercanas a los 60°Celsius y prolongando la exposición de 12 horas a 24 horas el producto resultante pierde viscosidad y muestra características sólidas/ cristalinas como se observa en la siguiente imagen. Sin embargo, debemos mencionar, que las diferencias en rendimientos no son significativas.



Figura 19. Muestra de Oleorresina extraída (60°Celsius).

8.6. Diagrama de flujo con balance de masa

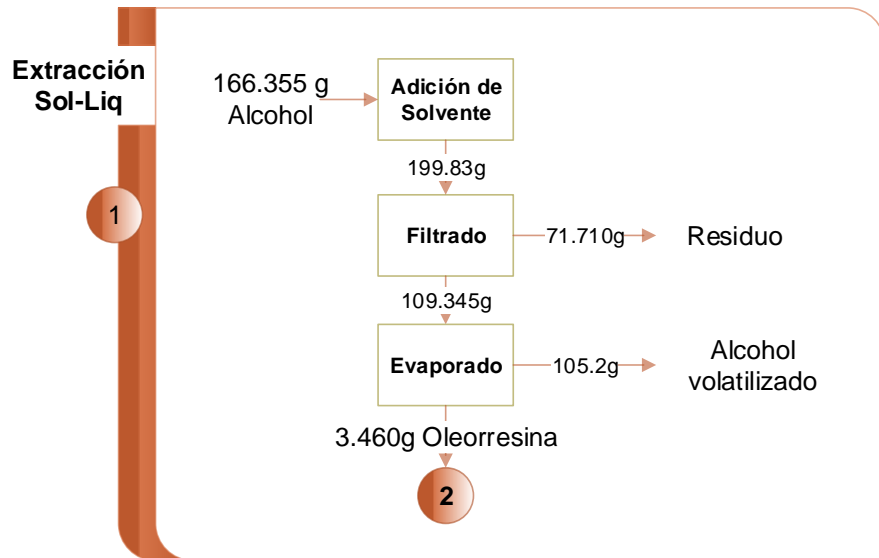
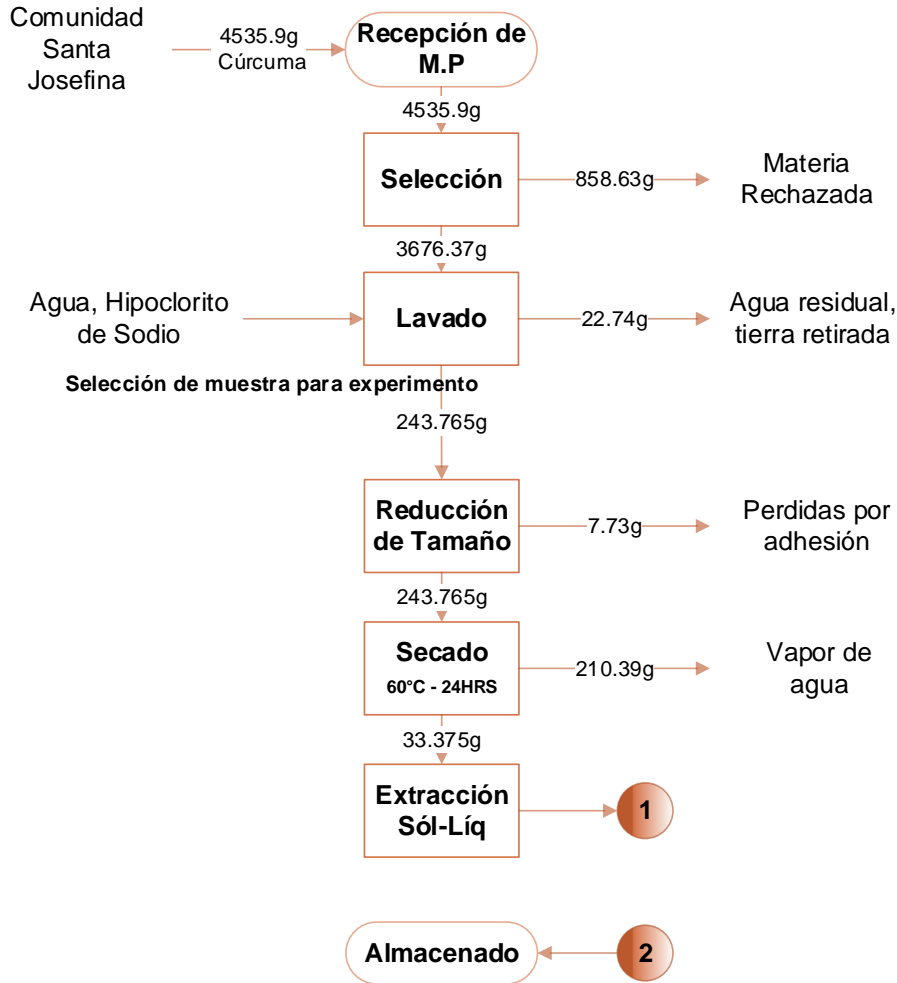


