

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS



DETERMINACIÓN DE PROCEDIMIENTOS PARA LA ELIMINACIÓN DE GLUCÓSIDOS CIANOGENÉNICOS EN LA HOJA DE CHAYA (*Cnidosc ulus aconitifolius*) DE LAS VARIEDADES MANSA Y PICUDA PARA LA FORMULACIÓN DE CHAYA DESHIDRATADA Y EN POLVO COMO UNA ALTERNATIVA DE MATERIA PRIMA EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS.

PRESENTADO POR:

ANAYA CORTEZ, JOSÉ ULISES

AGUIRRE GUEVARA, EDUARDO JOSÉ

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO DE ALIMENTOS

PRESENTADO POR:

ALAS GARCÍA, TIRZA AMÉRICA

MEDINA HERNÁNDEZ, ERICK ALEXANDER

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE 2018

RECTOR:

MTRO. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

LIC. CRISTOBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO:

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO:

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERIA DE
ALIMENTOS**

DIRECTORA:

INGA. TANIA TORRES RIVERA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO DE ALIMENTOS

Título:

**DETERMINACIÓN DE PROCEDIMIENTOS PARA LA
ELIMINACIÓN DE GLUCÓSIDOS CIANOGENICOS EN LA
HOJA DE CHAYA (Cnidosculus aconitifolius) DE LAS
VARIETADES MANSA Y PICUDA PARA LA
FORMULACIÓN DE CHAYA DESHIDRATADA Y EN
POLVO COMO UNA ALTERNATIVA DE MATERIA PRIMA
EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS.**

Presentado por:

**ANAYA CORTEZ, JOSÉ ULISES
AGUIRRE GUEVARA, EDUARDO JOSÉ**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Asesoras:

INGA. SILVIA IVETTE SALAZAR DE URRUTIA

INGA. HAYDEE ESMERALDA MUNGUÍA DE PEREZ

San Salvador, octubre 2018

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO QUÍMICO

Título:

**DETERMINACIÓN DE PROCEDIMIENTOS PARA LA
ELIMINACIÓN DE GLUCÓSIDOS CIANOGENICOS EN LA
HOJA DE CHAYA (Cnidosculus aconitifolius) DE LAS
VARIETADES MANSA Y PICUDA PARA LA
FORMULACIÓN DE CHAYA DESHIDRATADA Y EN
POLVO COMO UNA ALTERNATIVA DE MATERIA PRIMA
EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS.**

Presentado por:

**ALAS GARCÍA, TIRZA AMÉRICA
MEDINA HERNÁNDEZ, ERICK ALEXANDER**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Asesoras:

INGA. SILVIA IVETTE SALAZAR DE URRUTIA

INGA. HAYDEE ESMERALDA MUNGUÍA DE PEREZ

San Salvador, octubre 2018

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Asesoras:

INGA. SILVIA IVETTE SALAZAR DE URRUTIA

INGA. HAYDEE ESMERALDA MUNGUÍA DE PEREZ

Agradecemos a:

La Universidad de El Salvador por habernos dado la oportunidad de llevar a cabo nuestros estudios universitarios pudiéndonos convertir en profesionales que aportarán al desarrollo de nuestra comunidad.

A nuestras asesoras de Trabajo de Graduación, Inga. Silvia Ivette Salazar de Urrutia e Inga. Haydee Esmeralda Munguía de Pérez, por su orientación y apoyo brindando con sus conocimientos y experiencias para la realización de este trabajo, así mismo por su paciencia y motivación durante el desarrollo de nuestra investigación.

Al personal docente de la Escuela de Ingeniería Química e Ingeniería de Alimentos de la Universidad de El Salvador, por su compromiso y dedicación en la formación profesional de cada uno de nosotros.

Al Ing. Mariano Villatoro del Vivero San Andrés, por habernos dado la apertura y brindarnos muestras de hoja de Chaya para poder llevar a cabo nuestra investigación.

A la Junta Directiva de la Asociación de Restauración y Desarrollo Municipal del municipio de Cinquera y su comunidad, por permitirnos utilizar sus instalaciones para la fase experimental de nuestra investigación el cual fue un eje central de nuestro trabajo de graduación.

Al Dr. Nestor Orellana de la Escuela de Química de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas de la Universidad de El Salvador por permitirnos utilizar el equipo de HPLC, para la fase experimental de nuestro trabajo de graduación.

Al Lic. Juan Cuadra e Ing. Sergio Maravilla de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador por facilitarnos la obtención de reactivos a utilizar en el laboratorio.

A la Inga. Margarita Ledesma del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”, por habernos apoyado con su experiencia en campo sobre la utilización de la Chaya en las diferentes comunidades.

Al Ing. Mauricio Vásquez de Dulce Nombre de María, Chalatenango, por habernos apoyado con su testimonio acerca del uso y la apuesta por el consumo de la Chaya en las comunidades que trabaja.

A la Inga. Ana Cecilia de Flamenco de la Escuela de Ingeniería Química e Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, por haber contribuido en nuestra formación como profesionales, por sus consejos y apoyo brindado en el transcurso de nuestra investigación y especialmente por darnos ánimos cada vez que lo necesitamos.

A la Inga. Iliana Morales por la apertura mostrada para el préstamo de la Planta Piloto de Alimentos de la Escuela de Ingeniería Química e Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.

Al Lic. Mario Hernández de la facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, por el apoyo brindado en la realización de los análisis bromatológicos y su respectiva interpretación.

A la Licda. Amy Morán del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud de la Universidad de El Salvador por los resultados de los análisis microbiológicos.

A nuestro grupo de panelistas sensoriales por su esfuerzo y dedicación contribuyendo a los resultados obtenidos de nuestra investigación.

A todas las personas que de una u otra manera colaboraron para que esta investigación se llevara a cabo expresamos nuestro más sincero agradecimiento.

El Grupo de Trabajo de Graduación.

Agradecimientos:

En primera instancia agradezco a mi familia por todo el apoyo brindado en esta etapa de mi vida dentro universidad, en especial a mi madre querida Lilian Cortez Perdomo y mis abuelos María del Carmen Cortez de Guzmán y Umberto Guzmán Del Cid, ya que por su gran esfuerzo y sacrificio he llegado hasta donde me encuentro y para su alegría he logrado culminar.

A mis amigos, compañeros y colegas: Carlos Arévalo, Luis Pacheco, Ángel Esquivel y Eduardo Aguirre, sobre todo los más cercanos a mí: Bryan Morrison, María Zaldaña, Tirza Alas y Erick Medina. Creciendo juntos en nuestras carreras, conformamos un grupo muy unido y vivimos tanto alegrías como tristezas, victorias como derrotas; les agradezco su amistad y que hayamos creado un espacio especial para cada uno de nosotros.

A mi organización el Frente Universitario Roque Dalton (FURD), por ayudarme en mi formación política y como ser humano, a mostrarme la realidad, a ser un ente crítico y propositivo de nuestra sociedad, siendo un plus a mi formación académica; solo me resta agradecer haberme permitido escribir unas cuantas líneas en su historia dentro y fuera de la UES, y aportar un granito más a la lucha estudiantil, deseando que este proyecto político estudiantil siga creciendo y fortaleciéndose por muchos años más.

A alguien no menos importante, esa persona especial que forma parte de mi vida actualmente y ocupa un lugar especial en mi corazón Gloria Ester Peña Rodríguez, gracias por apoyarme en este proceso de trabajo de grado, por tus ánimos cuando desfallecía, por tus abrazos y besos cuando logro superar una dificultad, por tus palabras de felicidades cuando alcanzo algo que me propongo, por eso y mucho más gracias mi amor, te quiero mucho.

Y por último a todos los buenos docentes que conocí los cuales marcan diferencias y dejan huella en los estudiantes, por ese gran aporte para generar conciencia en el estudiantado, al final de todo no son un profesor más, sino un amigo o amiga.

Ulises Anaya Cortez.

Agradecimientos:

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mi mamá, Anita (mami, mi viejita, te amo, partiste de este mundo en la fase final de esta investigación, pero sé que desde el cielo me guías como la estrella más brillante del firmamento, todo lo que se y lo que soy te lo debo a ti, has sido, eres y por siempre serás mi mayor orgullo y tesoro, este triunfo te lo debo a ti, a tu sacrificio y esfuerzo, aunque me embarga la tristeza por tu partida sé que esta meta de convertirme en profesional ha sido gracias a ti y que es tu mayor felicidad, espero que cuando mi hora llegue, vengas por mí y pueda verte frente a frente y decirte **“llegue tan alto como tú lo hiciste”**) a mi papá Eduardo, ya que ambos siempre me apoyaron en todo momento, por los valores que me han inculcado y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo, por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mis hermanos Luis y Yansi por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar. Porque a pesar de nuestras diferencias y malos entendidos, han sabido llenar mi vida de felicidad a través de mis sobrinos Gabriel, Adrián, Sophia y Arianna, los cuales me han dado el amor más puro y sincero en los momentos más difíciles y duros de mi vida.

A mis compañeros de tesis Ulises, Tirza y Erick, por haber sido parte de esta etapa en mi vida que ha sido muy significativa, gracias por la paciencia y tolerancia que siempre me han mostrado a pesar de mi forma de ser y por la amistad que me han brindado.

A mi mascota Zazú que, aunque dejo un gran vacío con su partida después de 17 años a mi lado, fue mi compañero en mis momentos de desvelo de frustración y miedo. Eres el amigo más grande que he tenido (a pesar de que les parezca raro porque hablo de un perro), fue y seguirá siendo una parte importante en mi vida.

A todas aquellas personas amigos, conocidos y demás que no he mencionado pero que, de forma directa o indirecta, han sido, son y seguirán siendo parte de mi vida, gracias por todas las experiencias buenas, malas, extrañas, locas, divertidas porque son esos pequeños detalles los que me han ayudado a crecer como persona.

A todos los que pese a mis errores y defectos creyeron en mí, que podría alcanzar esta meta, les digo gracias y con mucho orgullo. ¡SOY INGENIERO!

Eduardo Aguirre

Agradecimientos:

En primer lugar, quiero dar gracias a Dios por ser mi fortaleza y mi guía. A María Auxiliadora por acompañarme en cada paso y en cada etapa de mi vida. A Monseñor Romero y mi abuelita Rosa Portillo por interceder ante Dios por mí y por mi familia.

Agradezco infinitamente a mi mamá, Haydée García por ser un apoyo fundamental en mi vida, por escucharme, animarme y enseñarme a enfrentar cada situación con valentía y fe en Dios.

A mis hermanos Ernesto Alas, Ramsés Alas y a mis queridas tías Delmy García y María del Carmen García por todo su amor, cuidados, palabras de aliento y apoyo en cada situación difícil.

Con mucho cariño a: Astrid Trujillo por darme un pedacito de su corazón puro y cristalino, por su bondad y amistad; Celeste Aguilar, con quien estoy muy agradecida, no solo por ser mi amiga sino por ayudarme a mejorar mi relación con Dios, por todo su apoyo y detalles tan especiales; María Zaldaña, una de las mujeres más geniales que conozco, por salvarme siempre y ser tan linda, por su paciencia y cariño; Carla Aguirre e Iliana Tobar, por su amistad sincera, su apoyo y su cariño. A todas las quiero un montón. “Los ángeles aparecen de distintas formas para darnos la mano en tiempos difíciles”.

A mis amigos Ulises Cortez y Morrison Méndez por ser tan geniales, a pesar de pelearnos un montón, pero con cariño. Al resto de la horda Jerick: Alexander Medina, Eduardo Aguirre, Luis Pacheco, Ángel Esquivel y Carlos Alvarado por su amistad y por apoyarnos siempre.

Gracias a mis compañeros de trabajo de graduación, con quienes hemos trabajado duro en esta investigación, por todas las noches de desvelo, viajes largos, asoleadas, negligencias y tantas adversidades, pero las hemos superado todas como equipo y con el apoyo de profesionales como la Inga. Cecilia Flamenco y docentes de otras facultades de la Universidad que siempre nos motivaron a seguir, aunque todo se viera muy complicado.

A todas las personas que han contribuido a la realización y finalización de esta investigación, esperando que sea un aporte útil a las comunidades que lo necesiten.

Tirza Alas

Agradecimientos:

A Dios todopoderoso, por permitirme llegar a esta etapa de mi vida, iluminándome en los momentos difíciles, llenándome de su amor, sabiduría y perseverancia para poder terminar mi carrera.

A mi madre Carolina Yanet Hernández Orrego y a mi abuela Ana Concepción Orrego Solano, por su amor, comprensión y apoyo incondicional en lo económico, moral y espiritual, ellas fueron las que siempre me motivaron y estuvieron a mi lado en todo momento, gracias por ser las mejores del mundo.

Además, al compañero Bryan Morrison Méndez, por su apoyo en facilitarnos el transporte para la investigación de campo, a mis compañeros de tesis Tirza América Alas, José Ulises Anaya, Eduardo José Aguirre por compartir conmigo esta larga travesía desde mucho tiempo y por su tolerancia y afecto que los acompaña y su gran amistad.

Y por último a mi hermano Carlos Eduardo Mejía, a mis tíos y primos Fredi Antonio Hernández, Reynaldo Hernández, Alexandra Hernández, por estar conmigo siempre en todo momento y motivándome en este trayecto de mí vida, a todos ustedes en verdad les digo, Infinitas Gracias.

Erick Medina

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue la definición de un proceso para la reducción de la toxicidad de la hoja de chaya (*Cnidosculus aconitifolius*) en función de la eliminación del glucósido cianogénico presente en su composición química, garantizando también la inocuidad del producto obtenido y su conservación, aportando versatilidad para su consumo.

El procedimiento propuesto consistió en el deshidratado de la hoja de chaya a escala de laboratorio considerando el rendimiento de la operación y la influencia de variables como temperatura, estado de madurez y tiempo; también se evaluó el efecto de la aplicación de escaldado previo al deshidratado, para identificar su influencia en la eliminación de la toxicidad de la hoja. Los ensayos se realizaron en la Planta Piloto de alimentos de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.

Como resultado del proceso, se obtuvo hoja de chaya deshidratada y en polvo. Para estos productos se determinó la presencia de ácido cianhídrico (HCN), en muestras con y sin la aplicación de escaldado previo al deshidratado, de manera cuantitativa a partir de cromatografía líquida de alta presión y cualitativa con la formación de un complejo rojizo como producto de la reacción de Guignard. También se analizaron muestras de hoja fresca para determinar la reducción en partes por millón del contenido de HCN en las muestras después de los tratamientos.

Para asegurar la calidad e inocuidad de los productos obtenidos se aplicó un plan maestro HACCP a todo el proceso de obtención de hoja de chaya deshidratada y en polvo, se determinaron sus propiedades fisicoquímicas y se realizaron análisis considerando los criterios microbiológicos a evaluar según el RTCA 67:04:50:08.

A partir de análisis proximales se verificó la variación del contenido nutricional en muestras frescas y deshidratadas, comprobando la conservación de las propiedades nutritivas que distinguen a la chaya de otras hortalizas. Con la información de éstos análisis se diseñó la etiqueta nutricional para la hoja de chaya deshidratada de ambas

variedades en estudio (mansa y picuda) tomando en cuenta lo establecido por el RTCA 67.01.60:10.

Para el almacenamiento de los productos (hoja de chaya deshidratada y en polvo) se determinaron sus propiedades de masa de partículas, aplicando lo establecido por la norma ASTM D: 6393-99: Standard Test Method for Bulk Solids Characterization by Carr. Y su vida de anaquel a partir de un modelamiento por aproximación lineal, con el que se definió el tiempo que tomará el alimento en adquirir la humedad necesaria para iniciar su descomposición.

A partir de los resultados obtenidos en la etapa experimental se diseñó un proceso para la obtención de hoja de chaya deshidratada y en polvo para ser aplicado en un deshidratador solar; para ello se contó con el apoyo de la comunidad del Municipio de Cinquera en el departamento de Cabañas, con quienes se tuvo un acercamiento para dar a conocer los peligros que representa consumir la hoja de chaya cruda y los tratamientos que se deben dar al alimento para ser consumido de manera segura.

Para el uso de la hoja de chaya como alternativa de materia prima en la producción de alimentos, se prepararon tres propuestas: galleta tipo soda con sal y chaya, chip de papa al horno sazonado con chaya y nacho de maíz con chaya. Para estos productos se desarrolló un estudio de aceptabilidad con el apoyo de estudiantes de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	xi
OBJETIVOS	xii
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTO TEÓRICO	1
1.1 La planta de Chaya <i>Cnidosculus aconitifolius</i> de las variedades Mansa y Picuda.....	1
1.1.1 Taxonomía de la planta <i>Cnidosculus aconitifolius</i> y morfología de las variedades mansa y picuda.	1
1.1.1.1 Cultivar ‘Mansa’	3
1.1.1.2. Cultivar ‘Picuda’	4
1.1.2 Composición química y valor nutricional de la hoja chaya.....	6
1.2 Situación actual de la hoja de Chaya en El Salvador	7
1.2.1. Zona de distribución y consumo.	9
1.2.2. Usos y aplicaciones de la hoja de Chaya en El Salvador.	10
1.3 Glucósido cianogénico.	11
1.3.1 Contenido de glucósido cianogénico en la hoja de Chaya.....	12
1.3.2 Reacción de hidrólisis del glucósido cianogénico (linamarina).....	13
1.3.3 Efectos a la salud producto de la biosíntesis del glucósido cianogénico.....	14
1.3.4 Dosis letal de HCN	15
1.3.5 Detección de HCN producido por el glucósido.....	15
1.3.5.1 Método cualitativo.....	15
1.3.5.2 Método cuantitativo	16
1.3.6 Eliminación del glucósido cianogénico.....	17
1.4. Proceso de Secado	17

1.4.1. Fundamento de la operación de Secado	19
1.4.2. Métodos de Secado.....	19
1.4.3. Curvas de Secado	20
1.4.4. Secadores de Bandeja	24
1.4.5. Componentes de un secador de bandeja	24
1.4.6. Variable a controlar en el proceso de secado.....	25
1.4.7 Secador Solar.....	26
1.4.8. Características de un secador solar	27
1.5. Escaldado.	27
1.6. Fundamento del análisis proximal	29
1.7 Análisis sensorial	31
1.7.1. Pruebas orientadas al consumidor	33
1.7.2. Pruebas orientadas al producto	34
1.7.3 Planificación de un Experimento Sensorial	34
CAPÍTULO 2: DISEÑO EXPERIMENTAL.	36
2.1 Muestreo Foliar para Chaya (<i>Cnidosculus aconitifolius</i>) de las variedades Mansa y Picuda.	36
2.1.1 Cultivar Mansa	37
2.1.1 Cultivar Picuda	38
2.2 Diseño del proceso de secado.	38
2.2.1 Tratamiento previo de la hoja de chaya a deshidratar para las etapas experimental y aplicada.	41
2.3 Proceso de secado experimental a escala de laboratorio.....	42
2.3.1 Rendimiento	44

2.4 Caracterización de la hoja de chaya deshidratada y polvo de chaya.....	46
2.4.1 Contenido de HCN	45
2.4.1.1 Detección cualitativa de CN.....	45
2.4.1.2 Detección cuantitativa de HCN	47
2.4.2 Determinación de parámetros fisicoquímicos	48
2.4.3 Contenido nutricional.....	48
2.5 Formulación de productos con las materias primas hoja de chaya deshidratada y polvo de chaya	50
2.5.1 Chips de papa al horno sazonado con polvo de chaya.....	49
2.5.2 Galleta tipo soda con sal y chaya.	50
2.5.3 Nachos de harina de maíz con chaya.....	52
2.6 Evaluación de la inocuidad de los productos	53
2.7 Diseño del estudio de aceptabilidad	54
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	55
3.1 Proceso de secado	55
3.1.1 Temperatura de secado.....	61
3.1.2 Estado de madurez.	62
3.1.3 Tratamiento térmico previo.	64
3.2 Características de la hoja deshidrtada y polvo de chaya	65
3.2.1 Contenido de HCN.	66
3.2.1.1 Detección cualitativa de HCN	67
3.2.1.2 Prueba cuantitativa de HCN.....	69
3.2.2 Propiedades fisicoquímicas.	73
3.2.2.1 Acidez titulable.....	73

3.2.2.2 Actividad de agua Aw	74
3.2.3 Rendimiento.	74
3.3 Diseño del estudio de aceptabilidad	76
3.3.1 Selección del panel sensorial.....	76
3.3.2 Entrenamiento del panel sensorial.....	77
3.4 Formulación de productos	79
3.4.1 Chips de papa al horno sazonado con polvo de chaya.....	79
3.4.2 Galleta tipo soda con sal y chaya.	80
3.4.3 Nachos de harina de maíz con chaya.....	81
3.5 Análisis sensorial	82
3.5.1 Prueba de preferencia.	82
3.5.2 Prueba de aceptabilidad.....	82
3.6 Propuesta de proceso de secado.....	85
3.7 Aplicación del proceso de secado en el municipio de Cinquera.....	86
3.8 Análisis proximal de productos obtenidos	89
3.9 Evaluación de la inocuidad.....	91
3.9.1 Plan maestro HACCP.....	92
CAPÍTULO 4: MANEJO Y VIDA ÚTIL DE LOS PRODUCTOS.	96
4.1 Propiedades de masa de partículas para el manejo de hoja de chaya deshidratada en polvo	96
4.1.1 Densidad aireada.	96
4.1.2 Densidad empacada.....	97
4.1.3 Densidad de trabajo.....	97
4.1.4 Grado de cohesión.....	97

4.2 Diseño de etiqueta nutricional para el producto.....	98
4.3 Vida útil de la hoja deshidratada y polvo de chaya	99
RESULTADOS Y CONCLUSIONES	103
RECOMENDACIONES	105
REFERENCIAS	106
ANEXO 1 Tipos de secador solar.....	113
ANEXO 2 Procedimiento para la detección cualitativa de HCN.....	114
ANEXO 3 Procedimiento para la detección cuantitativa de HCN	115
ANEXO 4 Diseño del análisis sensorial.....	118
ANEXO 5 Datos para la obtención de curvas de secado	122
ANEXO 6 Cromatogramas obtenidos en equipo HPLC	162
ANEXO 7 Concentraciones y codificación de muestras para prueba de umbral de detección y reconocimiento	164
ANEXO 8 Resumen de datos obtenidos prueba de umbral de detección y reconocimiento.....	165
ANEXO 9 Aplicación de criterios para selección de panel sensorial.....	167
ANEXO 10 Análisis de varianza para la selección de panel sensorial.....	171
ANEXO 11 Entrenamiento del panel sensorial	174
ANEXO 12 Análisis sensorial para la formulación de chip de papa al horno sazonado con polvo de chaya	176
ANEXO 13 Análisis sensorial para la formulación de galleta tipo soda con sal y chaya	178
ANEXO 14 Análisis sensorial para la formulacion de nachos de harina de maiz con chaya	181
ANEXO 15 Resultados análisis proximal.....	184
ANEXO 16 Resultados análisis microbiológico.....	185

ANEXO 17 Tríptico informativo distribuido en el municipio de Cinquera.....	187
ANEXO 18 Determinación de masa de partículas para el polvo de hoja de chaya deshidratada.....	189
ANEXO 19 Cálculos para la elaboración de etiqueta nutricional.....	191
ANEXO 20 Tabla de datos para el cálculo de vida útil.....	199

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Clasificación botánica de la chaya.....	3
Tabla 1.2 Composición química de la hoja de chaya.....	6
Tabla 1.3 Comparación del valor nutricional de la chaya (cnidoscolus aconitifolius) con otras especies vegetales.....	7
Tabla 1. 4 Actividad de agua y crecimiento de microorganismos en alimentos.....	18
Tabla 1.5 Relación temperatura y humedad relativa.....	25
Tabla 1.6 Tiempos de escaldado de algunos alimentos.....	28
Tabla 1.7 Presencia de Glucósido cianogénico en la hoja de chaya.....	29
Tabla 2.1 Parámetros a evaluar en la hoja de chaya deshidratada.....	45
Tabla 2.2 Criterios microbiológicos a evaluar según RTCA 67:04:50:08.....	53
Tabla 3.1 Valores de secado para MME70.....	56
Tabla 3.2 Valores de secado calculados para MME70.....	57
Tabla 3.3 Parámetros obtenidos para cada condición de secado.....	60
Tabla 3.4 Comparacion de resultados de proceso de secado para las muestras MMTS60, MTS65 y MTS70.....	61
Tabla 3.5 Comparación de resultados de proceso de secado para las muestras MTS70 y MMS70.....	63

Tabla 3.6 Comparación de resultados de proceso de secado para las muestras PMS65 y PME65.....	64
Tabla 3.7 Comparación de las características físicas para PMS65 y PME65.....	64
Tabla 3.8 Resultados de detección de cianuro prueba de Guignard.....	66
Tabla 3.9 Dosis letal de HCN por edades y pesos.....	69
Tabla 3.10 Áreas determinadas con cromatografía líquida de alta presión para la elaboración de estándares externos de CN-.....	70
Tabla 3.11 Resultados de acidez titulable para muestras de hoja de chaya.....	73
Tabla 3.12 Resultados de medición de actividad de agua.....	74
Tabla 3.13 Resultados de rendimiento.....	75
Tabla 3.14 Capacidad de detección de cada panelista.....	77
Tabla 3.15 Formulación de chip de papa sazonado con polvo de chaya deshidratada.....	80
Tabla 3.16 Formulación de la galleta salada tipo soda con polvo de hoja de chaya	81
Tabla 3.17 Formulación de nachos con harina de maíz con chaya.....	82
Tabla 3.18 Resultados de análisis de aceptabilidad para galleta tipo soda formulada con hoja de chaya de la variedad mansa.....	84
Tabla 3.19 Resultados de análisis de aceptabilidad para snack de papa formulado con hoja de chaya de la variedad picuda.....	85
Tabla 3.20 Etapas de proceso de secado propuesto.....	86
Tabla 3.21 Análisis proximal para polvo de chaya mansa y picuda después de proceso de deshidratación.....	90
Tabla 3.22 Resultados de análisis ANOVA para selección de la hoja con mejores propiedades nutricionales.....	90

Tabla 3.23 Resultados de análisis microbiológico a hoja de chaya de la variedad mansa y picuda.....	92
Tabla 3.24 Determinación de los puntos críticos de control (PCC).....	94
Tabla 3.25 Plan maestro HACCP para la línea de producción de polvo y hoja de chaya deshidratada.....	95
Tabla 4.1 Propiedades de masa de partículas para el polvo de hoja deshidratada de chaya.....	98
Tabla 4.2 Establecimiento de parámetros para el modelamiento de la vida de anaquel para la hoja de chaya deshidratada y en polvo.....	101

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Características de la hoja chaya cultivar ‘Mansa’	4
Figura 1.2 Características de la hoja chaya cultivar picuda.....	5
Figura 1.3 Cultivos de Vivero San Andrés.....	9
Figura 1.4 Asociación de Restauración y Desarrollo Municipal de Cinquera.....	10
Figura 1.5 Elaboración de fresco y sopa usando hoja de chaya.....	11
Figura 1.6 Estructura molecular de la Linamarina.....	12
Figura 1.7 Reacción de linamarina para producción de HCN.....	13
Figura 1.8 Acido pícrico y ion picrato para la reacción de Guignard.....	16
Figura 1.9 Curva de secado, humedad versus tiempo de secado.....	21
Figura 1.10 Curva de secado, velocidad de secado versus humedad perdida.....	23
Figura 1.11 Secador de bandejas o anaqueles	24
Figura 1.12 Composición de alimentos	30
Figura 1.13 Clasificación de pruebas sensoriales	33

Figura 2.1 Trayectorias para el muestreo foliar	36
Figura 2.2 Proceso de obtención de hoja deshidratada y polvo de chaya	40
Figura 2.3 Variaciones en el proceso de deshidratado de la hoja de chaya especie mansa con su codificación.....	43
Figura 2.4 Variaciones en el proceso de deshidratado de la hoja de chaya especie picuda con su codificación.....	43
Figura 2.5 Procedimiento para la detección cualitativa de HCN en muestras de chaya fresca y deshidratada.....	46
Figura 2.6 Procedimiento para la detección cuantitativa de HCN en muestras de chaya fresca y deshidratada.....	47
Figura 2.7 Proceso para la elaboración de chip de papa sazonado con hoja de chaya deshidratada.....	50
Figura 2.8 Proceso para la elaboración de galleta salada tipo soda con sal y polvo de chaya	51
Figura 2.9 Proceso para la elaboración de nacho de harina de maíz con polvo de chaya	52
Figura 2.10 Etapas del proceso de análisis sensorial.....	54
Figura 3.1 Troceado de la hoja de chaya.....	55
Figura 3.2 Colocacion de maya de proteccion a las charolas que contienen muestra de la hoja de chaya.....	56
Figura 3.3 Curva de secado humedad versus tiempo para muestra MME70.....	58
Figura 3.4 Curva de velocidad de secado versus humedad para muestra MME70.....	61
Figura 3.5 Curva de humedad versus tiempo para MTS70.....	62
Figura 3.6 Curva de humedad versus tiempo para MMS70.....	63

Figura 3.7 Muestra de chaya picuda secada a 70°C	65
Figura 3.8 Escala colorimétrica prueba de Guignard.....	66
Figura 3.9 Comparación de muestras con y sin escaldar, para pruebas de detección de cianuro.....	67
Figura 3.10 Curva de calibración para la determinación de CN- en HPLC.....	70
Figura 3.11 Captura de pantalla de lecturas en HPLC para muestras de hoja de chaya	71
Figura 3.12 Resultados ensayos prueba del olfato.....	78
Figura 3.13 Resultados ensayos prueba del gusto.....	78
Figura 3.14 Resultados de preferencia de productos para la variedad mansa.....	83
Figura 3.15 Resultados de preferencia de productos para la variedad picuda.....	83
Figura 3.16 Recolección y escaldado de hojas de chaya en el municipio de Cinquera.....	88
Figura 3.17 Escurrido de hojas de chaya e ingreso de las bandejas al secador solar.....	88
Figura 3.18 Empacado de hojas deshidratadas en el secador solar del municipio de cinquera.....	89
Figura 3.19 Arbol de desiciones.....	93
Figura 4.1 Etiqueta nutricional para hoja de chaya deshidratada y en polvo de las variedades mansa y picuda.....	99
Figura 4.2 Cámara de estabilidad utilizada para ensayos de vida de anaquel.....	100
Figura 4.3 Isoterma de sorción de hoja de chaya a 25°C y 80% Hr.....	100

INTRODUCCIÓN

La Chaya (*Cnidosculus Aconitifolius*) es una especie vegetal que ha sido consumida en la región mesoamericana desde la época precolombina, se le reconoce por su alta resistencia a los extremos climáticos y por el valor nutricional de sus hojas, comparándola con otras hortalizas como la espinaca.

Actualmente en El Salvador, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales han promovido su consumo y cultivo en diferentes regiones del país con el objetivo de aprovechar el aporte nutricional de la hoja, debido a su fácil adaptación, reproducción y crecimiento en cualquier tipo de clima, como alternativa a otro tipo de alimentos poco accesibles para poblaciones vulnerables y de escasos recursos económicos.

La chaya ha sido estudiada ampliamente en cuanto a sus características botánicas, químicas y nutricionales, sin embargo en el país no se ha desarrollado la suficiente investigación en cuanto al tratamiento necesario de la hoja cruda que garantice una ingesta segura del alimento, ya que se ha determinado que dentro de su composición existe un metabolito (glucósido cianogénico) llamado linamarina que al hidrolizarse produce ácido cianhídrico (HCN) el cual en altas concentraciones es tóxico para el ser humano y algunas especies animales.

Considerando lo anterior, para el desarrollo de esta investigación se determinó, a partir de fuentes primarias (representantes de organizaciones sociales y gubernamentales), la promoción distribución y forma de consumo actual de la hoja de chaya, y se diseñó un propuesta para el tratamiento del alimento que permita su aprovechamiento versátil y seguro.

Ésta investigación representa un aporte para la población que actualmente utiliza la hoja de chaya como alimento y para las organizaciones que promueven su plantación y consumo, ya que se presenta el fundamento científico en cuanto al procesamiento óptimo de la hoja que garantice su aprovechamiento como fuente de nutrientes y materia prima para la producción de alimentos, incluyendo sus cualidades para ser apta para el consumo humano.

OBJETIVOS

General

Determinar las variables de proceso a controlar para la eliminación de glucósidos cianogénicos en el procesamiento de la hoja de chaya (*Cnidosculus Aconitifolius*) de las variedades mansa y picuda y realizar la formulación de chaya deshidratada y en polvo como materia prima para su posible aplicación en productos alimenticios.

Específicos

1. Investigar en los diferentes organismos gubernamentales y no gubernamentales sobre la producción, consumo, manejo y promoción de la chaya (*Cnidosculus Aconitifolius*) en El Salvador.
2. Determinar el contenido promedio de HCN en la hoja cruda de chaya (*Cnidosculus Aconitifolius*) de las variedades mansa y picuda por medio de Cromatografía Líquida de Alta Presión (HPLC).
3. Diseñar el proceso óptimo de secado para la eliminación del metabolito Glucósido Cianogénico sin afectar significativamente los componentes nutricionales de la hoja.
4. Determinar las variables del proceso térmico en un secador eléctrico de temperatura controlada con rango de 35 a 70 °C a escala de laboratorio en la planta piloto de alimentos, para la obtención de curvas de secado durante el proceso de deshidratado de la hoja de chaya.
5. Determinar los parámetros de proceso para la realización del tratamiento térmico en un secador solar durante la producción de hoja de chaya deshidratada y polvo de chaya.
6. Formular como mínimo tres productos que tengan como materia prima hoja deshidratada o polvo de chaya para determinar a través de análisis sensoriales cuál es el producto con mayor aceptabilidad para el consumo, posteriormente realizando análisis proximales con el fin de diseñar una propuesta de etiqueta para la chaya deshidratada y para el polvo de chaya, de conformidad con la normativa y reglamentos vigentes en el país.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTO TEÓRICO

El primer capítulo consta de una investigación bibliográfica y de campo que contiene información sobre la hoja de chaya "*Cnidosculus aconitifolius*" de las variedades mansa y picuda tomando en cuenta su clasificación taxonómica, contenido nutricional, contenido de glucósido cianogénico, así como también su uso, distribución y zonas de consumo en El Salvador. Además, se proporciona el fundamento teórico del proceso de secado a realizar para ambas especies de la hoja y los análisis posteriores para evaluar sus características organolépticas, contenido final de ácido cianhídrico (HCN) y contenido nutricional de la hoja luego de ser procesada.

1.1 La planta de Chaya *Cnidosculus aconitifolius* de las variedades Mansa y Picuda

1.1.1 Taxonomía de la planta *Cnidosculus aconitifolius* y morfología de las variedades mansa y picuda

La chaya es un arbusto de origen mexicano, de la Península de Yucatán y hasta la fecha se ha distribuido a varias partes del mundo asociado con la cultura maya, se le conoce como la espinaca maya, se ha cultivado y aprovechado intensamente desde tiempos prehispánicos por a sus múltiples propiedades nutritivas y medicinales. (Anduriña Alvarodíaz, 2011).

El nombre de Chaya, deriva del vocablo Maya "Chay", "Chaya col", "Kikilchay", "Kekenchay", "Chayaken", "Copapayo", "Quelite", etc. Aunque en los pueblos autóctonos de Costa Rica la conocen como "Chicasquil". Con la llegada de los españoles la planta fue llevada a Europa donde el emperador Carlos IV, conoció de las bondades de la planta, quedando altamente impresionado por sus cualidades y los usos que le daban los aborígenes. Se sabe de su existencia en Brasil donde se la conoce con el nombre de Couve. Y se ha hecho popular en el Sur de los Estados Unidos (Florida y Texas) sin embargo, cada una de estas especies difiere una de la otra por la cantidad de variedades existentes alrededor del mundo. (Ayauca, 2006)

Actualmente la chaya se cultiva en la región maya de Guatemala, Belice, el sureste de México, parte de Honduras, Guatemala y El Salvador. Está compuesta por 50 especies de las cuales 20 son endémicas de México.

Este arbusto se usaba como hasta hoy en cercos vivos, como planta comestible, medicinal y ornamental por más de 10 grupos mayas y también otros grupos mexicanos y mesoamericanos. Normalmente se encuentra en huertos familiares o jardines, y a menudo está sembrada junto a otros cultivos en una milpa o plantación. La hoja, el pecíolo y los brotes, son cosechados y cocidos para varios tipos de guisado o para uso medicinal. (Ross Ibarra, 2003).

Por ser una fuente vegetal rica en proteínas y aminoácidos, vitaminas y minerales, puede sustituir la mayoría de vegetales verdes y ser considerada como un gran complemento en la nutrición humana, en casos de deficiencias o dietas no equilibradas.

Se puede consumir directamente con precaución, o para mayor seguridad al ser procesada adecuadamente. Puede ser usada en panificación, o en combinaciones con otros cereales (se combina muy bien con la soya).

Dentro de la misma área es considerada también como una fuente de alimento para animales de granja como gallinas, pollos e incluso avestruces, así también con roedores como conejos y cuyes. (Ayauca, 2006). En el municipio de Cinquera, departamento de Cabañas, se utiliza también como alimento para iguanas de crianza.

La Chaya pertenece a la sección Calyptosolen del género *Cnidoscolus* familia Euphorbiaceae y el género *Cnidosculus*, el cual está cercanamente relacionado al género *Manibot*. Los dos géneros se encuentran dentro de la tribu *Manihoteae* de la subfamilia *Crotonoideae* de la Euphorbiaceae. (Ross Ibarra, 2003)

El hábitat para la planta es frecuentemente lugares rocosos o linderos a 1,300 metros sobre el nivel del mar o menos. Es nativa de regiones tropicales. En general,

la chaya prospera en variedad de suelos y climas lluviosos, aunque crece mejor en climas calientes.

Es un arbusto que crece rápido y es resistente a la sequía, tolera la falta de cuidado, sol y malezas. Sus necesidades de agua no son determinadas, ya que se puede desarrollar bien inclusive en meses con exceso de lluvia (Ayauca 2005)

En la Tabla 1.1 se presenta la clasificación botánica de la planta. (Pérez-González, Gutiérrez-Rebolledo, & Jiménez -Arellanes, 2016)

Tabla 1.1 Clasificación botánica de la chaya

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Malpighiales
Familia	Euphorbiaceae
Subfamilia	Crotonoideae
Género	Cnidoscolus spp
Especie	Aconitifolius
Variedades	Mansa y picuda

Fuente: (Pérez-González et al., 2016)

1.1.1.1 Cultivar 'Mansa'

La planta es un arbusto herbáceo de aproximadamente 2–4m de alto. Presenta tallos semileñosos de madera suave y quebradiza que cuando se cortan emanan un látex (savia) de color blanco. Las hojas son simples, alternas, de poca pronunciación trilobada, peciolo largo con 2 glándulas ovoides por la base del limbo; los lóbulos son anchos de bordes enteros u ondulado–dentado y ápices acuminados. La base del limbo es truncado–acorazonado, como se muestra en Figura 1.1. Las láminas de las hojas de 'Mansa' presenta la mayor área foliar en

comparación con el resto de cultivares. Se encontró pequeñas diferencias en las hojas identificándose dos tipos en las accesiones.

Las escasas inflorescencias son cimas pequeñas en las cuales se observaron únicamente flores femeninas de las cuales no se desarrollan frutos.(Cifuentes, Pöll, Bressani, & Yurrita, 2010)

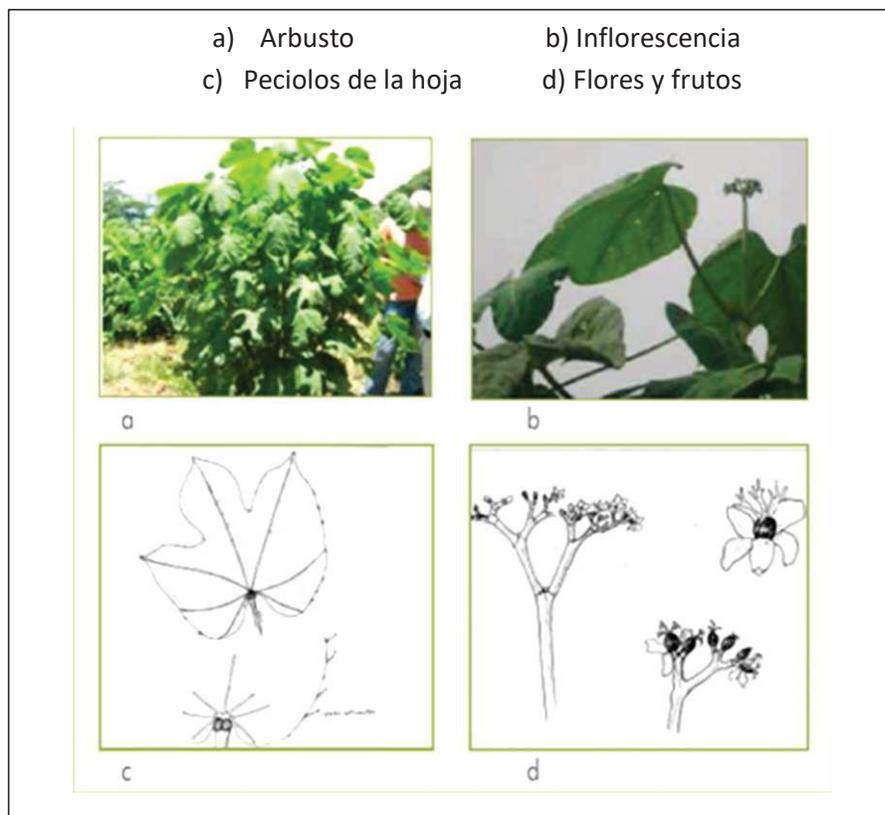


Figura 1. 1 Características de la hoja chaya cultivar 'Mansa'
Fuente: (Cifuentes et al., 2010)

1.1.1.2 Cultivar 'Picuda'

La planta es un arbusto de hasta 3m de alto generalmente con una copa redondeada. Presenta tallos de madera suave y quebradiza que cuando se cortan emanan un látex (savia) de color blanco. Las hojas son simples, alternas; con peciolo largo, son palmariamente 5 -7 lobadas casi hasta la base del limbo. Los lóbulos, a su vez, son pinnatífidamente lobados, con borde dentado, ápice largamente acuminado o caudado, sin pelos urticantes. Se usa en Guatemala

únicamente como planta ornamental, medicinal y alimenticia. Las hojas del cultivar 'Picuda' presentan la menor área foliar.

Las inflorescencias son cimas redondeadas, no profusas. La mayoría de las inflorescencias tienen flores masculinas y femeninas. Las flores femeninas están siempre en el centro de la bifurcación. Las flores masculinas están al final de cada una de las ramificaciones. Los pétalos de las flores femeninas son más pequeños y menos anchos que los pétalos de las flores masculinas, las cuales tienen 10 estambres formando una columna que termina en 3 apéndices filiformes estériles. En las cápsulas hay 3 grandes semillas de color café oscuro, en la Figura 1.2 se muestran estas características. Este cultivar presenta flores y frutos abundantes casi todo el año (Cifuentes et al., 2010).

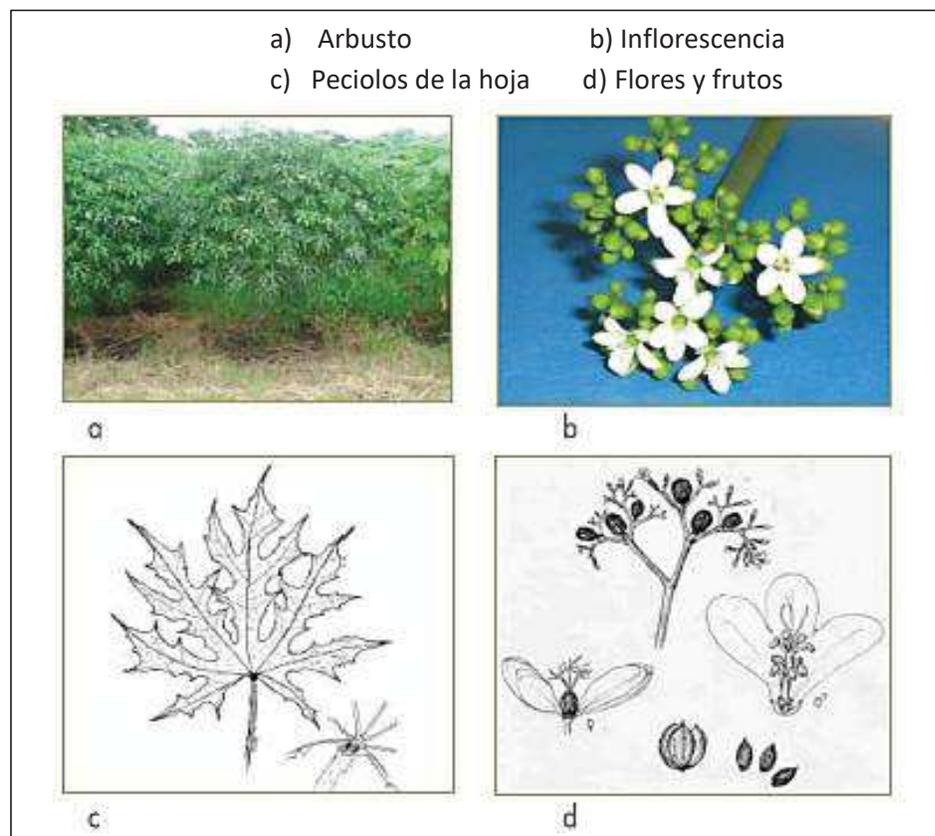


Figura 1. 2 Características de la hoja chaya cultivar picuda
Fuente: (Cifuentes et al., 2010)

1.1.2 Composición química y valor nutricional de la hoja chaya

La composición química y nutricional hace referencia a qué sustancias o compuestos están presentes en una determinada muestra y en qué proporción. Para el caso de la chaya, la Tabla 1.2 muestra la composición química del alimento, esto de acuerdo con estudios realizados por el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP) para 100 g de porción comestible.

Tabla 1.2 Composición química de la hoja de chaya.

Código	11046
Nombre	Chaya o Chicasquil, (Hoja)
Humedad %	79.80
Energía Kcal	64
Proteína g	6.20
Grasa Total g	1.30
Carbohidratos g	10.70
Ceniza g	2.00
Calcio mg	234
Fosforo mg	76
Hierro mg	2.80
Tiamina mg	0.20
Riboflavina mg	0.40
Niacina mg	1.60
Vit. C mg	194
Vit. A Equiv. Retinol mcg	946
Fracción Comestible %	1.00

Fuente:(INCAP, 2007), para 100 g de porción comestible.

La Chaya posee un gran valor nutritivo por lo cual puede ser considerada como fuente alimenticia tanto para el consumo humano (así también para los animales), teniendo en cuenta que las necesidades alimenticias de cada persona son diferentes. Tiene alto contenido en Proteínas, y especialmente Aminoácidos

Esenciales: Alanina, Arginina, Cistina, Glicina, Isoleucina, Acido Glutámico. Ácido aspártico. Posee altas cantidades de Vitaminas (especialmente A y C, lo que incrementa su valor como poderoso antioxidante Natural), Minerales (superando a las hortalizas verdes más conocidas como la alfalfa, espinaca y acelga). (Ayauca, 2006).

La Tabla 1.3 muestra el valor Nutricional de la chaya comparado con algunas hortalizas verdes más conocidas:

Tabla 1.3 Comparación del valor nutricional de la chaya "*Cnidoscolus aconitifolius*" con otras especies vegetales

VALOR NUTRICIONAL DE LAS PRINCIPALES HORTALIZAS VERDES														
Especies	Componentes en g.						Minerales mg.			Vitaminas mg.				
NOMBRE	HUMED.	PROT	GRASA	CARB.	FIB	CENIZA	Ca	P	Fe	A	B1	B2	B12	C
Chaya	80 %	5.2	1.9	10.7	2.4	1.9	244	71	2.2	2.5	0.2	0.4	1.6	350
Espinaca	94 %	2.0	0.32	0.19	2.07	1.42	49	30	5.7	2.48	0.03	0.10	0.48	17.5
Alfalfa	86.5 %	3.66	0.48	4.84	2.31	1.40	12	15	5.3	0.74	0.13	0.14	0.46	130
Acelga	91 %	1.6	0.4	5.6	1.0	1.6	110	29	3.6	0.9	0.03	0.07	0.4	34
Lechuga	96%	1.0	0.1	3	0.5	0.4	16	23	0.4	-	0.05	0.03	0.3	7

Valores por cada 100 g. De Hoja fresca

Fuente: (Ayauca, 2006)

1.2 Situación actual de la hoja de Chaya en El Salvador

Actualmente en El Salvador la hoja de chaya está siendo utilizada para múltiples aplicaciones, entre ellas se encuentran: la reforestación (para mitigar los efectos del cambio climático), fines medicinales y para la alimentación. Sin embargo, dichos campos de aplicación aún no han sido investigados a profundidad por lo que para el contexto nacional aun es necesario determinar algunos parámetros relacionados al cultivo, cosecha, producción, procesamiento y aporte nutricional de la hoja.

Con respecto a reforestar la ONG Fundación de Asistencia Técnica Comunal (ASISTEDCOS), colaboró con:

- La Alcaldía de San Pablo Tacachico del departamento de la Libertad, en el marco del día de la Biodiversidad para reforestar el municipio en 2016.
- La Escuela Nacional de Agricultura “Roberto Quiñónes” donó para la reforestación de áreas naturales del país en 2016.
- Industrias La Constancias (ILC) evaluó y aprobó los árboles, entre los que había Chaya, donó para poder sembrar en la zona de Nejapa en conmemoración del Día Mundial del Medioambiente en 2013.

Así mismo también se investigó cómo las instituciones gubernamentales fomentan o apoyan el consumo y plantación de la hoja de chaya, para ello se tuvo un acercamiento al Centro Nacional de Tecnologías Agropecuarias y Forestal (CENTA) el cual es dependencia del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), en dicho acercamiento se entrevistó a la persona encargada de la Unidad de Género de dicha institución.