Figura 20 Diagrama de flujo con balance de masa (Normas ANSI)

8.7. Análisis Sensorial

8.7.1. Análisis sensorial de los Nuggets de pollo en crudo

En la siguiente tabla se muestran las variaciones de características organolépticas de los nuggets de pollo crudos en el transcurso del tiempo. Estos resultados fueron obtenidos de la evaluación de siete panelistas. Las muestras evaluadas fueron: Muestra 1: 3 g de oleoresina por libra de pechuga de pollo, Muestra 2 :5 g de oleoresina por cada libra de pechuga de pollo, Muestra 3 :10 g de oleoresina por cada libra de pechuga de pollo. El valor de 5 es la mayor puntuación y se consideraría un producto apto para consumo sin riesgos de obtener olores y sabores desagradables, y 1 se consideraría la puntuación más baja dada al producto cuando ya no es apto para consumo debido a los olores típicos de la descomposición que desprende la muestra.

Tabla 13 Variación del olor de la pechuga de pollo en el transcurso del tiempo

Muestras				
Fecha	Día	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
22/2/2021	1	5.0	5.0	5.0
23/2/2021	2	5.0	5.0	5.0
24/2/2021	3	5.0	5.0	5.0
25/2/2021	4	5.0	5.0	5.0
26/2/2021	5	5.0	5.0	5.0
27/2/2021	6	5.0	5.0	5.0
28/2/2021	7	4.7	5.0	5.0
1/3/2021	8	4.7	5.0	5.0
2/3/2021	9	4.5	5.0	5.0
3/3/2021	10	4.0	4.8	5.0
4/3/2021	11	4.0	4.8	5.0
5/3/2021	12	3.8	4.8	5.0
6/3/2021	13	3.3	4.5	5.0
7/3/2021	14	3.2	4.3	5.0
8/3/2021	15	3.0	4.0	5.0
9/3/2021	16	2.8	4.0	5.0
10/3/2021	17	2.7	4.0	5.0

Fecha	Día	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
11/3/2021	18	2.2	3.8	5.0
12/3/2021	19	2.2	3.7	5.0
13/3/2021	20	1.7	3.0	4.5
14/3/2021	21	1.7	2.8	4.3
15/3/2021	22	1.5	2.5	4.3
16/3/2021	23	1.5	2.2	4.2
17/3/2021	24	1.5	1.8	4.2
18/3/2021	25	1.0	2.0	4.2
19/3/2021	26		1.3	4.0
20/3/2021	27		1.2	4.0
21/3/2021	28		1.0	4.0
22/3/2021	29			4.0
23/3/2021	30			4.0
24/3/2021	31			4.0
25/3/2021	32			4.0
26/3/2021	33			4.0
27/3/2021	34			4.0
28/3/2021	35			4.0
29/3/2021	36			4.0
30/3/2021	37			3.7
31/3/2021	38			3.7
1/4/2021	39			3.7
2/4/2021	40			3.5
3/4/2021	41			3.3
4/4/2021	42			3.3
5/4/2021	43			3.3
6/4/2021	44			3.2

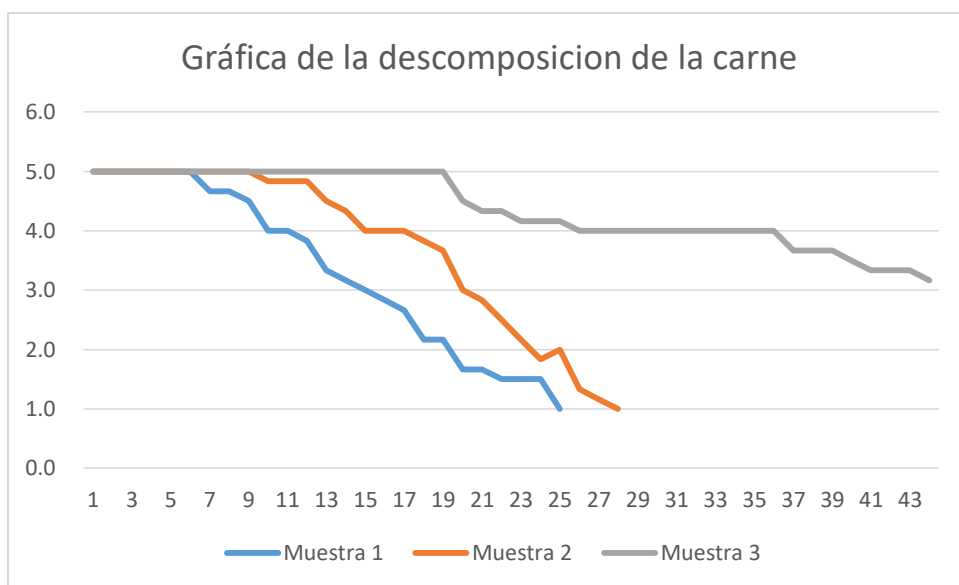


Figura 21 Variación del olor de la pechuga de pollo en el transcurso del tiempo

Según los datos obtenidos por medio de la valoración dada por un panel compuesto por 7 personas, la Muestra 1 tuvo un rango de 15 días antes que empezara a descomponerse y presentar olores de putrefacción. La Muestra 2 tuvo 20 días 5 más que la Muestra 1. La muestra 3 tuvo un tiempo de 44 días, en esta muestra se procedió a cocinar la carne para ver si presentaba las mismas características organolépticas, pero al cocinar se generó un olor de putrefacción. En la gráfica podemos visualizar la caída de la línea, la cual refleja cómo va disminuyendo la calidad organoléptica de la carne.

8.7.2. Análisis sensorial para Nuggets de pollo cocinados.

Los nuggets de pollo utilizados en este análisis ya llevaban condimentos, tales como pimienta y sal, y harina, los nuggets de pollo se dejaron 1 semana en refrigeración (0 – 4°C) para ver si se producía algún cambio en el producto. Para el análisis se utilizó un panel de 10 personas. Se evaluaron la Muestra 1 1:3g de oleorresina por cada libra de pechuga de pollo, Muestra 2 1:5g de oleorresina por cada libra de pechuga de pollo, y la Muestra 3 1:10g de oleorresina por cada libra de pechuga de pollo.

Resultado del análisis sensorial en cuanto al Color

Tabla 14 Análisis de Varianza del color

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Color	30	3.0E-03	0.00	30.63

Tabla 15 Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.07	2	0.03	0.04	0.9596
Muestra	0.07	2	0.03	0.04	0.9596
Error	21.80	27	0.81		
Total	21.87	29			

Tabla 16 Test: Duncan para el color, Alfa=0.05

Error: 0.8074 gl: 27

Muestra	Medias	n	E.E.
2	2.90	10	0.28 A
1	2.90	10	0.28 A
3	3.00	10	0.28 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Estadísticamente las tres muestras evaluadas conforme al color son iguales, lo que implica que la utilización de menor o mayor concentración de oleorresina de cúrcuma no impacta significativamente en la valoración del color de los Nuggets cocinados. En la siguiente gráfica se muestra la similitud entre las tres muestras (media y error estándar):