En esta entrevista se informó que en el año 2012 el CENTA, comenzó a promover el consumo de la hoja de chaya como parte de un programa de rescate de plantas nativas entre ellas la chaya y el teberinto, esto a raíz de la erupción del volcán Ixmiquilpan, la cual causó graves daños en los cultivos principalmente de la zona de Ahuachapán, provocando escasez de alimentos. Sin embargo, al notar el gran potencial que la chaya posee como un alimento sano, rico en nutrientes y de fácil acceso, el CENTA continuó dicho programa desde dos líneas de trabajo:

- a) Se estableció un programa de Agricultura Familiar, en el cual, familias de diferentes comunidades son capacitadas en prácticas agrícolas para que dentro de sus hogares cultiven un huerto familiar, con el fin que posean plantas como la chaya, el teberinto, yuca entre otros para su consumo; enseñándoles que, ante la falta de recursos económicos para una adecuada alimentación, los recursos de la tierra pueden ser aprovechados a fin de suplir las necesidades alimenticias del grupo familiar.
- b) Se instalaron talleres que inicialmente fueron llamados Talleres Hogareños y que en la actualidad se les conoce como Talleres de Bienestar Familiar, en

los cuales se capacita a las familias en temas de nutrición, manipulación, preparación adecuada de productos alimenticios y uso de las hojas de chaya en diversos platillos a nivel doméstico; con el fin de mejorar la alimentación de estos sectores que en su mayoría están en condición de pobreza.

Cabe mencionar que el CENTA ha trabajado estos programas y talleres en la zona occidental, central, paracentral y oriente de El Salvador, y actualmente se encuentran trabajando en Candelaria de la Frontera Departamento de Santa Ana y Jucuarán Departamento de Usulután, en el que están participando un total de 12 comunidades con alrededor de 500 familias. Además, se está iniciando con un proyecto para capacitar a la población en la producción de pomadas utilizando plantas medicinales.

Sin embargo y algo que debe ser tomado en cuenta es que el CENTA no ha realizado investigaciones a nivel de laboratorio acerca de la hoja de chaya, ni tampoco se cuenta con registro de las mismas, por lo que el uso y las aplicaciones de la chaya únicamente han sido enfocados a nivel doméstico.

1.2.1 Zona de distribución y consumo

En cuanto a la distribución se logró identificar en la zona central el Vivero San Andrés Municipio de San Juan Opíco, departamento de La Libertad, en este lugar se desarrollan plántulas (estacas) de Chaya de la variedad Mansa como se muestra en la Figura 1.3.



Figura 1.3. Cultivos de Vivero San Andrés.

En la zona paracentral departamento de Cabañas municipio de Cinquera, se pudo constatar según sus habitantes, que se cultiva la Chaya variedad picuda en los jardines de sus casas y otros lugares designados por la comunidad como se puede observar en la Figura 1.4. Ésta se consume de manera variada, agregándola a su alimentación cotidiana y sometiéndola a proceso térmico previo al consumo. A través del Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local (FISDL), se distribuye a diversos municipios del país.



Figura 1.4 Asociación de Restauración y Desarrollo Municipal de Cinquera (ARDM).

En el departamento de Chalatenango en Dulce Nombre de María, las Vueltas y el cantón Guarjila a través del programa agricultura sostenible y soberanía alimentaria se ha introducido el consumo de alimentos alternativos entre ellos la Chaya, que por su versatilidad ha sido bien aceptada por las personas que han probado la hoja como ingrediente en algún alimento.

1.2.2. Usos y aplicaciones de la hoja de Chaya en El Salvador

Los usos que se le da a la hoja de Chaya tienen fines comunes en las comunidades visitadas de Cinquera, Cabañas y Dulce Nombre de María, Chalatenango, son:

- Consumo animal
- Consumo humano

En el consumo animal se da como parte de la dieta diaria de: iguanas (Cinquera), pollos y gallinas (Chalatenango); la hoja a consumir se les da sin ningún tipo de tratamiento térmico, solo mecánico ya que la hoja es cortada en trozos.

El consumo entre las personas se realiza según su costumbre culinaria mezclando la Chaya en: sopas, arroz, bebidas, pupusas, charamuscas, huevo revuelto, en la masa de tamales, etc. Como se muestra en la Figura 1.5.



Figura 1.5. Elaboración de fresco y sopa usando hoja de chaya.

Para el caso del uso de la hoja en Chalatenango, los alimentos como la Chaya son el medio para generar conciencia en las personas sobre la temática de soberanía alimentaria, ya que como menciona el encargado del programa “a partir del estómago construyen conciencia política”.

1.3 Glucósido cianogénico

El cianuro en cantidad de trazas, está ampliamente distribuido en las plantas, en donde se encuentra principalmente en forma de glucósido, en un principio se consideraba como un metabolito secundario, sin embargo, según estudios se ha comprobado que es producto intermedio en la biosíntesis de algunos aminoácidos. Sin embargo, hay algunas plantas que pueden acumular una alta concentración de este tipo de compuestos; en la almendra amarga (*Prunus amigdalus*) se encuentra un alto contenido de amigdalina, que fue el primer glucósido cianogénico descubierto y aislándose en 1830 (Ángel E. Caballero Torres, 2008). Las plantas cianogénicas, almacenan dentro de su estructura glucósidos cianogénicos, se acumulan más en semillas y hojas, cuando la planta está en crecimiento (Rodríguez, 2014) .

La biosíntesis de los glucósidos cianogénicos ha sido ampliamente estudiada, observando que se derivan de aminoácidos; los precursores de los glucósidos de importancia en alimentos son los siguientes: L-tirosina precursor de durrina; L-fenilalanina de prunasina; L-valina de linamarina y L-isoleucina precursor de lotaustralina. En la Chaya encontramos linamarina.(Ayauca, 2005)

Los glucósidos cianogénicos o cianoglucósidos forman parte de aproximadamente 90% de un grupo de toxinas en las plantas conocidas como cianógenas. La característica principal de estas toxinas es la cianogénesis, la formación de cianuro de hidrógeno libre, que está asociado con las cianohidrinas que han sido formadas por la glicosilación (unión de azúcares) para formar los glucósidos cianogénicos.

Los niveles cianogénicos pueden variar según el cultivar, condiciones climáticas, parte de la planta y grado de procesamiento.

1.3.1 Contenido de glucósido cianogénico en la hoja de Chaya

Linamarina es un glucósido cianogénico que se encuentra en las hojas y raíces de plantas como la yuca, habas y lino. En la Figura 1.6 se muestra la estructura química de este glucósido cianogénico. La fórmula de la linamarina es $C_{10}H_{17}NO_6$ y tiene un peso molecular de 247.24508 g/mol. Su punto de fusión es de 142 a 143°C. Es soluble en agua, alcohol frío y dimetil sulfóxido; ligeramente soluble en acetato de etilo caliente, éter, benceno y cloroformo y prácticamente insoluble en éter de petróleo.(Rodríguez, 2014)

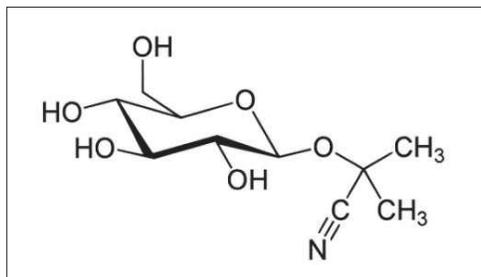


Figura 1. 6 Estructura molecular de la Linamarina.
Fuente: (Rodríguez, 2014)

El glucósido cianogénico tiene la particularidad que al hidrolizarse forma Ácido cianhídrico (HCN), lo contienen también algunas plantas de consumo común, como toxina: Yuca, judías, semillas de Lino, almendras.

En términos bioquímicos, la ruptura de la compartimentalización por el troceado de la hoja permite que la enzima linamarasa, una beta-glucosidasa, descomponga por hidrólisis la linamarina, produciendo un nitrilo y glucosa.

La reacción de descomposición de la linamarina para la formación de HCN ocurre a temperaturas entre 26 y 28 °C, mientras que la temperatura de evaporación del HCN es de 26.5 a 28 °C (Ayauca, 2006).

1.3.2 Reacción de hidrólisis del glucósido cianogénico (linamarina)

La linamarina se sintetiza en las hojas de la planta para después ser transportada a la raíz. Cuando las células de la planta se fracturan, la linamarina entra en contacto con la enzima linamarasa (β -glucósidasa), la cual se encuentra localizada en las paredes celulares, provocando la hidrólisis de la linamarina en acetonacianohidrina y glucosa. Posteriormente, la acetonacianohidrina se transforma en ácido cianhídrico y acetona (Rodríguez, 2014). Reacción ilustrada en la Figura 1.7.

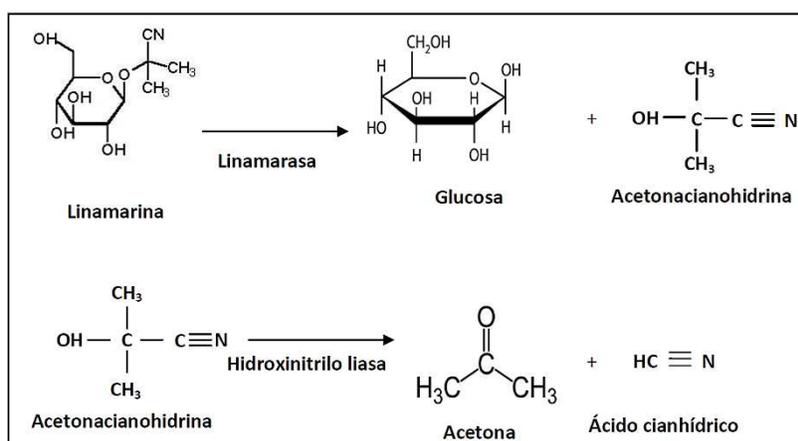


Figura 1. 7 Reacción de linamarina para producción de HCN
Fuente:(Rodríguez, 2014)

Las hojas de chaya contienen glucósidos cianogénicos que pueden formar ácido cianhídrico (HCN) al hidrolizarse, el cual es tóxico, este compuesto es eliminado con el vapor y no se retiene en el agua de cocción. (Orozco Andrade, 2013)

El ácido cianhídrico se caracteriza por la presencia de la unión de carbono e hidrógeno (HCN), el cual se combina con la mayoría de compuestos orgánicos e inorgánicos. La planta en sí no es tóxica, pues el glucósido requiere de un desdoblamiento realizado por la enzima β -glucosidasa para sintetizarse y llegar a formar HCN. Factores extremos como sequía, marchitado, mal desarrollo de la planta y factores fisiológicos como la digestión, hacen posible la unión de esta enzima, liberando el HCN. (Rodríguez, 2014)

1.3.3 Efectos a la salud producto de la biosíntesis del glucósido cianogénico

Para consumir las hojas de chaya con seguridad se recomienda eliminar el ácido cianhídrico mediante tratamiento térmico al igual que se hace con la yuca que también es portadora de este tóxico en concentraciones mayores y se elimina mediante la cocción, luego se consume sin ningún tipo de problemas (Anduriña Alvarodíaz, 2011).

La toxicidad de los compuestos cianogénicos se debe principalmente al ácido cianhídrico que se libera durante su hidrólisis. La acción primaria del ácido cianhídrico consiste en la inhibición de la citocromoxidasa, lo que bloquea la respiración celular. El ácido cianhídrico reacciona con el ion hierro de la hemoglobina formando cianohemoglobina, lo que imposibilita el transporte de oxígeno en la sangre. También puede reaccionar con el ion cobre de enzimas como la citocromoxidasa, la cual es la última enzima de la cadena transportadora de electrones, impidiendo de esta manera la producción de ATP y bloqueando la respiración celular. Todas estas reacciones pueden ocasionar en el paciente dificultades respiratorias, trastornos visuales, alteraciones tiroideas y dermatitis.

Cuando la intoxicación es severa, se producen convulsiones, paro respiratorio y finalmente la muerte. El primer órgano afectado y el más sensible a los efectos del cianuro es el cerebro (Rodríguez, 2014).

1.3.4 Dosis letal de HCN

La dosis letal de ácido cianhídrico (DL_{50}) en humanos es de 0.5 a 3.5 mg/Kg de peso corporal en una sola toma. El consumo frecuente y prolongado de plantas cianogénicas mal procesadas, puede llevar a una intoxicación por cianuro, el cual es el producto final de la reacción de descomposición del glucósido. La toxicidad está condicionada por la concentración del compuesto y el tiempo de exposición al mismo. Cuando se ingirieren pequeñas cantidades de compuestos cianogénicos, la ruta más común para desintoxicación es la conversión del cianuro a tiocianato en el hígado y riñones, que es excretado posteriormente en la orina. (Rodríguez, 2014).

1.3.5 Detección de HCN producido por el glucósido

Como se ha dicho en los apartados anteriores, la presencia de un glucósido cianogénico lleva a la síntesis de HCN, por tanto, es necesario detectar y cuantificar la presencia de ese compuesto con el fin de garantizar que la hoja de chaya es segura para ser utilizada con fines alimenticios. Para ello es necesario auxiliarse del análisis mediante el uso de pruebas cualitativas y cuantitativas que permitan llegar a una conclusión. Para esta investigación se llevará a cabo análisis cualitativo y cuantitativo basado en los métodos que se muestran a continuación.

1.3.5.1 Método cualitativo

Uno de los métodos cualitativos de detección de HCN más utilizados, se basa en la reacción de Guignard, en el cual, usando ácido pícrico y carbonato de sodio o bicarbonato de sodio, se obtiene el anión picrato como el de la Figura 1.8, el cual reacciona de una forma muy particular ante la presencia de iones cianuro, esto radica en los cambios de coloración que sufre durante la reacción, lo cual puede ser registrado fácilmente y correlacionado con la concentración del analito por determinar en cuanto a la presencia de dichos iones mediante la formación de un complejo de color rojizo (Olivares-Bastidas, 2009).

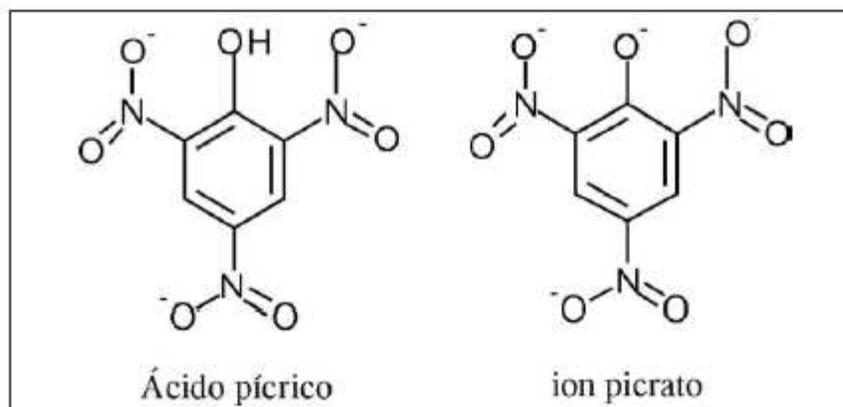


Figura 1. 8 Ácido pícrico y ion picrato para la reacción de Guignard. Fuente:(Olivares-Bastidas, 2009)

1.3.5.2 Método cuantitativo

Para la detección cuantitativa de HCN en compuesto normalmente se utiliza la cromatografía líquida de alta eficacia, ó high performance liquid chromatography (HPLC) es un tipo de cromatografía en columna utilizada frecuentemente en bioquímica y química analítica. El HPLC es una técnica utilizada para separar los componentes de una mezcla basándose en diferentes tipos de interacciones químicas entre las sustancias analizadas y la columna cromatográfica. En la HPLC el compuesto pasa por la columna cromatográfica a través de la fase estacionaria (normalmente, un cilindro con pequeñas partículas redondeadas con ciertas características químicas en su superficie) mediante el bombeo de líquido (fase móvil) a alta presión a través de la columna. La muestra a analizar es introducida en pequeñas cantidades y sus componentes se retrasan diferencialmente dependiendo de las interacciones químicas o físicas con la fase estacionaria a medida que adelantan por la columna. El grado de retención de los componentes de la muestra depende de la naturaleza del compuesto, de la composición de la fase estacionaria y de la fase móvil. El tiempo que tarda un compuesto a ser eluido de la columna se denomina tiempo de retención y se considera una propiedad identificativa característica de un compuesto en una determinada fase móvil y estacionaria. La utilización de presión en este tipo de cromatografías incrementa la velocidad lineal de los compuestos dentro de la columna y reduce así su difusión dentro de la columna mejorando la resolución de

la cromatografía. Los disolventes más utilizados son el agua, el metanol y el acetonitrilo. (Arrazola-Grané, 2013).

1.3.6 Eliminación del glucósido cianogénico

Procedimientos de procesamiento de alimentos como el remojo, escaldado, fermentación o secado pueden reducir los niveles de cianuro antes del consumo de las hojas de chaya (Valladolid Morocho, 2014).

Para fines de esta investigación se llevará a cabo procedimientos de escaldado y secado para conseguir la eliminación del ácido cianhídrico producto de la biosíntesis de la linamarina.

1.4 Proceso de Secado

Este proceso consiste en la eliminación de humedad en una sustancia, para el caso de los alimentos, esta humedad contenida como parte de su composición química, se encuentra en forma de agua libre, también llamada agua congelable y agua capilar, es la que se volatiliza fácilmente, se pierde en el calentamiento, se congela primero y es la principal responsable de la actividad del agua (Dergal, 2006); que es la presión de vapor de la solución (de sustancias disueltas en agua en la mayoría de los alimentos), dividida por la presión de vapor del disolvente (generalmente agua). (W. C. j Frazier & D. C. Westhoff, 1993).

Si bien la actividad del agua (a_w) varía con la temperatura, dentro de la escala de temperatura que permite el crecimiento de los microorganismos, sus oscilaciones solo son ligeras. No obstante, conforme aumenta la concentración de solutos, las oscilaciones de la temperatura son más importantes con relación a la a_w , ya que posee mayor influencia sobre la ionización. Cada microorganismo tiene una actividad de agua máxima, una óptima y una mínima de crecimiento.

Cuando la a_w desciende por debajo del valor óptimo, se produce un alargamiento de la fase latente de crecimiento, una disminución de la velocidad de crecimiento, y una disminución de la cantidad de sustancia celular sintetizada, éstas son

modificaciones que varían para cada microorganismo y de acuerdo con el soluto utilizado para disminuir la a_w . (W. C. j Frazier & D. C. Westhoff, 1993).

La Tabla 1.4, resume los rangos de actividad de agua y los microorganismos que son inhibidos para el valor más bajo del rango presentado.

Tabla 1. 4 Actividad de agua y crecimiento de microorganismos en alimentos.

Rango de a_w	Microorganismos generalmente inhibidos por la a_w más baja en este rango
1.00 - 0.95	Pseudomonas, Escherichia, Proteus, Shigella, Klebsiella, Bacillus, Clostridium perfringens, algunas levaduras.
0.95 - 0.91	Salmonella, Vibrio parahaemolyticus, C. botulinum, Serratia, Lactobacillus, Pediococcus, algunos mohos, levaduras (Rhodotorula, Pichia)
0.91 - 0.87	Algunas levaduras (Candida, Torulopsis, Hansenula), Micrococcus
0.87 - 0.80	La mayoría de mohos (mycotoxigenic penicillia), Staphylococcus aureus, la mayoría de Saccharomyces (bailii) spp., Debaryomyces
0.80 - 0.75	La mayoría de bacterias halófilicas, mycotoxigenic aspergilli
0.75 - 0.65	Mohos xerófilicos (Aspergillus chevalieri, A. candidus, Wallemia sebi), Saccharomyces bisporus
0.65 - 0.60	Levaduras osmófilicas (Saccharomyces rouxii), algunos mohos (Aspergillus echinulatus, Monascus bisporus)
0.60 - 0.50	No existe proliferación microbiana
0.50 - 0.40	No existe proliferación microbiana
0.40 - 0.30	No existe proliferación microbiana
0.30 - 0.20	No existe proliferación microbiana

Fuente: Decagon Devices, Inc. 2015, adaptado de L.R. Beuchat, Cereal Foods World, 26:345 (1981) (Disponible en <https://bit.ly/2Ka2tDq>)

Para lograr aprovechar la mayor parte del valor nutricional en un alimento que necesita eliminar el agua capilar, se requiere de un proceso que no afecte gradualmente dichas propiedades.

El secado o deshidratación de materiales biológicos (en especial los alimentos), se usa también como técnica de preservación. Los microorganismos que provocan la

descomposición de los alimentos no pueden crecer y multiplicarse en ausencia de agua. Además, muchas de las enzimas que causan los cambios químicos en alimentos y otros materiales biológicos no pueden funcionar sin agua. Los microorganismos dejan de ser activos cuando el contenido de agua se reduce por debajo del 10% en peso. Sin embargo, generalmente es necesario reducir este contenido de humedad por debajo del 5% en peso en los alimentos, para preservar su sabor y su valor nutritivo. Los alimentos secos pueden almacenarse durante periodos bastante largos (Geankoplis, 1998).

1.4.1 Fundamento de la operación de Secado

Es difícil formular una definición de secado que la diferencie estrictamente de la evaporación. El término *secado*, usualmente infiere la eliminación de pequeñas cantidades de agua de un sólido o de un material casi sólido y el término *evaporación* está limitado a la eliminación de cantidades relativamente grandes de agua de soluciones. En la mayor parte de los casos, el secado implica la eliminación de agua a temperaturas menores de su punto de ebullición, mientras que la evaporación significa la eliminación de agua a su punto de ebullición. En el secado, el agua se elimina normalmente por circulación de aire u otros gases sobre el material a secar. (Walter L. Bagger & Julius T. Banchemo, 1970)

Las operaciones de secado pueden clasificarse ampliamente según sean por lotes o continuas. Estos términos pueden aplicarse específicamente desde el punto de vista de la sustancia que está secando. Así, la operación de secado por lotes generalmente es un proceso en semi-lotes, en donde una cierta cantidad de sustancia que se va a secar se expone a una corriente de aire que fluye continuamente, en la cual se evapora la humedad. (Treybal, 1970).

1.4.2 Métodos de Secado

Los métodos y procesos de secado se clasifican de la siguiente manera: se dividen en procesos por *lotes*, cuando el material se introduce en el equipo de secado y el proceso se verifica por un periodo; o *continuos*, si el material se añade sin interrupción al equipo de secado y se obtiene material seco con régimen continuo.

Los procesos de secado se clasifican también de acuerdo con las condiciones físicas usadas para adicionar calor y extraer vapor de agua: (1) en la primera categoría, el calor se añade por contacto directo con aire caliente a presión atmosférica, y el vapor de agua formado se elimina por medio del mismo aire; (2) en el secado al vacío, la evaporación del agua se verifica con más rapidez a presiones bajas, y el calor se añade indirectamente por contacto con una pared metálica o por radiación (también pueden usarse bajas temperaturas con vacío para ciertos materiales que se decoloran o se descomponen a temperaturas altas); (3) en la liofilización, el agua se sublima directamente del material congelado. (Geankoplis, 1998).

1.4.3 Curvas de secado

Ya que el secado de alimentos consiste en la extracción deliberada del agua que contienen, 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.

El calor latente de vaporización es la cantidad de energía necesaria para evaporar 1 kg de agua en estado líquido y el calor latente de sublimación es la energía necesaria para evaporar 1 kg de agua en estado sólido. La energía térmica necesaria para vaporizar agua en cualquier estado se puede calcular por medio de los calores latentes.

Pero para entender el comportamiento de los factores antes mencionados es necesario la construcción de curvas de secado, las cuales se obtienen a partir de un experimento en el cual se controlan las variables tiempo y temperatura de secado, obteniéndose a partir de cálculos valores como humedad perdida, velocidad de secado, humedad libre, que al graficarse versus tiempo dan como resultado gráficas similares a las mostradas en la Figura 1.9, que representa el contenido de humedad con relación al tiempo durante el secado

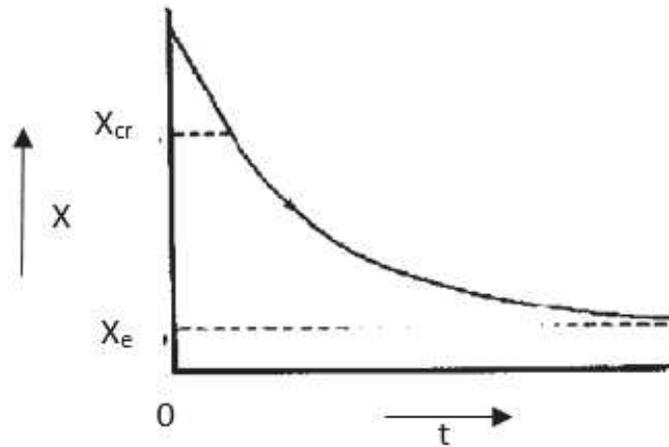


Figura 1. 9 Curva de secado, humedad versus tiempo de secado. Fuente:(Geldart, 1986)

Para la construcción de una curva humedad versus tiempo es necesario realizar el cálculo de humedad total a un tiempo determinado, la cual está definida por la siguiente formula:

$$H_T = \frac{H_L}{S_s}$$

Donde:

H_T : Humedad total.

H_L : Humedad libre.

S_s : Solido seco

La humedad libre se la humedad que se encuentra en exceso tomando en cuenta la humedad de equilibrio. Es la humedad que se puede evaporar y depende de la concentración de vapor en la corriente gaseosa. También se conoce como la diferencia entre la humedad total del sólido y la humedad de equilibrio. Y viene expresada por la siguiente ecuación:

$$H_L = S_h - S_s$$

Donde:

H_L : Humedad libre.

S_h : Sólido húmedo.

S_s : Sólido seco.

Sin embargo, es necesario definir el sólido seco para el caso se considera como el valor de humedad alcanzado en el equilibrio, dicho de otra manera, será el valor de humedad obtenido a partir de alcanzar el peso constante durante el proceso de secado. Mientras que, el sólido húmedo, es la masa del solido luego de haber sido expuesta a secado durante un tiempo determinado.

Para la construcción de la curva de velocidad de secado versus humedad, se debe calcular la velocidad de secado para un intervalo de tiempo determinado donde se debe establecer un tiempo inicial (t_i) y un tiempo final (t_f), el cual viene dado por la siguiente ecuación (Treybal, 1970):

$$V_s = - \frac{H_{t_f} - H_{t_i}}{t \times S_s \times F}$$

Donde:

V_s : Velocidad de secado.

H_{t_i} : Humedad total a t_i .

H_{t_f} : Humedad total a t_f .

t : Intervalo de tiempo para el cual se calcula la velocidad de secado.

S_s : Solido seco.

F : factor de conversión de minutos a segundo (60).

En la Figura 1.10 pueden identificarse dos partes características de las curvas de secado: periodo de velocidad constante y periodo de velocidad decreciente. La humedad contenida en la transición de estos dos periodos es conocida como humedad crítica, X_{cr} , generalmente es difícil de identificar en las curvas de velocidad de secado, sin embargo esta se encuentra en la curvatura que suele haber al final del periodo de velocidad constante. La humedad que se alcanza en tiempos prolongados de secado es conocida como humedad de equilibrio, X_e .

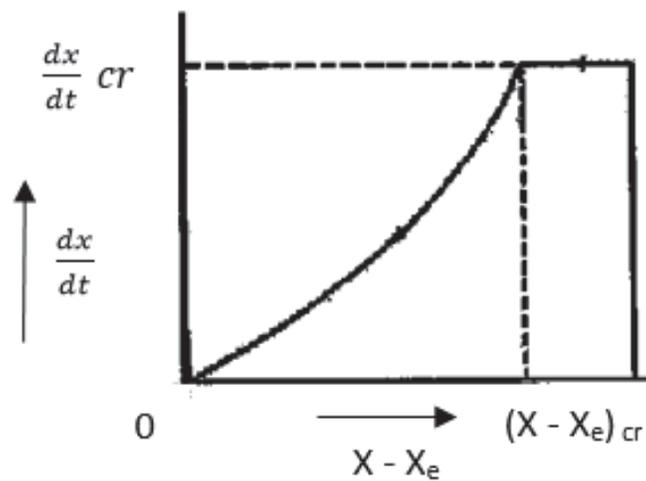


Figura 1.10 Curvas de secado velocidad de secado versus humedad perdida (Geldart 1986)

Generalmente se considera que el periodo de velocidad constante se da cuando se remueve la humedad superficial de la partícula, mientras que el periodo de velocidad decreciente se da cuando se remueve la humedad interna de la partícula. Es conveniente tener periodos de velocidad constante cortos ya que así se pueden evitar problemas que impidan una buena fluidización. En el caso de tener partículas no porosas el periodo de caída de presión no debería existir.

1.4.4 Secadores de Bandeja

En el secador de bandejas (véase Figura 1.11), que también se llama secador de anaqueles, de gabinete, o de compartimientos, el material, que puede ser un sólido en forma de terrones o una pasta, se esparce uniformemente sobre una bandeja de metal de 10 a 100 mm de profundidad. Más o menos del 10 al 20% del aire que pasa sobre las bandejas es nuevo, y el resto es aire recirculado (Geankoplis, 1998).

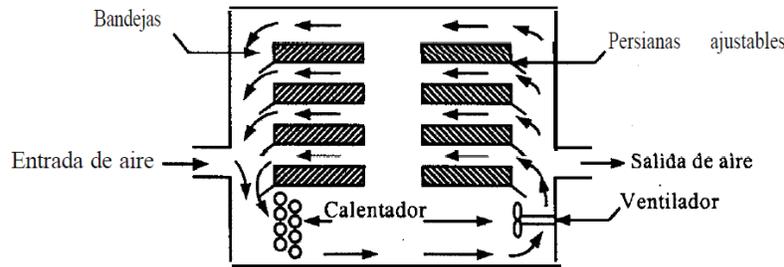


Figura 1. 11 Secador de bandejas o anaqueles

Fuente: (Geankoplis, 1998)

1.4.5 Componentes de un secador de bandeja

El secado por lotes es una operación relativamente cara; en consecuencia, se limita a operaciones a pequeña escala, a plantas piloto y a trabajos de investigación, y para secar materiales valiosos cuyo costo total será poco alterado por el costo agregado en la operación de secado. Los secadores de platos, llamados también secadores de gabinete, de compartimiento o de anaqueles, se utilizan para secar sólidos que deben sujetarse sobre platos. Pueden incluir materiales pastosos, que deben esparcirse sobre platos y materiales similares. Un aparato típico, consta de un gabinete que contiene platos móviles sobre los cuales se coloca el sólido por secar. Una vez cargado, el gabinete se cierra y se introduce aire calentado con vapor a través y entre los platos, para evaporar la humedad (secado por circulación cruzada) (Treybal, 1970).

La configuración básica de un secador consiste en un sistema que genere aire caliente; el cual puede estar compuesto de un ventilador y de una serie de hilo de resistencias eléctricas de Nicrom (Niquel-Cromo) para generar calor, también debe de contar con un colector y un alimentador.

1.4.6 Variables a controlar en un proceso de secado

En un proceso de secado existen diversos factores que deben ser controlados o monitoreados, con el fin de obtenerse los resultados deseados en el mismo, a continuación, se mencionan las variables que pueden afectar el proceso de secado ya sea de forma directa o indirectamente:

- **Temperatura:** es de mucha importancia en un proceso de secado tener en cuenta que mientras mayor sea el diferencial de temperatura entre el medio calórico (aire caliente) y el producto, mayor será la transferencia del calor al producto, permitiendo mayor extracción de humedad desde el interior, el agua se extrae del producto como vapor y este debe de ser transportado fuera del deshidratador, de lo contrario, la humedad relativa aumentará retardando la extracción del agua del producto. Mientras más caliente sea el aire, mayor será la humedad que podrá contener antes de saturarse, de esta forma el aire caliente puede extraer una mayor cantidad de humedad del producto que el aire frío, como puede verse en la Tabla 1.5 entre mayor sea la temperatura la humedad relativa disminuye permitiendo mayor arrastre de vapor de agua. El factor de arrastre es la capacidad del aire para retirar humedad y fluctúa entre un 30% y 50% de la cantidad teórica (UNESCO, 2005).

Tabla 1.5 Relación temperatura y humedad relativa

T °C	H Relativa	Arrastre g Agua/Kg de aire seco
29	90	0.6
30	50	7
40	28	14.5
50	15	24

Fuente: Lecturas de carta psicométrica.

- **Relación entre tiempo y temperatura:** puesto que todos los métodos más importantes para secar alimento se basan en el calor y que los constituyentes del alimento son sensibles al calor, se debe llegar a un punto de equilibrio entre la temperatura máxima de secado y el mantenimiento de la calidad del alimento. El proceso de secado puede emplear relativamente altas temperaturas por poco

tiempo para que el daño al alimento sea menor que menores temperaturas por tiempos más prolongados.

- **Producto:** Las características del producto, su naturaleza y el tamaño de las partículas también influyen en la intensidad del deshidratado. Existen alimentos que tienen una capa exterior de protección que impide que su interior se seque por completo. El nivel de secado de algunos productos puede facilitarse si el alimento se pela y/o se corta. Luego que la humedad de la superficie de un alimento se ha retirado por evaporación, la intensidad de secado depende de la velocidad con la que su humedad interna se dirige hacia su superficie, la que varía de un producto a otro. Por ejemplo, a diferencia de los materiales con almidón, los alimentos ricos en azúcares liberan más lentamente su contenido de humedad, por lo que necesitan más tiempo para su secado.

1.4.7 Secador Solar

Comúnmente se ha utilizado la energía solar como medio para llevar a cabo dicho proceso, mediante la utilización de secadores solares.

El secador solar es un dispositivo que es muy utilizado en la agricultura para eliminar la humedad natural presente en los productos agrícolas (frutas, vegetales, hortalizas). Con la finalidad de ayudar a la preservación de la calidad de los mismos en periodos prolongados, y evitar que el daño que tenga el producto, ocasionado por insectos y microbios se reduzca en gran medida.

El procedimiento para llevar a cabo el secado o deshidratado debe seguir una determinada secuencia. Primeramente, la fruta u hortaliza debe ser dispuesta en bandejas con fondo de malla de modo que no se toquen o superpongan. La fruta debe ser cargada en las bandejas tan pronto como se prepara, para evitar la luz solar directa ya que blanquea el color y se reduce el nivel de vitaminas A y C. La temperatura de secado debe ser controlada para evitar el sobrecalentamiento y deterioro.

Si la temperatura de secado es muy alta, especialmente al inicio del secado, el exterior de la fruta u hortaliza se deshidrata muy rápido y se endurecerá; esta capa dura evitará la pérdida de humedad, por lo que el centro podría deteriorarse durante

el almacenado. Las frutas se secan hasta que tengan el contenido de humedad final deseado (Espinoza S, 2016).

1.4.8 Características de un secador solar

El tipo de secador solar debe adaptarse al manejo del producto tanto húmedo como seco, acomodando el proceso de secado al producto con las características deseadas (Espinoza S, 2016), (véase Anexo 1 Tipos de secadores solares).

Su instalación depende de la radiación solar y de la Humedad relativa del ambiente

- Utiliza una energía renovable
- Tecnología de bajo costo
- Útil para el secado de varios productos: frutas, hortalizas, hierbas, etc.
- Se obtiene un producto de calidad.
- Elementos básicos de un secador:
 - Colector (superficie oscura y cobertura transparente)
 - Cámara de secado.

1.5 Escaldado

El escaldado es un proceso de uso generalizado en las industrias alimentarias. Este tratamiento forma parte de una etapa previa a otros procesos, cuyo principal objetivo es inactivar enzimas, aumentar la fijación de la clorofila (en especial importancia en los vegetales verdes) y ablandar el producto para favorecer su posterior envasado.

Aunque la principal función del escaldado es la inactivación enzimática, no es la única. Se registran otros efectos en los alimentos como:

- Se lleva a cabo una limpieza del alimento, se eliminan el polvo y los gases superficiales y el alimento adquiere una nueva tonalidad.
- Se eliminan los patógenos superficiales.
- El producto se suaviza.
- Mejora la textura, sobre todo en los alimentos que después se deshidratarán, ya que evita que se rompan.

No obstante, y pese a que es un tratamiento para mejorar la calidad final del producto, el escaldado no está exento de inconvenientes. Durante este proceso se destruyen las lipooxigenasas, responsables del enranciamiento de lípidos. También se destruyen las polifenoloxidasas, que provocan pardeamiento enzimático y clorofilasas, todas ellas reacciones indicadoras de degradación de los alimentos.

El escaldado consiste en la cocción de los alimentos en agua o líquido hirviendo durante un periodo breve de tiempo, el cual dependerá de las características del producto. A continuación, se muestra el tiempo de escaldado para algunos productos en la Tabla 1.6, (se usan 8 litros de agua por kilogramo de producto, un galón de agua por cada libra de producto). (Gloria López-Gálvez, Dra. Kitinoja, & Dr. Kader, 1996).

Tabla 1.6 Tiempos de escaldado de algunos alimentos

Producto	Tiempo en agua hirviendo (minutos)
Brócoli	3
Judías verdes	3
Repollo (col)	5
Zanahorias	5
Coliflor	3 (añadir 4 cucharaditas de sal)
Maíz dulce	7
Berenjena	4 (añadir 1/2 taza de zumo de limón)
Hortalizas de hoja	2
Setas (hongos)	3 a 5
Guisantes (chicharos)	5
Patatas (papas) (nuevas)	4 a 10
Calabaza	Hasta consistencia blanda
Calabacín (calabacitas)	3

Fuente: FAO (Gloria López-Gálvez et al., 1996)

En la tabla anterior se menciona el tiempo de escaldado para las hortalizas en general. En la Tabla 1.7 se muestra específicamente para la chaya, un estudio en

donde el escaldado se lleva a cabo en agua en ebullición y en horno de microondas, como también la presencia del glucósido cianogénico a distintos tiempos.

Tabla 1.7 Presencia de Glucósido cianogénico en la hoja de чая

Tipo de Escaldado	Tiempo de Escaldado (min)		
Agua en ebullición	Negativo	Negativo	Negativo
Horno de microondas	Positivo	Positivo	Negativo

Fuente:(Anduriña Alvarodíaz Alfonso, 2011)

1.6 Fundamento del análisis proximal

El análisis de alimentos es la disciplina que se ocupa del desarrollo, uso y estudio de los procedimientos analíticos para evaluar las características de alimentos y de sus componentes. Esta información es necesaria para el entendimiento de los factores que determinan las propiedades de los alimentos, así como la habilidad para producir alimentos que sean consistentemente seguros, nutritivos y deseables para el consumidor.

Existen diversas técnicas analíticas para determinar una propiedad particular del alimento. Por lo que es necesario seleccionar la más apropiada para la aplicación específica. La técnica seleccionada dependerá de la propiedad que sea medida, del tipo de alimento a analizar y la razón de llevar a cabo el análisis.

Las determinaciones que se realizan más frecuentemente para conocer la composición de los alimentos incluyen en un protocolo conocido como Análisis Proximal (Osborne y Voogt, 1978) son:

- Determinación de humedad.
- Cenizas
- Extracto etéreo (grasa cruda)
- Proteína total
- Fibra
- Carbohidratos asimilables.

Así mismo, dependiendo del objetivo del análisis, resultan importantes las determinaciones relacionadas con la caracterización de algún grupo de nutrientes en particular, tal es el caso del análisis de carbohidratos en el que se podría considerar la diferenciación de los que presentan poder reductor, del contenido total.

En el mismo sentido se podrían analizar las proteínas solubles o considerar la caracterización de los lípidos extraídos de un alimento.

Así mismo para el caso de la cuantificación de minerales concretos como el hierro, zinc, calcio entre otros es necesario hacer análisis específicos para determinar el contenido presente de los mismos dentro de un alimento.

De manera general la composición química de un alimento está representada de acuerdo con el siguiente esquema de la Figura 1.12.

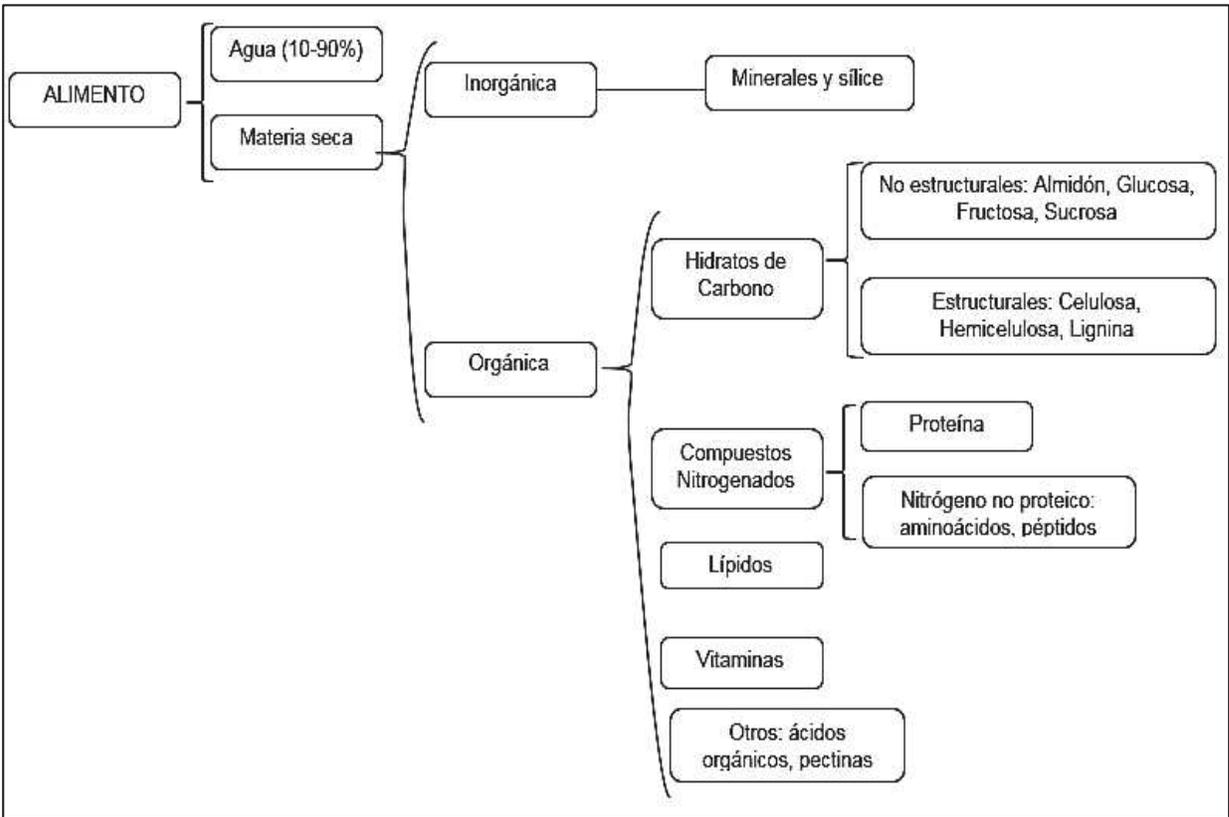


Figura 1.12 Composición de alimentos (FENNEMA O, 1993).

Para la cuantificación y caracterización de los compuestos antes mencionados la FAO establece en su manual de técnicas para laboratorio un protocolo para su análisis basado en el Oficial Methods of Análisis AOAC 15th Edition, el cual generalmente incluye las siguientes determinaciones y pruebas:

- Humedad analizada a través del método de incinerado.
- Grasa total analizado a través del método de extracción de Soxhlet.
- Cenizas analizado mediante gravimetría.
- Fibra cruda analizado con el método de digestión con H_2SO_4 y $NaOH$.
- Fósforo analizado mediante el método de Bray y Kurtz.
- Proteínas y carbohidratos analizado a través del método de Kjeldahl.
- Calcio, Hierro y Sodio cuantificado por Espectrofotometría de Absorción Atómica.

1.7 Análisis sensorial

El análisis sensorial se realiza con panelistas que utilizan sus sentidos para medir las características sensoriales y la aceptabilidad de los productos alimenticios (Watts, 1992).

Entre las características sensoriales se pueden mencionar (Pedrero y Pangborn, 1989):

- **Apariencia:** color, tamaño, forma, conformación, uniformidad.
- **Olor:** los miles de compuestos volátiles que contribuyen al aroma.
- **Gusto:** dulce, amargo, salado y ácido (posiblemente también metálico, astringente y otros) que se percibe en la lengua y cavidad bucal.
- **Textura:** las propiedades físicas como dureza, viscosidad, granulosidad, consistencia, arenosidad, cohesividad, adhesividad, entre otras.
- **Sonido:** aunque de poca aplicación en alimentos, se correlaciona con la textura; por ejemplo, crujido, tronido, efervescencia.

Los sentidos son vitales para realizar una adecuada evaluación sensorial, por esta razón resulta necesario analizar el funcionamiento y el rol que juega cada uno de ellos en una evaluación sensorial.

Las pruebas sensoriales, están enfocadas a dos tipos de estudio, esto de acuerdo con los parámetros a tomarse en cuenta para su diseño y los resultados que se desean obtener de las mismas (Watts, 1992). Por lo anterior éstas se clasifican en:

- a) Pruebas orientadas al consumidor.
- b) Pruebas orientadas al producto.

Sabiendo la orientación de las pruebas sensoriales y dependiendo del objetivo planteado y los resultados que se desean obtener las pruebas sensoriales empleadas en la industria de alimentos se dividen en tres grupos:

- Pruebas discriminativas: consisten en comparar dos o más muestras de un producto alimenticio, en donde el panelista indica si se percibe la diferencia o no.
- Pruebas descriptivas: consisten en catar una muestra de un producto alimenticio, en donde el panelista cualifica y cuantifica los atributos sensoriales del alimento.
- Pruebas afectivas: consisten en catar una o varias muestras de un producto alimenticio de manera consecutiva, en donde el panelista indica su preferencia ante alguno de los productos, también se cuantifica su nivel de satisfacción y aceptación hacia este producto.

Para cada tipo de prueba existe un subconjunto de pruebas, que se adapta de acuerdo al tipo de análisis que se desea realizar, en la Figura 1.13 se muestra la clasificación de dichas subpruebas de acuerdo a su tipo.

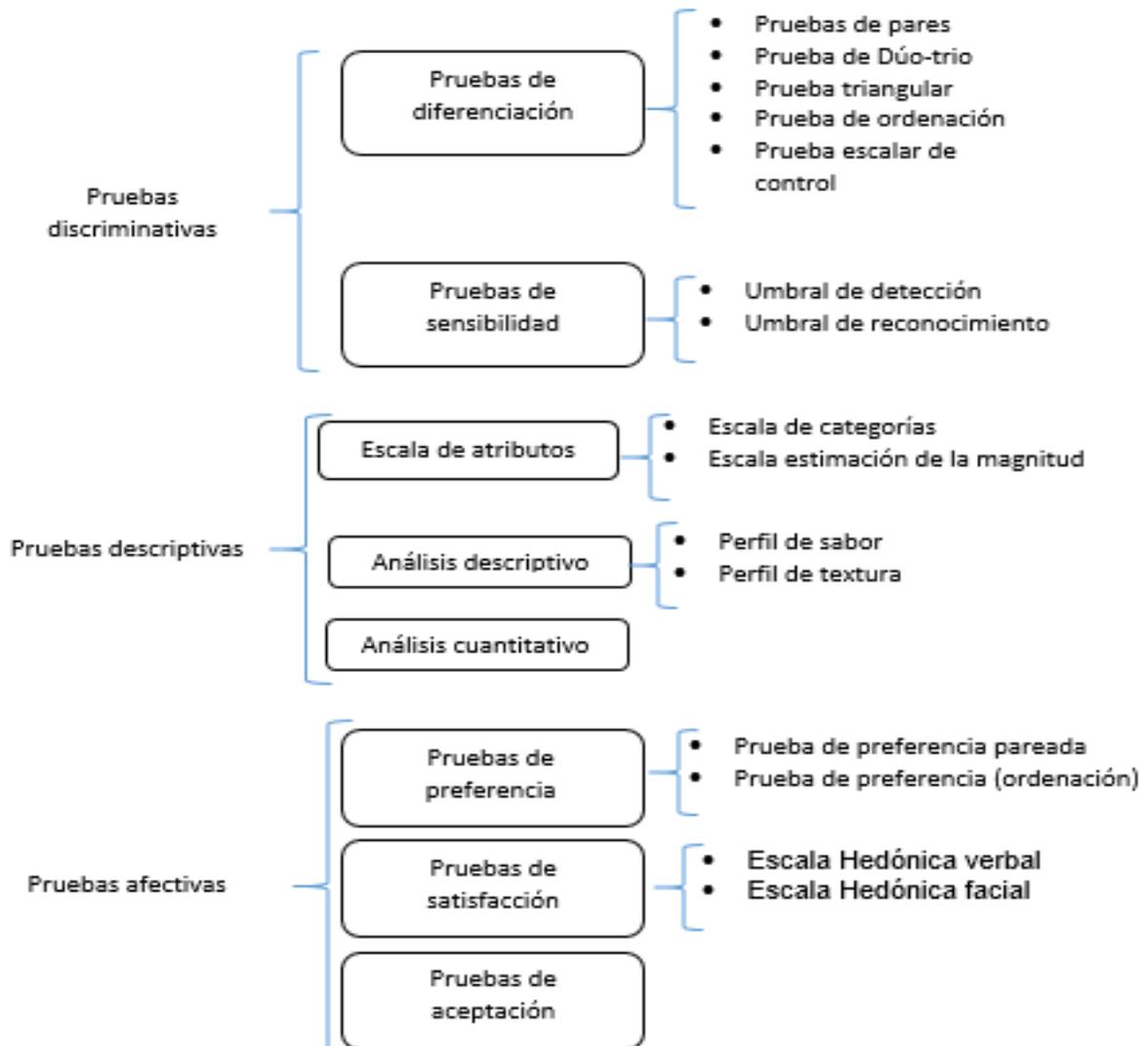


Figura 1. 13 Clasificación de pruebas sensoriales
Fuente: (Mafugás, 2017).

1.7.1 Pruebas orientadas al consumidor (Watts, 1992)

De acuerdo a lo planteado por Watts (1992); en las pruebas orientadas hacia las preferencias del consumidor, se selecciona una muestra aleatoria, compuesta de personas representativas de la población de posibles usuarios, con el fin de obtener información sobre las actitudes o preferencias de los consumidores.

En las pruebas con consumidores no se emplean panelistas entrenados ni seleccionados por su agudeza sensorial; sin embargo, los panelistas deben ser usuarios del producto.