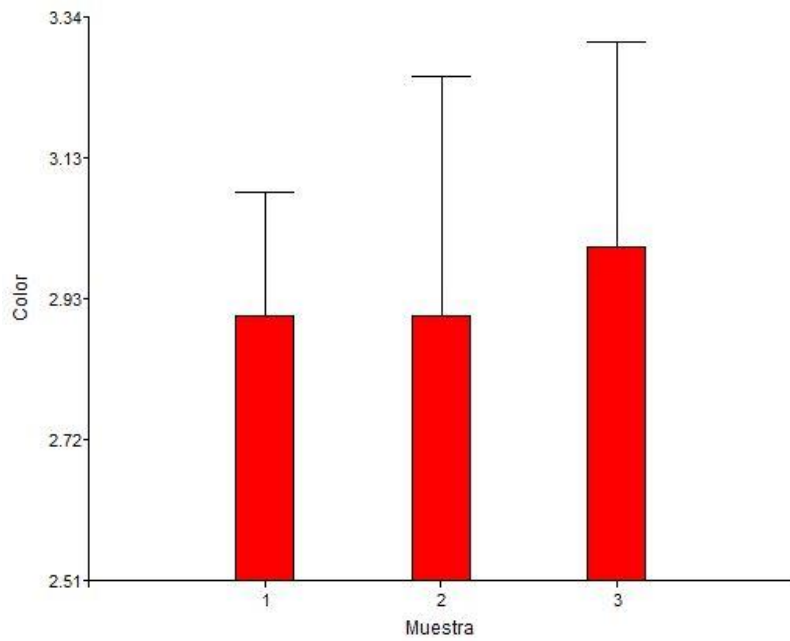


Figura 22 Comparación de los valores de color (media y error estándar)

Resultado del análisis sensorial en cuanto al Olor

Tabla 17 Análisis de Varianza del Olor

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Olor	30	0.08	0.01	25.63

Tabla 18 Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.87	2	0.43	1.11	0.3428
Muestra	0.87	2	0.43	1.11	0.3428
Error	10.50	27	0.39		
Total	11.37	29			

Tabla 19 Test: Duncan para el olor, Alfa=0.05

Error: 0.3889 gl: 27

Muestra	Medias	n	E.E.	
3	2.20	10	0.20	A
1	2.50	10	0.20	A
2	2.60	10	0.20	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Estadísticamente las tres muestras evaluadas conforme al olor son iguales según los datos obtenidos en el Test de Duncan, esto quiere decir que la aplicación de oleorresina no tiene mucha diferencia en cuanto a la concentración de la oleorresina en los nuggets. En el siguiente grafico podemos observar la similitud entre las muestras:

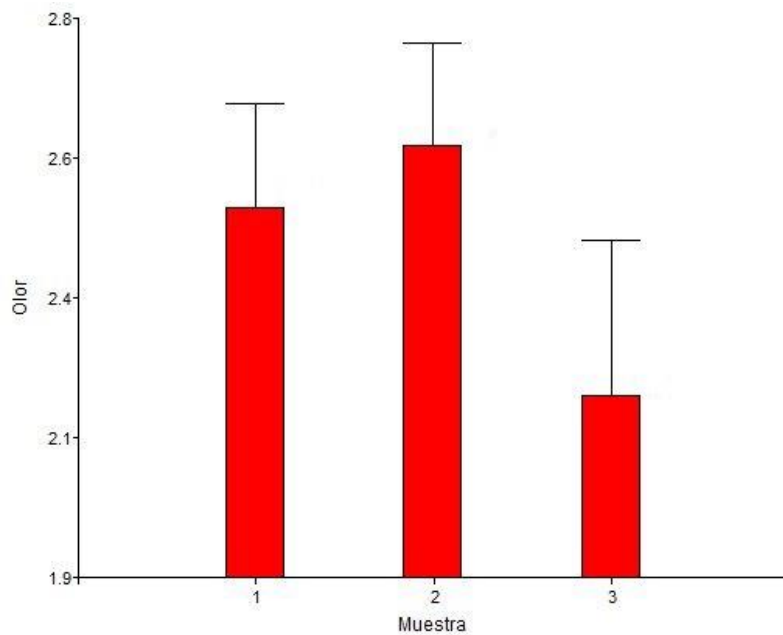


Figura 23 Comparación de los valores de olor (media y error estándar)

Resultado del análisis sensorial en cuanto al Sabor

Tabla 20 Análisis de Varianza del Sabor

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sabor	30	0.37	0.32	45.96

Tabla 21 Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8.60	2	4.30	7.95	0.0019
Muestra	8.60	2	4.30	7.95	0.0019
Error	14.60	27	0.54		
Total	23.20	29			

Tabla 22 Test: Duncan para el sabor, Alfa=0.05

Error: 0.5407 gl: 27

Muestra	Medias	n	E.E.
3	1.00	10	0.23 A
2	1.50	10	0.23 A
1	2.30	10	0.23 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Estadísticamente las muestras 2 y 3 son iguales y la muestra 1 es diferente, en cuanto a sabor se refiere. A diferencia del color y el olor, en el sabor la cantidad de oleorresina si influye, por lo que, a mayor cantidad de oleorresina en el pollo, menos aceptación hay por el panel de degustación. En la siguiente grafica podemos observar la diferencia entre las muestras:

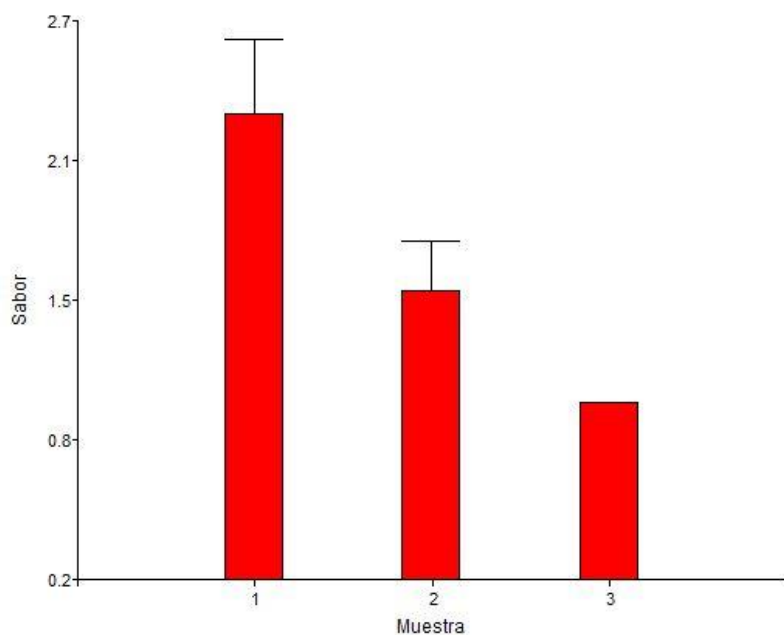


Figura 24 Comparación de los valores de sabor (media y error estándar)

8.8. Costos

Pretendiendo servir de base para futuras investigaciones, a continuación, se presentan los costos totales que implican la extracción de oleorresina de cúrcuma a la fecha de realización de esta investigación.

Tabla 23 Costos Variables

Costos Variables				
Materia Prima	Cantidad	Unidad	Costo/ unidad de MP	Costo/ Unidad de Producto (muestra 243.76 g)
Cúrcuma	4535.9	g	C\$0.20	C\$48.37
Alcohol 97%	22679.5	ml	C\$0.05	C\$8.79
Hipoclorito de Sodio	200	ml	C\$8.00	C\$4.00
Total				C\$61.15

Tabla 24 Gastos por servicios públicos

Gastos por servicios públicos	Unidad	Costo	Costo/ mes
Luz	KW/h	C\$5.34	C\$746.93
Agua	m3	C\$13.46	C\$107.67
Total			C\$873.40

Tabla 25 Costos Fijos

Costos Fijos			
Termino	Diario (3 horas)	Mensual	Total mensual
Mano de Obra (3 Operadores)	C\$180.00	C\$3,600.00	C\$10,800.00
Gastos de servicio	C\$29.11	C\$873.40	C\$873.40
Total			C\$11,673.40

Tabla 26 Costo Unitario (3.460g de oleorresina)

Costo Unitario (3.460g de Oleorresina)			
Costo Variable Unitario	Costo Fijo Unitario	Costo Unitario	Costo Unitario
C\$61.15	C\$583.67	C\$644.82	\$18.42

Para la obtención de 3.460 g de Oleorresina de cúrcuma mediante la aplicación del método de extracción por etapas con agitación mecánica, utilizando alcohol con 97% de pureza y una base de cúrcuma de 243.765g, se invirtieron C\$644.82 o \$18.42, su equivalente en relación a la tasa de cambio para el mes de junio 2021 (\$1 = C\$35).

IX. Conclusiones

La cúrcuma proveniente de la zona de Matagalpa utilizada en esta investigación presentaba rizomas de tamaños y formas variadas, sin embargo, mantenían características físicas similares como el color, un anaranjado brillante en la parte interior y un crema oscuro, casi café en la parte exterior; la textura, con anillos dispuestos a través de toda su estructura lo que da la sensación de que posee distintas secciones; y el olor, con aromas frescos muy característicos de la cúrcuma. Logro determinarse que los rizomas utilizados en este estudio perdieron un 86.22% de humedad después de la operación de secado, lo que se interpreta como el agua disponible en los rizomas que fue evaporada, mientras que el 13.8 ± 2.159 % restantes la materia seca compuesta por distintas sustancias orgánicas, en específico, la curcumina.