1.7.2 Pruebas orientadas al producto

En las pruebas orientadas hacia el producto, se emplean pequeños paneles entrenados que funcionan como instrumentos de medición. Los paneles entrenados se utilizan para identificar diferencias entre productos alimenticios similares o para medir la intensidad de características tales como el sabor (olor y gusto) textura o apariencia.

Por lo general, estos paneles constan de 5 a 15 panelistas seleccionados por su agudeza sensorial, los que han sido especialmente entrenados para la tarea que se realizará. Los panelistas entrenados deben utilizarse para evaluar aceptabilidad de alimentos, ya que, por su entrenamiento especial son más sensibles a las pequeñas diferencias que lo que es el consumidor promedio, también pueden poner a un lado sus preferencias y aversiones cuando están midiendo parámetros sensoriales. (Watts, 1992).

1.7.3 Planificación de un Experimento Sensorial (Hernández E, 2005)

Cuando se planifica un experimento sensorial, se deben tomar en cuenta todos los factores discutidos anteriormente. En consecuencia, se pueden elegir las pruebas específicas y los métodos adecuados para hacer el análisis estadístico.

Con el fin de facilitar la planificación y conducción de los experimentos sensoriales, por lo que la planificación de un experimento sensorial deberá incluir los pasos descritos a continuación:

- 1) Definir los objetivos específicos del experimento. Plantear las preguntas que se quieren responder (la hipótesis a probarse) y formularlas claramente.
- 2) Identificar las limitaciones del experimento: límite de costos, disponibilidad de materiales, equipo, panelistas y tiempo.
- 3) Elegir el tipo de prueba y panel que se usará. Diseñar la boleta.
- 4) Seleccionar el tipo de muestras y modo de preparación para las mismas.

- 5) Decidir sobre los métodos estadísticos que se usarán, tomando en cuenta los objetivos del proyecto, el tipo de prueba y el tipo de panel.
- 6) Preparar los formularios que se usarán para registrar los datos sensoriales. Los datos se deben registrar de una manera que sea conveniente para hacer los análisis estadísticos.
- 7) Planificar en caso necesario, el reclutamiento y orientación de los panelistas, asimismo llevar a cabo la selección y entrenamiento de los panelistas.
- 8) Antes de realizar el experimento haga un ensayo general, para verificar que los procedimientos de presentación y preparación de la muestra, así como el diseño de la boleta son adecuados.

CAPÍTULO 2: DISEÑO EXPERIMENTAL.

En esta sección se describen los procedimientos que se desarrollaron para la obtención de hoja de chaya deshidratada y en polvo, y las operaciones realizadas para la caracterización del producto obtenido evaluando las variables que: optimicen el proceso, reduzcan la toxicidad del alimento y el riesgo microbiológico, garantizando su inocuidad.

Además, se establecen los procesos para la elaboración de alimentos que incluyan como materia prima la hoja de chaya deshidratada y en polvo. Se ofrecen propuestas de aplicación del producto y el procedimiento para la evaluación de su aceptabilidad.

2.1 Muestreo Foliar para Chaya (*Cnidosculus aconitifolius*) de las variedades Mansa y Picuda.

Para ambas variedades se muestrearon hojas tiernas y hojas de reciente maduración extendidas (las que acaban de concluir su crecimiento). Esto se evidenciaba según el color y la textura de la hoja. Se evitó recolectar hojas con daños físicos, por insectos o por agroquímicos y aquellas a las que se les haya aplicado algún fertilizante o insecticida en los últimos 3 días antes de la toma de las muestras.

El muestreo se llevó a cabo en zonas alejadas a drenajes, cuerpos de agua, bodegas de fertilizantes o abonos. Para la Chaya no se define una época específica para el muestreo ya que se produce todo el año. Para la recolección de la muestra, el material se tomó de diferentes puntos del terreno siguiendo una de las trayectorias de la Figura 2.1:

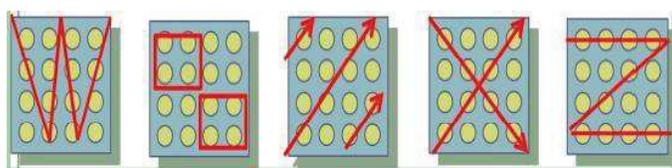


Figura 2.1 Trayectorias utilizadas en el muestreo foliar

Se anotaron los datos sobre el lugar donde se hizo el muestreo, o nombre de la institución que proporcionó el espécimen, la latitud o un rasgo geográfico permanente (GPS), el tipo de vegetación o hábitat, la fecha de recolección, el nombre de quién la recolectó y el número de recolecciones que se hicieron. Las muestras se mezclaron y se empacaron en bolsas de papel debidamente rotuladas para ser llevadas al laboratorio o lugar de procesamiento.

Se recolectaron 8 sub muestras, para un total de 20 a 25 hojas por análisis realizado en la etapa experimental, considerando que la cantidad final de muestra requerida para los análisis en el laboratorio debe ser siempre superior a los 10 gramos, según los requerimientos AOAC.

2.1.1 Cultivar Mansa

Universo: Cultivar de Cnidosculus aconitifolius de la variedad mansa en el vivero San Andrés, municipio de Ciudad Arce, Departamento de La Libertad.

Extensión territorial:

Latitud: 13°50'00"N

Longitud: 89°26'00"O

Recursos:

Humanos:

- Equipo investigador
- Administración general del Vivero San Andrés.

Institucionales:

- Vivero San Andrés Físicos:

Materiales:

- Tijera de podar, pinzas, bolsas de papel, guantes, rotuladores.

2.1.2 Cultivar Picuda.

Universo: Cultivar de Cnidosculus aconitifolius de la variedad picuda en la comunidad del municipio de Cinquera, departamento de Cabañas.

Extensión territorial: 34.51 km²

Latitud: 13°53'00" N

Longitud: 88°58'00" O

Recursos: Humanos:

- Equipo investigador
- Habitantes de la comunidad de Cinquera

Institucionales:

- Asociación de Reconstrucción y Desarrollo Municipal (ARDM) Cinquera, Cabañas.

Físicos:

- Materiales: tijera de podar, pinzas, bolsas de papel, guantes, rotuladores.

2.2 Diseño del proceso de secado.

La operación de secado garantiza la conservación y consumo seguro del alimento, ya que se inhibe el crecimiento de mohos y bacterias.

El secado de la hoja de chaya se llevará a cabo en dos etapas:

- a) Experimental, a escala de laboratorio
- b) Aplicada, haciendo uso de un deshidratador solar

- a) La primera etapa consiste en la determinación de las variables que optimicen el proceso, para ello se realizaron ensayos a diferentes temperaturas, considerando el estado de madurez de ambas variedades en estudio y el efecto de la aplicación de escaldado. Para cada tipo de muestra se obtuvieron curvas de secado que describen el proceso y permiten la evaluación de las variables que serán controladas para definir el procedimiento óptimo.

En esta fase, la operación de secado se realizó en un deshidratador eléctrico de bandejas marca Excalibur, modelo 2500-5, con una potencia de 400 watts y un voltaje de 120 volts, disponible en la Planta Piloto de Alimentos en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.

- b) La segunda etapa es la elaboración de un procedimiento para el secado de la hoja de chaya en un deshidratador alimentado con energía solar fotovoltaica.

En este procedimiento se consideraron:

1. Los resultados obtenidos en la fase de secado experimental
2. la eliminación del glucósido cianogénico (Véase apartado 2.4.1)
3. Las pruebas de aceptabilidad del producto. (Véase apartado 2.7)

La estructura del deshidratador utilizado en esta etapa consiste de dos compartimientos donde se dispone una serie de bandejas, a través de las cuales circula el flujo de aire caliente, y cuya temperatura interna depende del ajuste de su sistema de ventilación.

El uso de este equipo fue facilitado por la comunidad del municipio de Cinquera, departamento de Cabañas, por medio de la Asociación de Reconstrucción y Desarrollo Municipal (ARDM). Para ambas etapas, las muestras para ser deshidratadas se seleccionaron según el muestreo foliar descrito en el apartado 2.1, luego se realizó un enjuague a temperatura ambiente con el fin de eliminar polvo o partículas extrañas en la superficie de la hoja, posteriormente se realizaron procedimientos de tratamiento previo al secado (desinfección, remojo, escaldado, enfriamiento y escurrido), tomando en cuenta buenas prácticas de manufactura. El

proceso completo para la obtención de hoja deshidratada y polvo de chaya se describe en la Figura 2.2.

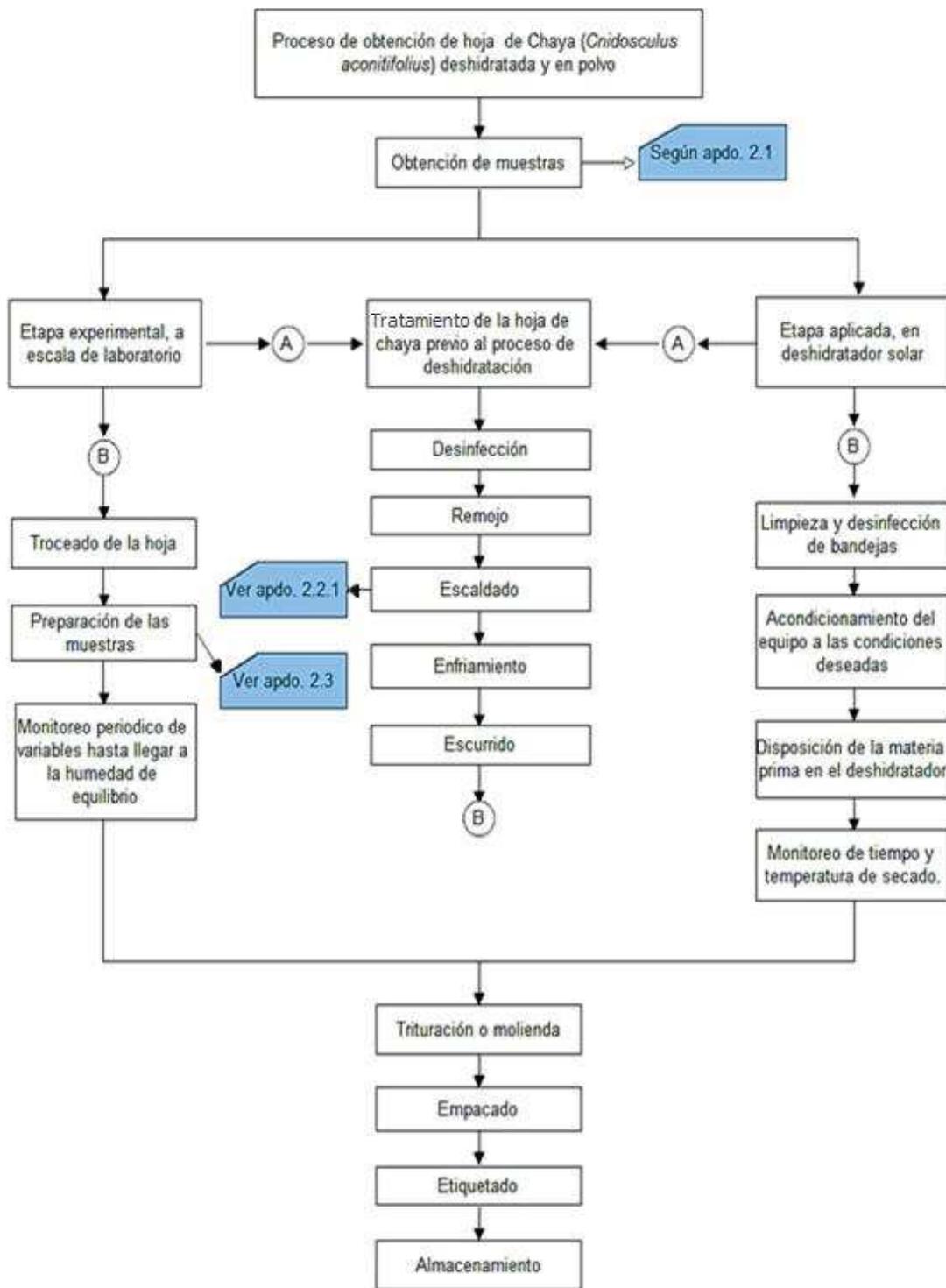


Figura 2.2 Proceso de obtención de hoja deshidratada y polvo de chaya.

Las operaciones previas al secado y el escaldado podrían garantizar la eliminación del HCN como producto de la descomposición del glucósido cianogénico y consecuentemente la eliminación de la toxicidad del alimento (Ayauca 2006); sin embargo, la operación de secado debe realizarse a temperaturas que garanticen también la conservación del producto y sus propiedades nutritivas.

2.2.1 Tratamiento previo de la hoja de Chaya (Cnidosculus aconitifolius) a deshidratar para las etapas experimental y aplicada.

Antes de iniciar el proceso de deshidratación de la hoja de chaya es necesario realizar una serie de operaciones para la prevención de peligros de tipo microbiológico y químico a los que puede ser vulnerable el alimento durante su procesamiento, contribuyendo así al aseguramiento de la inocuidad del producto final.

Las operaciones que se siguieron se describen a continuación:

- 1. Remojo:** se hizo con el fin de eliminar los restos de la solución desinfectante.
- 2. Escaldado:** Esta operación se aplicó al 50% de las muestras en la etapa experimental, a escala de laboratorio, con el objetivo de verificar el efecto preventivo o de reducción de peligros químicos asociados a la formación de HCN por la acción enzimática de la linamarasa. Se efectuó por inmersión de las hojas de chaya en agua a punto de ebullición durante 1 minuto. (Anduriña, 2011) (Véase apartado 1.5)
- 3. Enfriamiento:** inmersión de las hojas de chaya calientes en agua fría, a fin de volver a su temperatura inicial de manera rápida.
- 4. Escurrido:** se dejó reposar las hojas de chaya a fin de eliminar el exceso de humedad adquirido por las etapas anteriores.

2.3 Proceso de secado experimental a escala de laboratorio.

Esta etapa permitirá definir las condiciones de operación óptimas para establecer un procedimiento útil en aplicaciones generales para la obtención de la hoja de chaya deshidratada y en polvo; y así ser usada como materia prima en la producción de alimentos.

Se realizaron ensayos tomando en cuenta varios parámetros que podrían incidir en el proceso de secado de la hoja de chaya, para ello se consideró: dos especies de la hoja (mansa y picuda), dos estados de madurez (tierna y madura), la aplicación de un tratamiento térmico previo a la deshidratación (con o sin escaldado) y finalmente tres temperaturas de secado de la hoja (60 °C, 65°C y 70°C, siendo 70 °C la temperatura máxima que puede ajustarse en el deshidratador descrito en el apartado 2.2). Tomado en cuenta lo anterior se obtuvieron 24 variaciones del proceso en esta etapa, las Figuras 2.3 y 2.4 describen tales variaciones para la especie mansa y picuda respectivamente, indicando la codificación que se utilizó para referirse a cada proceso en el desarrollo de esta investigación.

El proceso de secado se describió en función de la masa de agua evaporada respecto al tiempo y la masa del sólido seco o en equilibrio (Treybal, 1970). Luego de las operaciones descritas en el apartado 2.2.2 se procedió al troceado de la hoja en piezas de aproximadamente 1 cm² para facilitar la preparación de las muestras que fueron introducidas al deshidratador, las cuales consisten de una serie de unidades de peso constante, de 0.3 a 0.5 g (peso equivalente promedio de una hoja extendida de reciente maduración para ambas variedades), dispuestas en charolas de aluminio.

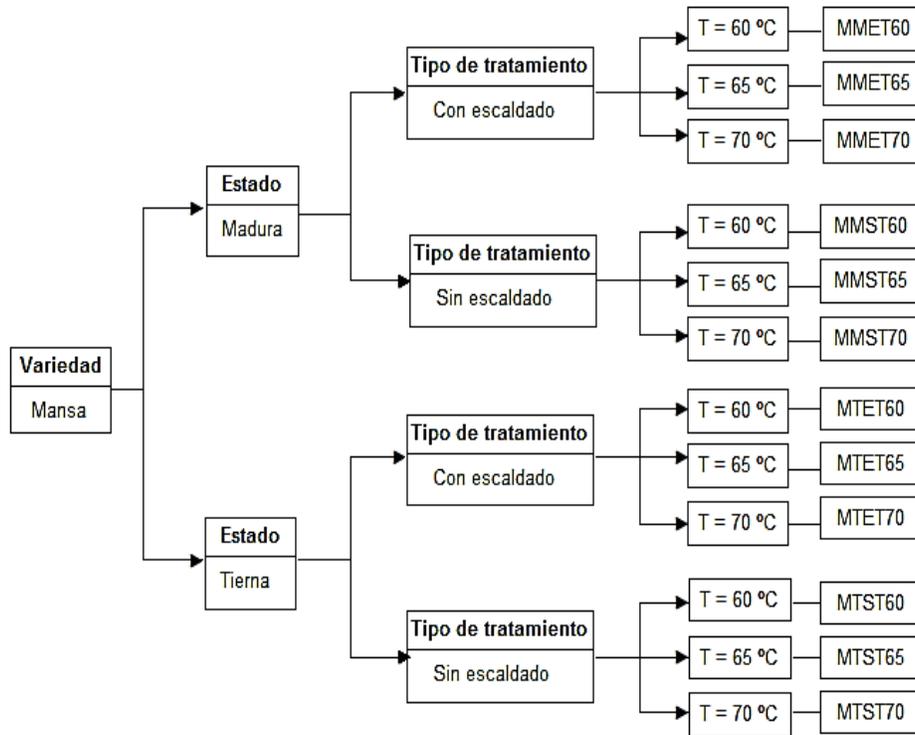


Figura 2.3 Variaciones en el proceso de deshidratación de la hoja de чая de la especie Mansa con su respectiva codificación.

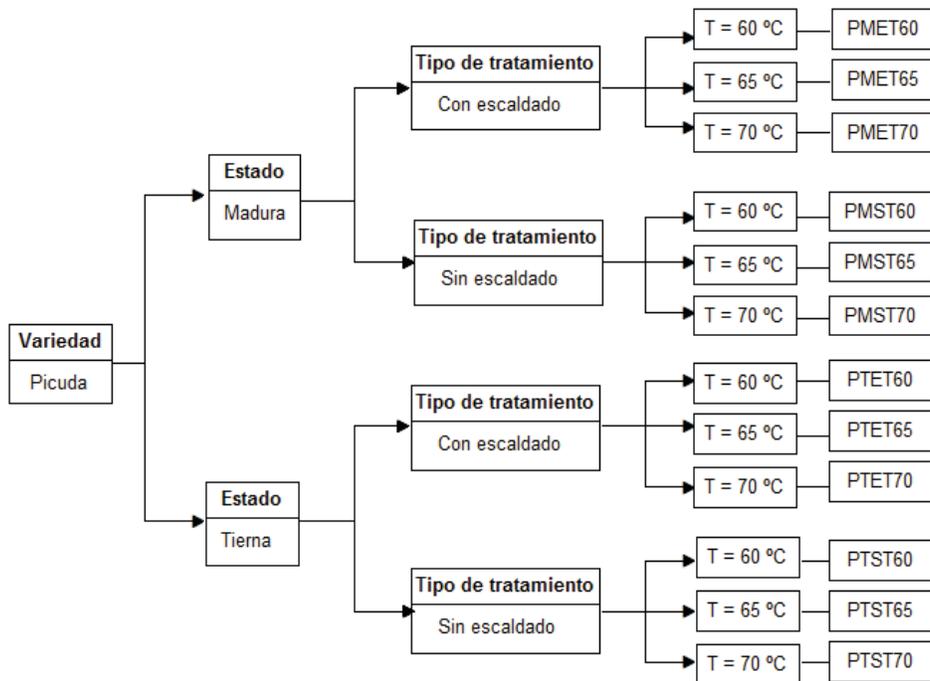


Figura 2.4 Variaciones en el proceso de deshidratación de la hoja de чая de la especie Picuda con su respectiva codificación.

Durante el proceso se monitoreo la masa de las muestras en intervalos de tiempo definidos, extrayendo dos unidades para cada periodo, las cuales no retornaron al deshidratador. En este punto se midió también la actividad del agua de las muestras y la temperatura interna del equipo utilizando un termómetro de función digital. La operación se detuvo hasta que se registró masa constante, es decir cuando se alcanzó la humedad de equilibrio.

Con la serie de datos obtenidos se determinó el tiempo total de secado, según el método de curvas experimentales de secado (Geankopolis C.J, 1998), elaborando los gráficos de humedad vs tiempo y Masa de humedad evaporada/(tiempo)(masa del sólido seco) vs Humedad, en base seca.

2.3.1 Rendimiento.

Dada la variedad de circunstancias en las que se debió trabajar en la planta piloto de alimentos es prescindible el cálculo del rendimiento de cada uno de los ensayos, por las condiciones de tiempo y temperatura en la que se somete a las muestras de chaya, la variedad que se procesa (mansa y picuda) y su grado de madurez.

El rendimiento se determinó a partir de una relación entre el peso del sólido fresco (antes de iniciar el proceso) y el sólido deshidratado (o producto final):

$$R = \frac{w_{ss}}{w_{sf}} \times 100\%$$

Dónde:

w_{ss} = peso de solido seco

w_{sf} = peso de solido fresco (húmedo)

2.4 Caracterización de la hoja de chaya deshidratada y en polvo.

Al finalizarse el proceso de deshidratado en su etapa experimental, se siguió una serie de procedimientos para definir las características del producto final, las cuales

consisten en la verificación de la reducción de la toxicidad del alimento y la evaluación de sus propiedades fisicoquímicas. La Tabla 2.1 muestra los análisis realizados al producto final obtenido (hoja de chaya deshidrata) y el método a utilizar.

Tabla 2.1 Parámetros evaluados en hoja de chaya deshidratada.

Parámetro evaluado	Metodología
Detección cualitativa de HCN	Reacción de Guignard (Véase apartado 1.3.5.1)
Detección cuantitativa de HCN	Lectura en HPLC (Véase apartado 1.3.5.2)
Actividad de agua	Medición con Pawkit
Acidez	Titulación ácido base
Rendimiento	Gravimetría

2.4.1 Contenido de HCN.

En esta etapa se determinó de manera cualitativa y cuantitativa el ácido cianhídrico que se forma en el alimento como producto de la síntesis del glucósido cianogénico (linamarina), para ello se analizaron muestras de hoja de chaya cuyos resultados en las pruebas de secado a nivel de laboratorio, sean acorde a los parámetros establecidos, además se comprobó la influencia de un pretratamiento de escaldado, en el contenido de HCN.

2.4.1.1 Detección cualitativa de HCN.

El fundamento de esta detección es la reacción de Guignard (Véase apartado 1.3.5.1), el procedimiento seguido se basa en los estudios de la reacción entre los iones cianuro y picrato (Oliveros Bastidas et. al, 2009), el proceso a seguir se detalla en la Figura 2.5. El detalle y descripción de cada una de las etapas se presenta en el anexo 2.

Ante la presencia del ion CN^- el papel picrosódico que es de un color amarillento tomó un color rojizo, como evidencia de la formación de un complejo que indica la presencia de HCN en la muestra. Además, con el mismo método se elaboró una escala colorimétrica con estándares de KCN a las concentraciones de 0.0, 0.1, 0.2, 0.5, 0.7, 1.0, 10.0, 20.0, 30.0 y 50.0 ppm que sirvieron como comparativo de las muestras analizadas y así determinar un rango de concentración de HCN presente en las hojas de chaya.

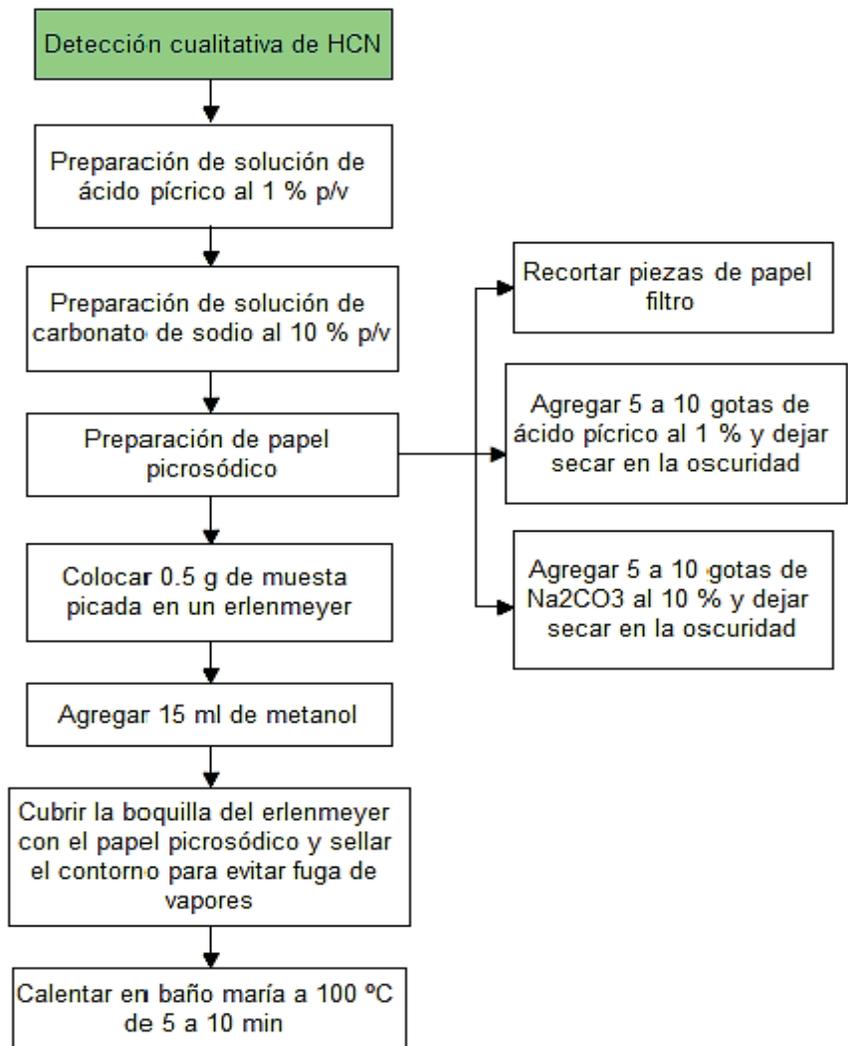


Figura 2.5 Procedimiento para la detección cualitativa de HCN en muestras de chaya

2.4.1.2 Detección cuantitativa de HCN

Este análisis se realizó a partir de Cromatografía Líquida de Alta Presión (HPLC), ya que se consigue la separación de los componentes de la muestra que permitió la detección y cuantificación, a partir de comparación con estándares externos, del ion cianuro formado al producirse la síntesis de la linamarina. El procedimiento se realizó en el laboratorio de análisis instrumental, en la Escuela de Química de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador, bajo la supervisión del Dr. Néstor G. Orellana. El procedimiento general se presenta en la Figura 2.6, detallando cada etapa en el anexo 3.

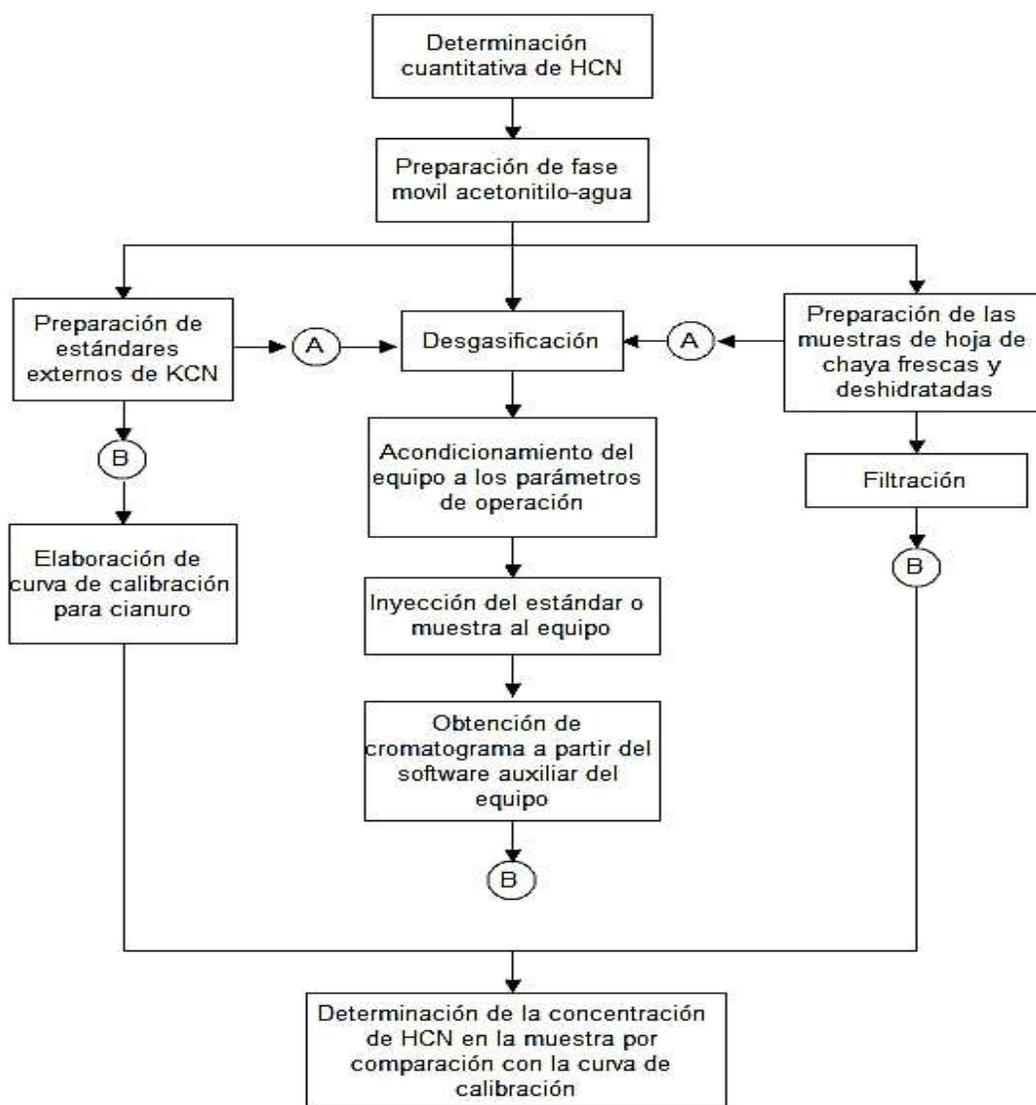


Figura 2.6 Procedimiento para la detección cuantitativa de HCN en muestras de chaya fresca y deshidratada.

2.4.2 Determinación de parámetros fisicoquímicos.

La determinación de estos parámetros es útil para evaluar los resultados del proceso de secado experimental y contribuir al establecimiento de un procedimiento óptimo de aplicación general, para la obtención de un producto final inocuo.

El primer parámetro monitoreado es la actividad del agua (a_w), el cual se midió con un dispositivo digital (Pawkit), disponible en la Planta Piloto de Alimentos en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, tal como se estableció en el apartado 2.3; es importante realizar el proceso de obtención de hoja deshidratada y en polvo siguiendo buenas prácticas de manufactura para evitar contaminación, ya que bacterias como *Salmonella spp* no crecen a baja a_w , pero sí sobreviven y están latentes en el alimento.

El contenido de humedad perdida en el proceso de deshidratación se determinó a partir del método de curvas de secado experimental, también aplicado en el apartado 2.3, para los 24 ensayos a realizar.

El grado de acidez se determinó por el método clásico (titulación ácido-base que se realizó con Hidróxido de Sodio NaOH 0.1 M como titulante y fenolftaleína como indicador), para las muestras que presentaron resultados favorables en el proceso de secado experimental y en la evaluación de la reducción de la toxicidad a partir de la determinación de HCN, según el apartado 2.4.1.

2.4.3 Contenido nutricional

Se analizará el contenido nutricional según lo planteado en el apartado 1.6, dichos análisis serán realizados en el Laboratorio de Análisis Bromatológico de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, utilizando la metodología oficial N° 982.29 de la AOAC. Por lo que se enviarán muestras de hoja cruda y procesada únicamente para las condiciones establecidas como idóneas (estado de madurez, temperatura de deshidratado, tratamiento térmico previo).

2.5 Formulación de productos con las materias prima hoja de chaya deshidratada y en polvo.

Para la elaboración de productos se tomó en cuenta las sugerencias brindadas por personas de algunas comunidades que están utilizando actualmente la hoja de chaya en su alimentación cotidiana, los cuales habitualmente consumen la hoja de chaya cortándola directamente del arbusto para posteriormente agregarla a la comida en el momento de preparar los alimentos. Como materia prima para la formulación de alimentos, la hoja de Chaya deshidratada y polvo de chaya entra en la clasificación: CODEX STAN 192-1995 4.2.2 Hortalizas (incluidos hongos y setas, raíces y tubérculos, legumbres y leguminosas y áloe vera), algas marinas y nueces y semillas desecadas. La propuesta de formulación de productos en los que se utilice la Chaya deshidratada y el polvo de Chaya, es solo una muestra de cómo se podría utilizar a nivel industrial la incorporación de ésta como materia prima en la elaboración de alimentos y a su vez una alternativa nutricional para la dieta diaria de los salvadoreños. Entre las propuestas de alimentos a trabajar en su formulación se encuentran:

- Chips de papa al horno sazonado con polvo de chaya.
- Galleta tipo soda con sal y chaya.
- Nachos de harina de maíz con chaya.

Además, para cada uno de los productos propuestos se hicieron diversos ensayos modificando su formulación, los cuales fueron evaluados por el panel sensorial seleccionado a fin de establecer la formulación con mayor aceptabilidad.

2.5.1 Chips de papa al horno sazonado con chaya deshidratada.

Se elaboró una propuesta de snack de papa con Chaya horneada utilizando los equipos: horno de cocina convencional y horno microondas.

La materia prima utilizada: papas, sal, pimienta y hoja de Chaya deshidratada. El proceso de producción del chip de papa sazonado con chaya deshidratada se puede observar en la Figura 2.7.

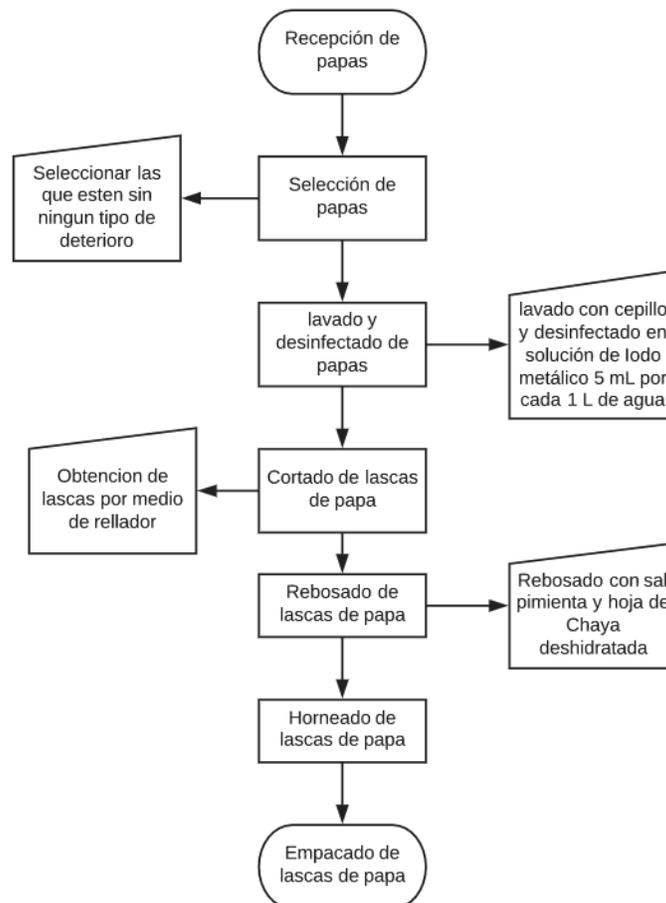


Figura 2.7. Proceso para la elaboración del chip de papa sazonado con hoja de Chaya deshidratada

2.5.2 Galleta tipo soda con sal y polvo chaya.

Para la elaboración de la galleta se realizó una combinación de la harina de trigo suave con harina de hoja de Chaya, de acuerdo con investigaciones realizadas para la formulación de harinas compuestas, se recomienda tomar en cuenta ciertos límites para lograr que la mezcla tenga características panificables.

Para la harina de trigo, de investigaciones previas llevadas a cabo por el CENTA, se sugirió que se debe mezclar 70% de harina de trigo con 30% de otras, por lo cual para la harina de trigo se estableció un límite mínimo del 70% cuando se da la sustitución parcial y un límite máximo del 100% (Alvarado Colorado, Miranda Torres, Rosales Barrera, & Tobar Menjívar, 2016).

Las materias primas que se utilizaron son: harina de trigo, mantequilla, aceite de oliva, sal, levadura, polvo de hoja de Chaya y agua, su cocción se llevo a cabo en un horno de cocina. El proceso de producción de la galleta tipo soda se puede observar en la Figura 2.8.

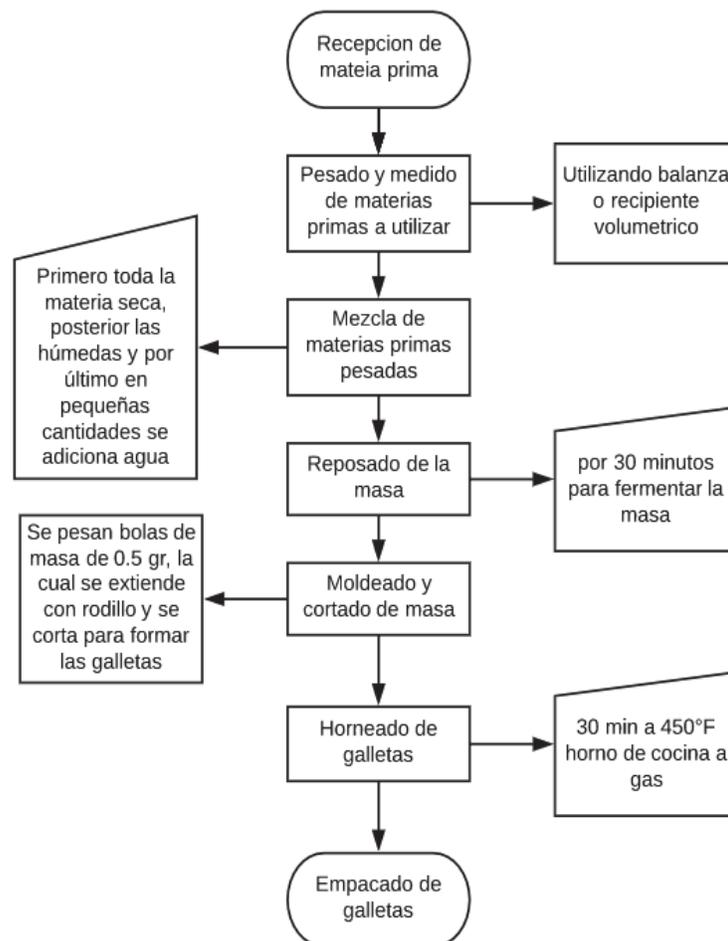


Figura 2.8 Proceso de elaboración de la galleta tipo soda con sal y polvo de hoja de Chaya

2.5.3 Nachos de harina de maíz con chaya.

Para elaborar una mezcla de harina compuesta de maíz con legumbres se utilizó la relación 70:30 (FAO, 1993), mínima y máxima respectivamente. Entre las materias primas están: harina de maíz, achiote, mantequilla, polvo de hoja de Chaya y agua. El procedimiento a seguir para elaborar este producto se sigue lo mostrado en la Figura 2.9.

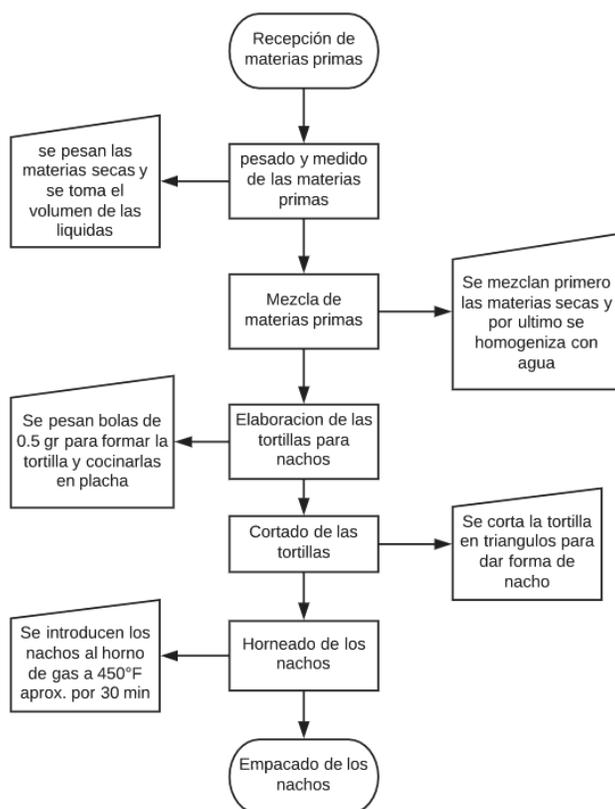


Figura 2.9 Proceso de elaboración del nacho de harina de maíz con polvo de hoja de Chaya.

Con este procedimiento se utilizó una máquina para elaborar tortillas delgadas uniformes que se cocerán en plancha, y posteriormente se cortaron en triángulos los cuales fueron horneados, de esta manera se obtuvieron los nachos sustituyendo la etapa de freír.

2.6 Evaluación de la inocuidad de los productos: Hoja de chaya deshidrata y en polvo.

Como se ha mencionado en apartados anteriores, las operaciones realizadas en la obtención de hoja deshidratada y en polvo se realizaron atendiendo a buenas prácticas de manufactura, que garanticen la inocuidad y calidad del producto terminado.

Con el fin de asegurar la inocuidad del alimento se elaboró un plan maestro HACCP para identificar y clasificar los peligros que pueden afectar al alimento durante su procesamiento y definir acciones que prevengan, eliminen o reduzcan el peligro asegurando la inocuidad del producto.

De acuerdo al RTCA 67.04.50:08 “Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos”; la hoja deshidratada o polvo de chaya se clasifica en el grupo 4 como fruta u hortaliza y en el subgrupo 4.2 frutas y hortalizas procesadas clasificación 4.2.2 Frutas y hortalizas desecadas o deshidratadas con un nivel de riesgo tipo C (baja probabilidad de causar daño a la salud.), para ello establece los criterios microbiológicos que se evaluaron como se muestra en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Criterios microbiológicos a evaluar según RTCA 67:04:50:08

Grupo 4 subgrupo 4.2. clasificación 4.2.2			
Parámetro	Categoría	Tipo de riesgo	Límite máximo permitido
<i>Escherichia coli</i>	5	C	< 3 NMP/g
<i>Salmonella spp/25g</i>	10		Ausencia

Tomado en cuenta lo anterior, el producto final obtenido (Hoja deshidratada y en polvo) fue sometido a análisis microbiológicos evaluando *Escherichia coli*, y *Salmonella spp*. Para verificar su calidad microbiológica.

Ambos análisis se realizaron en el Laboratorio de Control de Calidad Microbiológico en el Centro de Investigación y Desarrollo en Salud de la Universidad de El Salvador (CENSALUD).

2.7 Diseño del estudio de aceptabilidad.

El estudio de aceptabilidad desarrollado comprende cuatro etapas fundamentales, las cuales son: definición del producto, selección de la población a estudiar, establecimiento del panel sensorial y evaluación de la aceptabilidad de los productos, en las etapas del establecimiento del panel sensorial y en la evaluación de la aceptabilidad, conllevan un subproceso, el cual se presenta en la Figura 2.10. El detalle de cada una de las etapas se presenta en el anexo 4.

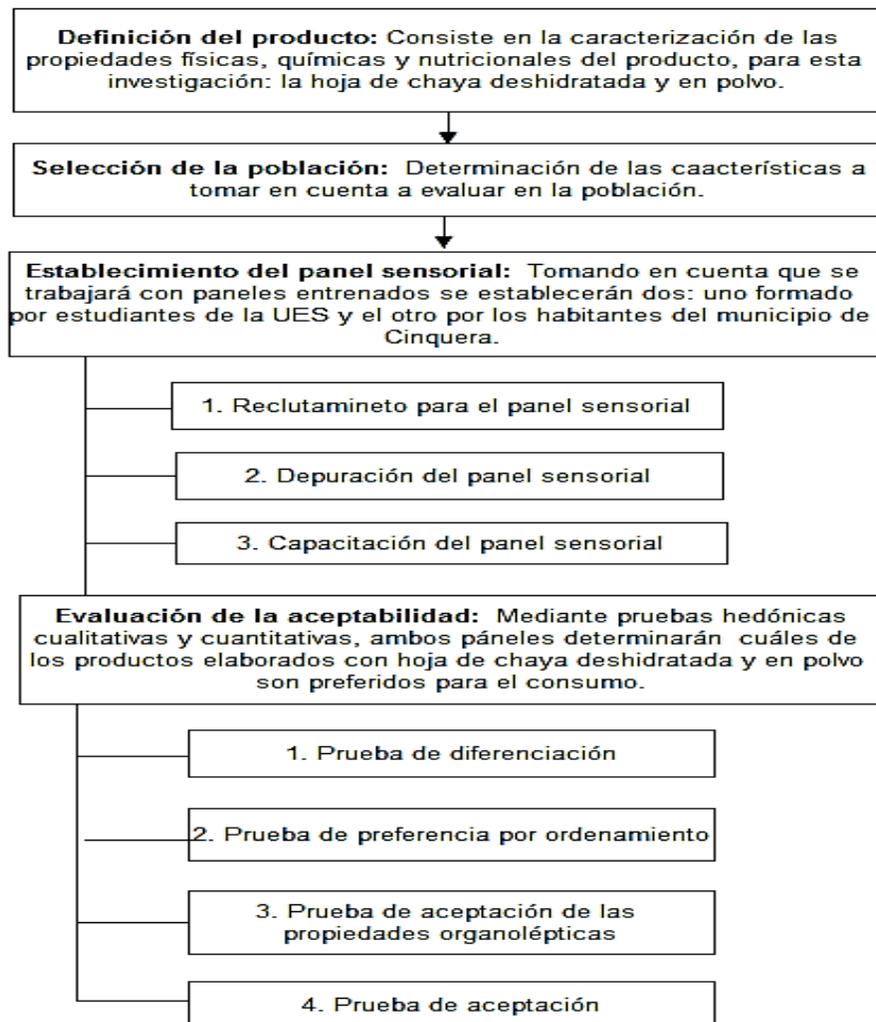


Figura 2.10 Etapas del proceso de análisis sensorial

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS

El capítulo 3 engloba los resultados de la investigación de acuerdo a lo planteado en el capítulo 2. Inicialmente se aborda los efectos observados en la hoja de chaya producto de la variación de las condiciones de secado (temperatura, estado de madurez, especie, tratamiento térmico previo), posteriormente se analizó los resultados relacionados con el contenido de HCN producto de la hidrólisis del glucósido cianogénico (linamarina), el contenido nutricional de la hoja y el efecto del secado sobre el mismo, para continuar con la elaboración de productos alimenticios con la hoja de chaya deshidratada y en polvo, así como también la aceptabilidad de los productos evaluados por un panel sensorial entrenado y finalizando con la obtención de un proceso estandarizado para la elaboración de productos con hoja de chaya y su aplicación en la comunidad de Cinquera en El Salvador.

3.1 Proceso de Secado

Dentro de las consideraciones que se tomaron en cuenta para el proceso de secado están: temperatura, estado de madurez y tratamiento térmico previo; tanto para las especies mansa y picuda, además de las dimensiones de las muestras por lo que se decidió cortar en trozos uniformes de aproximadamente 1x1 cm esto con el fin que el secado fuera lo más uniforme posible como se muestra en la Figura 3.1.



Figura 3.1 Troceado de la hoja de Chaya

Para el secado de las muestras, se dispuso en charolas de aluminio que contenían 0.5 gramos de muestra cada una, sin embargo, dada la naturaleza del sólido a secar, la velocidad y dirección del flujo de aire caliente dentro del secador, es necesario cubrir las charolas que contienen las muestras con una malla, que permita

la transferencia de calor y de masa para que se lleve a cabo el proceso y que evite que la muestra se disperse fuera de la charola alterando su peso y por consiguiente los resultados ver Figura 3.2.



Figura 3.2 Colocación de malla de protección a las charolas que contienen las muestras de hoja de chaya.

Posteriormente utilizando la metodología descrita en el apartado 2.2 se obtuvo valores de humedad a diferentes tiempos, los cuales fueron utilizados para el cálculo de velocidad de secado, pérdida de humedad y humedad total. La Tabla 3.1 muestra los datos de secado promedio obtenidos para MME70 (mansa, madura, escaldada, deshidratada a 70°C, ver Figura 2.4), el cual se utilizará como ejemplo para la construcción de curvas de secado, sin embargo, en el anexo 5 se muestran todos los datos de secado obtenidos para cada una de las 24 condiciones planteadas.

Tabla 3.1 Valores de secado obtenidos para Mansa, Madura Escaldada a 70 °C (MME70).

Tiempo (min)	Peso muestra W (g)	Solido húmedo, S_h (g)	Temperatura registrada (°C)
0	0.5	0.500	70
15	0.5	0.315	70
30	0.5	0.245	63.5
45	0.5	0.185	67.6
60	0.5	0.145	69.4
75	0.5	0.130	63.2
90	0.5	0.125	64.6
105	0.5	0.120*	69.0
120	0.5	0.120*	70.4

* Se considera como el valor de solido seco (S_s) ya que mantiene un valor constante.

Con los valores de secado obtenidos y las variables establecidas se procedió a calcular (según el apartado 1.4.3) humedad libre (H_L), contenido de humedad (H_T), velocidad de secado (V_S) y humedad perdida (H_P). Sabiendo que el valor de solido seco es de 0.12 (peso registrado al alcanzar el equilibrio y que ya que no se muestra variación en la masa), se procedió al cálculo utilizando como ejemplo el tiempo 15 minutos de la Tabla 3.1:

Para tiempo 15 min	Para tiempo 0 min
$H_L = S_h - S_s = 0.315 - 0.12 = 0.195$ gramos	$H_L = S_h - S_s = 0.500 - 0.12 = 0.380$ gramos
$H_T = \frac{H_L}{S_s} = \frac{0.195}{0.12} = 1.625 \frac{g H_2O}{g S.S}$	$H_T = \frac{H_L}{S_s} = \frac{0.380}{0.12} = 3.1667 \frac{g H_2O}{g S.S}$
$W_P = W - S_h = 0.50 - 0.315 = 0.185$ gramos	$W_P = W - S_h = 0.50 - 0.50 = 0$ gramos

$$V_S = - \frac{H_{Tf} - H_{Ti}}{t \times S_s \times F}$$

$$V_S = - \frac{1.625 - 3.1667}{15 \times 0.12 \times 60} = 0.0143 \frac{g H_2O}{S \times \text{gramos de } S_s}$$

Donde:

H_L: Humedad libre **H_T**: Humedad total **H_{Ti}**: Humedad total al inicio del intervalo de tiempo de secado t = 0 min
S_h: Sólido húmedo **H_P**: Humedad perdida **H_{Tf}**: Humedad total al final del intervalo de tiempo de secado t = 15 min
S_s: Sólido seco **W**: masa de muestra **t**: tiempo **V_s**: velocidad de secado
F: factor de conversión de minutos a segundos **W_P**: masa de agua perdida

Así mismo se calculó para todos los tiempos a los cuales se realizó lectura de peso obteniéndose los resultados para MME70 en la Tabla 3.2

Tabla 3.2 Valores de secado calculados para Mansa, Madura Escaldada a 70 °C (MME70)

Tiempo (min)	$H_T \left(\frac{g H_2O}{g de S_s} \right)$	Temp (° C)	$H_P \left(\frac{g H_2O}{g de S_s} \right)$	$V_s \left(\frac{g H_2O}{S \times \text{gramos de } S_s} \right)$
0	3.1667	70.0000	0.0000	-----
15	1.6250	70.0000	0.1850	0.0143
30	1.0417	63.5000	0.2550	0.0130
45	0.5417	67.6000	0.3150	0.0111
75	0.0833	63.2000	0.3700	0.0028
90	0.0417	64.6000	0.3750	0.0009
105	Constante	69.0000	-	Constante
120	Constante	70.4000	-	Constante

Luego se procedió a la elaboración de curvas de secado, para ello se analiza desde dos enfoques: el primer enfoque es en un gráfico humedad total versus tiempo como se muestra en la Figura 3.3

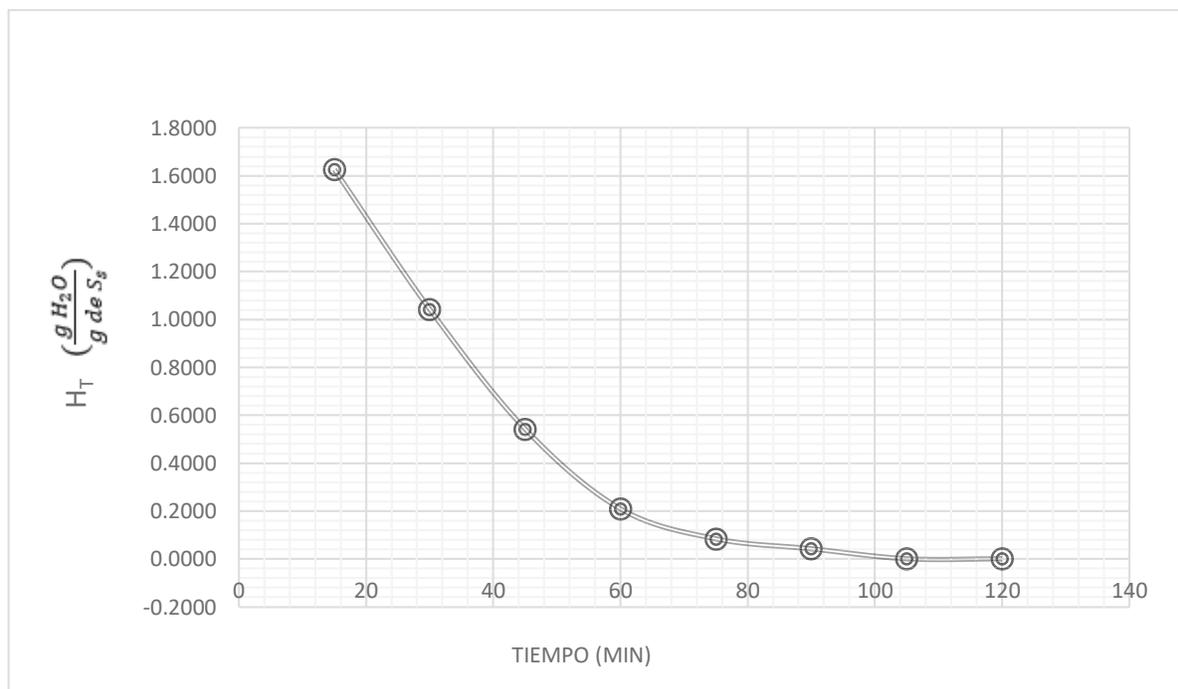


Figura 3.3 Curva de humedad versus tiempo para muestra Mansa, Madura Escaldada a 70 °C (MME70)

Como se puede observar el contenido de humedad disminuye al aumentar el tiempo de secado, alcanzando una humedad en el equilibrio aproximadamente a los 105 minutos de secado donde posteriormente se tiene un peso constante.

El segundo enfoque es un gráfico velocidad de secado versus humedad total como se muestra en la Figura 3.4

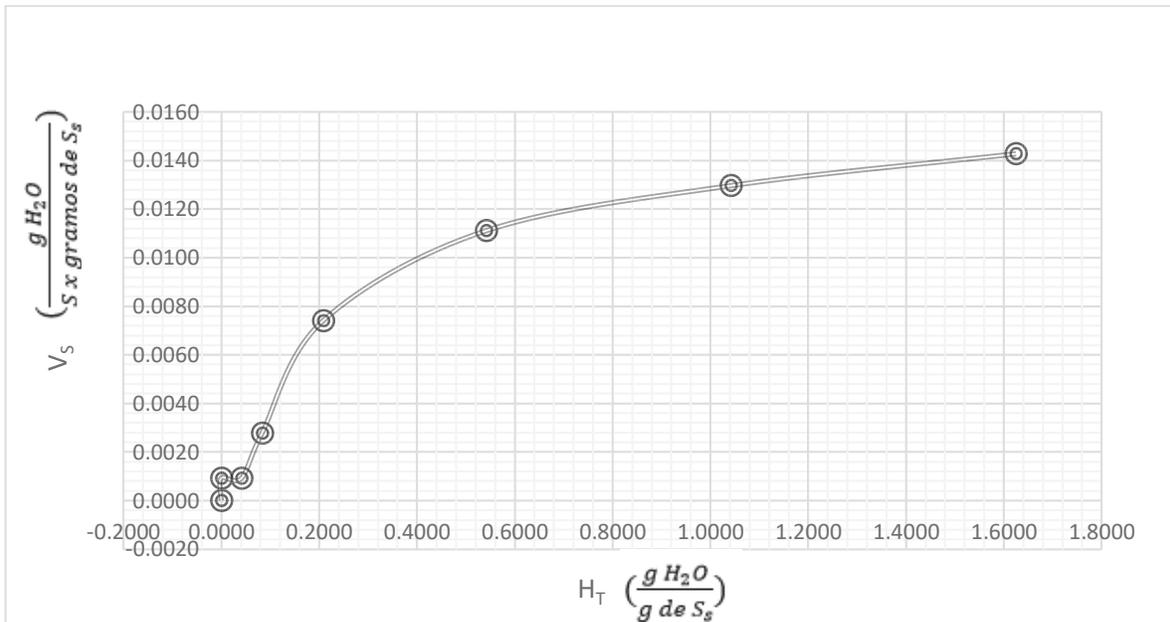


Figura 3.4 Curva de velocidad de secado versus humedad para muestra Mansa, Madura Escaldada a 70 °C (MME70)

En la Figura 3.4 se puede observar el comportamiento de la velocidad de secado en el cual hay un breve periodo de velocidad constante entre la humedad 1.4 a 1.6, para posteriormente pasar al periodo de velocidad decreciente el cual continúa disminuyendo hasta alcanzar la humedad en el equilibrio.

A continuación, se analizó los resultados obtenidos para cada una de las variables consideradas, para así determinar si influyen de manera significativa en el proceso de secado, en caso contrario serán descartadas a fin de obtener un proceso definitivo a condiciones establecidas. La Tabla 3.3 resume todos los parámetros de secado alcanzados para cada una de las condiciones planteadas, los datos de laboratorio obtenidos para cada condición pueden ser consultados en el anexo 5 de esta investigación.

Tabla 3.3 Parámetros obtenidos para cada condición de secado

Muestra	t _{secado} (min)	H _{INICIAL} $\left(\frac{g\ H_2O}{g\ de\ S_s}\right)$	H _T $\left(\frac{g\ H_2O}{g\ de\ S_s}\right)^*$	H _P $\left(\frac{g\ H_2O}{g\ de\ S_s}\right)$	V _s máxima $\left(\frac{g\ H_2O}{S\ x\ gramos\ de\ S_s}\right)$	V _s mínima $\left(\frac{g\ H_2O}{S\ x\ gramos\ de\ S_s}\right)$
MME60	Mayor a 120	5.2500	0.2500	5.00	0.0217	0.0035
MMS60	Mayor a 120	3.5455	0.0909	3.4546	0.0147	0.0018
MTE60	Mayor a 120	5.000	0.2000	4.8000	0.0600	0.0022
MTS60	Mayor a 120	5.000	0.2000	4.8000	0.0315	0.0019
MME65	105	4.000	0.1000	3.900	0.0211	0.0006
MMS65	105	4.000	0.1000	3.900	0.0111	0.0028
MTE65	105	3.5455	0.0909	3.4546	0.0110	0.0014
MTS65	90	3.1667	0.0833	3.0834	0.0093	0.0008
PME65	90	6.5000	0.2500	6.2500	0.1975	0.0069
PMS65	90	5.000	0.2000	4.8000	0.1333	0.0133
PTE65	75	5.000	0.2000	4.8000	0.0867	0.0044
PTS65	90	5.000	0.2000	4.8000	0.0400	0.0022
MME70	90	3.1600	0.0833	3.0834	0.0143	0.0004
MMS70	90	3.5455	0.0909	3.4546	0.0138	0.0009
MTE70	90	6.1429	0.1429	6.0000	0.0351	0.0011
MTS70	90	4.000	0.1000	3.9000	0.0178	0.0006
PME70	75	4.5556	0.1111	4.4445	0.0268	0.0048
PMS70	90	5.000	0.2000	4.8000	0.0600	0.0022
PTE70	75	5.000	0.2000	4.8000	0.0733	0.0067
PTS70	75	4.000	0.1667	3.8333	0.0324	0.0046

Posteriormente se analizó los datos de la tabla anterior desde tres diferentes enfoques: primero la temperatura de secado, segundo estado de madurez y tercero tratamiento térmico previo.

3.1.1 Temperatura de secado

Se analizó el efecto de la temperatura en la velocidad y tiempo de secado determinando cuál de las tres temperaturas propuestas (60°C, 65°C y 70°C) presenta mejores resultados en el secado. Para ello se mantiene fija la especie, el estado de madurez y el tratamiento térmico previo variando únicamente la temperatura de secado, analizando las muestras MTS60, MTS65 y MTS70, en el cual solo se varió temperatura de secado. Los principales resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3.4

Tabla 3.4 Comparación de resultados de proceso de secado para las muestras MTS60, MTS65 y MTS70.

Muestra	t _{secado} (min)	H _{INICIAL} $\left(\frac{g\ H_2O}{g\ de\ S_s}\right)$	H _T $\left(\frac{g\ H_2O}{g\ de\ S_s}\right)$ *	H _P $\left(\frac{g\ H_2O}{g\ de\ S_s}\right)$	V _s máxima $\left(\frac{g\ H_2O}{S\ x\ gramos\ de\ S_s}\right)$	V _s mínima $\left(\frac{g\ H_2O}{S\ x\ gramos\ de\ S_s}\right)$
MTS60	Mayor 120	5.000	0.2000	4.8000	0.0315	0.0019
MTS65	90	3.1667	0.0833	3.0834	0.0093	0.0008
MTS70	90	4.000	0.1000	3.9000	0.0178	0.0006

* Humedad alcanzada en el punto de equilibrio

Como se puede observar en la Tabla 3.4 la muestra MTS60 a pesar de haber sido sometida a un mayor tiempo de secado aún tiene un contenido de humedad relativamente alto, por lo que se concluyó que dicha temperatura no es apta para el proceso ya que no se puede alcanzar la humedad final esperada, por tanto, se descartó para los demás análisis. Mientras que MTS65 y MTS70 tienen un mismo tiempo de secado y un contenido de humedad final similar, aunque la velocidad de secado es ligeramente mayor para MTS70, sin embargo, no es un criterio definitivo para definir dicha temperatura como óptima, por lo que se valoró a través de otros parámetros (contenido nutricional, contenido de HCN) cuál de las dos temperaturas

se establecía para el proceso definitivo. Este comportamiento es similar para las mismas condiciones de secado, con o sin escaldar, madura o tierna de ambas variedades picuda y mansa, por lo que dichos resultados pueden ser consultados en el anexo 5 de esta investigación.

3.1.2 Estado de madurez

Considerando que la composición química y el contenido nutricional de la hoja podrían variar de acuerdo a su estado de madurez, se decidió ver la incidencia que tiene en el proceso de secado. A continuación, la Figura 3.5 presenta a MMS70 y la Figura 3.6 presenta a MTS70 para la comparación de las curvas obtenidas manteniendo fija la especie, temperatura de secado y tratamiento térmico previo, variando únicamente el estado de madurez (tierna o madura).

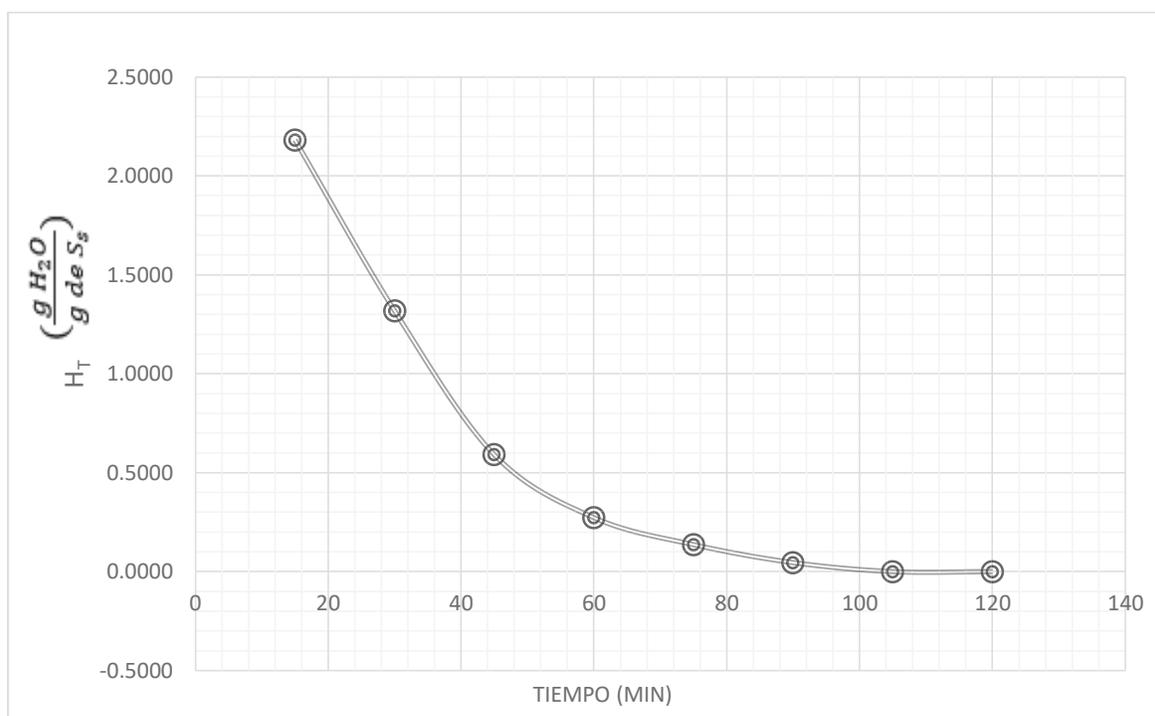


Figura 3.5 Curva de humedad versus tiempo para Mansa, Tierna Sin escaldado a 70 °C (MTS70).

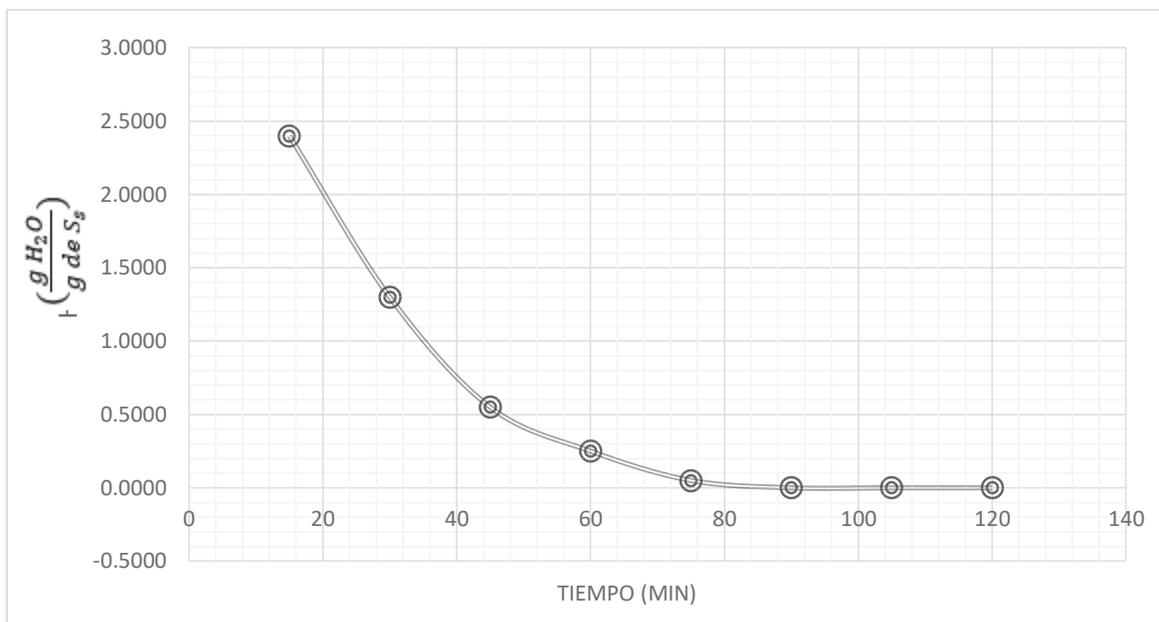


Figura 3.6 Curva de humedad versus tiempo para Mansa, Madura Sin escaldado a 70 °C (MMS70).

Para analizar ambos gráficos y comparar los parámetros de secado la Tabla 3.5 resume los datos obtenidos a partir de las curvas de MMS70 y MTS70, la cual se muestra a continuación:

Tabla 3.5 Comparación de resultados de proceso de secado para las muestras MTS70 y MMS70.

Muestra	t _{secado} (min)	H _{INICIAL} ($\frac{g H_2O}{g de S_s}$)	H _T ($\frac{g H_2O}{g de S_s}$) *	H _P ($\frac{g H_2O}{g de S_s}$)	V _s máxima ($\frac{g H_2O}{S \times gramos de S_s}$)	V _s mínima ($\frac{g H_2O}{S \times gramos de S_s}$)
MTS70	90	4.000	0.1000	3.9000	0.0178	0.0006
MMS70	90	3.5455	0.0909	3.4546	0.0138	0.0009

* Humedad alcanzada en el punto de equilibrio

Basándose en la tabla anterior tanto MTS70 como MMS70 tienen un comportamiento similar en el secado siendo el mismo tiempo de secado, aunque hay una leve variación en su velocidad de secado. Por lo que el estado de madurez se incluyó en el análisis sensorial que determinó si éste influye en las características organolépticas de los productos a base de chaya y así concluir con qué estado de madurez se propone para el proceso óptimo de elaboración de hoja de chaya deshidratada.

3.1.3 Tratamiento térmico previo.

La aplicación de un tratamiento térmico previo (como se planteó en el apartado 1.5), busca mejorar algunas características físicas y organolépticas de la hoja de chaya. Además, éste puede disminuir directamente el contenido de HCN producto de la hidrólisis de la linamarina, mediante la inactivación de la enzima linamaraza.

Para este análisis se tomó de referencia las muestras PMS65 y PME65, en las cuales se mantiene fijo estado de madurez, especie y temperatura, variando únicamente la aplicación de un tratamiento térmico previo (escaldado), a continuación, la Tabla 3.6 muestra la comparación de los resultados de secado obtenidos para cada muestra

Tabla 3.6 Comparación de resultados de proceso de secado para las muestras PMS65 y PME65.

Muestra	t_{secado} (min)	H_{INICIAL} $\left(\frac{g H_2O}{g de S_s}\right)$	H_T $\left(\frac{g H_2O}{g de S_s}\right)^*$	H_P $\left(\frac{g H_2O}{g de S_s}\right)$	V_s máxima $\left(\frac{g H_2O}{S \times \text{gramos de } S_s}\right)$	V_s mínima $\left(\frac{g H_2O}{S \times \text{gramos de } S_s}\right)$
PMS65	90	5.000	0.2000	4.8000	0.1333	0.0133
PME65	90	6.5000	0.2500	6.2500	0.1975	0.0069

* Humedad alcanzada en el punto de equilibrio

Se puede observar que ambas muestras poseen el mismo tiempo de secado, aunque PMS65 tiene una mayor velocidad de secado, sin embargo, ambos alcanzan el contenido de humedad esperado. Por lo que se analizó los efectos que tiene sobre las características físicas del producto mediante la Tabla 3.7.

Tabla 3.7 Comparación de características físicas para MMS65 y PME65.

Muestra	Color	Textura
PMS65	Se observa un color verde pálido característico de la hoja seca.	Es quebradiza, difícil de manipular y empacar.
PME65	Se observa un color verde intenso producto de la fijación de la clorofila en la hoja	Posee una textura estable, fácil de manipular y empacar

La Figura 3.7 muestra la diferencia en el color que se puede observar entre las hojas de chaya con escaldar y sin escaldar.



Figura 3.7 Muestra de chaya picuda deshidratada a 70°C (izquierda con escaldar, derecha sin escaldar).

Al final de este apartado se concluyó que el tratamiento térmico previo no afecta significativamente las condiciones de secado, pero si afecta las características físicas de la hoja procesada, sin embargo, también se analizó su influencia en el contenido de HCN, para así, determinar las condiciones de secado a utilizarse. En el apartado 3.2.1 de esta investigación se proporcionan resultados que respaldan si la aplicación del escaldado tiene efecto en el contenido de HCN.

3.2 Características de la hoja deshidratada y polvo de Chaya.

Para caracterizar la hoja de chaya deshidratada y en polvo se analizó tres parámetros: a) su contenido de HCN posterior al proceso de deshidratado, detectándose de forma cualitativa y cuantitativa, b) propiedades fisicoquímicas (acidez titulable y actividad de agua) y c) rendimiento en relación de gramos de hoja de chaya deshidratada obtenida por cada gramo de hoja de chaya fresca procesada. Las características de manejo (densidad empacada, aireada, de trabajo y grado de cohesión) se analizaron en el apartado 4.1 de esta investigación.

3.2.1 Contenido de HCN.

3.2.1.1 Detección cualitativa de HCN.

Para la detección cualitativa de cianuro en hojas de chaya se siguió la metodología descrita en el apartado 2.4.1.1 de esta investigación, a través de la cual se generó una escala colorimétrica a partir de estándares de KCN de concentración conocida con el fin de establecer un parámetro que sirvió como comparación al momento que se realizó dicha prueba a las muestras de hoja deshidratada. La Figura 3.8 muestra la escala colorimétrica obtenida de acuerdo a la concentración de KCN en los estándares.

Color Generado														
Concentración en PPM	0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	1	2	3	5	10	20	30	50

Figura 3.8 Escala colorimétrica prueba de Guignard. Fuente: Autoría propia.

La escala colorimétrica parte desde 0.1 ppm de CN⁻ hasta 50 ppm, como se puede observar la coloración rojiza se vuelve más intensa cuanto mayor es la concentración, por lo que para una muestra libre de cianuro no debe existir coloración en el papel picrosódico. Posteriormente se aplicó dicha prueba a muestras de chaya tomado en cuenta el estado de madurez (tierna y madura), el tratamiento térmico (escaldada y sin escaldar) y la temperatura de secado (65 y 70°C). La Tabla 3.8 resume los resultados obtenidos para cada muestra.

Tabla 3.8 Resultados de detección de cianuro prueba de Guignard.

CODIGO	RESULTADO	ppm de CN*	CODIGO	RESULTADO	ppm de CN*
MTS65	POSITIVO	20-30	PTS65	POSITIVO	20-30
MTS70	POSITIVO	20-30	PTS70	POSITIVO	20-30
MMS65	POSITIVO	10-20	PMS65	POSITIVO	5-10
MMS70	POSITIVO	10-20	PMS70	POSITIVO	3-5
MTE65	NEGATIVO	Menor a 1	PTE65	NEGATIVO	Menor a 1

Continuación Tabla 3.8 Resultados de detección de cianuro prueba de Guignard.

CODIGO	RESULTADO	ppm de CN*	CODIGO	RESULTADO	ppm de CN*
MTE70	NEGATIVO	Menor a 1	PTE70	NEGATIVO	Menor a 1
MME65	NEGATIVO	Menor a 1	PME65	NEGATIVO	Menor a 1
MME70	NEGATIVO	Menor a 1	PME70	NEGATIVO	Menor a 1

*Rango de concentración basado en la escala colorimétrica generada.

Analizando la tabla anterior se puede observar que las muestras independientemente de la temperatura de secado, el estado de madurez o la especie de la hoja, no influyen en la presencia de HCN en el producto final. Las muestras sin escaldar dan un resultado positivo a la prueba de detección de HCN. Por el contrario, la aplicación de un tratamiento térmico previo (escaldado) es quien incide en el contenido final de HCN, como se muestra en la Figura 3.9 las muestras de la derecha a pesar de tener diferente especie, estado de madurez y temperatura de secado dan un resultado negativo a la prueba ya que todas fueron sometidas a escaldado.



Figura 3.9 Comparación de muestras de hoja de chaya con y sin escaldar, para las variedades Mansa y Picuda respectivamente en la prueba de detección de cianuro.

Basándose en los resultados obtenidos se estableció que para el proceso de secado de hojas de chaya es necesario aplicar un tratamiento térmico que garantice la eliminación del HCN contenido en las mismas. Por tanto, a fin de obtener un

producto seguro para la ingestión humana no basta con realizar únicamente el proceso de secado a las temperaturas propuestas, sino que adicionalmente se propone un escaldado de 1 minuto a 100°C previo al secado. Posteriormente se analizará cuál de las temperaturas de 65 ó 70 °C se considerará para el planteamiento del proceso de secado definitivo basándose en los resultados de análisis proximal.

De acuerdo a la escala colorimétrica que se obtuvo en la prueba de Guignard, muestras de 0.5 gramo de chaya escaldada en un volumen de 0.01 ml de sln producen aproximadamente 1 ppm, por lo que, tomando en cuenta lo descrito en el apartado 1.3.4 es necesario verificar que la detección de cianuro se encuentre en niveles que no superen la dosis letal especialmente para el consumo infantil, por lo que la Tabla 3.9 resume los pesos promedio por edad en El Salvador (Alvarado-Esquivel, 2016) además se calculan los valores máximos de ingesta de hoja de chaya basados en la edad y peso promedio tomando como ejemplo la población de niños de 2 a 3 años de edad se calculó de la siguiente manera:

$$\text{gramos de chaya} = \frac{0.5 \text{ g de hoja}}{1 \text{ ppm CN}} \times \frac{1 \text{ ppm CN}}{1 \text{ mg CN}} \times \frac{\text{litro sln}}{10 \text{ ml de sln}} \times \frac{1000 \text{ ml sln}}{1 \text{ litros sln}} \times \text{DL}_{(50)} \times \text{Peso de la persona}$$

*Donde DL₍₅₀₎ es la dosis letal de cianuro establecida para humanos de 3.5 mg de CN/Kg de peso.

$$\text{gramos de chaya} = \frac{0.5 \text{ g de hoja}}{1 \text{ ppm CN}} \times \frac{1 \text{ ppm CN}}{1 \text{ mg CN}} \times \frac{\text{litro sln}}{10 \text{ ml de sln}} \times \frac{1000 \text{ ml sln}}{1 \text{ litros sln}} \times \frac{3.5 \text{ mg CN}}{\text{kg de peso}} \times 13.4 \text{ kg de peso}$$

$$\text{gramos de chaya} = 2,345 \text{ gramos} = 5.17 \text{ lb}$$

Utilizando el mismo método de cálculo la Tabla 3.9 muestra los valores máximos de ingesta de hoja de chaya, de acuerdo a la edad y peso de la población, estos valores se consideran en una ingesta total, ya que el componente tóxico (HCN), no es acumulativo en el cuerpo humano, como se menciona en el apartado 1.3.4.

Tabla 3.9 Dosis letal de HCN por edades y pesos promedios.

Edad	Peso (Kg)	Cantidad de chaya máxima por ingesta diaria	
		Gramos (g)	Libras (lb)
De 2 a 3	13.4	2,345.00	5.17
De 4 a 5 años	19.5	3,412.50	7.52
De 6 a 7 años	21.4	3,745.00	8.26
De 8 a 9 años	28.2	4,935.00	10.88
De 10 a 11 años	31.6	5,530.00	12.19
De 12 a 14 años	45.1	7,892.50	17.40
De 15 a 18 años	66.3	11,602.50	25.58
Mayores de 18 años	Mayor a 75	13,125.00	28.94

Por ejemplo, un niño de entre 2 y 3 años puede comer al día 2,345 gramos (5.17 lb) de chaya, mientras que un adulto, mayor de 18 años, puede consumir hasta 13,125 gramos (28.94 lb) al día sin correr ningún riesgo a su salud. Sin embargo, según lo planteado en el apartado 1.2 generalmente las personas que consumen hoja de chaya agregan entre 3 y 3.5 gramos por porción de comida.

3.2.1.2 Detección cuantitativa de HCN.

En esta etapa se siguió la metodología descrita en el apartado 2.4.1.2 con el objetivo de cuantificar el HCN producido por la síntesis de la linamarina en muestras de hoja de chaya fresca y con la aplicación de tratamiento térmico (escaldado y/o secado).

Para la cuantificación del HCN se elaboró una curva de calibración con estándares externos, es decir soluciones de KCN (CN⁻) en un rango de concentraciones que incluyen el valor teórico esperado de HCN en las muestras de hoja de chaya frescas.

La curva de calibración se obtuvo tomando lecturas por triplicado del área del pico característico para el CN⁻, el cual presenta un tiempo de retención promedio en el intervalo 1.5 a 2 minutos, para cada una de las soluciones constituyentes del estándar. Los cromatogramas resultantes en cada una de las inyecciones de las soluciones estándar y las muestras analizadas se presentan en el anexo 6.

El área determinada para cada uno de los puntos (soluciones a diferente concentración de CN^-) se resumen en la Tabla 3.10. Los cromatogramas generados por la inyección de la solución de 0 ppm de CN^- presentan una leve elevación medible al mismo tiempo de retención del ion cianuro, esto se puede deber a trazas de soluciones a otras concentraciones de CN^- aún persistentes en la jeringa de inyección al equipo, inclusive después de haber sido ambientada con la solución a inyectar.

Tabla 3.10 Áreas determinadas con cromatografía líquida de alta presión para la elaboración de estándares externos de CN^-

Concentración	Área promedio
0 ppm	2691.333
10 ppm	4782.333
20 ppm	8995.0
30 ppm	13970.0
50 ppm	21070.50

La curva de calibración resultante, mostrada en la Figura 3.10, tiene como variable independiente la concentración de CN^- en cada una de las soluciones estándar versus el área promedio del pico característico del ion cianuro.

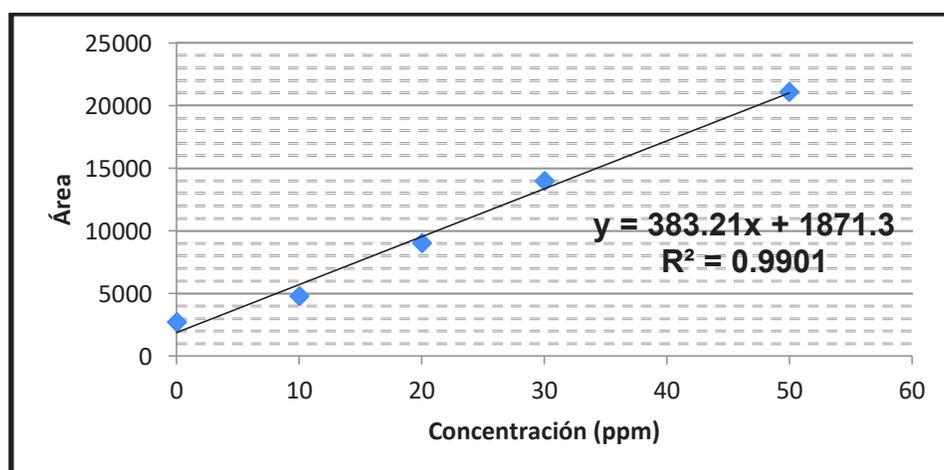


Figura 3.10 Curva de calibración para la determinación de CN^- en HPLC.

Como puede observarse, la relación entre la concentración y el área presenta un coeficiente de determinación de 0.9901, valor muy cercano a la unidad, por lo que se considera que la curva obtenida es útil para la cuantificación de CN^- en muestras de hoja de Chaya.

La cuantificación se logra por comparación del área obtenida del pico característico del ion cianuro al tiempo de retención estimado respecto al estándar.

Las muestras de chaya se prepararon según lo descrito en el apartado 2.3.1.5, luego de ser filtradas y desgasificadas se inyectaron por triplicado al equipo. El cromatograma resultante para la muestra de chaya fresca, de variedad picuda tierna con escaldar a $70^\circ C$ se presenta en la Figura 3.11

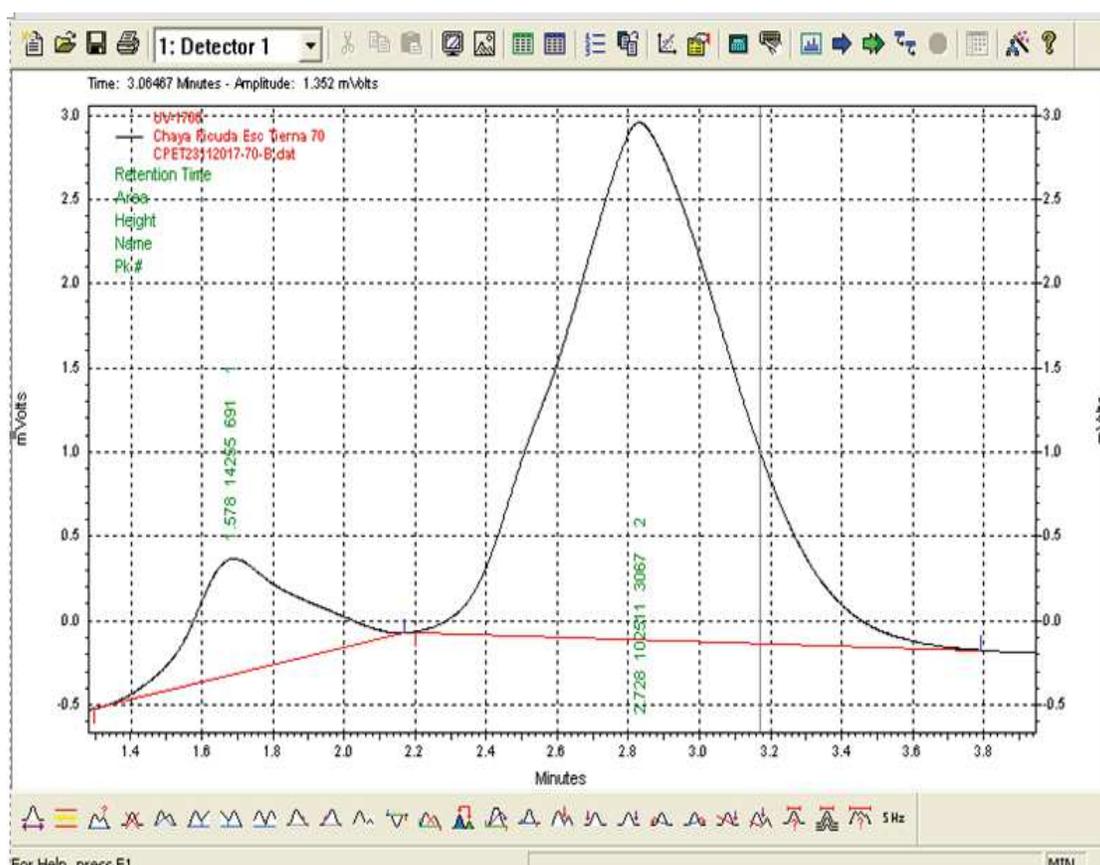


Figura 3.11 Captura de pantalla de lecturas en HPLC para muestras de hoja de chaya, realizado en el laboratorio de Análisis Instrumental de la Escuela de Química de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas.

La muestra inyectada superó los valores estimados dentro de la curva de calibración, por lo que se diluyó a una proporción de 1:100 para poder obtener un área medible por el equipo. Sin embargo, el resultado obtenido es demasiado alto en comparación con el valor teórico considerado para la elaboración de la curva de calibración.

La reacción de descomposición de la linamarina en la chaya, como ya se describió en el apartado 1.3.2, ocurre al cortar o triturar la hoja obteniéndose como productos ácido cianhídrico y acetona, sin embargo, no se garantiza el agotamiento total de este glucósido, pudiendo ser extraída una cantidad remanente con el metanol utilizado para la preparación de las muestras. El tiempo de retención y la longitud de onda utilizada para la detección de CN^- coinciden con los valores utilizados para la detección de linamarina en otro tipo de alimentos, por lo que el área obtenida podría representar al HCN formado más la cantidad de linamarina aún sin reaccionar.

Por lo anterior, se planteó la elaboración de una curva de calibración para el glucósido cianogénico linamarina con el fin de obtener resultados cuantitativos para el HCN formado y la linamarina aún presente en la hoja de chaya luego de la preparación de las muestras frescas o de la aplicación de tratamientos térmicos, por comparación de cromatogramas y obtención de resultados por diferencia entre áreas de los picos característicos para cada componente. Sin embargo para el equipo investigador no fue accesible la obtención de la linamarina para la elaboración de los estándares que permitieran elaborar la curva de calibración, por lo tanto, para los resultados obtenidos no es posible definir qué cantidad corresponde al HCN formado y a la linamarina no agotada, haciendo imposible la comparación de los resultados con la dosis letal o cantidades máximas que pueden ser ingeridas de HCN, por lo que se considerarán para esta investigación, únicamente los resultados obtenidos en la determinación cualitativa. Que demostró ser menor a 1 ppm como se puede observar en la Tabla 3.8.

3.2.2 Propiedades Físicoquímicas.

3.2.2.1 Acidez Titulable

Los ácidos orgánicos presentes en los alimentos influyen en el sabor, color y la estabilidad de los mismos. Los valores de acidez pueden ser muy variables, para el caso de productos como la chaya varían desde 0,2 a 0,3 % siendo catalogados como alimentos poco ácidos. (Holdsworth, 2002).

Para esta prueba se preparó 100 ml de NaOH 0.1 N, el cual se utilizó como agente neutralizador de una solución de 25 gramos de hoja de chaya triturada en 50 ml de agua destilada, agregando 3 gotas de fenolftaleína como indicador ácido-base. Para posteriormente ser calculado con la ecuación siguiente:

$$\%(\text{acidez}) = \frac{N \times V \times \text{peso Eq}}{w \times 1000}$$

Donde

N: Normalidad del NaOH

Peso Eq: Peso equivalente en mg/meq

V: volumen gastado de NaOH

W: peso de la muestra en gramos.

1000: factor de conversión de mg a g

A continuación, la Tabla 3.11 presenta los resultados obtenidos para acidez titulable de muestras de hoja de chaya con peso de 25 gramos, peso Eq de 39.997 y N 0.1. Para ello se tomó en cuenta únicamente las muestras escaldadas por los resultados obtenidos en el apartado 3.2.1.1.

Tabla 3.11 Resultados de acidez titulable para muestras de hoja de chaya

CODIGO	V_{NaOH} (mL)	%acidez	CODIGO	V_{NaOH} (mL)	%acidez
MTE65	18.2	0.2912	PTE65	19	0.3040
MTE70	19	0.3040	PTE70	19.2	0.3072
MME65	18.4	0.2944	PME65	18.6	0.2976
MME70	18.2	0.2912	PME70	18.6	0.2976

Analizando los resultados de la tabla anterior se puede observar que el porcentaje de acidez es muy similar para todas las muestras de chaya siendo catalogado como un alimento poco ácido, el cual no es propenso para el crecimiento de microorganismos por la escasez de ácidos orgánicos que podrían producir fermentación.

3.2.2.2 Actividad de agua (A_w)

Otro parámetro fisicoquímico que fue determinado durante el proceso de secado es la actividad de agua (A_w), para ello se realizaron mediciones al inicio durante y al final del secado, con el fin de observar la variación que sufre durante dicho proceso. La Tabla 3.12 resume los valores iniciales y finales obtenidos en esta prueba.

Tabla 3.12 Resultados de medición de actividad de agua

CODIGO	A_w inicial	A_w final	CODIGO	A_w inicial	A_w final
MTE65	0.89	0.31	PTE65	0.83	0.53
MTE70	0.89	0.32	PTE70	0.86	0.42
MME65	0.92	0.36	PME65	0.85	0.58
MME70	0.85	0.34	PME70	0.86	0.44

Para cada una de las muestras se puede observar valores iniciales de actividad de agua (antes de secado) entre 0.85 - 0.92, sin embargo posterior al proceso de secado existe una reducción de actividad de agua obteniéndose valores finales menores a 0.6, en la cual los microorganismos según la Tabla 1.4 no se pueden multiplicar pero pueden permanecer activos durante largos períodos de tiempo en el caso de procesarse muestras contaminadas. Por lo que es necesario la aplicación de BPM durante el procesamiento de la hoja de chaya y así asegurar que el producto terminado se encuentre libre de contaminantes microbiológicos.

3.2.3 Rendimiento.

Basándose en lo descrito en el apartado 2.3.3 se calculó el rendimiento para cada una de las condiciones tomando en cuenta la ecuación que se muestra a continuación:

$$R = \frac{w_{ss}}{w_{sf}} \times 100\%$$

Dónde:

w_{ss} = peso de solido seco

w_{sf} = peso de solido fresco

La Tabla 3.13 muestra los resultados obtenidos del rendimiento para cada una de las condiciones de secado.

Tabla 3.13 Resultados de rendimiento

CODIGO	Wss (g)	Wsf (g)	%R	CODIGO	Wss (g)	Wsf (g)	%R
MTE65	0.4489	2.98	15.06%	PTE65	0.4865	3.12	15.59%
MTE70	0.7845	4.57	17.17%	PTE70	0.2802	1.62	17.30%
MME65	0.6562	4.02	16.32%	PME65	0.291	1.78	16.35%
MME70	0.495	2.86	17.31%	PME70	0.9697	5.33	18.19%

Analizando desde el punto de vista de la variedad de la hoja, para la mansa se puede observar que los valores de rendimiento se encuentran en el rango de 15.06%-17.31%, mientras que la variedad picuda tiene un rango de rendimiento de 15.59%-18.19% el cual es ligeramente mayor que la anterior. Esto podría deberse al tamaño del pecíolo o el tallo que es retirado al momento de ser procesado y que por ende disminuye la cantidad de producto a obtener. También se puede observar que el estado maduro, con escaldar, de las especies picuda y mansa, obtienen un mayor rendimiento, con valores similares a las temperaturas de 65 y 70 °C, por lo podría tomarse en cuenta la utilización de estos parámetros para seleccionar el tipo de hoja a procesar.

3.3 Diseño del estudio de aceptabilidad

3.3.1 Selección del panel sensorial

Se aplicó la prueba de umbral de detección y reconocimiento como se establece en el anexo 4 de esta investigación a un total de 25 panelistas los cuales fueron divididos en dos jornadas una realizada el día 22 de septiembre de 2017 (panelistas 1 – 12) y otra realizada el día 29 de septiembre de 2017 (panelistas 13 – 25). A cada panelista se le asignó un número correlativo de acuerdo a su llegada a la prueba, el cual, servirá para identificarle en el análisis estadístico de los resultados.

De la población total de panelistas se seleccionó a un total de 8 panelistas tomando en cuenta lo siguientes criterios:

- Criterio 1: Identificación correcta del gusto a evaluar para el caso cuatro pruebas (salado, dulce, ácido y amargo).
- Criterio 2: Porcentaje de aciertos obtenidos durante la detección del gusto (se tomará como valido un porcentaje de acierto mayor o igual a 80%).
- Criterio 3: Porcentaje de aciertos obtenidos durante el reconocimiento del gusto (se tomará en cuenta como valido un porcentaje de acierto mayor o igual al 75%).
- Criterio 4: Capacidad de reconocer el gusto a la menor concentración posible.
- Criterio 5: Disponibilidad de los panelistas a continuar en un proceso de entrenamiento para posteriormente participar en otras pruebas sensoriales.

Para ello se le dio a cada panelista un total de 24 muestras de concentración y codificación según se muestra en el anexo 7 en 4 rondas de 6 muestras de un mismo gusto en orden de concentración aleatorio. Con los datos recolectados los cuales se encuentran en el anexo 8, se realizó la aplicación de los criterios antes mencionados cuyo análisis se encuentra en el anexo 9, obteniéndose los siguientes perfiles de detección para los panelistas seleccionados los cuales se muestran la Tabla 3.14

Tabla 3.14. Capacidad de detección de cada panelista.

Panelista	Dulce	Acido	Salado	Amargo
Panelista 2	Alta	Alta	Alta	Muy Alta
Panelista 3	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
Panelista 6	Alta	Alta	Alta	Muy Alta
Panelista 7	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Panelista 10	Alta	Alta	Alta	Muy Alta
Panelista 18	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Panelista 22	Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta
Panelista 24	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta

En conclusión, los panelistas 2, 3, 6, 7, 10, 18, 22 y 24 son aptos para ser parte del panel sensorial definitivo. Sin embargo, los datos anteriores deben ser respaldados por un análisis estadístico que confirme la aplicación de criterios, por lo tanto, se realizara la misma selección utilizando un análisis de varianza el cual puede ser consultado en el anexo 10.

3.3.2 Entrenamiento del panel sensorial

Los panelistas seleccionados de acuerdo a sus resultados en la prueba de umbral de detección y reconocimiento, fueron sometidos a tres jornadas de entrenamiento las cuales están destinadas a ejercitar y desarrollar el uso de sus sentidos principalmente olfato y gusto, para ello se realizaron un ensayo en cada jornada donde el panelista debía oler y saborear diferentes muestras y reconocerlas. Los resultados obtenidos para cada uno de los ensayos por cada panelista pueden ser consultados en el anexo 11.

Posteriormente con los datos obtenidos se construyó dos graficas: una para las pruebas del sentido del olfato y otra para las pruebas del sentido del gusto, en las cuales se establece para el grupo de panelistas el porcentaje máximo, mínimo y promedio de aciertos obtenidos en cada uno de los ensayos y así ver si hay una mejora significativa en la capacidad de detección de los panelistas

En la Figura 3.12 Se muestra el análisis gráfico de la tabla anterior para los ensayos del sentido del olfato, mientras que la Figura 3.13 muestra el análisis grafico de los ensayos del sentido del gusto.

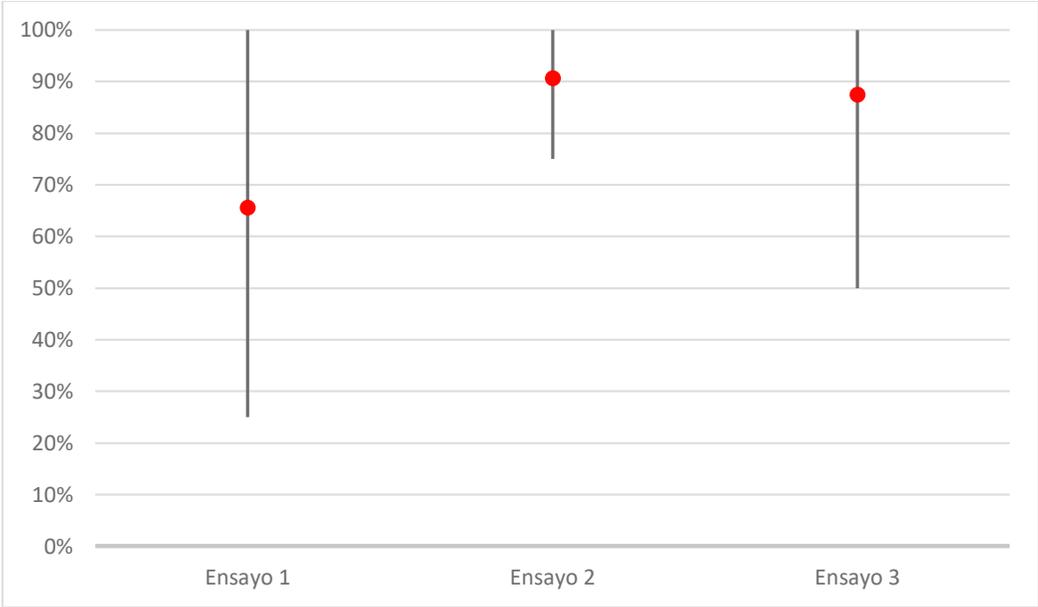


Figura 3.12 Detección máxima y mínima en ensayos prueba del olfato

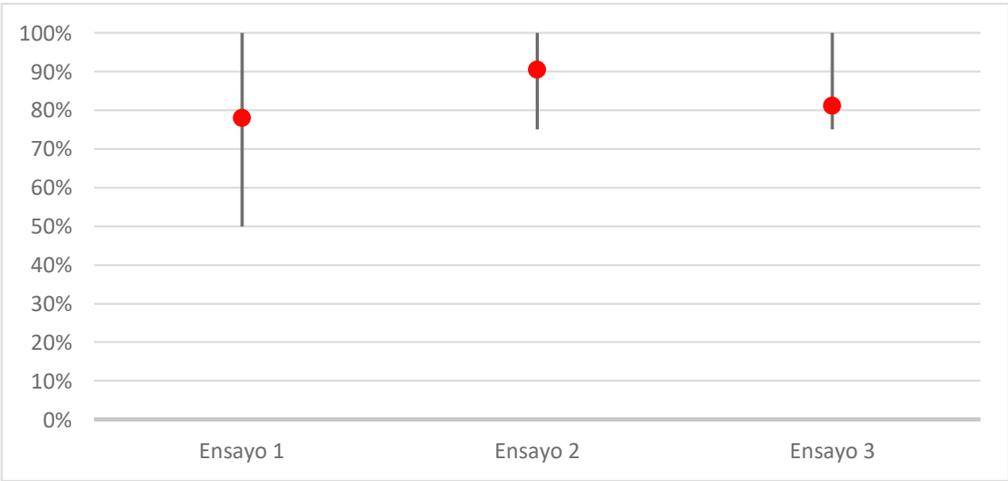


Figura 3.13. Detección máxima y mínima en ensayos prueba del gusto

Como se puede apreciar en las figuras anteriores el promedio de detección de los panelistas luego de los ensayos de entrenamiento se mantuvo arriba del 80% mostrándose una leve mejoría con respecto a los resultados del primer ensayo, aunque se desearía obtener un porcentaje de aciertos mayor al actual. Habiendo

finalizado la fase de entrenamiento el panel se encuentra preparado para iniciar el análisis sensorial de los productos formulados.