El método seleccionado (método de extracción por etapas con agitación mecánica) y la pureza del solvente (etanol 97%) son dos de los factores que más incidieron en el rendimiento de la extracción. Al utilizar este método hubo pérdidas de material de estudio por cuestiones de adherencia, además de que el alcohol se evaporó sin poder recuperarse. Cabe destacar que los valores de LH (1.519 ± 0.200 g de solución/ g de sólidos inertes) pudieron verse reducidos si se aplicara una operación de estrujado. En todo caso, la pureza del solvente permitió extraer un 3.1832 ± 0.1351 % de oleorresina de cúrcuma, aunque, se esperaba que un reactivo de mayor pureza permitiera aumentar estos valores.

Podemos ver que los nuggets que en su composición contenían 5 g de oleorresina/454g de nuggets y 10 g de oleorresina/454g de nuggets mostraron una prolongación de su vida útil en condiciones de refrigeración ($0 - 4^{\circ}\text{C}$), hubo pocos cambios en el color y el olor con el transcurso del tiempo, mas, después de 28 días en estas condiciones la muestra de 5 g de oleorresina/454g de nuggets empezó a presentar olores rancios propios del inicio de los procesos de descomposición, mientras a muestra de 10 g de oleorresina/454g de nuggets mantuvo sus características durante 44 días y no fue hasta después de someterla a cocción que se determinó que efectivamente estaba descompuesta, finalmente la muestra de 3 g de oleorresina/454g de nuggets mostro signos de descomposición a los 25 días de exposición. Esta última, a causa del sabor fuerte de la cúrcuma y a las cantidades de oleorresina que contenían las otras muestras, fue la más aceptada por el panel seleccionado.

X. Recomendaciones

En base a los resultados de la presente investigación recomendamos lo siguiente:

- Utilizar un secador que permita condensar el alcohol para volver a reutilizarse, esto va a permitir una disminución en los costos de producción de oleorresina.
- Realizar una investigación que permita definir una dosificación que sea aceptable al paladar del consumidor, menor de 3g de oleorresina por libra de pollo.
- Probar otro método de extracción de oleorresina y un solvente más puro que permita un mejor rendimiento de extracción de la oleorresina.
- Prolongar el tiempo de escurrido del mosto (alcohol y cúrcuma) después de la extracción sólido-líquido, además de estrujar o prensar el mosto para obtener el líquido que queda retenido en las tiras de cúrcuma.
- Evaluar la factibilidad de una planta procesadora de cúrcuma, para la producción de oleorresina de cúrcuma y derivados de cúrcuma.

XI. Bibliografía

- Aguirre, Y., & Gutierrez, C. (s.d de s.m de 2017). *Determinacion de la actividad antimicrobiana in vitro del aceite esencial extraído de la raíz de la Curcuma longa L. (cúrcuma) en Candida albicans, Staphylococcus aureus y Escherichia coli (tesis de pregrado)*. Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Obtenido de dspace.unitru.edu.pe:
<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/5842/Aguirre%20Acevedo%20Yvan%20Willian%202017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alomar, M. F. (2013). *Antioxidantes: captadores de radicales libres o sinonimo de salud?* Argentina: Sociedad Argentina de Medicina Estética.
- Alvis, A., Arrazola, G., & Martin, W. (2012). Evaluación de la Actividad y el Potencial Antioxidante de Extractos Hidro-Alcohólicos de Cúrcuma (Cúrcuma longa). *Información Tecnológica*, 11-18. Obtenido de SciELO: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642012000200003>
- Antanova, I. (2003). Correlating Objective Measurements of Crispness in Breaded Fried Chicken Nuggets with Sensory Crispness. *Journal of Food Science*, 1308-1315.
- Arias Cardona, L. F. (2016). Efectos de los tratamientos térmicos sobre las propiedades nutricionales de las frutas y las verduras. En L. F. Arias Cardona, *Efectos de los tratamientos térmicos sobre las propiedades nutricionales de las frutas y las verduras* (págs. 55-58). Caldas-Antioquia, Colombia: Corporación Universitaria Lasallista.
- Armando Alvis, G. A. (01 de septiembre de 2011). *Universidad de Córdoba*. Obtenido de Universidad de Córdoba: <http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v23n2/art03.pdf>
- Armenteros, M., Ventanas, S., Morcuende, D., Estévez, M., & Ventanas, J. (2012). Empleo de antioxidantes naturales en productos cárnicos. *Eurocarne*, 63-73.
- Arrazola, G., & Martinez, W. (2012). Evaluacion de la Actividad y el Potencial Antioxidante de Extractos Hidro-Alcoholicos de Curcuma (Curcuma longa) . *Información Tecnológica Scielo*, XXIII(2), 11-18. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642012000200003