3.4 Formulación de Productos.

La formulación de productos conlleva definir lo que se quiere elaborar, las materias primas requeridas, maquinaria a utilizar y sistematización del procedimiento a seguir, sin olvidar aplicar las normas higiénicas en la producción; de esta manera se obtuvieron productos iguales o con variaciones mínimas entre sí e inocuos. Para los productos elaborados las materias primas son: chaya en polvo y deshidratada, escaldada a 65°C, y con ambos estados de madurez (tierna y madura).

3.4.1 Chip de papa al horno sazonado chaya deshidratada.

En el proceso experimental se utilizó dos tipos de horno en los cuales su única diferencia es la variación en el tiempo de cocción, debido a la forma de transmisión de calor, alcanzándose el mismo resultado en las propiedades organolépticas del chip de papa.

A una temperatura de 450°F, el tiempo de cocción aproximado fue:

- En horno de cocina 15 minutos.
- En horno microondas 3 minutos.

Se realizaron diferentes pruebas con respecto a:

- Las proporciones de sal y pimienta.
- La Chaya deshidratada a utilizar para rebosar las papas, ya que en lo visual impacta el color verde y en el gusto el sabor característico de la hoja.
- Diferentes espesores de las lascas de papas con un rallador que permite regular el espesor de estas, lo cual afecta el tiempo y temperatura de cocción (muy delgadas se adhieren a la superficie por la pérdida de humedad por lo que se queman y muy gruesas requieren más tiempo de cocción y esta no es uniforme).

- La cantidad de aceite (en aerosol) utilizado sobre las bandejas varió dependiendo el grosor de la lasca; a menor espesor mayor cantidad de aceite y viceversa, para evitar la adición de producto en las superficies colocadas.

El análisis sensorial que determino la formulación utilizada se puede observar en el anexo 12 y en la Tabla 3.15 se detalla las proporciones a utilizar de cada materia prima para la elaboración de chip de papa.

Tabla 3.15 Formulación Chip de papa sazonado con polvo de hoja de Chaya deshidratada.

Materia prima	Peso	%P/P
Papa cruda	500 gr	94.24
Sal	14.3 gr	2.69
Pimienta	14.3 gr	2.69
Polvo Chaya	2 gr	0.38

3.4.2 Galleta tipo soda con sal y chaya.

Para la obtención de la formulación de mayor aceptación, se procedió a elaborar la mezcla seca con todas las materias primas establecidas en la Tabla 3.16, posteriormente y en las primeras pruebas se utilizó como variable 1: agua, variable 2: leche.

Realizando pruebas en la mezcla seca a diferentes proporciones del polvo de chaya utilizando un máximo del 30% de la mezcla total como se mencionó en el apartado 2.5.3. Se sometió a pruebas sensoriales para determinar la formulación con mayor aceptación entre las variables 1 y 2. Véase el anexo 13 la evaluación hedónica entre los productos, obteniendo mejores resultados de los panelistas la formulación con agua, de esta manera se descarta el uso de leche.

Conociendo que la variable 1 obtuvo mayor aceptación, se sometió a evaluación por el panel sensorial la formulación de la Tabla 3.16. La formulación utilizada para elaborar las galletas tipo soda se observa en la Tabla 3.16

Tabla 3.16 formulación de la galleta tipo soda con polvo de hoja de Chaya.

Materias primas	Peso/vol	%P/P
Harina trigo (todo uso)	100 gr	56.94
Mantequilla	40 gr	22.77
Sal	0.3 gr	0.17
Levadura (polvo de hornear)	5.0 gr	2.85
Harina Chaya	3 gr	1.7
Aceite de oliva	5 mL	4.19
Agua	Aprox. 20 mL	11.36

Densidad del aceite de oliva a 20°C (CODEX): 1.47173868 g/ml

Densidad del agua a 20°C (CODEX): 0.9982071 g/ml

3.4.3 Nachos de harina de maíz con chaya.

Para lograr la formulación utilizada se varió entre los porcentajes recomendados de mezcla hasta alcanzar la más aceptada por medio de análisis sensorial del anexo 14.

En la formulación a su inicio solo se utilizó harina de maíz, polvo de hoja de Chaya y agua, pero el resultado era visualmente un nacho no apto para ingerir se podía observar un nacho que había sido contaminado por hongos o moho, esta fue la razón por la que se decidió utilizar achiote para generar otro contraste visual más aceptable. Como última materia prima se adiciono mantequilla para las tortillas no se adhirieran a las manos o a las superficies con las que contactaba, de esta manera se logró formular una masa que permite a una mejor manipulación. La formulación propuesta para trabajar los nachos se puede ver en la Tabla 3.17

Tabla 3.17 Formulación de nachos con harina de maíz con chaya

Materias primas	Peso	%P/P
Harina de maíz	100 gr	80.67
Polvo de Chaya	2 gr	1.61
Achiote	2 gr	1.61
Agua	20 mL	16.10

3.5 Análisis Sensorial.

Para la evaluación sensorial de los productos, se realizó un análisis basado en el apartado 2.7 de investigación. Para ello se evaluó la preferencia entre los tres productos formulados (snack de papa, galleta salada y nacho) y su aceptabilidad, en donde el panel sensorial evaluó las características organolépticas de las muestras antes mencionadas. Este análisis se llevó a cabo tanto para productos formulados con hoja de chaya de la variedad mansa como de la variedad picuda. Con un total de 8 panelistas entrenados.

3.5.1 Prueba de preferencia

En la primera etapa de esta prueba se les pidió a los panelistas probar los tres productos formulados y escoger cuáles de estos les habían gustado y cuáles no, la Figura 3.14 muestra los resultados obtenidos para la variedad mansa y la Figura 3.15 los resultados para la variedad picuda.

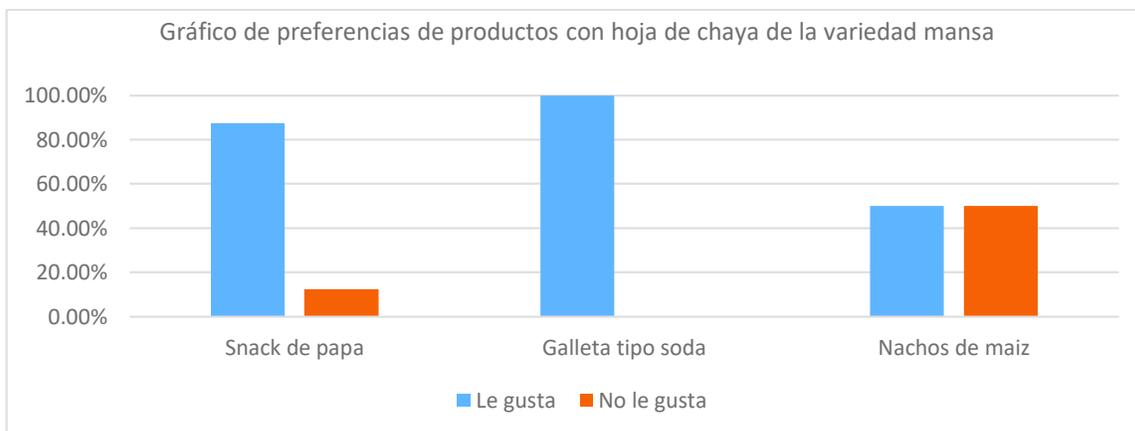


Figura 3.14 Resultados de preferencia de productos con hoja de chaya de la variedad mansa

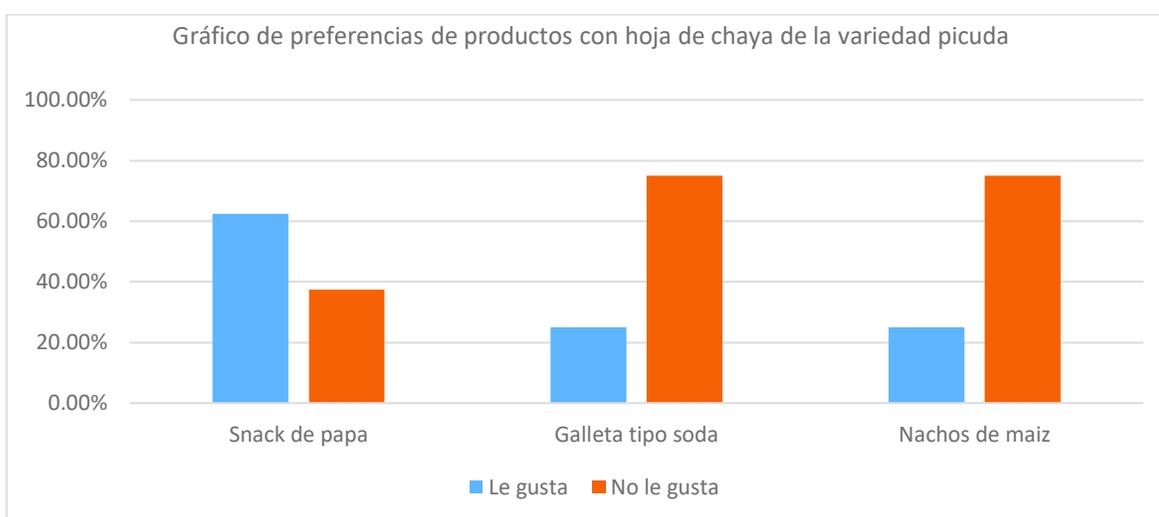


Figura 3.15 Resultados de preferencia de productos con hoja de chaya de la variedad picuda

Como se puede observar en los resultados obtenidos, el panel sensorial tiene preferencia por los productos elaborados con chaya de la variedad mansa, siendo el que más gusto la galleta tipos soda con un 100% de preferencia, luego el snack de papa con 80% y por último el nacho de maíz con 50%, para la variedad picuda, el snack de papa es el único producto con preferencia de acuerdo a los panelistas con 60%, mientras que los otros dos productos no son preferidos por los panelistas. Por lo que también se evaluó la aceptabilidad de los dos productos de mayor preferencia; para la variedad mansa la galleta tipo soda y para la variedad picuda el snack de papa.

3.5.2 Prueba de aceptabilidad

Habiendo determinado los productos que eran preferidos por el panel sensorial, en esta parte se evaluó la aceptabilidad de dichos productos (para la variedad mansa galleta tipo soda y para la variedad picuda snack de papa), para ello se les pidió a los panelistas que asignaran un valor numérico a la característica a evaluar en el producto donde existen valores desde 0 hasta 4 donde 0: desagradable, 1: poco agradable, 2: indiferente, 3: agradable y 4: muy agradable. Para ello se les formulo las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo considera la textura del producto?
2. ¿Cómo considera el color del producto?
3. ¿Cómo considera el sabor del producto?
4. ¿Cómo considera el olor del producto?

A continuacion la Tabla 3.18 muestras las valoraciones promedio obtenidas para cada una de las características de la galleta tipo soda formulada con hoja de chaya de la variedad mansa.

Tabla 3.18 Resultados de análisis de aceptabilidad para galleta tipo soda formulada con hoja de chaya de la variedad mansa

CARACTERISTICA	VALORACION	CONCEPTO
Textura	3	Agradable
Color	3	Agradable
Sabor	4	Muy agradable
Olor	3	Agradable

Analizando la aceptabilidad del producto este cuenta con un 81.25% de aceptación. Además, a los panelistas se les dio la oportunidad de brindar sugerencias abiertas para las características que deseaban mejorar, cabe destacar dos ellas la primera en cuanto al color es la utilización de un colorante que le dé un color más claro a la

galleta ya que por la hoja de chaya presente una tonalidad verde y la segunda es utilizar algún ingrediente que aumente su aroma ya que la galleta carece un poco de olor.

Posteriormente se evaluó la muestra de snack de papa, a continuación la Tabla 3.19 muestra las valoraciones promedio obtenidas para cada una de las características del snack de papa formulado con hoja de chaya de la variedad picuda.

Tabla 3.19 Resultados de análisis de aceptabilidad para snack de papa formulado con hoja de chaya de la variedad picuda

CARACTERISTICA	VALORACION	CONCEPTO
Textura	3	Agradable
Color	3	Agradable
Sabor	3	Agradable
Olor	3	Agradable

En cuanto a las observaciones brindadas por los panelistas únicamente destaca el agregar un poco más de sal a la formulación ya que por el tipo de producto se espera un sabor más salado. Por lo que evaluando sus características en general los productos elaborados con hoja de chaya son aceptados con un 75% para ser consumidos.

3.6 Propuesta de proceso de secado.

Tomando en cuenta todos los resultados obtenidos a continuación la Tabla 3.20 plantea las etapas a seguir para el proceso de secado de hoja de chaya, junto a una breve descripción y los parámetros a seguir para cada una de ellas.

Tabla 3.20 Etapas de proceso de secado propuesto.

N°	ETAPA	DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS
1	Selección de la hoja	En esta etapa se busca depurar las hojas recolectadas eliminando hojas en mal estado, marchitas o afectadas por plagas.	Seleccionar únicamente hojas que no estén deterioradas.
2	Lavado	Lavado superficial de las hojas de chaya para eliminar tierra y cualquier otro cuerpo extraño.	Utilización de agua potable.
3	Desinfección	Eliminación de microorganismos que puedan afectar la inocuidad del producto final, utilizando un agente químico.	Inmersión de las hojas en solución de hipoclorito de sodio al 4% por 20 min (1 ml por litro de agua)
4	Remojo	Eliminación de residuos del agente desinfectante mediante remojo con abundante agua	Utilización de agua potable apta para consumo
5	Escaldado	Aplicación de calor con el fin de mejorar la textura y color de las hojas y reducir el contenido final de HCN.	Inmersión en agua a ebullición durante 1 minuto.
6	Enfriamiento	Sumergir en agua para detener la cocción y bajar temperatura de las hojas	Utilizar agua potable apta para consumo a T ambiente
7	Escurrido	Eliminación del exceso de humedad adquirido por el escaldado.	Eliminar la mayor humedad posible para que no afectar el tiempo de secado

Continuación Tabla 3.20 Etapas de proceso de secado propuesto.

N°	ETAPA	DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS
8	Secado	Eliminación de agua mediante la aplicación de calor hasta alcanzar la humedad de equilibrio.	2 horas en un secador de bandejas a temperatura de 65°C véase apartado 3.7
9	Molienda	Disminuir las partículas de las hojas	Utilizar un molino de cuchillas hasta obtener hojuelas o polvo $d < 74 \mu\text{m}$
10	Empacado y etiquetado	Envasar el producto obtenido de la molienda con su respectiva etiqueta nutricional	Utilizar empaque de polietileno etiquetado y selladora tipo guillotina.

3.7 Aplicación del proceso de secado en el municipio de Cinquera.

Como se describe en el apartado 1.2.1 de esta investigación, uno de los municipios donde se identificó como zona de plantación y consumo fue Cinquera del departamento de Cabañas, dada la disponibilidad y apertura de la comunidad a la realización de la investigación se decidió aplicar el proceso planteado en el apartado 3.6. Como parte de la socialización de la investigación, se les brindo a los pobladores de la comunidad de Cinquera una inducción sobre los usos, formas de preparación e información sobre la hoja de chaya, además se le proporciono un folleto informativo que contiene en resumen los aspectos más importantes de la investigación, el cual puede ser consultado en el anexo 17.

Posteriormente se realizó el proceso de secado utilizando secadores solares de la Asociación de Reconstrucción y Desarrollo Municipal de Cinquera, para comprobar

si los parámetros obtenidos en el laboratorio se adaptaban al caso. Para ello se estableció temperatura de secado de 65°C por dos razones la primera es que los resultados de secado utilizando 65°C no muestran diferencia significativa con la temperatura de 70°C lo cual implica un ahorro energético y segundo la capacidad de los secadores solares utilizados no superaba los 65°C. Inicialmente se realizó la recolección de la hoja directamente de los arbustos de chaya, seleccionando únicamente las hojas en condiciones aceptables para posteriormente realizar la operación de lavado, desinfección y escaldado como se muestra en la Figura 3.16



Figura 3.16 Recolección y escaldado de hojas de chaya en el municipio de Cinquera.

A continuación, se procedió al escurrido de la hoja y a colocarlas en bandejas que posteriormente serían ingresadas al secador como se muestra en la Figura 3.17



Figura 3.17 Escurrido de hojas de chaya e ingreso de las bandejas al secador solar.

Para el tiempo de secado a partir de los resultados de laboratorio se había estipulado 2 horas a 65°C. Sin embargo, en el secador solar el tiempo de secado duró 3 horas esto pudo deberse a la cantidad de hoja a deshidratar, además del funcionamiento del secador ya que existía una variación continua en la temperatura originada por la fuente de calor utilizada, no obstante, al finalizar el secado la hoja poseía las mismas características que las deshidratadas en el laboratorio, por lo que se puede concluir que el proceso planteado se puede adaptar a condiciones de un secador solar. Finalmente, las muestras fueron empacadas como se muestran en la Figura 3.18, para ser utilizadas en la formulación de productos, análisis proximal y microbiológico.



Figura 3.18 Empacado de hojas de chaya deshidratadas en el secador solar del municipio de Cinquera.

3.8 Análisis Proximal de productos obtenidos.

El análisis proximal fue realizado en la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad de El Salvador, resultado que se puede observar en anexo 15.

El análisis se realizó tanto a las muestras de chaya mansa y picuda frescas y en polvo, para observar cualitativamente sus propiedades nutricionales previo y posterior al proceso de deshidratación.

En la Tabla 3.21 se muestra una comparación del análisis proximal entre el polvo de chaya mansa y picuda deshidratada.

Tabla 3.21 Análisis proximal para polvo de chaya mansa y picuda después de proceso de deshidratación.

Propiedades	Polvo chaya mansa	Polvo chaya picuda
humedad (%P/P)	5.00	3.74
proteínas (%P/P)	46.11	42.97
ceniza (%P/P)	7.50	10.99
extracto etéreo (%P/P)	9.97	6.13
fibra cruda (%P/P)	7.84	5.88
Carbohidratos (%P/P)	28.59	34.03
Calcio (ppm)	12354.63	1148.79
Hierro (ppm)	219.98	141.34
fosforo (ppm)	56.10	57.83

A dicha tabla comparativa se realizó el análisis estadístico ANOVA llamado: análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo, para un criterio en la selección de la variedad con mejores propiedades nutricionales para consumo humano. En la Tabla 3.22 se muestra el resultado realizado en Excel de dicho análisis.

Tabla 3.22 Resultado de análisis ANOVA para selección de la hoja de chaya con las mejores propiedades nutricionales.

Fuente de variación	SS	df	MS	F	P-valor	F-crítico
Filas	80066920.49	8	10008365.06	1.437087493	0.310026674	3.438101233
Columnas	7073839.298	1	7073839.298	1.01572294	0.343042753	5.317655072
Error	55714715.28	8	6964339.41			
Total	142855475.1	17				

Este análisis se realizó para un nivel de confianza del 95% por lo tanto, α representa el 5%, tomando como hipótesis nula (H_0): la variedad de hoja con bajas propiedades nutricionales para el consumo humano.

La interpretación más importante de los resultados de la Tabla 3.22 se obtiene de la columna P-value ya que, este valor se compara con el alfa para cumplir $P_v > \alpha$ por lo tanto rechazar la H_0 . Al cumplirse este criterio para ambos valores de P_v , se concluye que estadísticamente no se demuestran que existen diferencias

significativas entre las variedades de hoja, ni las propiedades de cada una, lo que permite utilizar cualquiera de las hojas deshidratadas, así como mezclarlas y obtener el mismo beneficio nutricional.

3.9 Evaluación de inocuidad.

Como se estableció en el apartado 2.6 de esta investigación se realizó análisis microbiológico para determinar *Escherichia coli* y *Salmonella spp* en muestras procesadas de hoja deshidratada de la variedad mansa y picuda, ambos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Control de Calidad Microbiológico en el Centro de Investigación y Desarrollo en Salud de la Universidad de El Salvador (CENSALUD). Para ello se tomó las especificaciones basadas en RTCA 67.04.50.08 Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos, subgrupo 4.2 frutas y hortalizas desecadas o deshidratadas.

El informe brindado por dicho laboratorio puede ser consultado en el anexo 16. A continuación la Tabla 3.23 resume los resultados obtenidos.

Para este análisis se planteó una pequeña variación del proceso con el fin de determinar el mejor agente a utilizar, para llevar a cabo el proceso de desinfección; Para ello se realizó con las siguientes especificaciones:

- Las hojas de chaya de la variedad picuda fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 4% en una proporción de 1 ml por litro de agua el equivalente a 20 gotas, sumergiéndolas durante 20 minutos para luego enjuagarlas, y posteriormente ser deshidratadas.
- Las hojas de chaya de la variedad mansa fueron desinfectadas con solución de yodo metálico en una proporción de 15 ml de solución por litro de agua sumergiéndolas durante 20 minutos, para posteriormente ser deshidratadas.

Tabla 3.23 Resultados de análisis microbiológico a hoja de chaya de la variedad mansa y picuda.

MUESTRA	TIPO DE DESINFECTANTE	DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN
Hoja de chaya deshidratada variedad picuda	Hipoclorito de sodio al 4%	<i>Escherichia coli</i>	Menor de 3 NMP/g	< 3 NMP/g
		<i>Salmonella spp.</i>	Ausencia	Ausencia
Hoja de chaya deshidratada variedad mansa	Yodo metálico	<i>Escherichia coli</i>	Mayor de 1100	< 3 NMP/g
		<i>Salmonella spp.</i>	Ausencia	Ausencia
Donde NMP: Número Más Probable; g: gramo de muestra				

Como se puede observar la muestra de la variedad picuda cumple con las especificaciones establecidas, mientras que la muestras de la variedad mansa no cumple con las especificaciones en cuanto a la presencia de *E.coli*, por lo que para el proceso planteado se recomienda utilizar como agente desinfectante el cloro y la aplicación de BPM para garantizar que la producción de hoja de chaya deshidratada genere un alimento inocuo, seguro para el consumo y para su utilización como materia prima en la formulación de alimentos.

Esto no es excluye de seguir investigando otros químicos sanitizantes para implementar en el proceso de desinfección, según las recomendaciones de los fabricantes.

3.9.1 Plan maestro HACCP.

Conociendo completamente el proceso de producción del polvo como se muestra en el apartado 2.3 la hoja de Chaya deshidratada, se considera necesario la elaboración de un plan maestro HACCP, para identificar exactamente en qué etapas

Tabla 3.24 Determinación de los puntos críticos de control (PCC)

Fase del proceso	Tipo de peligro	Peligro	P 1	P 2	P 3	P 4	Número de PCC
Desinfección	Peligro microbiológico	Presencia de <i>Salmonella</i> y niveles de <i>E. coli</i> >3NM/gr	Si	Si	Si	No	PCC 1
Escaldado	Peligro químico	Las temperaturas y tiempos de escaldado fueron insuficientes para inactivar la enzima linamarza	Si	Si	Si	---	PCC 2
Molienda	Peligro físico	Por la fricción aspas superficie interna del equipo pude producir trazas de metal	Si	No	Si	No	PCC 3

Se identificó tres PCC, sin embargo, se considera a la etapa de enfriamiento un punto de control (PC) dado que los resultados obtenidos en los análisis microbiológicos del apartado 3.9 presentaron NMP fuera de norma para *E. coli*, por lo tanto, es necesario tomar como prerrequisito el control del agua para evitar una posible recontaminación ya que posterior al escaldado no existe una acción que pueda reducir a niveles aceptables los peligros microbiológicos.

A continuación, se procedió a elaborar el plan maestro Tabla 3.25 en donde se especifica el tipo de peligro a la etapa correspondiente, así mismo el monitoreo a realizar, las acciones preventivas y correctivas, y sus límites críticos respectivamente. Una de las etapas importantes del proceso de producción como la del deshidratado de la hoja, no es considerada como PCC ya que, de no alcanzar la actividad de agua en productos deshidratados no se consideraría un peligro por ingesta; no obstante, se tomaría como parámetro de calidad para el producto terminado porque se puede identificar visualmente su descomposición por hongos o mohos y se aislaría de los productos en buen estado

Tabla 3.25 Plan maestro HACCP para la línea de producción del polvo y hoja de chaya deshidratada.

Plan maestro HACPP para la línea de producción de polvo de Chaya							
PCC	Peligro significativo	Límite crítico	monitoreo			Acción correctiva	Verificación
			¿Qué?	¿Cómo?	Frecuencia		
PCC1. Desinfección	La concentración y tiempo de acción del agente desinfectante no es suficiente para eliminar los microorganismos <i>Salmonella</i> y <i>E.coli</i>	Solución de 1 ml de hipoclorito de sodio al 4% por litro de agua Tiempo (t): t ≥ 20 min	Concentración y tiempo del agente desinfectante	Revisión de registros sobre las cantidades utilizadas de hipoclorito de sodio al 4% por litro de agua y tiempo de inmersión.	Cada vez que se realice la desinfección.	Repetir etapa de desinfección hasta cumplir con lo establecido.	Muestreo microbiológico al azar para verificar presencia de <i>Salmonella</i> y niveles de <i>E. coli</i> > 3NM/gr
PCC 2. Escaldado.	Las temperaturas y tiempos de escaldado fueron insuficientes para inactivar la enzima linamarasa.	Temperatura (T): T ≥ 98°C Tiempo (t): t ≥ 1min	Temperatura y tiempo de escaldado.	Revisión del registro de temperatura y tiempo.	Cada vez que se realice la operación.	Repetir la operación para el lote que no cumpla con temperatura y tiempo establecido.	Muestreo al azar para detectar cualitativa o cuantitativamente la producción de HCN a cada lote.
PCC 3. Molienda	Presencia de metal por roce metal-metal, de las aspas del molino.	Fragmentos de metal deben ser menores a D=0.5 mm L=10mm	Calibrar el detector de metales.	Introducir un patrón al producto para verificar el buen funcionamiento del detector.	Por cada lote de producción posterior al empaçado.	Buscar e identificar el producto conteniendo la traza y retirarlo del lote.	Prueba del funcionamiento del detector de metales.

CAPÍTULO 4: MANEJO Y VIDA UTIL DE LOS PRODUCTOS

El capítulo 4 incluye los resultados obtenidos para las pruebas de manejo obteniéndose parámetros como densidad aireada, empacada y porcentaje de cohesividad. Además, se incluye la etiqueta nutricional para ambos productos la cual ha sido generada a partir de los resultados obtenidos en el análisis proximal realizado en el capítulo 3. Para finalizar se realiza el análisis de vida útil para la hoja de chaya deshidratada o en polvo.

4.1 Propiedades de masa de partículas para el manejo de hoja de chaya deshidratada en polvo.

En esta sección se determinan las propiedades que caracterizan el comportamiento del material fluido en polvo, densidad aireada, densidad empacada y grado de cohesión, siguiendo la metodología establecida por la norma ASTM D: 6393-99: Standard Test Method for Bulk Solids Characterization by Carr Indices.

Los ensayos se realizaron en la Planta Piloto de la Escuela de Ingeniería Química e Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.

La densidad (aireada y empacada) indican cuánto espacio libre existe entre las partículas, es útil para establecer el empaque y estibamiento del material. El porcentaje de cohesión indica el grado de interacción entre las partículas, es útil para determinar si el material puede ser transportado fácilmente.

4.1.1 Densidad aireada.

Se hace uso de la relación masa/volumen, agregando el material a un cilindro de acero inoxidable, al que previamente se le determinó su masa y dimensiones internas, luego se rasa y se pesa. Si los datos obtenidos en las repeticiones de las pruebas difieren menos del 2% de desviación el uno del otro, basta con dos repeticiones.

4.1.2 Densidad empacada.

Siguiendo la metodología del apartado anterior, luego de rasado y pesado el material, se somete a vibración y se rellena el espacio que queda vacío, se vibra nuevamente y se vuelve a rellenar, se rasa y se pesa hasta que se observa que el material ya no empaca.

4.1.3 Densidad de trabajo.

Indica la relación entre la masa del sólido y el volumen que ocupa, según la siguiente relación:

$$\rho_w = (\rho_e - \rho_a) \times C + \rho_a$$

$$C = \frac{\rho_e - \rho_a}{\rho_e}$$

ρ_e =Densidad empacada

ρ_a =Densidad aireada

4.1.4 Grado de cohesión

Para sólidos finos como el polvo de hoja de chaya deshidratada se utiliza una serie de tres tamices y su respectiva bandeja, se toman muestras de 2 g del material y se colocan en el tamiz superior, se somete a vibración de 20 a 120 segundos de acuerdo a la densidad del material, por cada 0.1 g de muestra retenida en cada una de las mallas se asigna un porcentaje definido de cohesión.

Las propiedades de masa de partículas para el polvo de hoja de chaya deshidratada se resumen en la Tabla 4.1, los resultados obtenidos en cada ensayo se presentan en el anexo 18.

Tabla 4.1 Propiedades de masa de partículas para el polvo de hoja de chaya deshidratada,

Densidad aireada	26.1590 lb/pie ³
Densidad empacada	35.4089 lb/pie ³
Densidad de trabajo	28.5751 lb/pie ³
% de Cohesión	48.93%

Con base a los resultados obtenidos un porcentaje de 48.93% de cohesión indica un material altamente cohesivo, lo que significa que posee alta resistencia a fluir, además es propenso a la obstrucción de equipos de empaçado, por lo que es importante tomar cuenta que para facilitar este proceso debe trabajarse con volúmenes pequeños de producto, también al momento de transportar debe ejercerse fuerza mecánica que permita transportar el material, tomando en cuenta este parámetro para la selección de equipos.

4.2 Diseño de etiqueta nutricional para el producto

Basándose en los resultados obtenidos en el análisis proximal mostrado en el apartado 3.8 de esta investigación, se elaboró el modelo de etiqueta nutricional para la hoja de chaya deshidratada y en polvo de las variedades mansa y picuda.

Los resultados fueron calculados en base a un tamaño de porción de 3.5 gramos ya que sería un estimado de lo que consumirían las personas en una ingesta de Chaya en adición a otro alimento (para un empaque de 350 gramos con un total de 100 porciones), a través del análisis fisicoquímico, además, se determinó el contenido de tres micronutrientes: Calcio, Hierro y Fosforo, para representarlos en la lista de etiqueta nutricional. Los parámetros que exige la misma, deben cumplir con ciertas normativas de consumo diario, establecidos por el RTCA 67.01.60:10, entre estos se pueden mencionar, el contenido energético, los carbohidratos, proteínas, grasas, vitaminas y minerales.

Los resultados que se obtuvieron para las dos variedades de la Chaya se presentan en (Anexo 19).

A continuación, en la Figura 4.1 se presenta el diseño de la etiqueta nutricional para la chaya procesada para ambas variedades, que según la U.S. Food and Drug Administration (FDA); recomiendan realizar los cálculos en base a una dieta de 8400 kJ (2000 kcal) .

Etiqueta para Chaya Mansa

Información Nutricional		
Tamaño de la porción: 3.5 g		
Porciones por paquete: 100		
CANTIDAD POR PORCIÓN		
Contenido Energético:	44.37 kJ (10.44 kcal)	
		% VRN
Carbohidratos	1g	0%
Fibra Dietética	0.27g	0%
Proteínas	1.61g	0%
Fosforo	0.20mg	0%
Potasio	0 mg	
Sodio	0 mg	
Calcio	43.24 mg	5%
Hierro	0.77 mg	6%

El porcentaje de valor diario está basado en una dieta de 8400 kJ (2000 kcal) según FDA.

Etiqueta para Chaya Picuda

Información Nutricional		
Tamaño de la porción: 3.5 g		
Porciones por paquete: 100		
CANTIDAD POR PORCIÓN		
Contenido Energético:	45.73 kJ (10.76 kcal)	
		% VRN
Carbohidratos	1.19g	0%
Fibra Dietética	0.21g	0%
Proteínas	1.50g	0%
Fosforo	0.20mg	0%
Potasio	0mg	
Sodio	0mg	
Calcio	4.02mg	1%
Hierro	0.49mg	4%

El porcentaje de valor diario está basado en una dieta de 8400 kJ (2000 kcal) según FDA.

Figura 4.1 Etiqueta nutricional para hoja de chaya deshidratada y en polvo de las variedades mansa y picuda.

4.3 Vida útil de la hoja deshidrata y polvo de chaya.

El modelamiento de la vida de anaquel para la hoja de chaya deshidratada se realiza a partir del método de aproximación lineal que consiste en la obtención de la Isoterma de sorción del alimento, con el fin de determinar su humedad de equilibrio.

El ensayo se realizó para una muestra de 0.5 g de chaya PMET70, según la codificación establecida en el diseño experimental a utilizarse en el desarrollo de la investigación.

La muestra fue sometida a condiciones de temperatura y humedad relativa controladas (25° C y 80% respectivamente) en una cámara de estabilidad como se muestra en la Figura 4.2, disponible en el Centro para el Desarrollo de la Industria del Empaque y Embalaje en Centroamérica y Panamá (CDIECAP) en la Universidad de El Salvador, tomando registro periódico de la masa de la muestra y el incremento de la actividad de agua, hasta que no se observó variación en este parámetro, los datos obtenidos en el procedimiento se presentan en el anexo 20.



Figura 4.2 Cámara de humedad relativa, utilizada para ensayos de vida de anaquel, realizado en la Planta Piloto de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Tomando como variable independiente a la actividad del agua, se grafica la curva de Isoterma de Sorción para la hoja de chaya deshidratada presentada en la Figura 4.3, que permitirá determinar el valor de la humedad de equilibrio de la muestra, necesaria para la aplicación de la metodología para la determinación de su vida de anaquel.

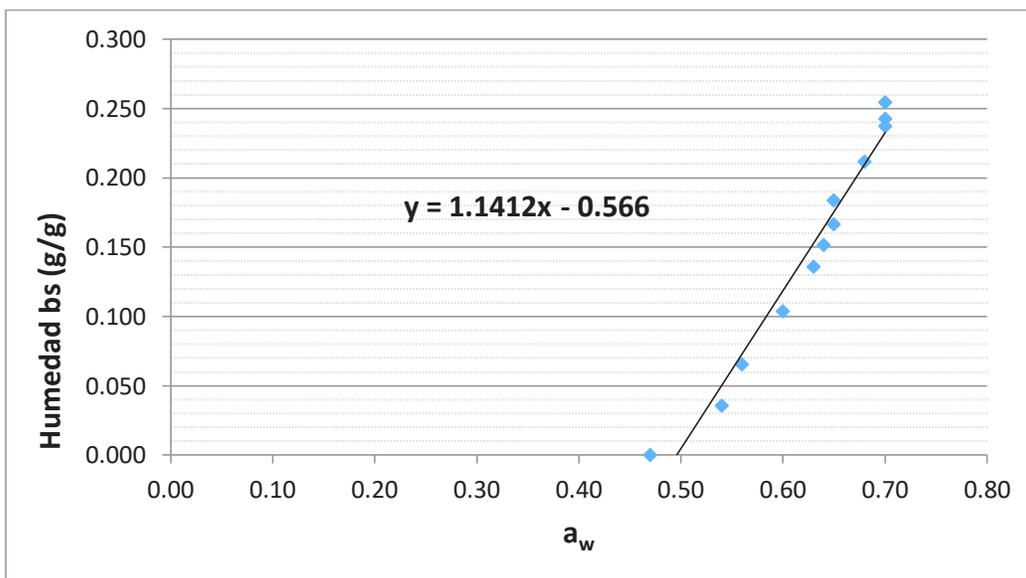


Figura 4.3 Isoterma de sorción de hoja de chaya deshidratada a 25°C y 80% Hr

La vida de anaquel se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$\ln\left(\frac{M_e - M_i}{M_e - M_f}\right) = \frac{B * A * P^\circ}{X * W_s * b}$$

Determinándose la humedad del alimento respecto al tiempo transcurrido hasta que se alcanza el valor de humedad crítica, y el alimento inicie su proceso de descomposición y por lo tanto no sea apto para su consumo.

Los datos necesarios para la aplicación de la ecuación de vida de anaquel se resumen en la Tabla 4.2

Tabla 4.2 Establecimiento de parámetros para el modelamiento de la vida de anaquel para la hoja de chaya deshidratada y en polvo

Humedad inicial base húmeda	Mih	0.0374
Humedad inicial base seca	Mi	0.0388
Humedad en equilibrio	Me	0.23722
Humedad crítica base seca	Mf	0.1
Peso seco (g)	Ws	350
Área del empaque (m ²)	A	0.03255
Espesor (m)	x	0.000052
Presión de vapor (Pa)	P°	2,368.447
Temperatura de almacenamiento (°C)	T	25
Permeabilidad al vapor de agua (g/m ² *Pa*día)	B	1.97598E-07
Ecuación linealizada	Y = Humedad base seca X = Actividad del agua	Y = 1.1412X + 0.566
Pendiente	b	1.1412

El valor de humedad crítica se considera como el valor de humedad alcanzado al final del periodo de velocidad secado constante e inicio del periodo de velocidad de secado decreciente, este se encuentra tabulado para diferentes alimentos, para el caso de la hoja de chaya la UNESCO en su “Guía de usos de secadores solares

para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carnes” establece un valor de 0.1.

Los resultados obtenidos en el modelamiento de la vida de anaquel para la hoja de chaya deshidratada se presentan en el anexo 20, la humedad crítica se alcanza en el periodo de 502.8377 días, Quiere decir que el producto obtenido tiene una vida útil de aproximadamente 503 días (1 año, 4 meses y 17 días aprox.), a las condiciones de almacenamiento y tipo de empaque establecidos en el ensayo.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

- Para la hoja de chaya se planteó un proceso de deshidratado a escala de laboratorio en el cual se controlaron las variables temperatura y tiempo, estableciéndose los parámetros para secado de: desinfección a partir de una dilución de 1 ml de hipoclorito de sodio al 4% por cada litro de agua y posteriormente inmersión durante 20 minutos para luego remojar y eliminar restos del desinfectante, aplicación de escaldado previo por inmersión en agua a ebullición durante 1 minuto, con un proceso de deshidratado a temperatura de 65°C durante 2 horas. Dichos parámetros pudieron adaptarse a condiciones de un secador solar en el municipio de Cinquera departamento de Cabañas, obteniéndose hoja de chaya deshidratada y en polvo que cumple con las características fisicoquímicas esperadas para entrar en clasificación de un alimento deshidratado; además, que cumple con los criterios microbiológicos establecidos por el RTCA 67.04.50.08.
- Se propusieron tres productos utilizando como materia prima hoja de chaya deshidratada o en polvo, se formuló: galleta salada tipo soda, snack de papa y nacho de maíz; a los cuales se realizó análisis sensoriales para determinar su preferencia y aceptabilidad, siendo los más aceptados para la hoja de chaya variedad mansa la galleta tipo soda con un 100% de preferencia entre los productos y 81.25% de aceptabilidad, mientras que para la variedad picuda el snack de papa obtuvo un 60% de preferencia entre los productos y una aceptabilidad del 75%.
- Se realizó análisis proximal a la hoja de chaya deshidratada de ambas variedades pudiendo constatar su alto valor nutricional. Para la variedad mansa se determinó un contenido de 46.11% de proteína, 12354.63 ppm de calcio y 219.98 ppm de hierro. Mientras que para la variedad picuda se determinó un contenido de 42.97% de proteína, 1148.79 ppm de calcio y 141.34 ppm de hierro. Los cuales por su elevada concentración de nutrientes se considera como una alternativa de alimentación nutritiva, de bajo costo y accesible para todos.

- La hoja de chaya fresca por su contenido de glucósido cianogénico (Linamarina), no es apta para su consumo ya que por medio de los análisis cualitativos de HCN se detectaron concentraciones entre los 20 a 30 ppm que pueden afectar la salud de las personas al ser ingerida de acuerdo a la dosis letal establecida, por lo que se debe realizar una operación de escaldado previa a su consumo lo cual fue comprobado de misma manera por análisis cualitativo mostrando una reducción significativa del contenido final de HCN a concentraciones menores de 1 ppm.
- Se generó curvas que modelan el comportamiento durante el proceso de deshidratado de las hojas de chaya a diferentes temperaturas de 60, 65 y 70°C; estado de madurez tierna y madura; tratamiento térmico previo escaldar y sin escaldar, analizando su efecto en las propiedades fisicoquímicas (a_w , acidez titulable, humedad), además se realizó cálculo de rendimiento para el proceso de deshidratado en el cual puede alcanzar hasta un 18.19%.
- El proceso de deshidratado es una alternativa viable para la conservación de la hoja de chaya habiéndose comprobado mediante un estudio de vida de anaquel presentando un tiempo de vida prolongado 503 días (1 año, 4 meses y 17 días aprox.)
- El resultado para las condiciones de manejo del polvo de la hoja de chaya presentó una alta cohesividad de 48.93% lo que significa que es un producto difícil de manipular generando pérdidas de productos en diferentes etapas industriales, necesitando fuerza mecánica para su fácil transporte.
- Se elaboró un plan maestro HACCP en donde se evaluó cada etapa del proceso determinándose tres puntos críticos de control el primero en la etapa de desinfección, el segundo en la etapa de escaldado y el tercero en la etapa de molienda. Además, se considera como punto de control la etapa de enfriamiento ya que existe la posibilidad de que ocurra una recontaminación.

RECOMENDACIONES

- Investigar si los factores ambientales (temperatura, altitud, humedad, tipo y estabilidad del terreno de cultivo) pueden afectar las características fitoquímicas de los cultivares de hoja chaya, así como pueden afectar la productividad de los cultivos, su composición química y contenido nutricional.
- Realizar investigaciones sobre la hoja de chaya, y otros forrajes nativos de nuestro territorio como alternativas alimentarias no solo para el consumo humano, sino también como se identificó en el municipio de Cinquera para la alimentación de diferentes tipos de animales.
- Promover la siembra y/o desarrollo de bancos forrajeros de hoja de chaya para poder facilitar el acceso a la población en general de tales alternativas, de manera que se utilicen al máximo sus propiedades tanto nutricionales como en otras posibles aplicaciones.
- Continuar con los estudios de glucósidos cianogénicos presentes en las hojas de chaya realizando una valoración cuantitativa para determinar las cantidades de cianuro presentes en la misma, por medio de HPLC utilizando su correspondiente estándar de referencia para la detección del contenido de glucósido cianogénico contenido en la hoja.
- Realizar un estudio de diseño de planta para la industrialización de la hoja de la chaya deshidratada o en polvo.
- Diseñar el comportamiento cinético de la reacción de hidrólisis de la linamarina.

REFERENCIAS

- Alvarado Arévalo, C. E. y Esquivel Landaverde A. R., (2016). Trabajo de grado: Evaluación de ingesta de nitritos y nitratos por consumo de embutidos de preferencia popular en el área metropolitana de San Salvador. San Salvador. Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, El Salvador.
- Alvarado Colorado, I. S., Miranda Torres, M. M., Rosales Barrera, G. B., y Tobar Menjívar, I. Y. (2016). Trabajo de grado: Obtención de una harina compuesta de trigo, semilla de ojushte (*Brosimum alicastrum*) y de plátano (*Musa sapientum*), para la formulación de productos de panadería. San Salvador. Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, El Salvador.
- Anduriña Alvarodíaz A. (2011). Determinación de las condiciones de preparación de la chaya cultivada en Cuba para ser consumida con seguridad como alimento. Universidad de La Habana. Instituto de Farmacia y Alimentos, La Habana Cuba. Recuperado a partir de: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:CsyhZeXo3YgJ:bdigital.reduniv.edu>.
- Caballero Torres, Á. E. (2008). Temas de Higiene de los Alimentos. La Habana, Cuba: Ciencias Médicas.
- Anzaldúa-Morales, A. 1993. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Editorial. Acribia, S. A. Zaragoza. España.
- Arrazola. G. 2013. Determinación de los compuestos cianogénicos amigdalina y prunasina en semillas de almendras (*Prunus dulcis* L.) mediante cromatografía líquida de alta resolución, Revista Colombiana de Química, volumen 42.

- American Society of Testing Materials ASTM STP434 1968. Manual on Sensory Testing Methods.
- Aurand, L.W., Woods, A.E., Wells, M.R. 1987. Food Composition and Analysis. An AVI Book, New York.
- Ayauca, C. W. B. (2005, 2006). Estudio del procesamiento tecnológico para la elaboración de un té a partir de la *cnidoscolus aconitifolius* (chaya). Universidad de Guayaquil, Guayaquil-Ecuador.
- Barbosa-Cánovas, G. V., & Vega-Mercado, H. (1996). Dehydration of Foods. New York United States of America: Chapman & Hall. Recuperado a partir de: <https://books.google.es/books>
- Cifuentes, R., Pöll, E., Bressani, R., y Yurrita, S. (2010). Caracterización botánica, molecular, agronómica y química de los cultivares de chaya (*cnidoscolus aconitifolius*) de Guatemala, (21), 34–49.
- CODEX ALIMENTARIUS (2016). Norma General para los Aditivos Alimentarios CODEX STAN 192-1995. Recuperado a partir de: http://www.fao.org/gsfonline/docs/CXS_192s.pdf
- Dergal, S. B. (2006). *Química de los alimentos* (4a ed.). Mexico: Pearson Educación. Recuperado a partir de: <http://depa.fquim.unam.mx>
- Duran Mendoza T. Guzmán Ceferino J., López Vázquez R., González Cortes N. y Silva Belmares S.Y.b (2010). Efecto del secado convencional sobre el contenido de polifenoles y taninos en la semilla de noni, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Mexico. Recuperado a partir de: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/4/93.pdf>

- Espinoza S, J. (2016). Innovation on solar dehydrator. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 24 (ESPECIAL), 72–80. Recuperado a partir de: <https://doi.org/10.4067/S0718-33052016000500010>
- Fennema, O. 1993. *Química de alimentos*; Acribia, segunda edición. España Recuperado a partir de: <https://sceqa.files.wordpress.com/2014/05/quc3admica-de-los-alimentos-fennema.pdf>
- Foust, L. A. Wenzel, C. W. Clump, L. Maus and L. B. Anderson, John Wiley & Sons, New York (1980), *Principles of unit operations*, 2nd Edition, A. S.
- FERTILAB. (2012). *Manual de muestreo de Suelo, Planta y Agua. FERTILAB*, 28. Recuperado a partir de: <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/PDF/Manual-de-Muestreo-3ra-Edicion.pdf>
- Geankoplis, C. J. (1998). *Procesos de transporte y operaciones unitarias* (3a ed.). México: Compañía Editorial Continental.
- Geldart, D. (1988). Heat transfer in high temperature fast fluidized beds. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article>
- López Gálvez, G., Kitinoja, D. K., y Kader. (1996, junio). *Manual de prácticas de manejo postcosecha de los productos hortofrutícolas a pequeña escala*. Recuperado el 22 de marzo de 2017, a partir de: <http://www.fao.org/Wairdocs/X5403S/x5403s0d.htm>
- Hernández, E. 2005. *Evaluación Sensorial*, Universidad Abierta y a Distancia Ed Colombia, Bogotá. Recuperado a partir de: <http://www.inocua.org/site/Archivos/libros>

- Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, INCAP. (2007). Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica (2a ed.). Guatemala.
- James, C.S. 1999. Analytical Chemistry of Foods: An Aspen Publication, Gaithersburg, Maryland.
- Kirk, R. S., Sawyer, R; Egan, H. 1996. Composición y análisis de alimentos de Pearson, segunda edición; Compañía editorial continental SA de CV, México.
- Torres Funes, H.Y y Zaldaña de Escobar, M.R, (2017). Trabajo de grado: Determinación de la vida de anaquel de horchata de morro elaborada artesanalmente y evaluación del tipo de empaque para su conservación. San Salvador. Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, El Salvador.
- Manfugas, J. 2007. Evaluación sensorial de los alimentos, Ministerio de Educación Superior, Editorial Universitaria, La Habana Cuba. Recuperado a partir de: <https://s47003acac0f1f7a3.jimcontent.com>
- Nielsen, S. 2003. Food Analysis Laboratory Manual; Kluwer Academic Plenum Publishers, Nueva York.
- Novoa, M. A. O., Palacios, C. A. M., y León, E. R. (1993, mayo). Manual de técnicas para laboratorio de nutrición de peces y crustáceos. Recuperado el 14 de agosto de 2017, a partir de: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB489S/AB489S03.htm>

- Olivares Bastidas, A. 2009. Estudio por espectrofotometría UV-Vis de la reacción entre los iones cianuro y picrato. Un ejemplo práctico de aplicaciones analíticas y estudios cinéticos Revista Colombiana de Química Volumen 38- N°1.
- Osborne & Voogt (1978). The Analysis of Nutrients in Foods Food Science and Technology. A Series of monographs Food science and technology. Academic Press.
- Orozco Andrade, A. (2013), trabajo de grado: Caracterización farmacobotánica de tres poblaciones del género Cnidoscopus (chaya) con fines de cultivo y comercialización. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de:
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3528.pdf
- Pearson. D; Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos; Acribia, S.A. Recuperado a partir de:
http://www.archivos.ujat.mx/2015/div_rios/MP-DAMR-LBR-R01.pdf
- Pedrero, D. L. y Pangborn, R. M. Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos. Recuperado a partir de:
https://www.researchgate.net/publication/31757048_Evaluacion_sensorial_de_los_alimentos_metodos_analiticos_DL_Pedrero_F_RM_Pangborn_prol_de_Eduardo_Mendez
- Pérez-González, M. Z., Gutiérrez-Rebolledo, G. A., y Jiménez -Arellanes, M. A. (2016). Importancia Nutricional, farmacológica y química de la chaya (Cnidoscopus chayamansa). revisión bibliográfica. 60, 20, 45.

- Rodríguez, M. (2014, septiembre). Trabajo de Grado: Determinación de ácido cianhídrico, polifenoles y flavonoides en malanga fresca y procesada (*Colocasia esculenta* L. Schott). Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz. Recuperado a partir de: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/38507/1/RodriguezMontemira.pdf>
- Ross-Ibarra, J. (2003). "Origen y domesticación de la chaya (*Cnidoscolus aconitifolius* Mill I. M. Johnston): La espinaca Maya", Universidad de Georgia USA. Recuperado a partir de: <http://www.rilab.org/pdfs/Ross-Ibarra-2003.pdf>
- Soto, M. R. (2014). Compuestos activos con capacidad hipoglucemiante en *Cnidoscolus chayamansa* (Chaya) *Euphorbia prostrata* (Hierba de la Golondrina) y *Jatropha dioica* (Sangre de Drago). Nuevo León. Recuperado a partir de: <http://eprints.uanl.mx/4076/1/1080253562.pdf>
- Treybal, R. E. (1970). Operaciones de Transferencia de Masa (2° ed). McGRAW-HILL.
- Valladolid Morocho, M. A. (2014). Trabajo de Grado: Determinación cuantitativa de glucósidos cianogénicos presentes en doce especies vegetales medicinales cultivadas en el Ecuador, Universidad Técnica de Machala Ecuador. Recuperado a partir de: <http://repositorio.utmachala.edu.ec>
- Frazier, W.C., y Westhoff, D.C. (1993). Microbiología de los Alimentos (4° ed.). Zaragoza (España): Editorial Acribia S. A. Recuperado a partir de: <http://booksmedicos.org/microbiologia-de-los-alimentos-4a-edicion/>

- Bagger, W. L. & Banchemo, J. T. (1970). Introducción a la Ingeniería Química (1a ed.). México: McGRAW-HILL.
- Watts, B. M.; Ylimayi, G. L.; Jeffery, L. E. y Elias, L. G. 1992. Basic sensory methods for Food Evaluation. International Development Research Center. Ottawa. Ontario. Canada. 3. Recuperado a partir de:
<https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/12666/IDL-12666.pdf?sequence=1>

ANEXOS

ANEXO 1 Tipos de secador solar.

Tabla A1.1 Tipos de secadores solares, descripción y esquema básico

Tipo de Secador	Descripción	Esquema del Modelo Básico
Cabina (Gabinete) directa	La cámara de secado es de vidrio y no usa un colector solar por separado	
Cabina (Gabinete) indirecta	Se usa un colector solar que está separado de la cámara de secado y que no tiene superficies transparentes	
Modelo Combinado	La cámara de secado está hecha de vidrio parcial o totalmente, y usa un colector solar por separado	
Túnel	Normalmente se usa un armazón metálico con 1 o 2 capas de plástico o vidrio. Generalmente se trata de un secador directo, pero puede ser indirecto si el plástico de la capa más interna es negro	
Túnel bajo	Secador directo semejante al anterior, pero se construye más cercano al suelo y normalmente solo contiene una sola capa de producto	
Tienda	Secador solar con marco recto en lugar de curvado	
Arcón (bin)	Cualquier secador, pero nominalmente indirecto, con flujo de aire forzado por convección que puede secar capas profundas (normalmente 300 mm o más) de producto	

Fuente: FAO (Gloria López-Gálvez, Dra. Kitinoja, & Dr. Kader, 1996)

ANEXO 2 Procedimiento para la detección cualitativa de HCN.

La detección cualitativa de HCN consiste en dos etapas fundamentales:

- La preparación de papel picrosódico.
- La inducción de la reacción de Guignard para evidenciar la presencia de HCN en las muestras de Chaya fresca y deshidratada.

Para la primera etapa se debe preparar una solución de ácido pícrico al 1% p/v y una solución de carbonato de sodio al 10 % p/v. Posteriormente se impregna una pieza de papel filtro (20 micras) con la solución de ácido pícrico y se deja secar en la oscuridad, luego se neutraliza impregnándolo con la solución de carbonato de sodio (aproximadamente de 5 a 10 gotas de cada solución) y se deja secar nuevamente en la oscuridad. En este punto en el papel debe haberse dado la formación del ion picrato, que ante la presencia de iones cianuro forma un complejo rojizo. El papel picrosódico debe almacenarse en lugares secos y con poca luz para evitar la oxidación.

La segunda etapa consiste en inducir la reacción de Guignard, para esto se debe colocar 0.5 gramos de la muestra (para el caso hoja de chaya fresca y deshidratada) en un Erlenmeyer con 15 ml de metanol, inmediatamente debe taparse con el papel picrosódico a modo que los gases que se produzcan entren en contacto con el papel, a continuación debe someterse a un baño María o calentamiento a 100 °C de 5 a 10 minutos, o hasta que los líquidos en la muestra se hayan evaporado completamente.

La intensidad del color del complejo formado debido a la presencia de HCN en las muestras, depende de su concentración, por lo que es posible realizar una comparación a partir de una escala para diferentes concentraciones de un estándar de KCN tal como se definió en el apartado 2.4.1.1.

ANEXO 3 Procedimiento para la detección cuantitativa de HCN.

La cuantificación del cianuro en las muestras se realizará de forma similar como se indica en el apartado de la Curva de Calibración de Cianuro.

- Primero, se conectará la fase móvil al equipo hasta que este se acondicione totalmente.
- Segundo, una vez acondicionado, se inyectarán manualmente las muestras frescas y procesadas a distintos estados de madures.
- Tercero, se calculará a través del software del equipo, el área del pico característico del CN- de las distintas muestras.

El equipo operará con las siguientes condiciones: Nova-Pak C18 columna de 300mmx3.9mm, que utiliza un detector UV con un rango de longitud de onda entre 195 a 370 nm. Se trabajará con una velocidad de flujo de 1.0 mL/min, usando agua:acetonitrilo (20:80) como fase móvil, inyectando 20 µL de la muestra, y la detección bajo UV a 218 nm, para la determinación de HCN. (Rodríguez M., 2014)

Para esta investigación se cuenta con una columna con el doble de dimensiones debido a que no se cuenta con la medida exacta según la referencia citada, es útil aunque la detección podría tomar más tiempo. Este ensayo será adaptado para la detección de HCN proveniente de la linamarina que es el glucósido cianogénico que se encuentra presente en la hoja de chaya.

En cuanto a la preparación de muestra se realizará la preparación del estándar de cianuro, para el equipo HPLC y en base a la referencia antes citada, el componente a utilizar como estándar es el cianuro de potasio (KCN) al 96 %, de igual manera en el laboratorio se utilizará este compuesto para elaborar la curva de calibración:

- Primero, se debe de preparar una solución madre para el estándar debido a que las concentraciones de cianuro en la chaya tanto para la variedad mansa como para la picuda son teóricamente bajas, a consecuencia de esa información se debe de preparar una curva de calibración que se adapte a dicho contenido, y para ello la concentración que se tiene que utilizar de CN- son bajas. Para el caso de la solución madre se debe de pesar el KCN en balanza analítica y

considerando su pureza, se preparará una solución de 1000 ppm de CN⁻ utilizando como solvente metanol al 99.8 % en un balón de 100 mL.

- Segundo, se tiene que preparar una solución intermedia, para reducir la concentración. Esto se realizará simplemente haciendo una dilución, tomando una alícuota de la solución madre con una pipeta graduada y aforar con metanol en un balón de 100 mL para obtener una concentración de CN⁻ de 100 ppm.
- Tercero, se prepararán cinco soluciones hijas de cianuro a distintas concentraciones de CN⁻ en balones de 10 ml, ya que el equipo HPLC trabaja con cantidades muy bajas de reactivos. Los cinco puntos que se prepararan son de 0, 10, 20, 30, 50 ppm, utilizando siempre metanol como disolvente.
- Cuarto, se tendrán que utilizar frascos ámbar, dos de 125 mL para solución madre e intermedia, y cinco de 20 mL para las soluciones hijas y se refrigerarán para su conservación.

Para elaborar la fase móvil, se tendrá que hacer una mezcla de acetonitrilo 99.8 % con agua ultra pura en proporción 80% y 20% respectivamente estas mediciones se realizarán con una probeta graduada, para preparar un litro de solución, las cuales se verterán a un frasco ámbar de 1 L y se almacenará en refrigeración.

Para realizar la curva de calibración en el equipo HPLC, se procede como:

- Primero se deben sumergir los estándares y la fase móvil en agua destilada dentro de un equipo desgasificador por 10 y 15 minutos respectivamente.
- Segundo, al frasco ámbar que contiene la fase móvil, se introducirá su respectivo inyector que conecta con la columna de detección del equipo.
- Tercero, se inyectarán manualmente los cinco puntos del estándar de cianuro, del apartado anterior, a la válvula de inyección, y se obtendrán espectros correspondientes a cada una de ellas, introducidas por triplicado desde la menor hasta la mayor concentración.
- Cuarto, se calculará a través del software instalado en la computadora del equipo, el área del pico característico del CN⁻.
- Quinto, con datos obtenidos del promedio de las áreas correspondientes a cada concentración de estándar, se graficará una curva de calibración donde las

abscisas será la concentración de cada uno de los estándares y las ordenadas las áreas de los espectros respectivo a cada concentración, para generar una regresión lineal de la forma $Y=aX+b$.

Preparación de las muestras de chaya

Una vez lavada, desinfectada y troceadas las muestras de chaya, se debe pesar en balanza analítica 0.2 g de muestra, cada muestra se extrae con 10 mL de metanol 99.8 % durante 12h a temperatura ambiente. Se realizarán extracciones de las muestras en presencia de 0.1 g de polivinilpolipirrolidona (Sigma) para asegurarse de que esté libre de pigmentos (por ejemplo, taninos, flavonoides y las clorofilas), que pueden interferir con la determinación cromatográfica. (Rodríguez M., 2014). Esto se realizará por triplicado, para las variedades mansa y picuda.

ANEXO 4 Diseño del análisis sensorial

Selección de panel sensorial

Objetivo: Seleccionar panelistas que tengan una agudeza en sus sentidos que les permita con facilidad identificar y cualificar olores, sabores, texturas de muestras de productos alimenticios, de manera oportuna.

Prueba por realizar: Discriminativa de sensibilidad para umbral de detección y umbral de reconocimiento.

Tipos de muestras: agua a diferentes concentraciones de cloruro de sodio, ácido cítrico, sacarosa y cafeína, los cuales se muestran en el anexo 7.

Procedimiento:

Seleccionar un panel de entre 20 a 25 personas las cuales estén dispuestas a participar de manera activa y que muestren interés en el estudio a realizar.

Se debe preparar 6 soluciones saladas (cloruro de sodio), ácidas (ácido cítrico) amargas (cafeína) y dulces (sacarosa). Las soluciones se preparan según lo descrito en la Tabla 2.5, usando como solvente agua destilada, utilizando una balanza analítica y matraces aforados para las soluciones.

A cada panelista se le presenta una bandeja con 6 soluciones en orden aleatorio de concentración de un mismo gusto (en vasos de 100 cc, codificados), un vaso de agua destilada para neutralizar, una hoja de respuestas (Anexo 16), lápiz grafito y borrador.

El panelista debe probar cada una de las muestras sin volver atrás en la evaluación e identificar con un "0" si percibió la muestra igual al agua de neutralización; con un "?" (Signo de interrogación) si captó un gusto distinto al agua, pero sin poder reconocerlo; y con el nombre del gusto si lo identificó. De esta manera se determinará la concentración a la cual el individuo es capaz de identificar el gusto correctamente.

Para obtener el porcentaje de acierto se considera como respuesta correcta la primera solución en la que el panelista identificó el gusto respectivo.

Analizar estadísticamente los datos y seleccionar a un grupo de panelistas entre 8 a 10 que hayan sido capaces de detectar y reconocer los diferentes sabores a las más bajas concentraciones, los cuales formaran parte del panel definitivo que pasara a la fase de entrenamiento. Para ello se utilizará el siguiente formulario:

SELECCIÓN DEL PANEL SENSORIAL

Hoja de respuestas para prueba de umbral de detección y reconocimiento

Nombre: _____

Fecha: _____

Instrucciones

Usted ha recibido una serie de distintas concentraciones de **uno de los cuatro gustos básicos** (dulce, salado, amargo o ácido). Las muestras están codificadas. Deguste cuidadosamente las muestras y en el orden en que fueron entregadas neutralizando con agua entre cada una de las degustaciones.

No está permitido volver atrás en la degustación. Describa el gusto de cada muestra y posibles sensaciones. Determine además la intensidad de cada muestra, según la escala siguiente:

Descripción del gusto columna (1)

0 = Ninguno o sólo agua.

? = Diferente del agua, pero el gusto no es identificable.

Ac: Acido Am: Amargo Dc: Dulce Sa: Salado

Intensidad del sabor columna (2)

0 = Ninguno sin sabor

1 = Débil

2 = Medio

3 = Intenso, Marcado

4 = Muy intenso, muy marcado

5 = Extremadamente intenso,
extremadamente marcado.

Código	Descripción del gusto (1)	Intensidad de sabor (2)

Entrenamiento del panel

Depurado el panel sensorial se procederá al entrenamiento del mismo, lo cual consistirá en una capacitación sobre la hoja de chaya y su aplicación con fines alimenticios, además se hará un acercamiento a los productos formulados con el fin de que el panel se familiarice con las propiedades organolépticas de la hoja de chaya, para este proceso se establece 3 jornadas de 2 horas. Posteriormente se evaluará su progreso con el siguiente formulario:

Hoja de respuestas para sesión de entrenamiento Panel Sensorial Seleccionado

N° de panelista asignado: _____ N° de sesión de entrenamiento: _____

Instrucciones

Con el fin de acostumbrar sus sentidos del gusto y olfato a productos que contengan hoja de chaya, a continuación se le presentan cuatro muestras A, B, C y D las cuales algunas contienen hoja de chaya y otras no. En la primera parte se evaluará su detección en cuanto a sabor y en la segunda parte su detección en cuanto a olor.

1. Basándose en el sabor del producto por favor maque con una equis “X” la muestras que considera que si tienen chaya como parte de sus ingredientes

MUESTRA A	MUESTRA B	MUESTRA C	MUESTRA D
--------------	--------------	--------------	--------------

2. Basándose en el olor del producto por favor maque con una equis “X” la muestras que considera que si tienen chaya como parte de sus ingredientes

MUESTRA A	MUESTRA B	MUESTRA C	MUESTRA D
--------------	--------------	--------------	--------------

ANEXO 5: Datos para la obtención de curvas de secado

Especie: Cnidoscolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 60 °C

Variedad: Mansa

Estado de Madurez: Madura

Tipo de Procesamiento: Con escaldar

Código: MME60

Tabla A5.1 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra MME60 utilizados para construir el gráfico humedad versus tiempo

Tiempo (min)	N°	W (g)	S _s (g)	S _h (g)	H _i (g)	H _T ($\frac{g H_2O}{g de S_s}$)	H _P (g)	Temp (°C)
0	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	0.5000	0.4200	5.2500	0.0000	25.000
15	1	0.5000	16.5700	0.3700	0.2900	3.6250	0.1300	55.00
	2	0.5000	14.9700	0.3800	0.3000	3.7500	0.1200	
30	3	0.5000	16.5800	0.2700	0.1900	2.3750	0.2300	55.00
	4	0.5000	14.8800	0.2300	0.1500	1.8750	0.2700	
45	5	0.5000	15.6900	0.1900	0.1100	1.3750	0.3100	57.20
	6	0.5000	16.4400	0.1800	0.1000	1.2500	0.3200	
60	7	0.5000	16.1900	0.1600	0.0800	1.0000	0.3000	62.00
	8	0.5000	14.9600	0.1600	0.0800	1.0000	0.3400	
75	9	0.5000	14.7400	0.1400	0.0600	0.7500	0.3600	67.80
	10	0.5000	14.7400	0.1300	0.0600	0.7500	0.3700	
90	11	0.5000	16.3900	0.1400	0.0600	0.7500	0.3600	56.00
	12	0.5000	14.7600	0.1000	0.0200	0.2500	0.4000	
105	13	0.5000	15.9500	0.1000	0.0200	0.2500	0.4000	65.10
	14	0.5000	15.7800	0.1000	0.0200	0.2500	0.3800	
120	15	0.5000	15.8500	0.0800	Constante	Constante	Constante	57.10
	16	0.5000	14.7400	0.0800	Constante	Constante	Constante	

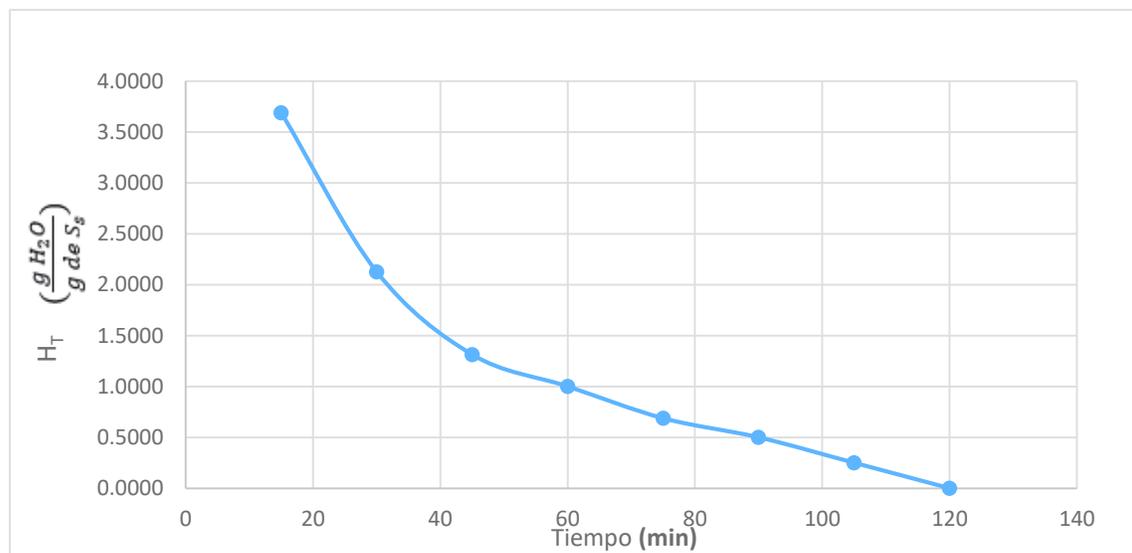


Figura A5.1 Curva de secado Humedad Total versus Tiempo para la muestra MME60

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 60 °C

Variedad: Mansa

Estado de Madurez: Madura

Tipo de Procesamiento: Con escaldar

Código: MME60

Tabla A5.2 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra MME60 utilizados para construir el gráfico velocidad de secado versus humedad

Tiempo (min)	$H_T \left(\frac{g H_2O}{g de S_s} \right)$	Temp (° C)	H_P (g)	$V_s \left(\frac{g H_2O}{S \times \text{gramos de } S_s} \right)$
0	5.2500	25.0000	0.0000	-
15	3.6875	55.0000	0.1250	0.0217
30	2.1250	55.0000	0.2500	0.0217
45	1.3125	57.2000	0.3150	0.0113
60	1.0000	62.0000	0.3200	0.0043
75	0.7500	67.8000	0.3650	0.0035
90	0.5000	56.0000	0.3800	Constante
105	0.2500	65.1000	0.3900	Constante
120	Constante	57.1000	0.4200	Constante

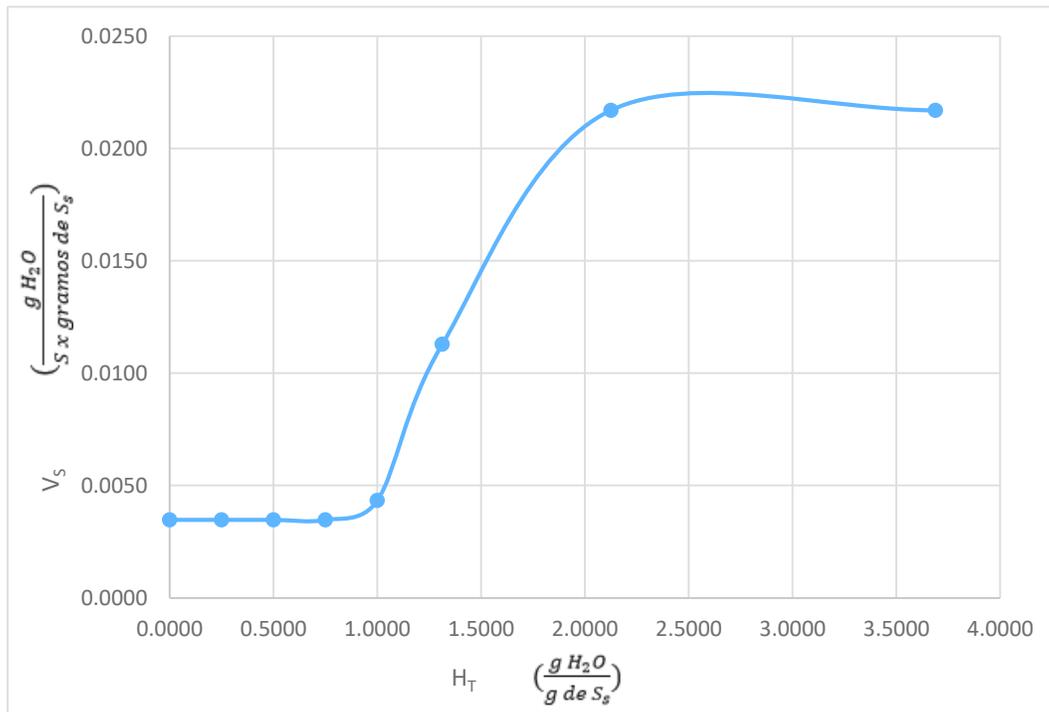


Figura A5.2 Curva de secado Velocidad de secado versus Humedad Total para la muestra MME60

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 60 °C

Variedad: Mansa

Estado de Madurez: Madura

Tipo de Procesamiento: Sin escaldar

Código: MMS60

Tabla A5.3 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra MMS60 utilizados para construir el gráfico humedad versus tiempo

Tiempo (min)	N°	W (g)	S _s (g)	S _h (g)	H _i (g)	$H_T \left(\frac{g H_2O}{g de S_s} \right)$	H _p (g)	Temp (°C)
0				0.5000	0.3900	3.5455	0.0000	22.00
15	17	0.5000	16.7100	0.3900	0.2800	2.5455	0.1100	55.00
	18	0.5000	16.5700	0.3900	0.2800	2.5455	0.1100	
30	19	0.5000	14.9600	0.3000	0.1900	1.7273	0.2000	55.00
	20	0.5000	16.2200	0.3100	0.2000	1.8182	0.1900	
45	21	0.5000	15.7900	0.2400	0.1300	1.1818	0.2600	57.20
	22	0.5000	15.9200	0.2400	0.1300	1.1818	0.2600	
60	23	0.5000	15.9000	0.1900	0.0800	0.7273	0.3100	62.00
	24	0.5000	15.8900	0.2000	0.0900	0.8182	0.3000	
75	25	0.5000	16.4700	0.1800	0.0700	0.6364	0.3200	67.80
	26	0.5000	16.3300	0.1600	0.0500	0.4545	0.3400	
90	27	0.5000	14.9600	0.1600	0.0500	0.4545	0.3400	56.00
	28	0.5000	15.3200	0.1400	0.0300	0.2727	0.3600	
105	29	0.5000	15.9500	0.1400	0.0300	0.2727	0.3600	65.10
	30	0.5000	15.4500	0.1200	0.0100	0.0909	0.3800	
120	31	0.5000	16.2200	0.1100	Constante	Constante	Constante	57.10
	32	0.5000	16.0600	0.1100	Constante	Constante	Constante	

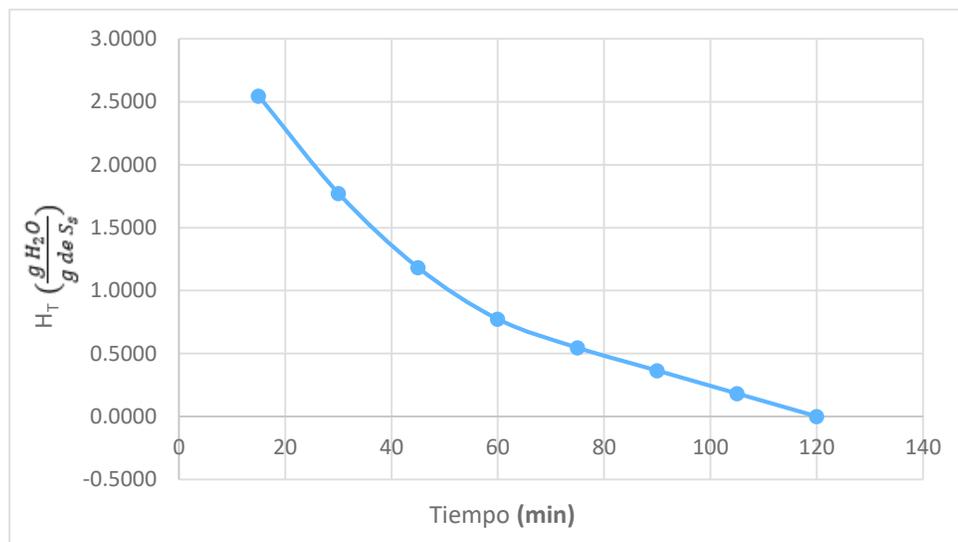


Figura A5.3 Curva de secado Humedad Total versus Tiempo para la muestra MMS60

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 60 °C

Variedad: Mansa

Estado de Madurez: Madura

Tipo de Procesamiento: Sin escaldar

Código: MMS60

Tabla A5.4 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra MMS60 utilizados para construir el gráfico velocidad de secado versus humedad

Tiempo (min)	$H_T \left(\frac{g H_2O}{g de S_s} \right)$	Temp (° C)	H_P (g)	$V_s \left(\frac{g H_2O}{S \times \text{gramos de } S_s} \right)$
0	4.0000	22.0000	0.0000	-
15	2.5455	55.0000	0.1100	0.0147
30	1.7727	55.0000	0.1950	0.0078
45	1.1818	57.2000	0.2600	0.0060
60	0.7727	62.0000	0.3050	0.0041
75	0.5455	67.8000	0.3300	0.0023
90	0.3636	56.0000	0.3500	0.0018
105	0.1818	65.1000	0.3700	Constante
120	Constante	57.1000	0.3900	Constante

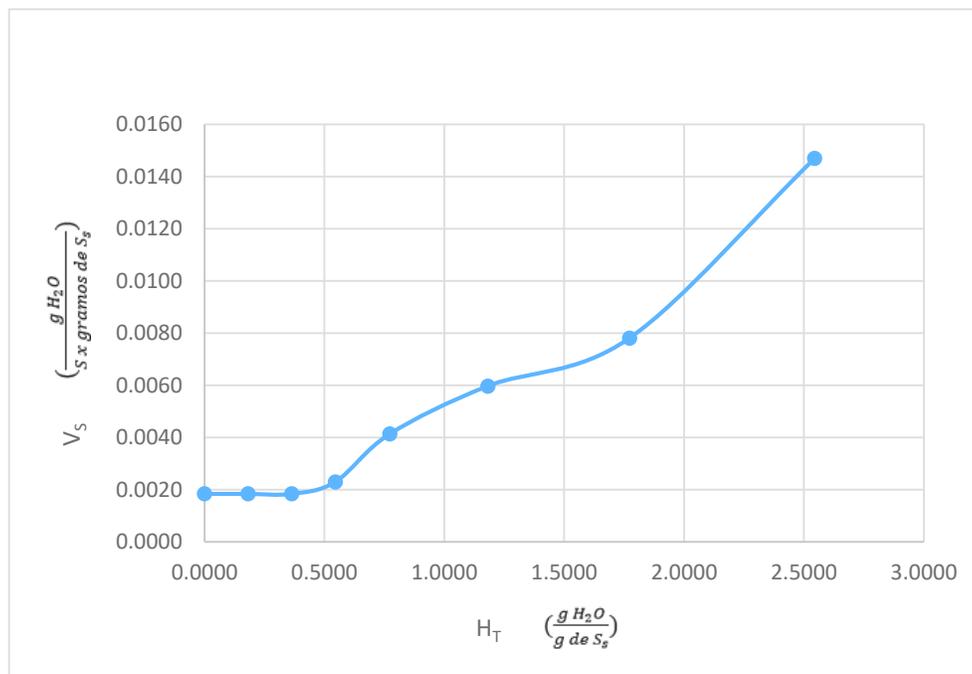


Figura A5.4 Curva de secado Velocidad de secado versus Humedad Total para la muestra MMS60

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 60 °C

Variedad: Mansa

Estado de Madurez: Tierna

Tipo de Procesamiento: Con escaldar

Código: MTE60

Tabla A5.5 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra MTE60 utilizados para construir el gráfico humedad versus tiempo

Tiempo (min)	N°	W (g)	S _s (g)	S _n (g)	H _i (g)	H _T ($\frac{g H_2O}{g de S_s}$)	H _P (g)	Temp (°C)
0				0.3000	0.2500	5.0000	0.0000	23.00
15	23	0.3000	16.0200	0.1700	0.1200	2.4000	0.1300	55.00
	24	0.3000	14.7200	0.1600	0.1100	2.2000	0.1400	
30	25	0.3000	15.8200	0.1300	0.0800	1.6000	0.1700	55.00
	26	0.3000	16.3700	0.1100	0.0600	1.2000	0.1900	
45	27	0.3000	14.9100	0.1000	0.0500	1.0000	0.2000	57.20
	28	0.3000	16.3800	0.0900	0.0400	0.8000	0.2100	
60	29	0.3000	16.3300	0.0700	0.0200	0.4000	0.2300	62.00
	30	0.3000	16.2900	0.0900	0.0400	0.8000	0.2100	
75	31	0.3000	16.4100	0.0800	0.0300	0.6000	0.2200	67.80
	32	0.3000	14.7300	0.0700	0.0200	0.4000	0.2300	
90	33	0.3000	15.6400	0.0800	0.0300	0.6000	0.2200	56.00
	34	0.3000	15.7500	0.0600	0.0100	0.2000	0.2400	
105	35	0.3000	14.6300	0.0600	0.0100	0.2000	0.2400	65.10
	36	0.3000	14.5900	0.0700	0.0200	0.4000	0.2300	
120	37	0.3000	15.3800	0.0600	0.0100	0.2000	0.2400	57.10
	38	0.3000	14.7200	0.0600	0.0100	0.2000	0.2400	
135	39	0.3000	15.5000	0.0600	0.0100	0.2000	0.2400	56.70
	40	0.3000	14.7500	0.0500	Constante	Constante	0.2500	
150	41	0.3000	16.0500	0.0500	Constante	Constante	Constante	65.10
	42	0.3000	14.2100	0.0500	Constante	Constante	Constante	

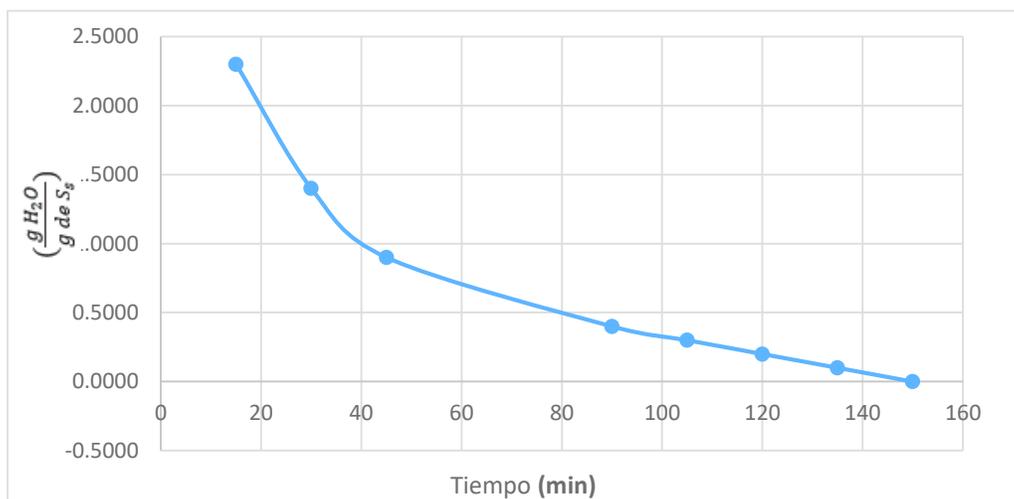


Figura A5.5 Curva de secado Humedad Total versus Tiempo para la muestra MTE60

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 60 °C

Variedad: Mansa

Estado de Madurez: Tierna

Tipo de Procesamiento: Con escaldar

Código: MTE60

Tabla A5.6 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra MTE60 utilizados para construir el gráfico velocidad de secado versus humedad

Tiempo (min)	$H_T \left(\frac{g H_2O}{g de S_s} \right)$	Temp (° C)	H_P (g)	$V_s \left(\frac{g H_2O}{S \times \text{gramos de } S_s} \right)$
0	5.0000	23.0000	0.0000	-
15	2.3000	55.0000	0.1350	0.0600
30	1.4000	55.0000	0.1800	0.0200
45	0.9000	57.2000	0.2050	0.0111
90	0.4000	56.0000	0.2300	0.0037
105	0.3000	65.1000	0.2350	0.0022
120	0.2000	57.1000	0.2400	Constante
135	0.1000	56.7000	0.2450	Constante
150	Constante	65.1000	0.2500	Constante

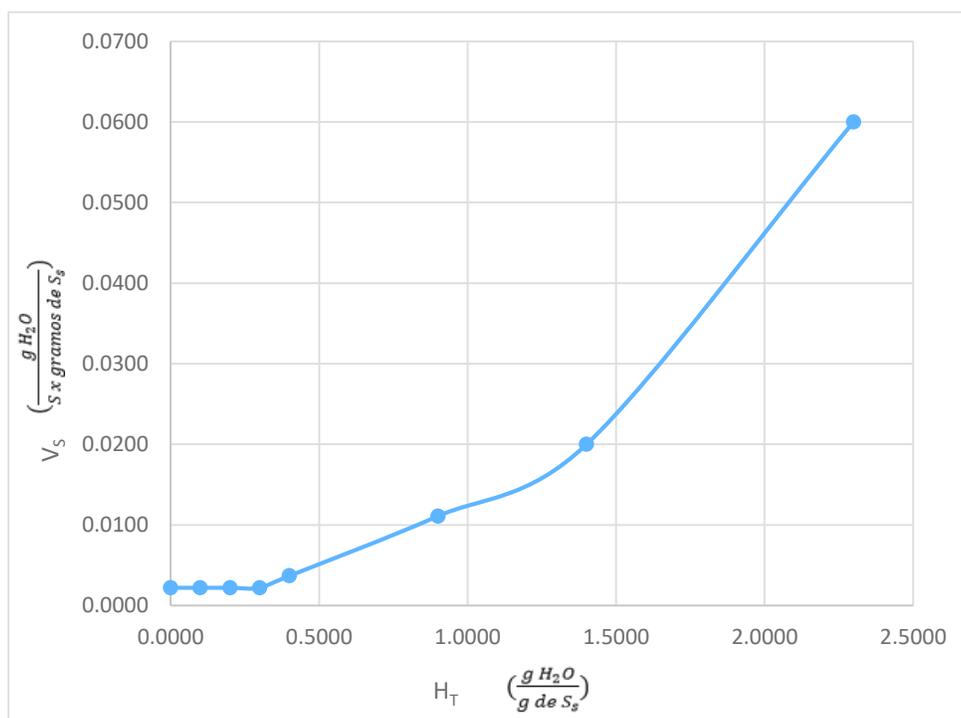


Figura A5.6 Curva de secado Velocidad de secado versus Humedad Total para la muestra MTE60

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 60 °C

Variiedad: Mansa

Estado de Madurez: Tierna

Tipo de Procesamiento: Sin escaldar

Código: MTS60

Tabla A5.7 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra MTS60 utilizados para construir el gráfico velocidad de humedad versus tiempo

Tiempo (min)	N°	W (g)	S _s (g)	S _h (g)	H _l (g)	H _T ($\frac{g H_2O}{g de S_s}$)	H _P (g)	Temp (°C)
0				0.3000	0.2500	5.0000	0.0000	23.00
15	1	0.3000	16.2000	0.2100	0.1600	3.2000	0.0900	55.00
	2	0.3000	14.8400	0.2200	0.1700	3.4000	0.0800	
30	3	0.3000	16.1400	0.1700	0.1200	2.4000	0.1300	55.00
	4	0.3000	14.9200	0.1600	0.1100	2.2000	0.1400	
45	5	0.3000	16.3500	0.1300	0.0800	1.6000	0.1700	57.20
	6	0.3000	14.7400	0.1300	0.0800	1.6000	0.1700	
60	7	0.3000	15.7500	0.1000	0.0500	1.0000	0.2000	62.00
	8	0.3000	15.2900	0.1000	0.0500	1.0000	0.2000	
75	9	0.3000	14.7200	0.1000	0.0500	1.0000	0.2000	67.80
	10	0.3000	15.9300	0.0800	0.0300	0.6000	0.2200	
90	11	0.3000	16.3200	0.0700	0.0200	0.4000	0.2300	56.00
	12	0.3000	15.6400	0.0800	0.0300	0.6000	0.2200	
105	13	0.3000	16.2300	0.0600	0.0100	0.2000	0.2400	65.10
	14	0.3000	14.6600	0.0700	0.0200	0.4000	0.2300	
120	15	0.3000	15.5500	0.0600	0.0100	0.2000	0.2200	57.10
	16	0.3000	14.7400	0.0600	0.0100	0.2000	0.2400	
135	17	0.3000	15.7500	0.0600	0.0100	0.2000	0.2300	56.70
	18	0.3000	15.7500	0.0600	0.0100	0.2000	0.2400	
150	19	0.3000	15.8800	0.0600	0.0100	0.2000	0.2300	65.10
	20	0.3000	16.1500	0.0600	0.0100	0.2000	0.2400	
165	21	0.3000	15.3800	0.0600	Constante	Constante	Constante	56.00
	22	0.3000	15.9800	0.0600	Constante	Constante	Constante	

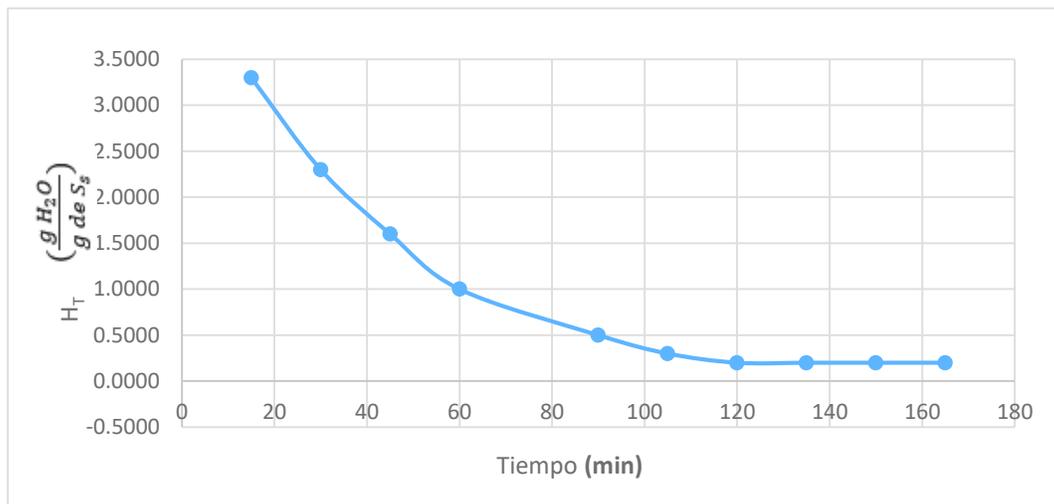


Figura A5.7 Curva de secado Humedad Total versus Tiempo para la muestra MTS60

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 60 °C

Variiedad: Mansa

Estado de Madurez: Tierna

Tipo de Procesamiento: Sin escaldar

Código: MTS60

Tabla A5.8 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra MTS60 utilizados para construir el gráfico velocidad de secado versus humedad

Tiempo (min)	$H_T \left(\frac{g H_2O}{g de S_s} \right)$	Temp (° C)	H_P (g)	$V_s \left(\frac{g H_2O}{s \times gramos de S_s} \right)$
0.0000	5.0000	23.0000	0.0000	-
15	3.3000	55.0000	0.0850	0.0315
30	2.3000	55.0000	0.1350	0.0185
45	1.6000	57.2000	0.1700	0.0130
60	1.0000	62.0000	0.2000	0.0111
90	0.5000	56.0000	0.2250	0.0046
105	0.3000	65.1000	0.2350	0.0037
120	0.2000	57.1000	0.2300	0.0019
135	Constante	56.7000	0.2350	Constante
150	Constante	65.1000	0.2350	Constante
165	Constante	56.0000	0.2400	Constante

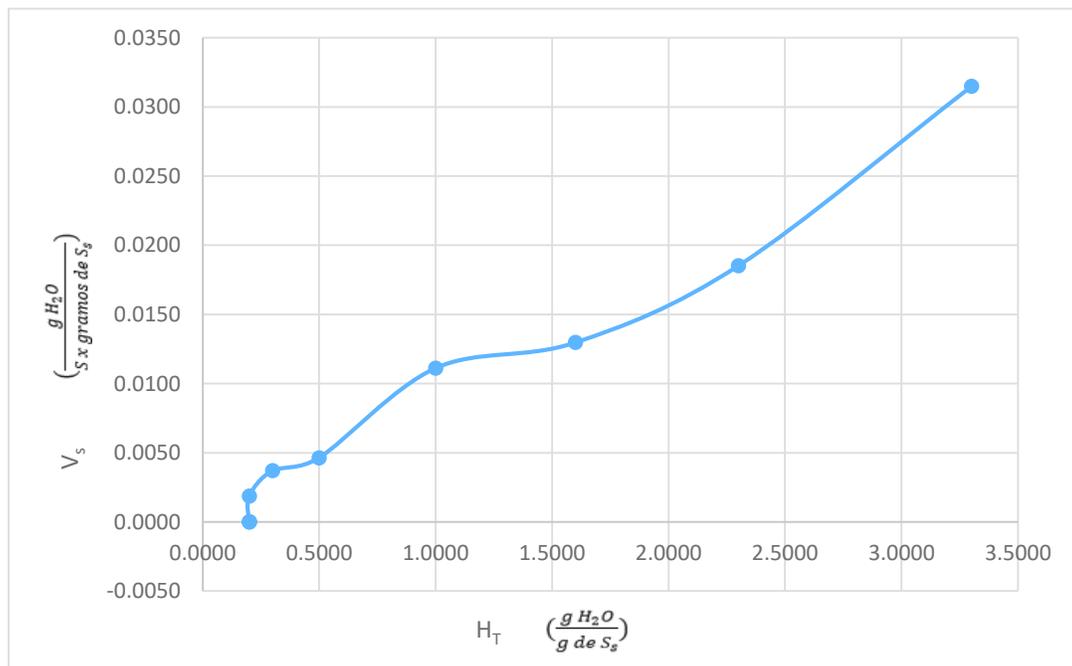


Figura A5.8 Curva de secado Velocidad de secado versus Humedad Total para la muestra MTS60

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 65 °C

Variedad: Mansa

Estado de Madurez: Madura

Tipo de Procesamiento: Con escaldar

Código: MME65

Tabla A5.9 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra MME65 utilizados para construir el gráfico humedad versus tiempo

Tiempo (min)	N°	W (g)	S _s (g)	S _h (g)	H _i (g)	$H_T \left(\frac{g H_2O}{g de S_s} \right)$	H _P (g)	Temp (°C)	a _w
0				0.5000	0.4000	4.0000	0.0000	23.00	
15	1	0.5000	14.9500	0.2900	0.1900	1.9000	0.2100	63.90	0.89
	2	0.5000	16.0100	0.3300	0.2300	2.3000	0.1700		
30	3	0.5000	16.4300	0.2500	0.1500	1.5000	0.2500	66.20	0.88
	4	0.5000	15.9200	0.2400	0.1400	1.4000	0.2600		
45	5	0.5000	16.3800	0.2000	0.1000	1.0000	0.3000	67.80	0.80
	6	0.5000	14.8200	0.2500	0.1500	1.5000	0.2500		
60	7	0.5000	15.3200	0.1300	0.0300	0.3000	0.3700	65.00	0.49
	8	0.5000	16.4300	0.1400	0.0400	0.4000	0.3600		
75	9	0.5000	16.2900	0.1200	0.0200	0.2000	0.3800	67.90	0.45
	10	0.5000	16.1200	0.1200	0.0200	0.2000	0.3800		
90	11	0.5000	16.4400	0.1200	0.0200	0.2000	0.3800	67.00	0.31
	12	0.5000	14.7200	0.1100	0.0100	0.1000	0.3900		
105	13	0.5000	16.3700	0.1100	0.0100	0.1000	0.3900	63.90	0.31
	14	0.5000	15.7800	0.1100	0.0100	0.1000	0.3900		
120	15	0.5000	14.7500	0.1100	Constante	Constante	Constante	67.40	0.31
	16	0.5000	14.7700	0.1000	Constante	Constante	Constante		

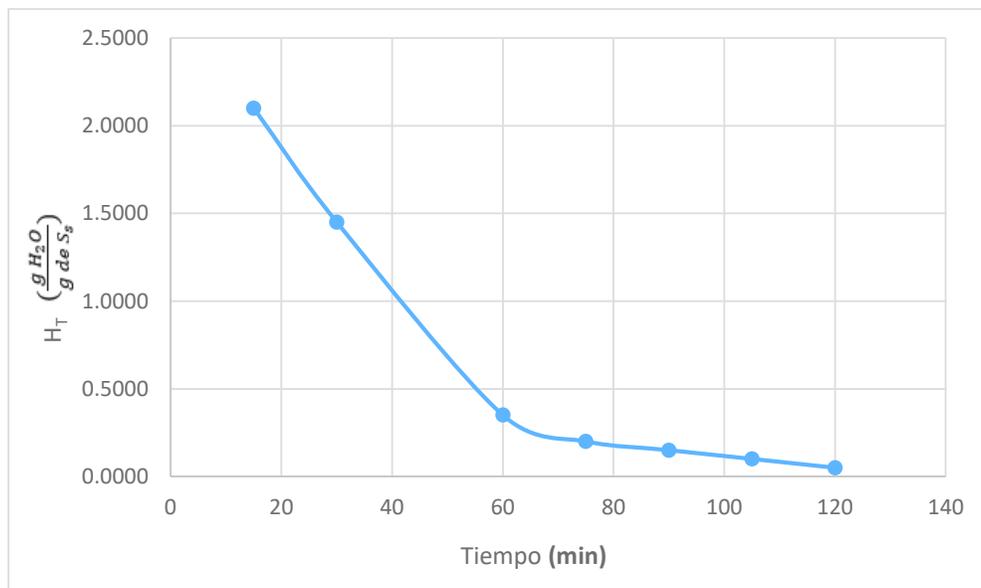


Figura A5.9 Curva de secado Humedad Total versus Tiempo para la muestra MME65

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 65 °C

Variedad: Mansa

Estado de Madurez: Madura

Tipo de Procesamiento: Con escaldar

Código: MME65

Tabla A5.10 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra MME65 utilizados para construir el gráfico velocidad de secado versus humedad

Tiempo (min)	$H_T \left(\frac{g H_2O}{g de S_s} \right)$	Temp (° C)	H_P (g)	$V_s \left(\frac{g H_2O}{S \times \text{gramos de } S_s} \right)$
0	4.0000	23.0000	0.0000	-
15	2.1000	63.9000	0.1900	0.0211
30	1.4500	66.2000	0.2550	0.0072
60	0.3500	65.0000	0.3650	0.0061
75	0.2000	67.9000	0.3800	0.0017
90	0.1500	67.0000	0.3850	0.0006
105	0.1000	63.9000	0.3900	Constante
120	0.0500	67.4000	0.3950	Constante

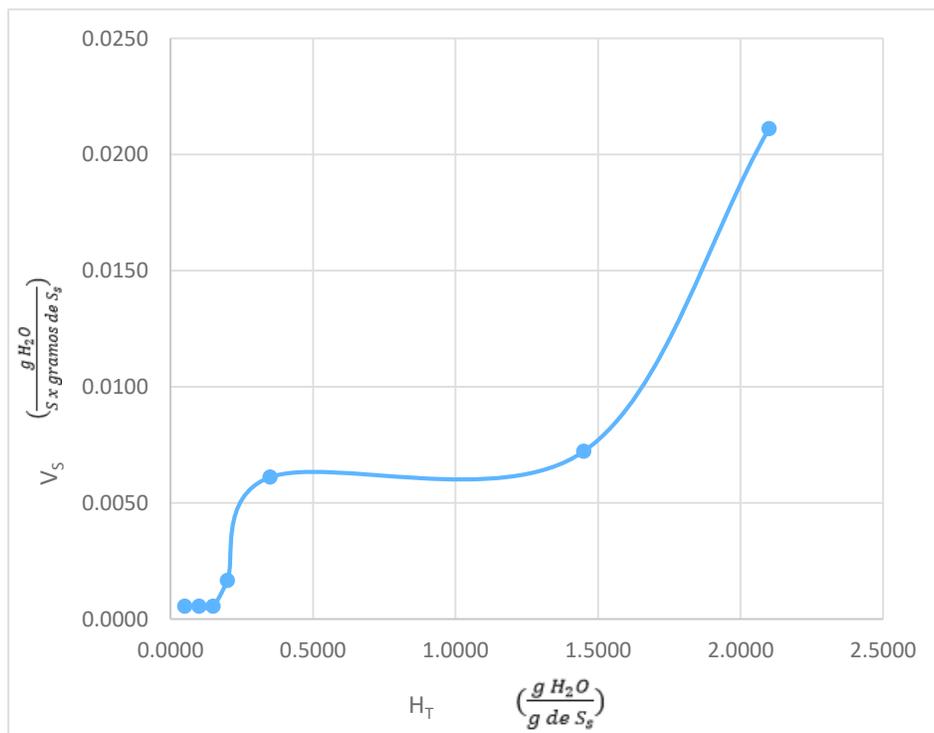


Figura A5.10 Curva de secado Velocidad de secado versus Humedad Total para la muestra MME65