- B. Navarro, S. L., & C. Rodrigues, C. E. (2018). Macadamia Oil Extraction With Alcoholic Solvents: Yield and Composition of Macadamia Oil and Production of Protein Concentrates From Defatted Meal. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 4-5.
- Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J., & Robledo, C. (2018). *Infostat versión 2018*. Córdoba, Argentina: Grupo Infostat FCA.
- Bautista Dueñas, E., & Suzuki Yuzuriha, T. S. (1996). *Estudio de la Industrialización del Palillo (curcuma longa) para la obtención de oleorresina*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Berk, Z. (2009). Filtration. En Z. Berk, *Food process engineering and technology* (págs. 195-196). Nueva York, Estados Unidos: Academic Press.
- Bonato, P., Perlo, F., Teira, G., Fabre, R., & Kueider, S. (2006). Características texturales de nuggets de pollo elaborados con carne de ave mecánicamente recuperada en reemplazo de carne manualmente deshuesada. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 221-222.
- Borja Mancheno, H. J., & Quintana Peralta, D. G. (2011). *Utilización de harina de Ullucus tuberosus en la elaboración de pan*. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Castillo Martínez, W. (2010). *Operaciones Unitarias Agroindustriales II*. Perú: Universidad Nacional del Santa.
- CEI. (2012). *Perfil de Mercado de Curcuma*. Managua: Centro de Exportaciones e Inversiones de Nicaragua.
- Clapé, O., & Castillo, A. (2012). Avances en la caracterización farmacotóxica de la planta medicinal Curcuma longa Linn. *MEDISAN*, 16(1). Obtenido de Scielo: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192012000100013
- Cravo Ferreira, M. (2016). *AVALIAÇÃO DO USO DO ETANOL PARA A EXTRAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO DE ÓLEO DE SOJA E PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL ETÍLICO PELA ANÁLISE DO EQUILÍBRIO LÍQUIDO-LÍQUIDO*. Campinas, Brasil: Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia De Alimentos.

Eunice Ríos, A. L. (22 de Octubre de 2009). Caracterización espectroscópica y cromatográfica de curcumina extraída de los rizomas de *Cúrcuma* (*cúrcuma longa* L.) Cultivada en el departamento del Quindío. *Universidad del Quindío*, 19-20. Obtenido de Universidad de Quindío: http://blade1.uniquindio.edu.co/uniquindio/revistainvestigaciones/adjuntos/pdf/a1af_n1903.pdf

Explorable. (9 de Octubre de 2008). *Investigación Experimental*. Obtenido de <https://explorable.com/es/investigacion-experimental>

Fundacion Española de la Nutrición. (2015). *Mercado: Pollo*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2019, de <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/pollo.pdf>

García Reinoso, E. M. (2019). *Extractos hidroalcohólicos de Curcuma longa L. (cúrcuma) de tres regiones del Ecuador y su posible uso como antioxidante*. Quito: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.

García, G., Soto, Y., García, C., Torres, Y., & García, M. (2018). Ingestión diaria máxima teórica de los antioxidantes sintéticos fenólicos BHA y BHT en grupos poblacionales de ciudad de La Habana. *La Alimentación Latinoamericana*, 66-67.

Garzón Martínez, M. D. (2017). *Elaboración de nuggets de pollo con zumos vegetales*. Quito, Ecuador: Ciencias de la Ingeniería e Industrias Facultad: Ingeniería de Alimentos.