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 65 °C

Variedad: Mansa

Estado de Madurez: Madura

Tipo de Procesamiento: Sin escaldar

Código: MMS65

Tabla A5.11 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra MME60 utilizados para construir el gráfico humedad versus tiempo

Tiempo (min)	N°	W (g)	S _s (g)	S _h (g)	H _l (g)	H_T $(\frac{g H_2O}{g de S_s})$	H _P (g)	Temp (°C)	a _w
0									
				0.5000	0.4000	4.0000	0.0000	23.00	
15	1	0.5000	15.7300	0.4000	0.3000	3.0000	0.1000	63.90	0.86
	2	0.5000	16.0900	0.4000	0.3000	3.0000	0.1000		
30	3	0.5000	14.4800	0.3200	0.2200	2.2000	0.1800	66.20	0.83
	4	0.5000	16.5600	0.3200	0.2200	2.2000	0.1800		
45	5	0.5000	16.5200	0.2500	0.1500	1.5000	0.2500	67.80	0.76
	6	0.5000	15.0200	0.2400	0.1400	1.4000	0.2600		
60	7	0.5000	14.7900	0.2000	0.1000	1.0000	0.3000	65.00	0.68
	8	0.5000	16.1900	0.2000	0.1000	1.0000	0.3000		
75	9	0.5000	14.7600	0.1600	0.0600	0.6000	0.3400	67.90	0.54
	10	0.5000	16.4000	0.1900	0.0900	0.9000	0.3100		
90	11	0.5000	14.7400	0.1500	0.0500	0.5000	0.3500	67.00	0.54
	12	0.5000	16.0600	0.1400	0.0400	0.4000	0.3600		
105	13	0.5000	16.0800	0.1300	0.0300	0.3000	0.3700	63.90	0.38
	14	0.5000	16.3200	0.1100	0.0100	0.1000	0.3900		
120	15	0.5000	15.8800	0.1000	Constante	Constante	0.4000	67.40	0.38
	16	0.5000	14.7200	0.1000	Constante	Constante	Constante		

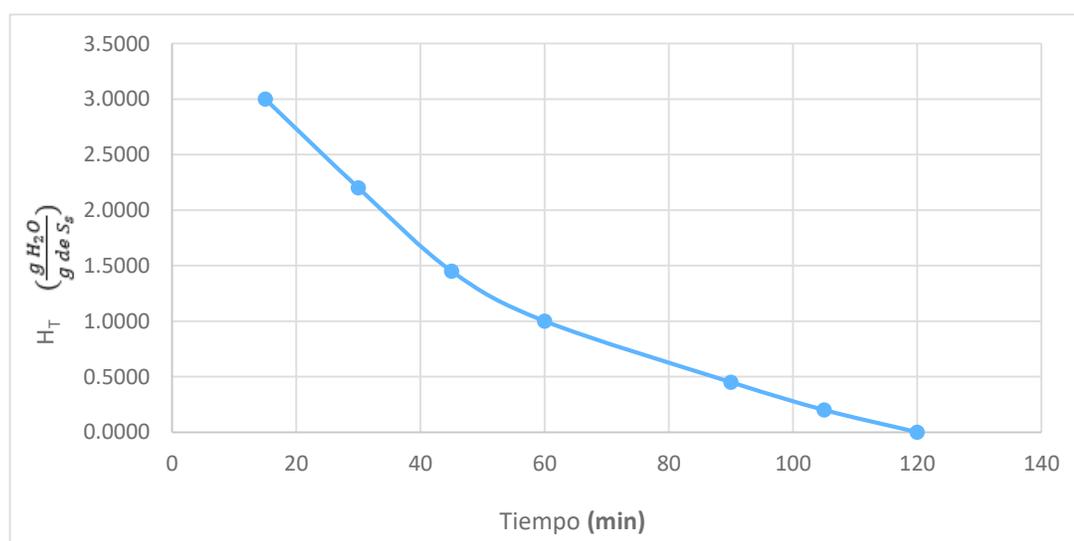


Figura A5.11 Curva de secado Humedad Total versus Tiempo para la muestra MMS65

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 65 °C

Variedad: Mansa

Estado de Madurez: Madura

Tipo de Procesamiento: Sin escaldar

Código: MMS65

Tabla A5.12 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra MMS65 utilizados para construir el gráfico velocidad de secado versus humedad

Tiempo (min)	$H_T \left(\frac{g H_2O}{g de S_s} \right)$	Temp (° C)	H_P (g)	$V_s \left(\frac{g H_2O}{S \times gramos de S_s} \right)$
0	4.0000	23.0000	0.0000	-
15	3.0000	63.9000	0.1000	0.0111
30	2.2000	66.2000	0.1800	0.0089
45	1.4500	67.8000	0.2550	0.0083
60	1.0000	65.0000	0.3000	0.0050
90	0.4500	67.0000	0.3550	0.0031
105	0.2000	63.9000	0.3800	0.0028
120	Constante	67.4000	0.4000	0.0022

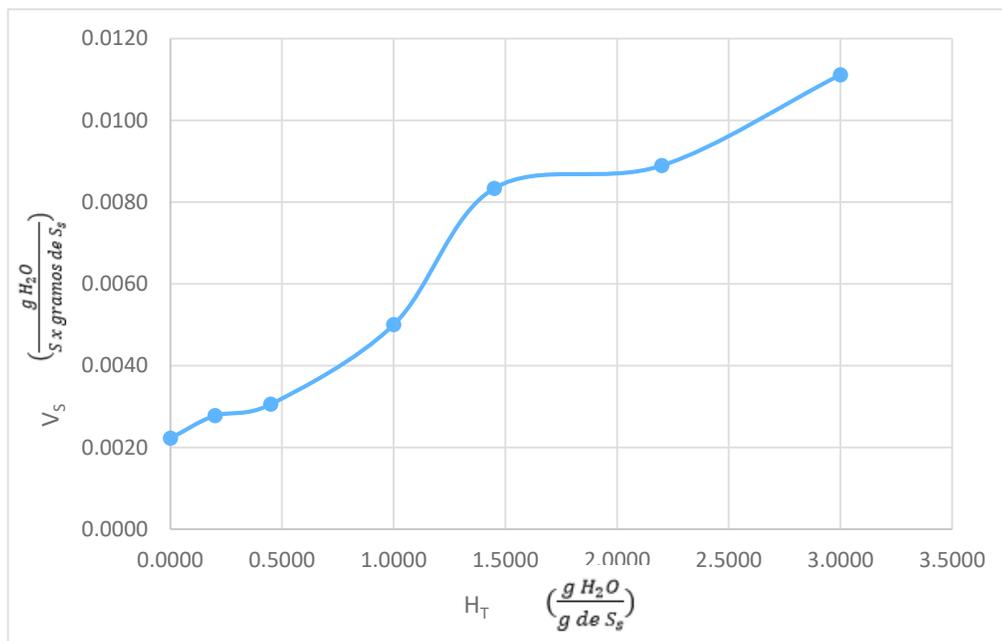


Figura A5.12 Curva de secado Velocidad de secado versus Humedad Total para la muestra MMS65

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 65 °C

Variedad: Mansa

Estado de Madurez: Tierna

Tipo de Procesamiento: Con escaldar

Código: MTE65

Tabla A5.13 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra MTE65 utilizados para construir el gráfico humedad versus tiempo

Tiempo (min)	N°	W (g)	S _s (g)	S _h (g)	H _i (g)	H _T ($\frac{g H_2O}{g de S_s}$)	H _P (g)	Temp (°C)	a _w
0				0.5000	0.3900	3.5455	0.0000	23.00	
15	1	0.5000	16.2300	0.3800	0.2700	2.4545	0.1200	64.20	0.92
	2	0.5000	15.8100	0.3800	0.2700	2.4545	0.1200		
30	3	0.5000	15.8800	0.2600	0.1500	1.3636	0.2400	62.00	0.85
	4	0.5000	15.0500	0.2700	0.1600	1.4545	0.2300		
45	5	0.5000	16.0400	0.1800	0.0700	0.6364	0.3200	65.70	0.80
	6	0.5000	16.4100	0.1800	0.0700	0.6364	0.3200		
60	7	0.5000	15.8700	0.1700	0.0600	0.5455	0.3300	62.70	0.57
	8	0.5000	16.1800	0.1600	0.0500	0.4545	0.3400		
75	9	0.5000	16.4300	0.1400	0.0300	0.2727	0.3600	66.40	0.53
	10	0.5000	14.7800	0.1500	0.0400	0.3636	0.3500		
90	11	0.5000	16.4100	0.1300	0.0200	0.1818	0.3700	65.80	0.47
	12	0.5000	16.0800	0.1300	0.0200	0.1818	0.3700		
105	13	0.5000	14.7700	0.1200	0.0100	0.0909	0.3800	65.40	0.36
	14	0.5000	15.6000	0.1100	Constante	Constante	0.3900		
120	15	0.5000	15.7900	0.1100	Constante	Constante	Constante	65.20	0.36
	16	0.5000	14.9300	0.1100	Constante	Constante	Constante		

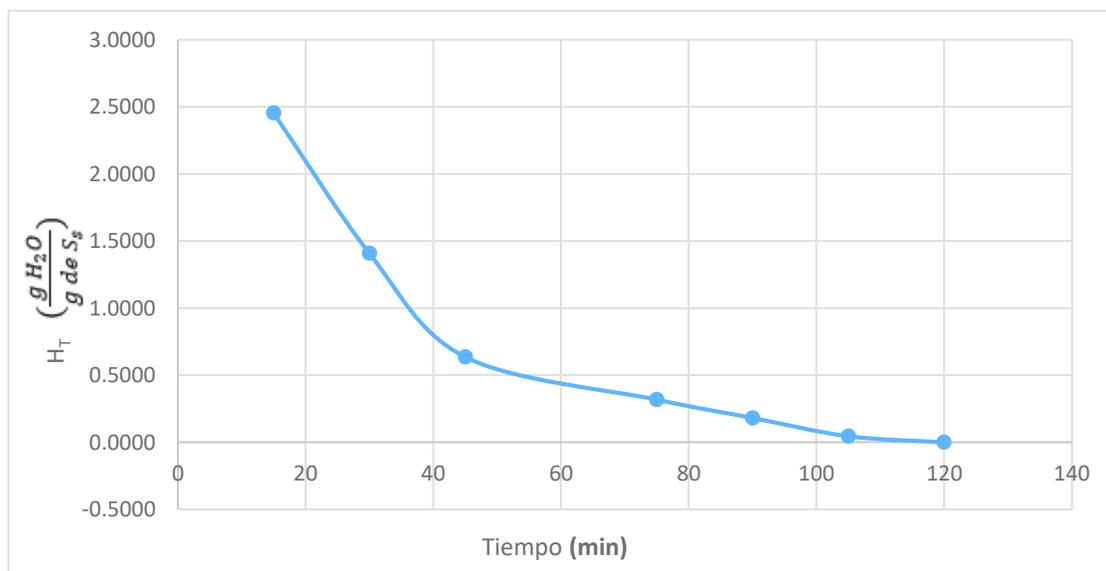


Figura A5.13 Curva de secado Humedad Total versus Tiempo para la muestra MTE65

Especie: Cnidoscopus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 65 °C

Variedad: Mansa

Estado de Madurez: Tierna

Tipo de Procesamiento: Con escaldar

Código: MTE65

Tabla A5.14 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra MTE65 utilizados para construir el gráfico velocidad de secado versus humedad

Tiempo (min)	$H_T \left(\frac{g H_2O}{g de S_s} \right)$	Temp (° C)	H_P (g)	$V_s \left(\frac{g H_2O}{S \times \text{gramos de } S_s} \right)$
0	3.5455	23.0000	0.0000	-
15	2.4545	63.9000	0.1200	0.0110
30	1.4091	66.2000	0.2350	0.0106
45	0.6364	67.8000	0.3200	0.0078
75	0.3182	67.9000	0.3550	0.0016
90	0.1818	67.0000	0.3700	0.0014
105	0.0455	63.9000	0.3850	0.0014
120	Constante	67.4000	0.3900	0.0005

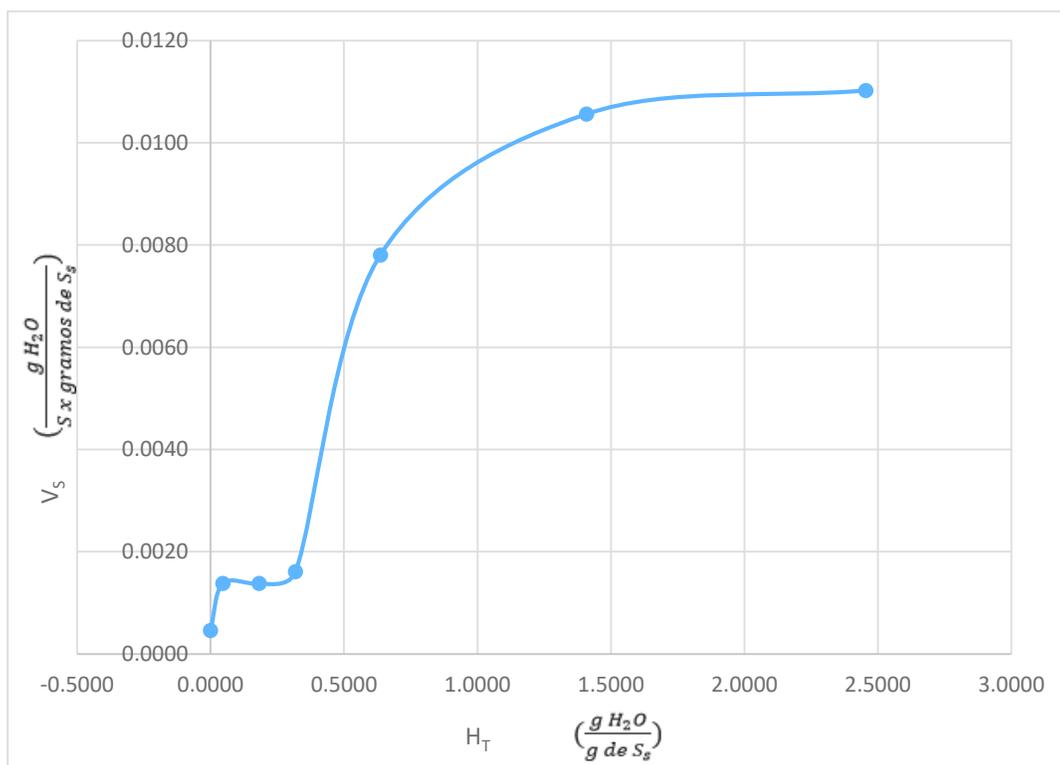


Figura A5.14 Curva de secado Velocidad de secado versus Humedad Total para la muestra MTE65

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 65 °C

Variiedad: Mansa

Estado de Madurez: Tierna

Tipo de Procesamiento: Sin escaldar

Código: MTS65

Tabla A5.15 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra MTS65 utilizados para construir el gráfico humedad versus tiempo

Tiempo (min)	N°	W (g)	S _s (g)	S _h (g)	H _i (g)	H_T $\left(\frac{g H_2O}{g de S_s}\right)$	H _P (g)	Temp (°C)	a _w
0				0.5000	0.3800	3.1667	0.0000	23.00	
15	1	0.5000	15.5600	0.3600	0.2400	2.0000	0.1400	64.70	0.89
	2	0.5000	14.9700	0.4000	0.2800	2.3333	0.1000		
30	3	0.5000	16.2800	0.3100	0.1900	1.5833	0.1900	62.00	0.89
	4	0.5000	16.6000	0.2800	0.1600	1.3333	0.2200		
45	5	0.5000	14.8900	0.2400	0.1200	1.0000	0.2600	65.70	0.89
	6	0.5000	14.8700	0.2300	0.1100	0.9167	0.2700		
60	7	0.5000	15.9300	0.1400	0.0200	0.1667	0.3600	62.70	0.55
	8	0.5000	15.7800	0.1800	0.0600	0.5000	0.3200		
75	9	0.5000	16.1300	0.1400	0.0200	0.1667	0.3600	66.40	0.54
	10	0.5000	14.7100	0.1300	0.0100	0.0833	0.3700		
90	11	0.5000	14.7600	0.1300	0.0100	0.0833	0.3700	65.80	0.49
	12	0.5000	14.2700	0.1200	Constante	Constante	0.3800		
105	13	0.5000	16.3800	0.1200	Constante	Constante	Constante	65.40	0.43
	14	0.5000	16.3400	0.1200	Constante	Constante	Constante		
120	15	0.5000	14.7000	0.1200	Constante	Constante	Constante	65.20	0.40
	16	0.5000	15.7700	0.1200	Constante	Constante	Constante		

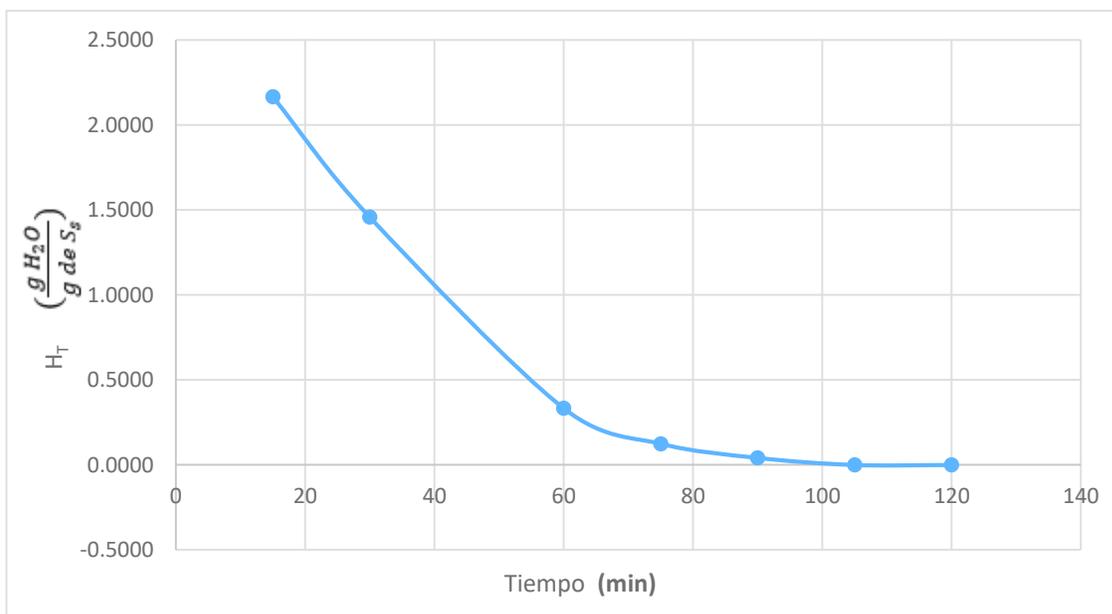


Figura A5.15 Curva de secado Humedad Total versus Tiempo para la muestra MTS65

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 65 °C

Variedad: Mansa

Estado de Madurez: Tierna

Tipo de Procesamiento: Sin escaldar

Código: MTS65

Tabla A5.16 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra MTS65 utilizados para construir el gráfico velocidad de secado versus humedad

Tiempo (min)	$H_T \left(\frac{g H_2O}{g de S_s} \right)$	Temp (° C)	H_P (g)	$V_s \left(\frac{g H_2O}{s \times gramos de S_s} \right)$
0	3.1667	23.0000	0.0000	-
15	2.1667	64.7000	0.1200	0.0093
30	1.4583	62.0000	0.2050	0.0066
60	0.3333	62.7000	0.3400	0.0052
75	0.1250	66.4000	0.3650	0.0019
90	0.0417	65.8000	0.3750	0.0008
105	Constante	65.4000	0.3800	0.0004
120	Constante	65.2000	0.3800	Constante

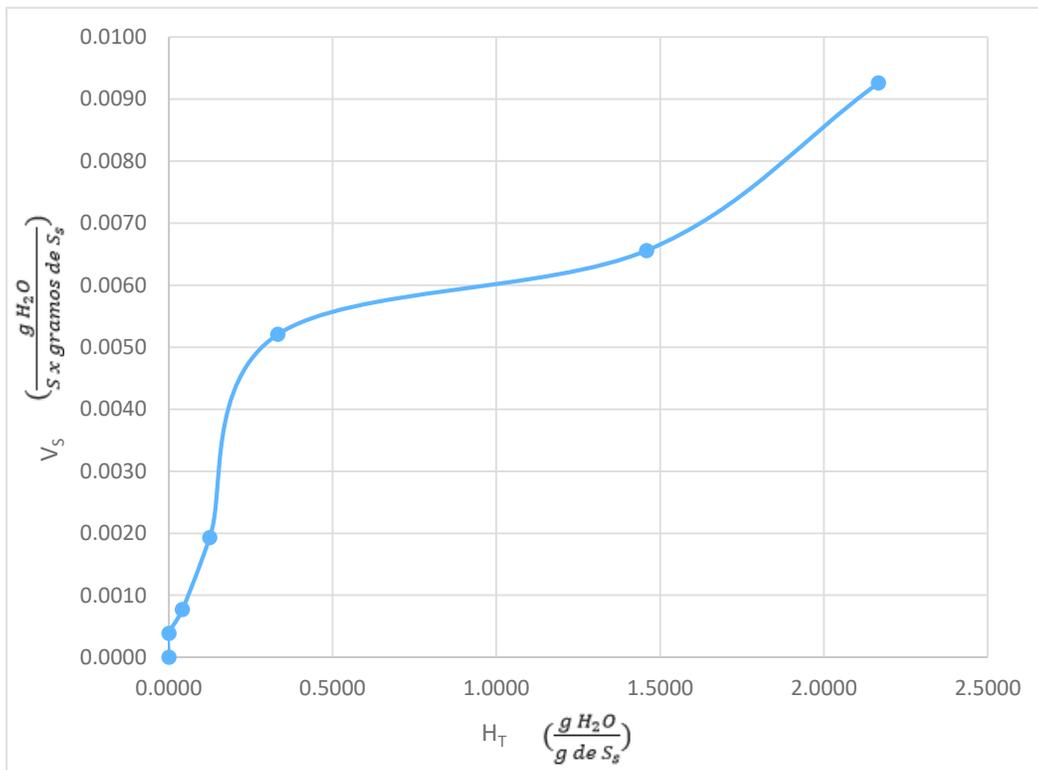


Figura A5.16 Curva de secado Velocidad de secado versus Humedad Total para la muestra MTS65

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 65 °C

Variedad: Picuda

Estado de Madurez: Madura

Tipo de Procesamiento: Con escaldar

Código: PME65

Tabla A5.17 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra PME65 utilizados para construir el gráfico humedad versus tiempo

Tiempo (min)	N°	W (g)	S _s (g)	S _h (g)	H _l (g)	H _T ($\frac{g H_2O}{g de S_s}$)	H _P (g)	Temp (°C)	a _w
0				0.3000	0.2600	6.5000	0.0000	23.00	
5	1	0.3000	14.2500	0.2000	0.1600	4.0000	0.1000	65.00	0.85
	2	0.3000	14.2200	0.2200	0.1800	4.5000	0.0800		
10	3	0.3000	14.4500	0.1800	0.1400	3.5000	0.1200	66.50	0.87
	4	0.3000	14.0500	0.1700	0.1300	3.2500	0.1300		
15	5	0.3000	15.8300	0.1600	0.1200	3.0000	0.1400	62.80	0.82
	6	0.3000	13.8200	0.1500	0.1100	2.7500	0.1500		
20	7	0.3000	13.6000	0.1400	0.1000	2.5000	0.1600	64.90	0.92
	8	0.3000	13.9800	0.1400	0.1000	2.5000	0.1600		
30	9	0.3000	14.3000	0.1100	0.0700	1.7500	0.1900	65.50	0.57
	10	0.3000	14.2400	0.1200	0.0800	2.0000	0.1800		
45	11	0.3000	13.9100	0.0900	0.0500	1.2500	0.2100	65.00	0.60
	12	0.3000	14.1400	0.0800	0.0400	1.0000	0.2200		
60	13	0.3000	16.2300	0.0600	0.0200	0.5000	0.2400	65.70	0.59
	14	0.3000	14.7100	0.0700	0.0300	0.7500	0.2300		
75	15	0.3000	13.9400	0.0500	0.0100	0.2500	0.2500	66.10	0.62
	16	0.3000	14.1300	0.0600	0.0200	0.5000	0.2400		
90	17	0.3000	14.0600	0.0500	0.0100	0.2500	0.2500	65.40	0.57
	18	0.3000	13.5500	0.0400	Constante	Constante	0.2600		
105	19	0.3000	13.8400	0.0400	Constante	Constante	Constante	62.10	0.58
	20	0.3000	13.7900	0.0400	Constante	Constante	Constante		

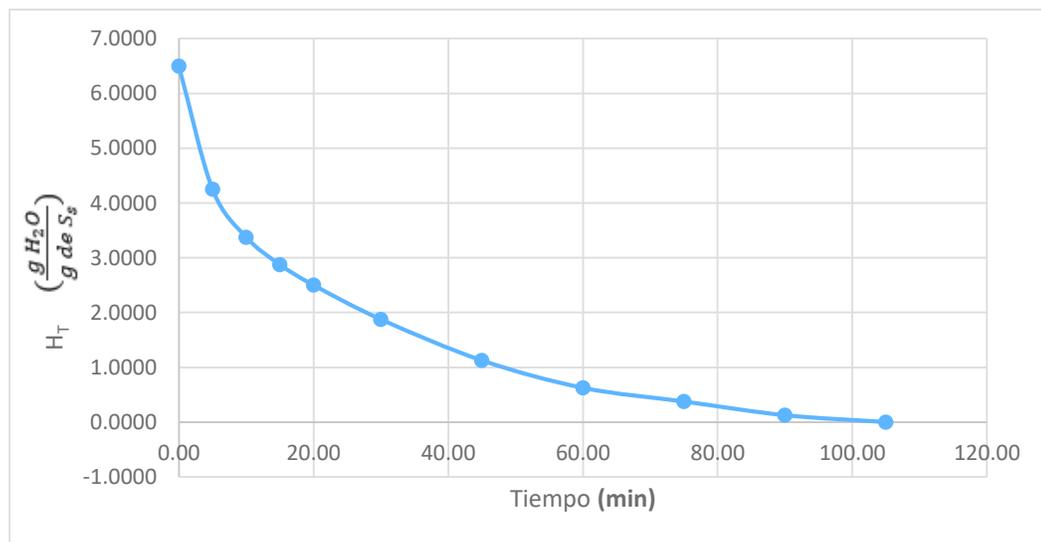


Figura A5.17 Curva de secado Humedad Total versus Tiempo para la muestra PME65

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 65 °C

Variedad: Picuda

Estado de Madurez: Madura

Tipo de Procesamiento: Con escaldar

Código: PME65

Tabla A5.18 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra PME65 utilizados para construir el gráfico velocidad de secado versus humedad

Tiempo (min)	$H_T \left(\frac{g H_2O}{g de S_s} \right)$	Temp (° C)	H_P (g)	$V_s \left(\frac{g H_2O}{S \times gramos de S_s} \right)$
0.00	6.5000	23.0000	0.0000	-
5.00	4.2500	65.0000	0.0900	0.1875
10.00	3.3750	66.5000	0.1250	0.0729
15.00	2.8750	62.8000	0.1450	0.0417
20.00	2.5000	64.9000	0.1600	0.0313
30.00	1.8750	65.5000	0.1850	0.0260
45.00	1.1250	65.0000	0.2150	0.0208
60.00	0.6250	65.7000	0.2350	0.0139
75.00	0.3750	66.1000	0.2450	0.0069
90.00	0.1250	65.4000	0.2550	0.0069
105.00	Constante	62.1000	0.2600	0.0035

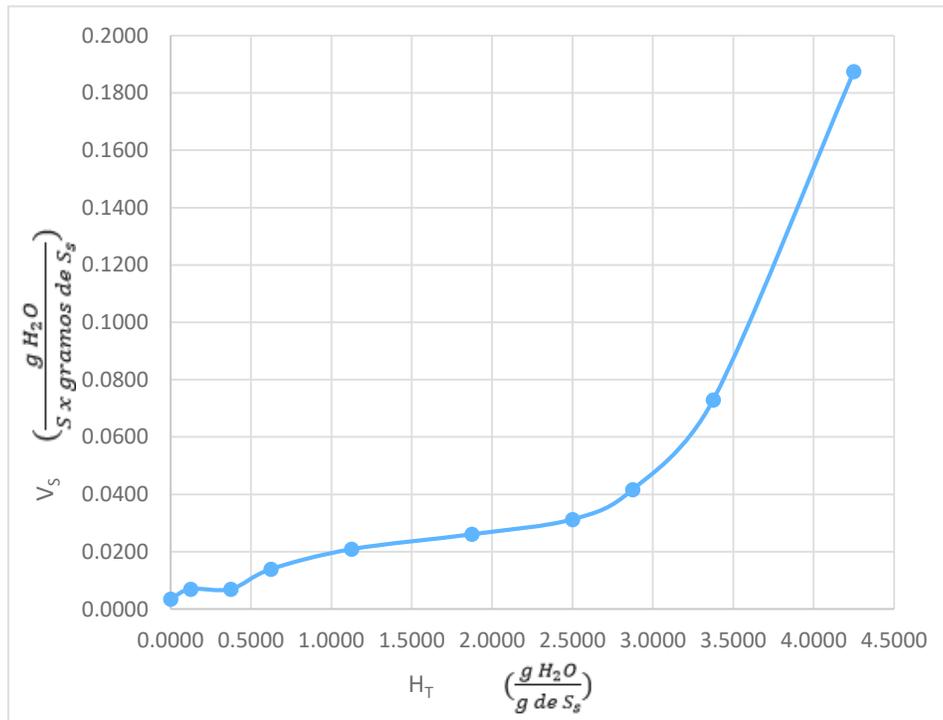


Figura A5.18 Curva de secado Velocidad de secado versus Humedad Total para la muestra PME65

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 65 °C

Variedad: Picuda

Estado de Madurez: Madura

Tipo de Procesamiento: Sin escaldar

Código: PMS65

Tabla A5.19 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra PMS65 utilizados para construir el gráfico humedad versus tiempo

Tiempo (min)	N°	W (g)	S _s (g)	S _h (g)	H _i (g)	H_T $(\frac{g H_2O}{g de S_s})$	H _P (g)	Temp (°C)	a _w
0				0.3000	0.2500	5.0000	0.0000	23.00	
5	21	0.3000	14.0300	0.2800	0.2300	4.6000	0.0200	65.00	0.82
	22	0.3000	14.5000	0.2700	0.2200	4.4000	0.0300		
10	23	0.3000	13.8100	0.2500	0.2000	4.0000	0.0500	66.50	0.89
	24	0.3000	13.9100	0.2300	0.1800	3.6000	0.0700		
15	25	0.3000	14.3600	0.2100	0.1600	3.2000	0.0900	62.80	0.78
	26	0.3000	14.0500	0.2100	0.1600	3.2000	0.0900		
20	27	0.3000	14.2600	0.2000	0.1500	3.0000	0.1000	64.90	0.78
	28	0.3000	14.1800	0.1900	0.1400	2.8000	0.1100		
30	29	0.3000	14.3000	0.1800	0.1300	2.6000	0.1200	65.50	0.62
	30	0.3000	14.2300	0.1700	0.1200	2.4000	0.1300		
45	31	0.3000	13.8600	0.1500	0.1000	2.0000	0.1500	65.00	0.58
	32	0.3000	13.9900	0.1500	0.1000	2.0000	0.1500		
60	33	0.3000	16.0300	0.1300	0.0800	1.6000	0.1700	65.70	0.57
	34	0.3000	14.0400	0.1200	0.0700	1.4000	0.1800		
75	35	0.3000	15.4000	0.0900	0.0400	0.8000	0.2100	66.10	0.57
	36	0.3000	13.7600	0.0900	0.0400	0.8000	0.2100		
90	37	0.3000	14.6300	0.0600	0.0100	0.2000	0.2400	65.40	0.58
	38	0.3000	16.3300	0.0600	0.0100	0.2000	0.2400		
105	39	0.3000	15.6400	0.0500	Constante	Constante	Constante	62.10	0.55
	40	0.3000	16.0200	0.0500	Constante	Constante	Constante		

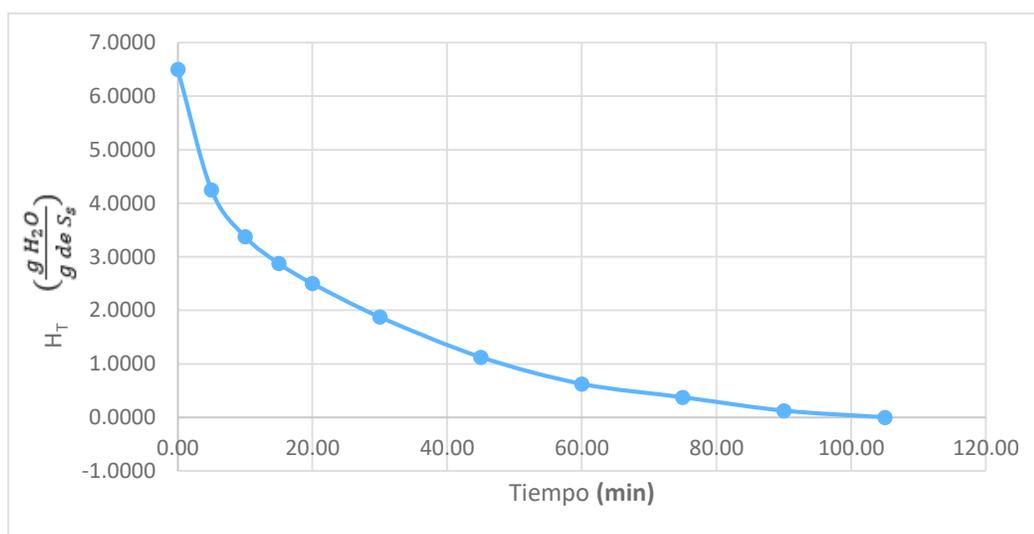


Figura A5.19 Curva de secado Humedad Total versus Tiempo para la muestra PMS65

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 65 °C

Variación: Picuda

Estado de Madurez: Madura

Tipo de Procesamiento: Sin escaldar

Código: PMS65

Tabla A5.20 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra PMS65 utilizados para construir el gráfico velocidad de secado versus humedad

Tiempo (min)	$H_T \left(\frac{g H_2O}{g de S_s} \right)$	Temp (° C)	H_P (g)	$V_s \left(\frac{g H_2O}{S \times \text{gramos de } S_s} \right)$
0.00	6.5000	23.0000	0.0000	-
5.00	4.5000	65.0000	0.0250	0.1333
10.00	3.8000	66.5000	0.0600	0.0467
15.00	3.2000	62.8000	0.0900	0.0400
20.00	2.9000	64.9000	0.1050	0.0200
30.00	2.5000	65.5000	0.1250	0.0133
45.00	2.0000	65.0000	0.1500	0.0111
60.00	1.5000	65.7000	0.1750	0.0111
75.00	0.8000	66.1000	0.2100	0.0156
90.00	0.2000	65.4000	0.2400	0.0133
105.00	Constante	62.1000	0.2500	0.0044

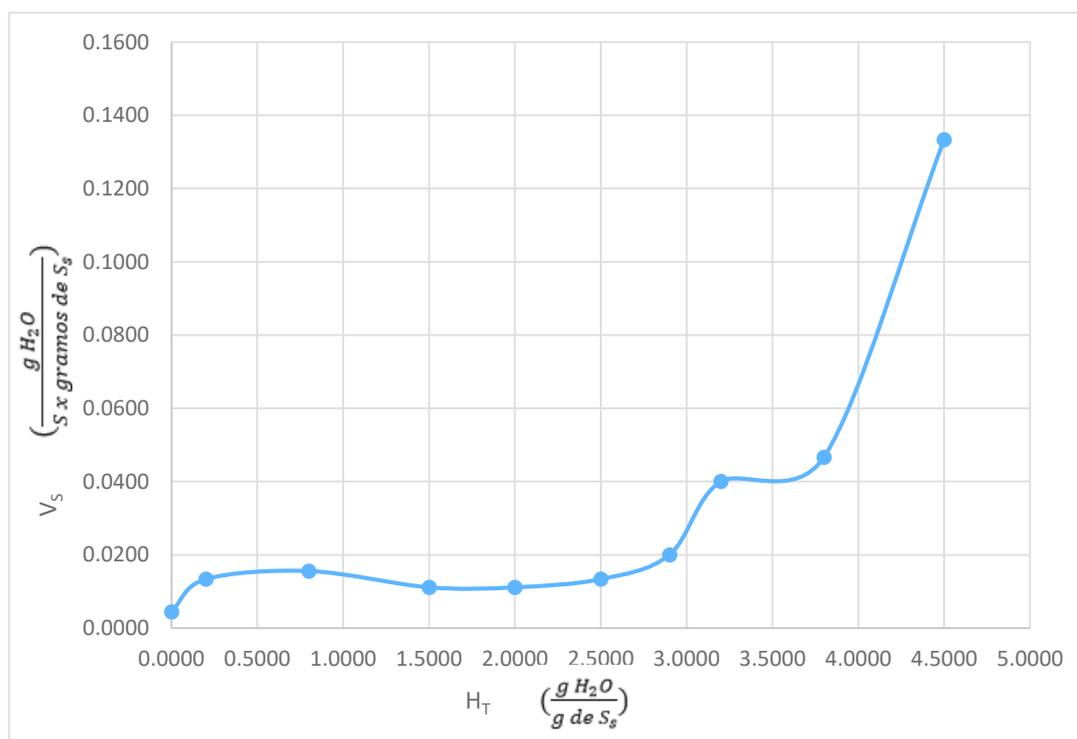


Figura A5.20 Curva de secado Velocidad de secado versus Humedad Total para la muestra PMS65

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 65 °C

Variedad: Picuda

Estado de Madurez: Tierna

Tipo de Procesamiento: Con escaldar

Código: PTE65

Tabla A5.21 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra PTE65 utilizados para construir el gráfico humedad versus tiempo

Tiempo (min)	N°	W (g)	S _s (g)	S _h (g)	H _l (g)	H _T ($\frac{g H_2O}{g de S_s}$)	H _P (g)	Temp (°C)	a _w
0									
				0.3000	0.2500	5.0000	0.0000	23.00	
5	41	0.3000	13.8400	0.2400	0.1900	3.8000	0.0600	65.00	0.89
	42	0.3000	13.9100	0.2300	0.1800	3.6000	0.0700		
10	43	0.3000	14.3200	0.2100	0.1600	3.2000	0.0900	66.50	0.88
	44	0.3000	13.7800	0.1900	0.1400	2.8000	0.1100		
15	45	0.3000	13.5400	0.1800	0.1300	2.6000	0.1200	62.80	0.86
	46	0.3000	16.2800	0.1800	0.1300	2.6000	0.1200		
20	47	0.3000	14.1300	0.1700	0.1200	2.4000	0.1300	64.90	0.83
	48	0.3000	15.6600	0.1600	0.1100	2.2000	0.1400		
30	49	0.3000	14.5400	0.1400	0.0900	1.8000	0.1600	65.50	0.59
	50	0.3000	14.5700	0.1300	0.0800	1.6000	0.1700		
45	51	0.3000	13.6000	0.0900	0.0400	0.8000	0.2100	65.00	0.55
	52	0.3000	13.7400	0.0900	0.0400	0.8000	0.2100		
60	53	0.3000	14.0700	0.0700	0.0200	0.4000	0.2300	65.70	0.54
	54	0.3000	13.7800	0.0600	0.0100	0.2000	0.2400		
75	55	0.3000	13.9100	0.0600	0.0100	0.2000	0.2400	66.10	0.53
	56	0.3000	14.1500	0.0500	Constante	Constante	0.2500		
90	57	0.3000	13.9800	0.0500	Constante	Constante	Constante	65.40	0.53
	58	0.3000	16.1600	0.0500	Constante	Constante	Constante		
105	59	0.3000	15.9000	0.0500	Constante	Constante	Constante	62.10	0.53
	60	0.3000	14.5300	0.0500	Constante	Constante	Constante		

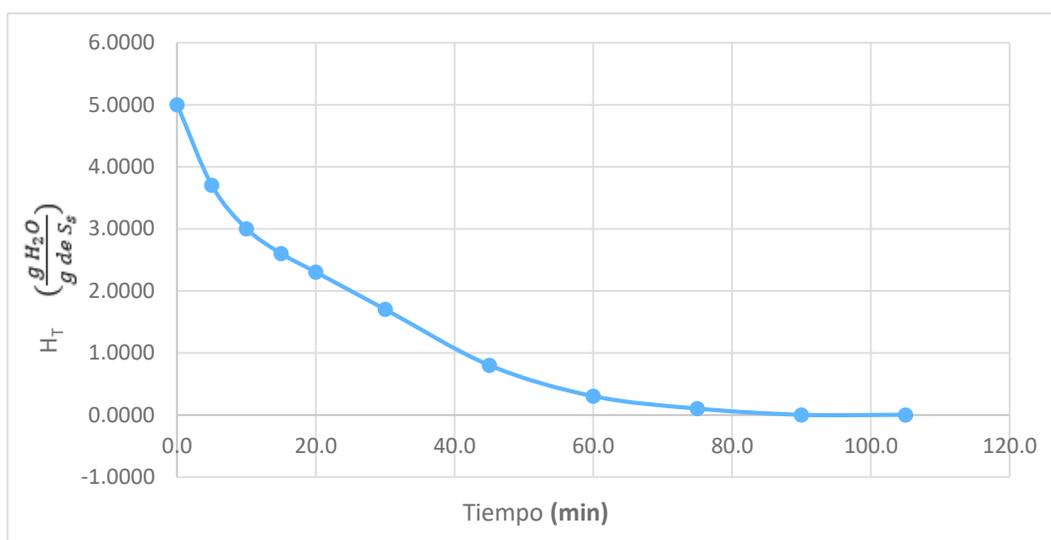


Figura A5.21 Curva de secado Humedad Total versus Tiempo para la muestra PTE65

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 65 °C

Variedad: Picuda

Estado de Madurez: Tierna

Tipo de Procesamiento: Con escaldar

Código: PTE65

Tabla A5.22 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra PTE65 utilizados para construir el gráfico velocidad de secado versus humedad

Tiempo (min)	$H_T \left(\frac{g H_2O}{g de S_s} \right)$	Temp (° C)	H_P (g)	$V_s \left(\frac{g H_2O}{S \times \text{gramos de } S_s} \right)$
0.0	5.0000	23.0000	0.0000	-
5.00	3.7000	65.0000	0.0650	0.0867
10.00	3.0000	66.5000	0.1000	0.0467
15.00	2.6000	62.8000	0.1200	0.0267
20.00	2.3000	64.9000	0.1350	0.0200
30.00	1.7000	65.5000	0.1650	0.0200
45.00	0.8000	65.0000	0.2100	0.0200
60.00	0.3000	65.7000	0.2350	0.0111
75.00	0.1000	66.1000	0.2450	0.0044
90.00	Constante	65.4000	0.2500	0.0022
105.00	Constante	62.1000	0.2500	Constante

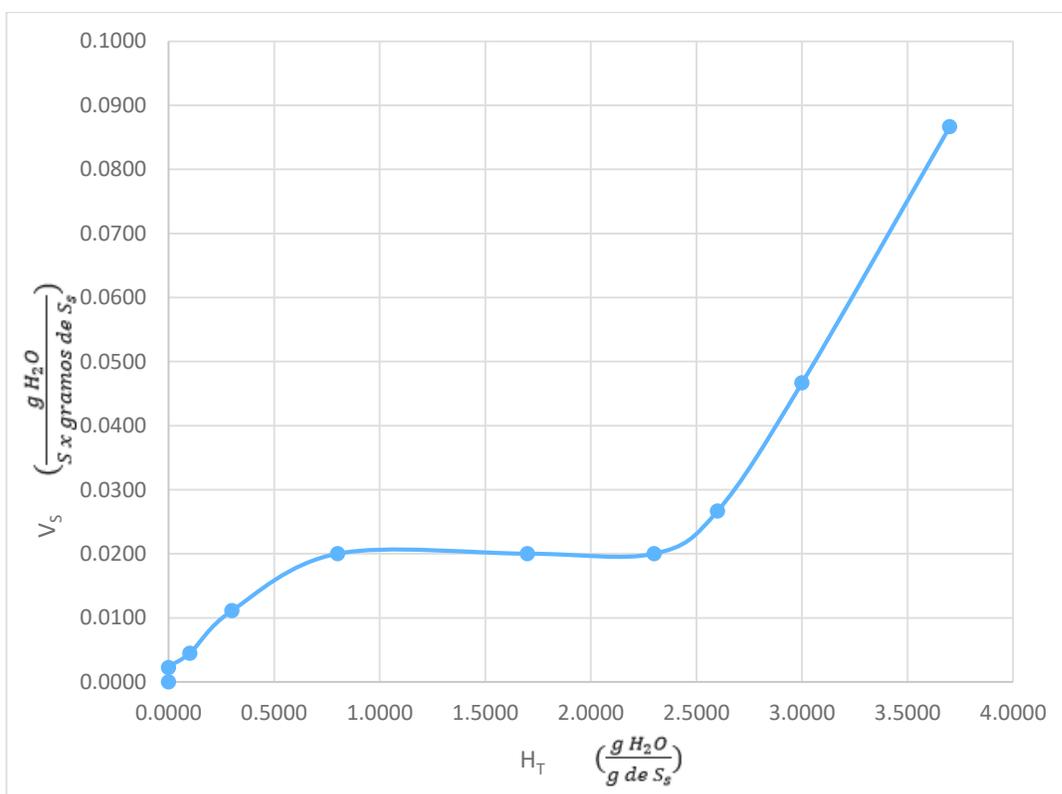


Figura A5.22 Curva de secado Velocidad de secado versus Humedad Total para la muestra PTE65

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 65 °C

Variedad: Picuda

Estado de Madurez: Tierna

Tipo de Procesamiento: Sin escaldar

Código: PTS65

Tabla A5.23 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra PTS65 utilizados para construir el gráfico humedad versus tiempo

Tiempo (min)	N°	W (g)	S _s (g)	S _h (g)	H _i (g)	H _T ($\frac{g H_2O}{g de S_s}$)	H _P (g)	Temp (°C)	a _w
0				0.3000	0.2500	5.0000	0.0000	23.00	
5	61	0.3000	15.7600	0.2600	0.2100	4.2000	0.0400	65.00	0.92
	62	0.3000	15.7600	0.2800	0.2300	4.6000	0.0200		
10	63	0.3000	14.6000	0.2400	0.1900	3.8000	0.0600	66.50	0.90
	64	0.3000	15.5500	0.2600	0.2100	4.2000	0.0400		
15	65	0.3000	14.6600	0.2300	0.1800	3.6000	0.0700	62.80	0.86
	66	0.3000	15.6500	0.2300	0.1800	3.6000	0.0700		
20	67	0.3000	15.9900	0.2100	0.1600	3.2000	0.0900	64.90	0.60
	68	0.3000	16.3000	0.2100	0.1600	3.2000	0.0900		
30	69	0.3000	15.3000	0.1800	0.1300	2.6000	0.1200	65.50	0.56
	70	0.3000	14.0500	0.1700	0.1200	2.4000	0.1300		
45	71	0.3000	13.9400	0.1300	0.0800	1.6000	0.1700	65.00	0.54
	72	0.3000	14.5600	0.1200	0.0700	1.4000	0.1800		
60	73	0.3000	14.4700	0.0900	0.0400	0.8000	0.2100	65.70	0.53
	74	0.3000	16.1800	0.1000	0.0500	1.0000	0.2000		
75	75	0.3000	15.9500	0.0700	0.0200	0.4000	0.2300	66.10	0.52
	76	0.3000	15.4300	0.0700	0.0200	0.4000	0.2300		
90	77	0.3000	15.6300	0.0600	0.0100	0.2000	Constante	65.40	0.53
	78	0.3000	16.0200	0.0500	Constante	Constante	Constante		
105	79	0.3000	13.8000	0.0500	Constante	Constante	Constante	62.10	0.52
	80	0.3000	13.9000	0.0500	Constante	Constante	Constante		

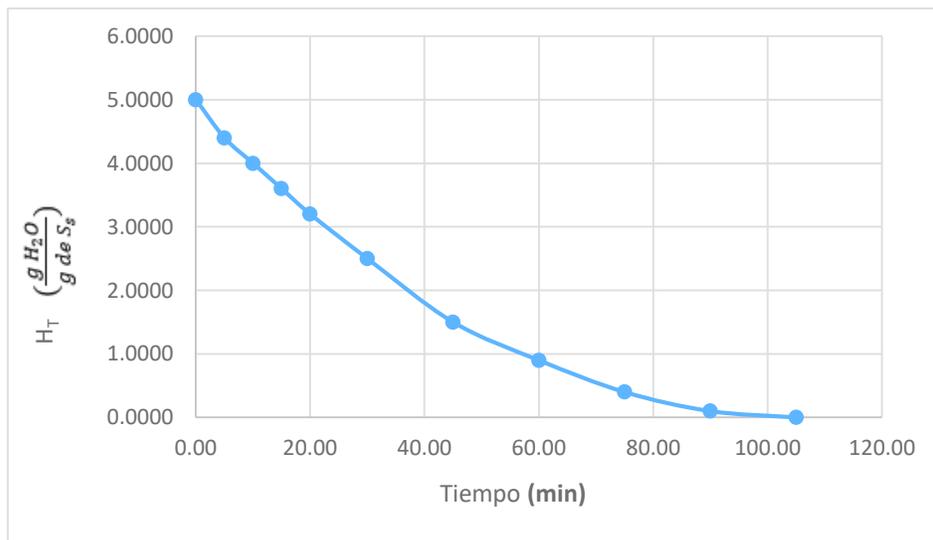


Figura A5.23 Curva de secado Humedad Total versus Tiempo para la muestra PTS65

Especie: Cnidoscopus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 65 °C

Variedad: Picuda

Estado de Madurez: Tierna

Tipo de Procesamiento: Sin escaldar

Código: PTS65

Tabla A5.24 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra PTS65 utilizados para construir el gráfico velocidad de secado versus humedad