Kulinica, G. (2013). *www.123rf.com*. Obtenido de www.123rf.com: https://www.123rf.com/photo_122677404_close-up-turmeric-curcuma-longa-linn-rhizome-isolated-on-white-background.html

Larrea Colchado, L. (2016). Evaporación. (C. d. termodinámica, Ed.) *Universidad César Vallejo*, 1-12. Obtenido de es.scribd.com: <http://es.scribd.com/document/322710867/EVAPORACION.pdf>

Llano Gill, S. M. (2016). *Establecimiento de los protocolos de poscosecha para la obtención de una harina de Curcuma longa con estándares de calidad internacional (tesis de maestría)*. Caldas, Colombia: Corporación Universitaria Lasallista. Obtenido de Corporación Universitaria Lasallista:

http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1688/1/Establecimiento_protocolos_poscosecha_harina_CurcumaLonga.pdf

Maestro Durán, R., & Borja Padilla, R. (1993). Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos. *Grasas y Aceites*, 101-105.

Martínez, A. (18 de Abril de 2016). *elnuevodiario.com.ni*. Obtenido de *elnuevodiario.com.ni*: <http://www.elnuevodiario.com.ni/nacionales/390392-diversifican-cultivos-cambio-climatico/>

Parthasarathy, V. A., Chempakam, B., & Zachariah, T. J. (2008). Chemistry of spices. *Cabi*, 100-111.

Saiz de Cos, P. (2014). Cúrcuma I (*Curcuma longa* L.). *Reduca (Biología). Serie Botánica*, 7(2), 84-99. Obtenido de REDUCA: <http://eprints.ucm.es/27836/1/C%C3%9ARCUMA%20%20Paula%20Saiz.pdf>

Saiz de Cos, P. (2014). Cúrcuma I (*Curcuma longa* L.). *Reduca (Biología). Serie Botánica.*, 84-99.

Salamanca García, M. A., & Sánchez Bermúdez, M. Y. (2009). *Extracción y caracterización de la oleoresina del orégano*. Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.

Trujillo I., M., Márquez, M., Acosta, A., & Soto, H. (s.d de Noviembre de 2016). *Evaluación del efecto antimicrobiano del extracto etanólico de Curcuma longa L. y dos tipos de empaque, sobre carne molida*. Honduras: Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana. Obtenido de [zamorano.edu: bdigital.zamorano.edu/handle/11036/5785](http://zamorano.edu.bdigital.zamorano.edu/handle/11036/5785)

Universidad de Granada. (2013). *Prácticas docentes en la Facultad de Ciencias: Extracción Sólido Líquido y recuperación del disolvente: obtencion de aceite de girasol*. España: Facultad de Ciencias, Universidad de Granada.

Venegas, O., & Pérez, D. (2009). Determinación de rancidez en carne. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 60-61.

Vives, Y., Rodríguez, J. L., & Lorenzo, Y. (2017). Efecto antioxidante de extractos de plantas aromáticas en la estabilidad del aderezo de soya. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 5-6.

Zumalacárregui Rodríguez, J. M., & Domínguez, J. M. (2000). La oxidación de la grasa en la carne y los productos carnicos. *Alimentación, equipos y tecnología*, 19(3), 67-71.

XII. Anexos



Encuesta aplicada en análisis sensorial

Encuesta para el desarrollo de un producto Agroindustrial.

Tenga un excelente día nosotros somos estudiantes de la carrera de ingeniería agroindustrial de la Universidad Nacional de Ingeniería UNI-RUACS y actualmente estamos realizando un análisis sensorial para el desarrollo de un producto para lo cual pedimos que conteste la siguiente encuesta luego de degustar nuestro producto. Pedimos que sus respuestas sean las más sinceras ya que todas serán de vital importancia para el desarrollo de nuestro producto.

I. Datos socio demográficos. No. Del Evaluador _____

a. Sexo

F M

b. Edad.

15-25 26-35 36+

II. Sabor olor y color

En base a la siguiente escala valore que le parece cada muestra:

Tabla 27 Escala de valoración del análisis sensorial

Escala del 1 al 5	
5	Me gusta mucho
4	Me gusta
3	No me gusta ni me disgusta
2	Me disgusta
1	Me disgusta mucho

Tabla 28 Matriz de evaluación de muestras y características

Muestras	Sabor	Olor	Color
Muestra 1			
Muestra 2			
Muestra 3			