Tiempo (min)	$H_T \left(\frac{g H_2O}{g de S_s} \right)$	Temp (° C)	$H_P(g)$	$V_s \left(\frac{g H_2O}{s \times gramos de S_s} \right)$
0.00	5.0000	23.0000	0.0000	-
5.00	4.4000	65.0000	0.0300	0.0400
10.00	4.0000	66.5000	0.0500	0.0267
15.00	3.6000	62.8000	0.0700	0.0267
20.00	3.2000	64.9000	0.0900	0.0267
30.00	2.5000	65.5000	0.1250	0.0233
45.00	1.5000	65.0000	0.1750	0.0222
60.00	0.9000	65.7000	0.2050	0.0133
75.00	0.4000	66.1000	0.2300	0.0111
90.00	0.1000	65.4000	0.2450	0.0067
105.00	Constante	62.1000	0.2500	0.0022

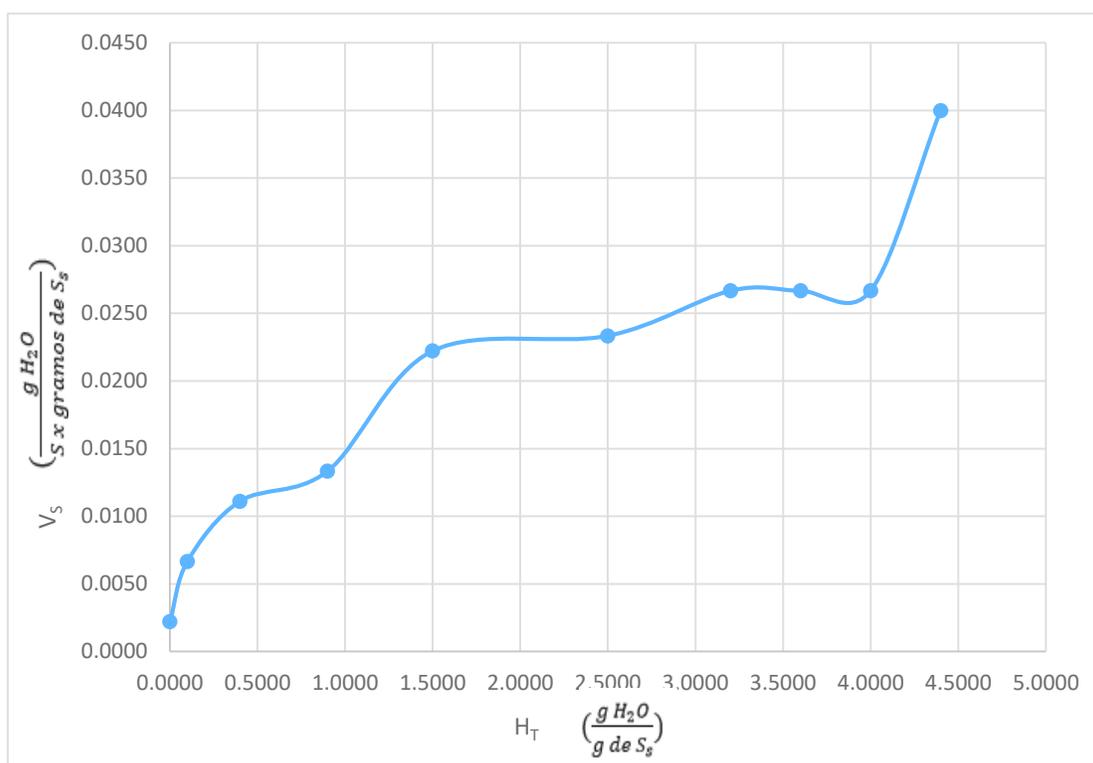


Figura A5.24 Curva de secado Velocidad de secado versus Humedad Total para la muestra PTS65

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 70 °C

Variedad: Mansa

Estado de Madurez: Madura

Tipo de Procesamiento: Con escaldar

Código: MME70

Tabla A5.25 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra MME70 utilizados para construir el gráfico humedad versus tiempo

Tiempo (min)	N°	W (g)	S _s (g)	S _h (g)	H _i (g)	H _T ($\frac{g H_2O}{g de S_s}$)	H _P (g)	Temp (°C)	a _w
0									
				0.5000	0.3800	3.1667	0.0000	23.00	
15	1	0.5000	16.0900	0.3200	0.2000	1.6667	0.1800	70.00	0.85
	2	0.5000	16.0200	0.3100	0.1900	1.5833	0.1900		
30	3	0.5000	15.9500	0.2600	0.1400	1.1667	0.2400	63.50	0.74
	4	0.5000	16.5400	0.2300	0.1100	0.9167	0.2700		
45	5	0.5000	15.4900	0.1800	0.0600	0.5000	0.3200	67.60	0.69
	6	0.5000	16.3800	0.1900	0.0700	0.5833	0.3100		
60	7	0.5000	16.4000	0.1400	0.0200	0.1667	0.3600	69.40	0.50
	8	0.5000	14.7800	0.1500	0.0300	0.2500	0.3500		
75	9	0.5000	14.7900	0.1300	0.0100	0.0833	0.3700	63.20	0.47
	10	0.5000	16.0800	0.1300	0.0100	0.0833	0.3700		
90	11	0.5000	14.9100	0.1200	0.0000	0.0000	0.3800	64.60	0.39
	12	0.5000	16.3700	0.1300	0.0100	0.0833	0.3700		
105	13	0.5000	15.8600	0.1200	Constante	Constante	0.3800	69.00	0.34
	14	0.5000	14.7800	0.1200	Constante	Constante	Constante		
120	15	0.5000	15.9900	0.1200	Constante	Constante	Constante	70.40	0.34
	16	0.5000	15.7800	0.1200	Constante	Constante	Constante		

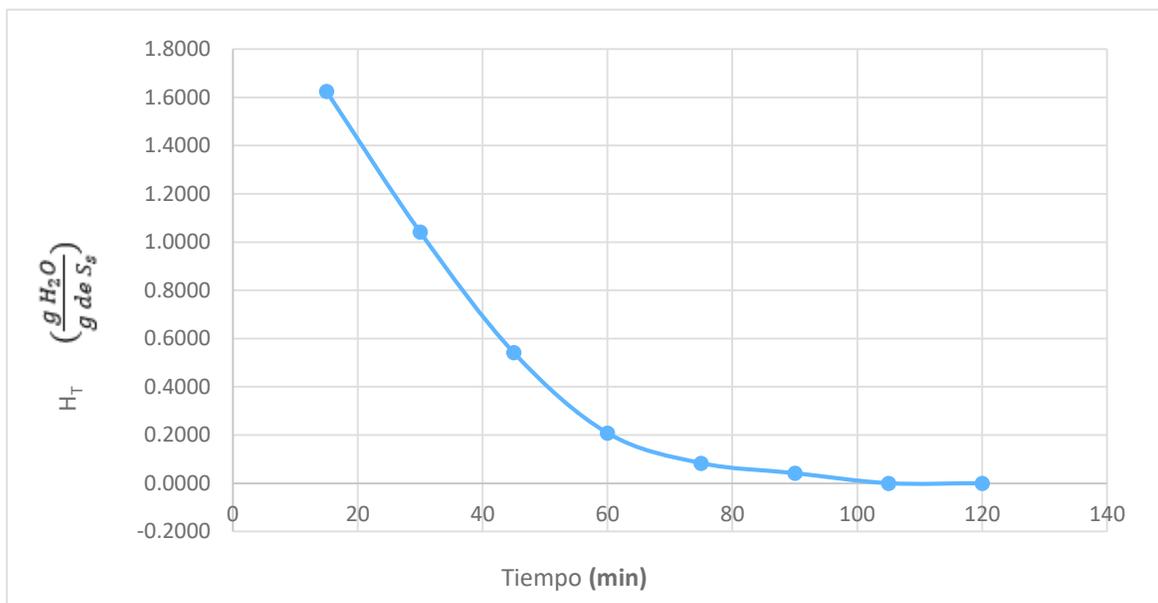


Figura A5.25 Curva de secado Humedad Total versus Tiempo para la muestra MME70

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 70 °C

Variedad: Mansa

Estado de Madurez: Madura

Tipo de Procesamiento: Con escaldar

Código: MME70

Tabla A5.26 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra MME70 utilizados para construir el gráfico velocidad de secado versus humedad

Tiempo (min)	$H_T \left(\frac{g H_2O}{g de S_s} \right)$	Temp (° C)	H_P (g)	$V_s \left(\frac{g H_2O}{S \times gramos de S_s} \right)$
0	3.1667	23.0000	0.0000	-
15	1.6250	70.0000	0.1850	0.0143
30	1.0417	63.5000	0.2550	0.0054
45	0.5417	67.6000	0.3150	0.0046
60	0.2083	69.4000	0.3550	0.0031
75	0.0833	63.2000	0.3700	0.0012
90	0.0417	64.6000	0.3750	0.0004
105	Constante	69.0000	0.3800	Constante
120	Constante	70.4000	0.3800	Constante

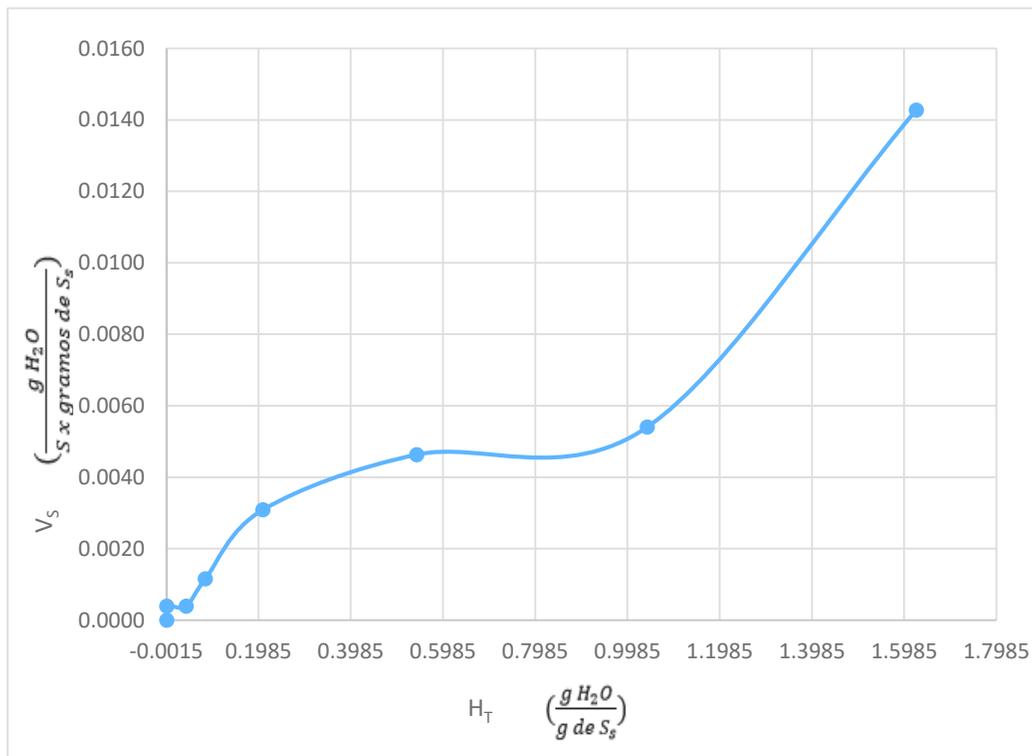


Figura A5.26 Curva de secado Velocidad de secado versus Humedad Total para la muestra MME70

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 70 °C

Variedad: Mansa

Estado de Madurez: Madura

Tipo de Procesamiento: Sin escaldar

Código: MMS70

Tabla A5.27 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra MMS70 utilizados para construir el gráfico humedad versus tiempo

Tiempo (min)	N°	W (g)	S _s (g)	S _h (g)	H _l (g)	H _T ($\frac{g H_2O}{g de S_s}$)	H _P (g)	Temp (°C)	a _w
0				0.5000	0.3900	3.5455	0.0000	23.00	
15	1	0.5000	16.5300	0.3400	0.2300	2.0909	0.1600	70.00	0.86
	2	0.5000	14.5200	0.3600	0.2500	2.2727	0.1400		
30	3	0.5000	16.5600	0.2600	0.1500	1.3636	0.2400	63.50	0.85
	4	0.5000	15.4400	0.2500	0.1400	1.2727	0.2500		
45	5	0.5000	14.7900	0.1700	0.0600	0.5455	0.3300	67.60	0.74
	6	0.5000	14.7700	0.1800	0.0700	0.6364	0.3200		
60	7	0.5000	16.1800	0.1500	0.0400	0.3636	0.3500	69.40	0.61
	8	0.5000	15.7000	0.1300	0.0200	0.1818	0.3700		
75	9	0.5000	15.8000	0.1300	0.0200	0.1818	0.3700	63.20	0.48
	10	0.5000	14.6900	0.1200	0.0100	0.0909	0.3800		
90	11	0.5000	16.2200	0.1200	0.0100	0.0909	0.3800	64.60	0.46
	12	0.5000	15.9400	0.1100	Constante	Constante	0.3900		
105	13	0.5000	15.7900	0.1100	Constante	Constante	Constante	69.00	0.43
	14	0.5000	16.0600	0.1100	Constante	Constante	Constante		
120	15	0.5000	15.7200	0.1100	Constante	Constante	Constante	70.40	0.43
	16	0.5000	14.8900	0.1100	Constante	Constante	Constante		

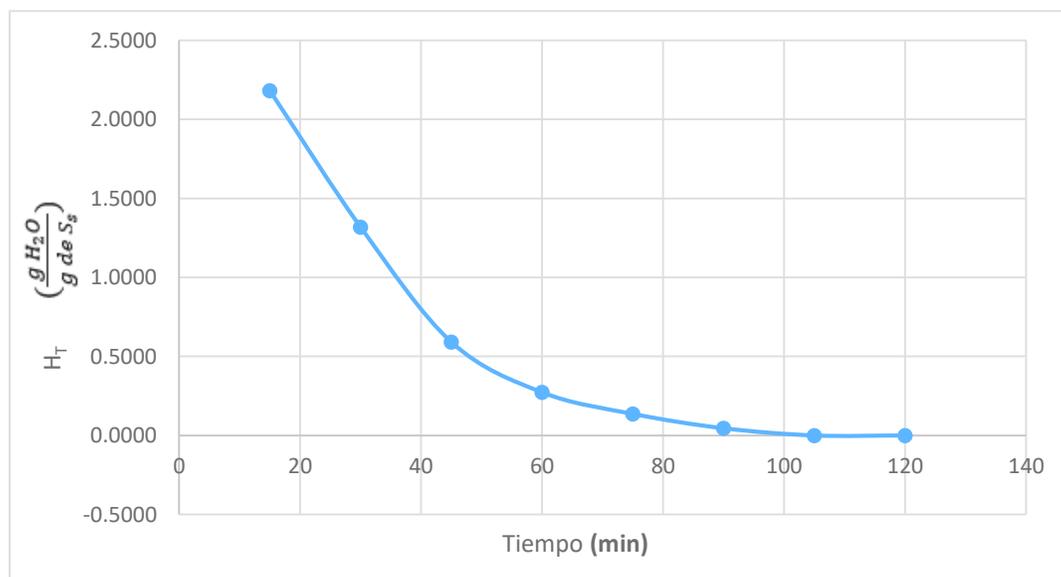


Figura A5.27 Curva de secado Humedad Total versus Tiempo para la muestra MMS70

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 70 °C

Variedad: Mansa

Estado de Madurez: Madura

Tipo de Procesamiento: Sin escaldar

Código: MMS70

Tabla A5.28 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra MMS70 utilizados para construir el gráfico velocidad de secado versus humedad

Tiempo (min)	$H_T \left(\frac{g H_2O}{g de S_s} \right)$	Temp (° C)	H_P (g)	$V_s \left(\frac{g H_2O}{S \times \text{gramos de } S_s} \right)$
0	3.5455	23.0000	0.0000	-
15	2.1818	70.0000	0.1500	0.0138
30	1.3182	63.5000	0.2450	0.0087
45	0.5909	67.6000	0.3250	0.0073
60	0.2727	69.4000	0.3600	0.0032
75	0.1364	63.2000	0.3750	0.0014
90	0.0455	64.6000	0.3850	0.0009
105	Constante	69.0000	0.3900	0.0005
120	Constante	70.4000	0.3900	Constante

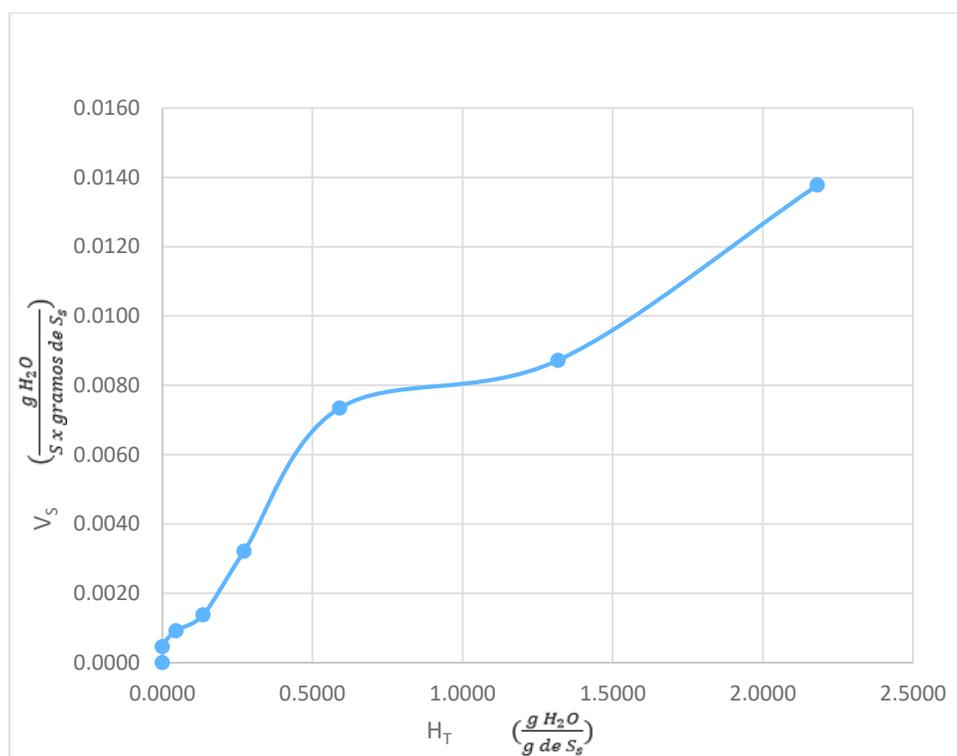


Figura A5.28 Curva de secado Velocidad de secado versus Humedad Total para la muestra MMS70

Especie: Cnidoscolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 70 °C

Variedad: Mansa

Estado de Madurez: Tierna

Tipo de Procesamiento: Con escaldar

Código: MTE70

Tabla A5.29 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra MTE70 utilizados para construir el gráfico humedad versus tiempo

Tiempo (min)	N°	W (g)	S _s (g)	S _h (g)	H _i (g)	H _T ($\frac{g H_2O}{g de S_s}$)	H _P (g)	Temp (°C)	a _w
0				0.5000	0.4300	6.1429	0.0000	23.00	
15	1	0.5000	16.1100	0.3500	0.2800	4.0000	0.1500	67.00	0.89
	2	0.5000	16.0500	0.3400	0.2700	3.8571	0.1600		
30	3	0.5000	15.8700	0.1900	0.1200	1.7143	0.3100	69.50	0.72
	4	0.5000	16.5200	0.2200	0.1500	2.1429	0.2800		
45	5	0.5000	15.4800	0.1700	0.1000	1.4286	0.3300	67.80	0.68
	6	0.5000	16.2600	0.0700	0.0000	0.0000	0.4300		
60	7	0.5000	16.1000	0.0900	0.0200	0.2857	0.4100	71.90	0.46
	8	0.5000	14.7300	0.1000	0.0300	0.4286	0.4000		
75	9	0.5000	14.7100	0.0800	0.0100	0.1429	0.4200	71.50	0.39
	10	0.5000	16.0400	0.0900	0.0200	0.2857	0.4100		
90	11	0.5000	14.8700	0.0800	0.0100	0.1429	0.4200	69.40	0.34
	12	0.5000	16.3300	0.0800	0.0100	0.1429	0.4200		
105	13	0.5000	15.8100	0.0700	Constante	Constante	0.4300	68.90	0.34
	14	0.5000	14.7400	0.0800	Constante	Constante	0.4200		
120	15	0.5000	16.3500	0.0700	Constante	Constante	Constante	72.70	0.32
	16	0.5000	15.7300	0.0700	Constante	Constante	Constante		

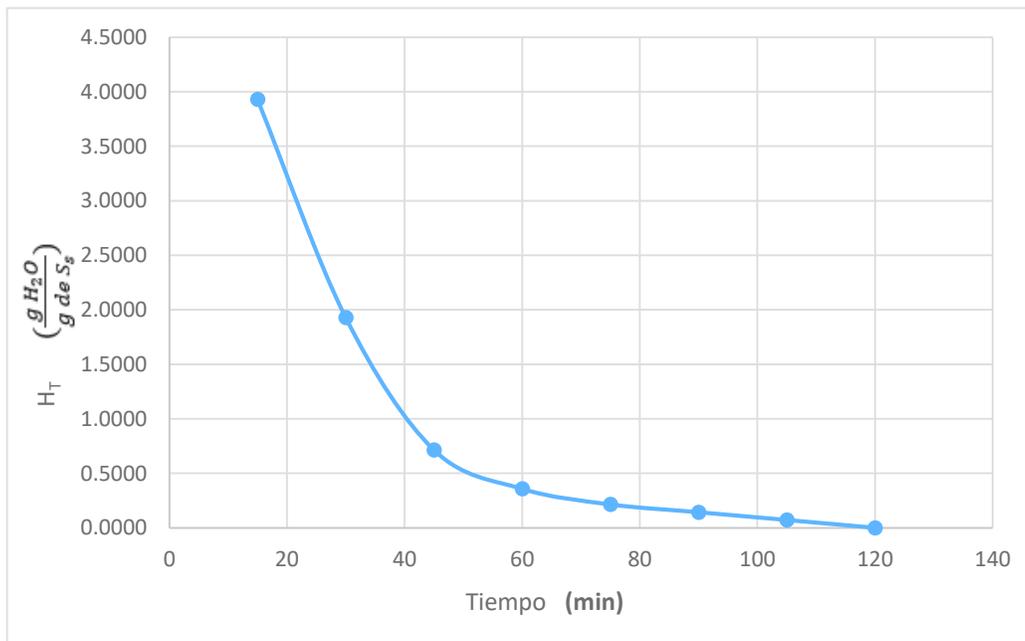


Figura A5.29 Curva de secado Humedad Total versus Tiempo para la muestra MTE70

Especie: Cnidoscolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 70 °C

Variedad: Mansa

Estado de Madurez: Tierna

Tipo de Procesamiento: Con escaldar

Código: MTE70

Tabla A5.30 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra MTE70 utilizados para construir el gráfico velocidad de secado versus humedad

Tiempo (min)	$H_T \left(\frac{g H_2O}{g de S_s} \right)$	Temp (° C)	H_P (g)	$V_s \left(\frac{g H_2O}{S \times \text{gramos de } S_s} \right)$
0	6.1429	23.0000	0.0000	-
15	3.9286	67.0000	0.1550	0.0351
30	1.9286	69.5000	0.2950	0.0317
45	0.7143	67.8000	0.3800	0.0193
60	0.3571	71.9000	0.4050	0.0057
75	0.2143	71.5000	0.4150	0.0023
90	0.1429	69.4000	0.4200	0.0011
105	0.0714	68.9000	0.4250	Constante
120	Constante	72.7000	0.4300	Constante

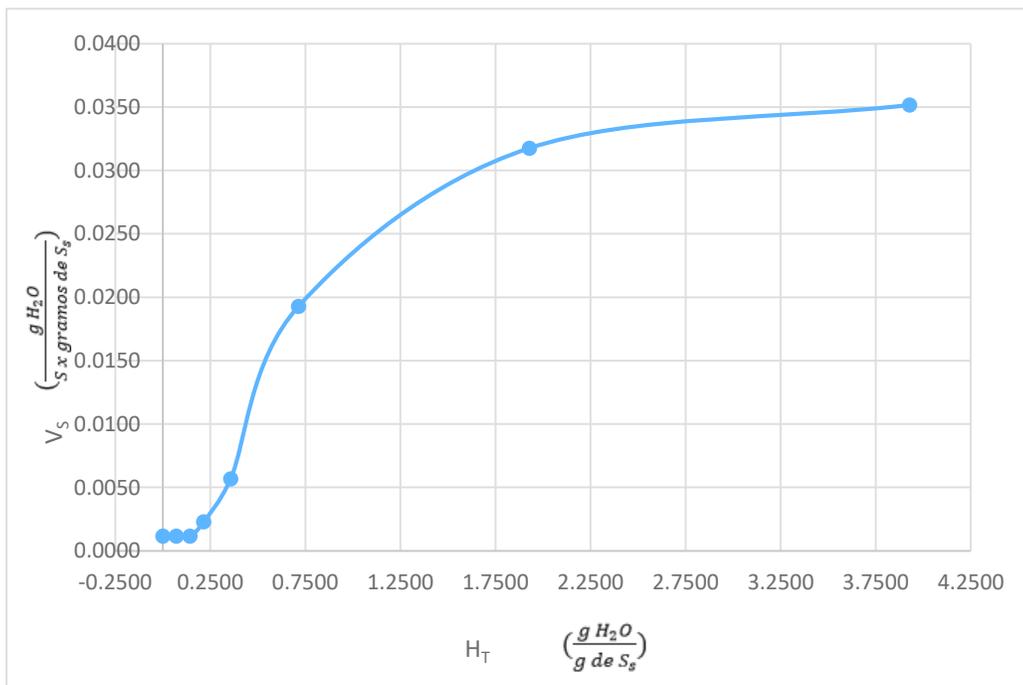


Figura A5.30 Curva de secado Velocidad de secado versus Humedad Total para la muestra MTE70

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 70 °C

Variedad: Mansa

Estado de Madurez: Tierna

Tipo de Procesamiento: Sin escaldar

Código: MTS70

Tabla A5.31 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra MTS70 utilizados para construir el gráfico humedad versus tiempo

Tiempo (min)	N°	W (g)	S _s (g)	S _h (g)	H _i (g)	H_T $\left(\frac{g H_2O}{g de S_s}\right)$	H _p (g)	Temp (°C)	a _w
0									
				0.5000	0.4000	4.0000	0.0000	23.00	
15	1	0.5000	15.0000	0.3400	0.2400	2.4000	0.1600	67.00	0.88
	2	0.5000	14.5000	0.3400	0.2400	2.4000	0.1600		
30	3	0.5000	15.8100	0.2200	0.1200	1.2000	0.2800	69.50	0.80
	4	0.5000	15.4300	0.2400	0.1400	1.4000	0.2600		
45	5	0.5000	16.0000	0.1500	0.0500	0.5000	0.3500	67.80	0.73
	6	0.5000	14.7500	0.1600	0.0600	0.6000	0.3400		
60	7	0.5000	15.8100	0.1200	0.0200	0.2000	0.3800	71.90	0.44
	8	0.5000	15.6900	0.1300	0.0300	0.3000	0.3700		
75	9	0.5000	15.7900	0.1100	0.0100	0.1000	0.3900	71.50	0.42
	10	0.5000	14.6600	0.1000	0.0000	0.0000	0.4000		
90	11	0.5000	16.1900	0.0900	-0.0100	-0.1000	0.4100	69.40	0.42
	12	0.5000	15.9400	0.1100	0.0100	0.1000	0.3900		
105	13	0.5000	16.3000	0.1000	Constante	Constante	0.4000	68.90	0.38
	14	0.5000	16.0500	0.1000	Constante	Constante	Constante		
120	15	0.5000	16.4200	0.1000	Constante	Constante	Constante	72.70	0.38
	16	0.5000	14.8800	0.1000	Constante	Constante	Constante		

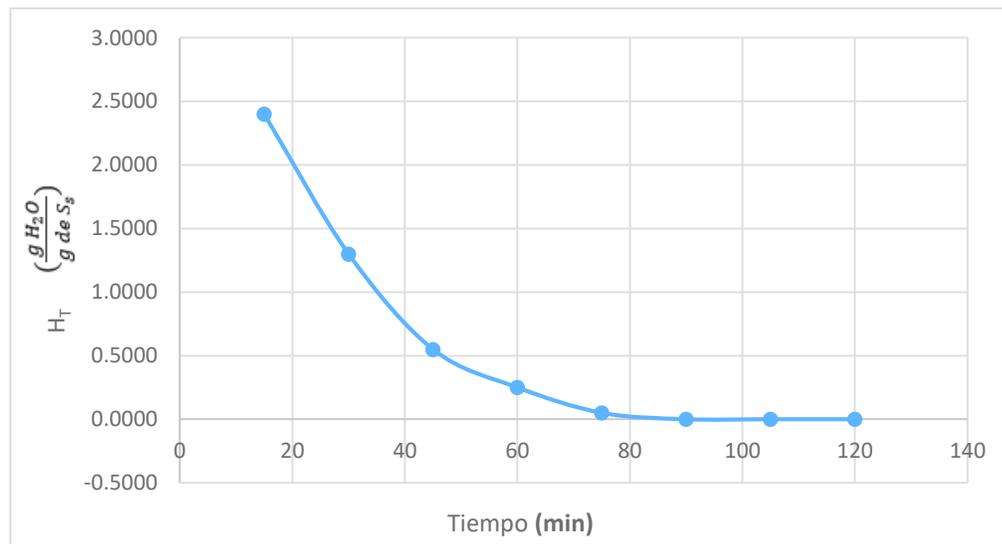


Figura A5.31 Curva de secado Humedad Total versus Tiempo para la muestra MTS70

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 70 °C

Variedad: Mansa

Estado de Madurez: Tierna

Tipo de Procesamiento: Sin escaldar

Código: MTS70

Tabla A5.32 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra MTS70 utilizados para construir el gráfico velocidad de secado versus humedad

Tiempo (min)	$H_T \left(\frac{g H_2O}{g de S_s} \right)$	Temp (° C)	H_P (g)	$V_s \left(\frac{g H_2O}{S \times \text{gramos de } S_s} \right)$
0	4.0000	23.0000	0.0000	-
15	2.4000	67.0000	0.1600	0.0178
30	1.3000	69.5000	0.2700	0.0122
45	0.5500	67.8000	0.3450	0.0083
60	0.2500	71.9000	0.3750	0.0033
75	0.0500	71.5000	0.3950	0.0022
90	Constante	69.4000	0.4000	0.0006
105	Constante	68.9000	0.4000	Constante
120	Constante	72.7000	0.4000	Constante

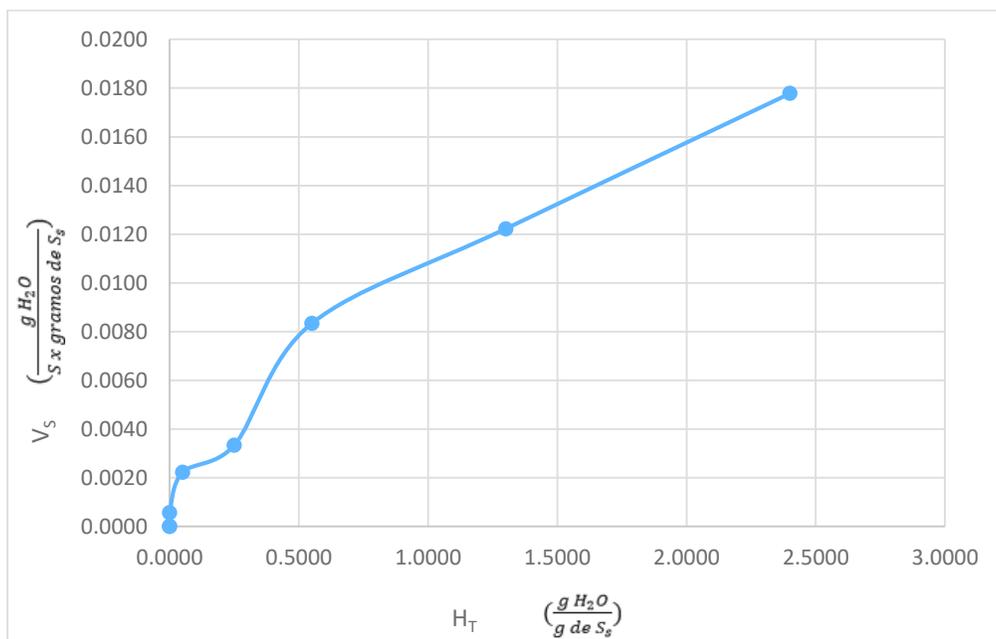


Figura A5.32 Curva de secado Velocidad de secado versus Humedad Total para la muestra MTS70

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 70 °C

Variedad: Picuda

Estado de Madurez: Madura

Tipo de Procesamiento: Con escaldar

Código: PME70

Tabla A5.33 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra PME70 utilizados para construir el gráfico humedad versus tiempo

Tiempo (min)	N°	W (g)	S _s (g)	S _h (g)	H _l (g)	H _T ($\frac{g H_2O}{g de S_s}$)	H _P (g)	Temp (°C)	a _w
0									
				0.5000	0.4100	4.5556	0.0000	23.00	
5	1	0.5000	16.7200	0.4400	0.3500	3.8889	0.0600	73.00	0.86
	2	0.5000	14.1500	0.4300	0.3400	3.7778	0.0700		
10	3	0.5000	14.2700	0.4000	0.3100	3.4444	0.1000	71.70	0.90
	4	0.5000	15.0300	0.3900	0.3000	3.3333	0.1100		
15	5	0.5000	16.3500	0.3600	0.2700	3.0000	0.1400	65.60	0.92
	6	0.5000	14.4100	0.3500	0.2600	2.8889	0.1500		
20	7	0.5000	16.0300	0.3200	0.2300	2.5556	0.1800	66.00	0.88
	8	0.5000	14.9500	0.3100	0.2200	2.4444	0.1900		
30	9	0.5000	14.0800	0.2500	0.1600	1.7778	0.2500	65.90	0.76
	10	0.5000	14.4100	0.2400	0.1500	1.6667	0.2600		
45	11	0.5000	14.8300	0.1700	0.0800	0.8889	0.3300	72.80	0.60
	12	0.5000	15.3600	0.1800	0.0900	1.0000	0.3200		
60	13	0.5000	14.2800	0.1400	0.0500	0.5556	0.3600	65.50	0.56
	14	0.5000	14.1400	0.1400	0.0500	0.5556	0.3600		
75	15	0.5000	14.9000	0.1100	0.0200	0.2222	0.3900	66.50	0.49
	16	0.5000	13.6500	0.1000	0.0100	0.1111	0.4000		
90	17	0.5000	14.1700	0.0900	Constante	Constante	0.4100	72.60	0.46
	18	0.5000	15.7600	0.0900	Constante	Constante	Constante		
105	19	0.5000	15.9800	0.0900	Constante	Constante	Constante	65.90	0.44
	20	0.5000	15.7900	0.0900	Constante	Constante	Constante		

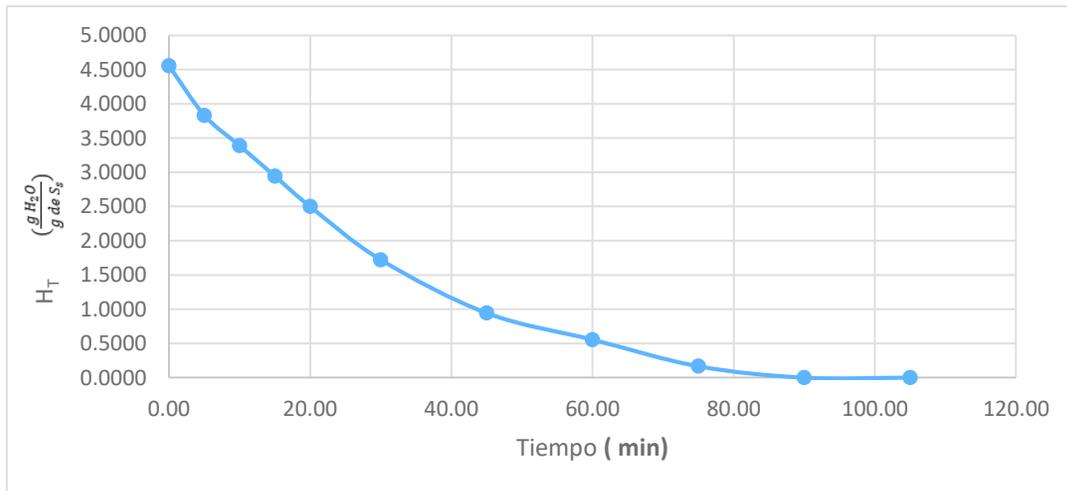


Figura A5.33 Curva de secado Humedad Total versus Tiempo para la muestra PME70

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 70 °C

Variación: Picuda

Estado de Madurez: Madura

Tipo de Procesamiento: Con escaldar

Código: PME70

Tabla A5.34 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra PME70 utilizados para construir el gráfico velocidad de secado versus humedad

Tiempo (min)	$H_T \left(\frac{g H_2O}{g de S_s} \right)$	Temp (° C)	H_P (g)	$V_s \left(\frac{g H_2O}{s \times gramos de S_s} \right)$
0.00	4.5556	23.0000	0.0000	-
5.00	3.8333	73.0000	0.0650	0.0268
10.00	3.3889	71.7000	0.1050	0.0165
15.00	2.9444	65.6000	0.1450	0.0165
20.00	2.5000	66.0000	0.1850	0.0165
30.00	1.7222	65.9000	0.2550	0.0144
45.00	0.9444	72.8000	0.3250	0.0096
60.00	0.5556	65.5000	0.3600	0.0048
75.00	0.1667	66.5000	0.3950	0.0048
90.00	Constante	72.6000	0.4100	0.0021
105.00	Constante	65.9000	0.4100	Constante

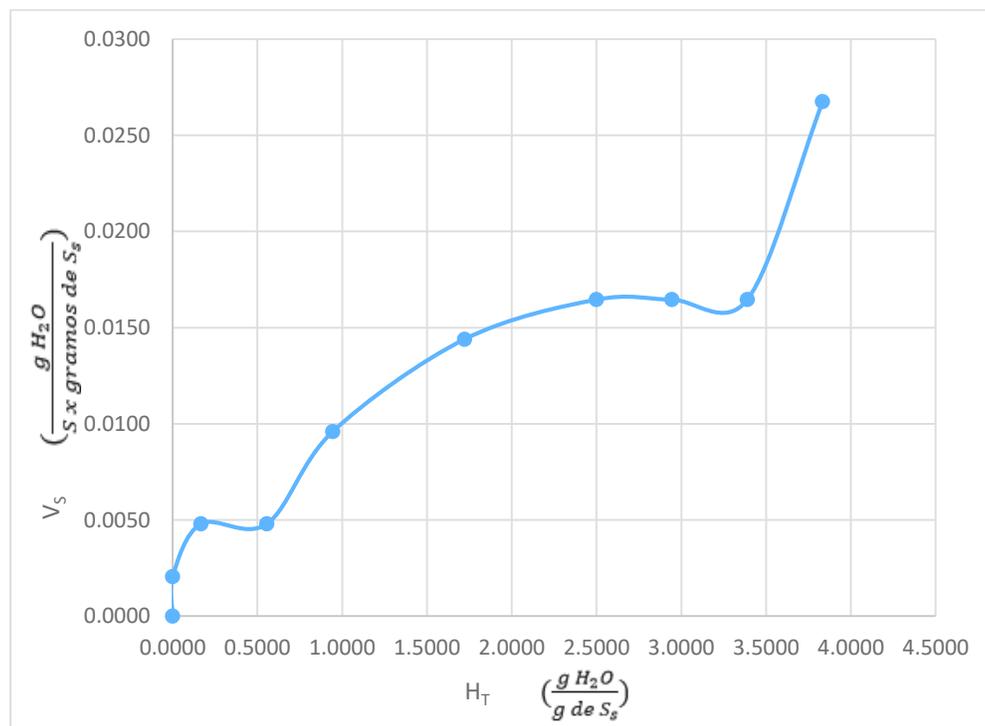


Figura A5.34 Curva de secado Velocidad de secado versus Humedad Total para la muestra PME70

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 70 °C

Varietal: Picuda

Estado de Madurez: Madura

Tipo de Procesamiento: Sin escaldar

Código: PMS70

Tabla A5.35 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra PMS70 utilizados para construir el gráfico humedad versus tiempo

Tiempo (min)	N°	W (g)	S _s (g)	S _h (g)	H _l (g)	H _T ($\frac{g H_2O}{g de S_s}$)	H _P (g)	Temp (°C)	a _w
0				0.3000	0.2500	5.0000	0.0000	23.00	
5	1	0.3000	15.0400	0.2500	0.2000	4.0000	0.0500	68.80	0.76
	2	0.3000	15.8600	0.2600	0.2100	4.2000	0.0400		
10	3	0.3000	16.3400	0.2200	0.1700	3.4000	0.0800	69.90	0.89
	4	0.3000	15.5500	0.2200	0.1700	3.4000	0.0800		
15	5	0.3000	15.9800	0.1900	0.1400	2.8000	0.1100	70.80	0.91
	6	0.3000	16.1400	0.2000	0.1500	3.0000	0.1000		
20	7	0.3000	16.4500	0.1800	0.1300	2.6000	0.1200	71.70	0.91
	8	0.3000	14.8400	0.1700	0.1200	2.4000	0.1300		
30	9	0.3000	14.7900	0.1400	0.0900	1.8000	0.1600	70.40	0.75
	10	0.3000	15.8200	0.1400	0.0900	1.8000	0.1600		
45	11	0.3000	16.2800	0.1000	0.0500	1.0000	0.2000	74.40	0.63
	12	0.3000	16.0800	0.1000	0.0500	1.0000	0.2000		
60	13	0.3000	15.9300	0.0800	0.0300	0.6000	0.2200	72.50	0.50
	14	0.3000	15.7800	0.0700	0.0200	0.4000	0.2300		
75	15	0.3000	16.3000	0.0600	0.0100	0.2000	0.2400	66.60	0.50
	16	0.3000	15.5700	0.0600	0.0100	0.2000	0.2400		
90	17	0.3000	16.2700	0.0600	0.0100	0.2000	0.2400	68.00	0.46
	18	0.3000	14.8400	0.0500	Constante	Constante	0.2500		
105	19	0.3000	14.6700	0.0500	Constante	Constante	Constante	71.60	0.44
	20	0.3000	16.2400	0.0500	Constante	Constante	Constante		
120	21	0.3000	14.6200	0.0500	Constante	Constante	Constante	73.5	0.42
	22	0.3000	15.6200	0.0500	Constante	Constante	Constante		

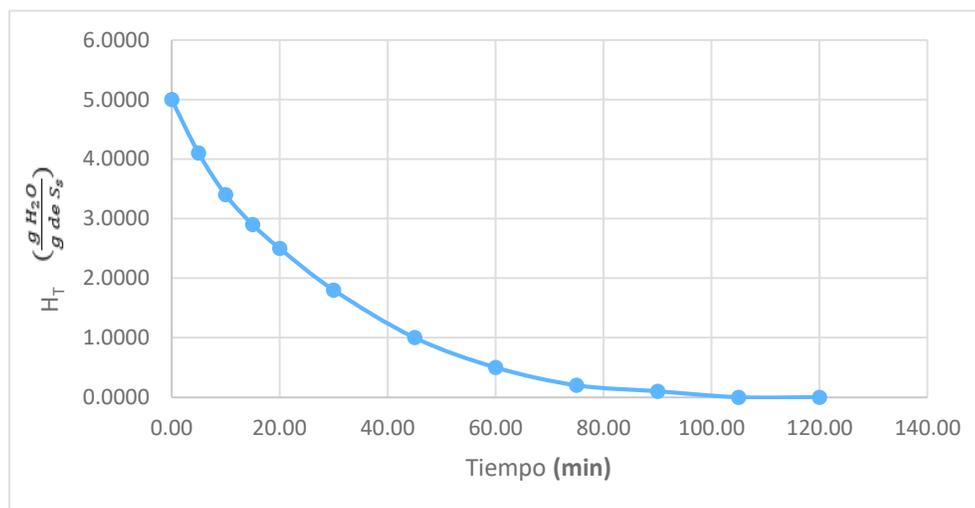


Figura A5.35 Curva de secado Humedad Total versus Tiempo para la muestra PMS70

Especie: Cnidocolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 70 °C

Variedad: Picuda

Estado de Madurez: Madura

Tipo de Procesamiento: Sin escaldar

Código: PMS70

Tabla A5.36 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra PMS70 utilizados para construir el gráfico velocidad de secado versus humedad

Tiempo (min)	$H_T \left(\frac{g H_2O}{g de S_s} \right)$	Temp (° C)	H_P (g)	$V_s \left(\frac{g H_2O}{S \times gramos de S_s} \right)$
0.00	5.0000	23.0000	0.0000	-
5.00	4.1000	68.8000	0.0450	0.0600
10.00	3.4000	69.9000	0.0800	0.0467
15.00	2.9000	70.8000	0.1050	0.0333
20.00	2.5000	71.7000	0.1250	0.0267
30.00	1.8000	70.4000	0.1600	0.0233
45.00	1.0000	74.4000	0.2000	0.0178
60.00	0.5000	72.5000	0.2250	0.0111
75.00	0.2000	66.6000	0.2400	0.0067
90.00	0.1000	68.0000	0.2450	0.0022
105.00	Constante	71.6000	0.2500	Constante
120.00	Constante	73.5000	0.2500	Constante

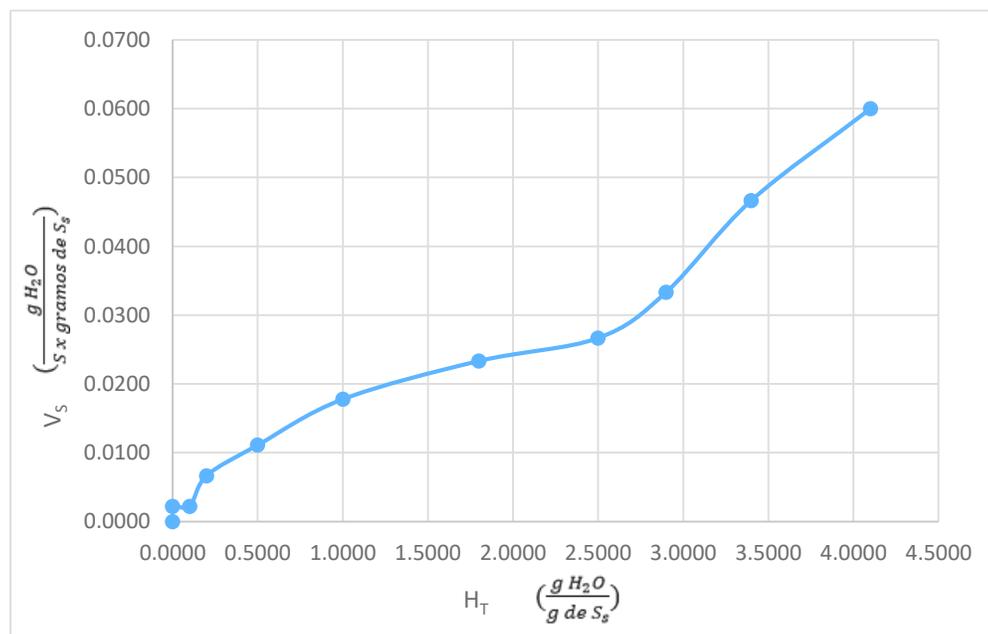


Figura A5.36 Curva de secado Velocidad de secado versus Humedad Total para la muestra PMS70

Especie: Cnidoscopus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 70 °C

Variedad: Picuda

Estado de Madurez: Tierna

Tipo de Procesamiento: Con escaldar

Código: PTE70

Tabla A5.37 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra PTE70 utilizados para construir el gráfico humedad versus tiempo

Tiempo (min)	N°	W (g)	S _s (g)	S _h (g)	H _l (g)	H _T ($\frac{g H_2O}{g de S_s}$)	H _P (g)	Temp (°C)	a _w
0				0.3000	0.2500	5.00000	0.0000	23.00	
5	1	0.3000	13.9400	0.2400	0.1900	3.80000	0.0600	68.80	0.86
	2	0.3000	14.1700	0.2500	0.2000	4.00000	0.0500		
10	3	0.3000	13.7700	0.2000	0.1500	3.00000	0.1000	65.00	0.88
	4	0.3000	14.2500	0.2100	0.1600	3.20000	0.0900		
15	5	0.3000	14.2900	0.1600	0.1100	2.20000	0.1400	67.50	0.83
	6	0.3000	14.2500	0.1800	0.1300	2.60000	0.1200		
20	7	0.3000	16.4200	0.1300	0.0800	1.60000	0.1700	69.40	0.86
	8	0.3000	16.4200	0.1500	0.1000	2.00000	0.1500		
30	9	0.3000	13.8100	0.1100	0.0600	1.20000	0.1900	67.00	0.81
	10	0.3000	13.6800	0.1100	0.0600	1.20000	0.1900		
45	11	0.3000	13.9900	0.0900	0.0400	0.80000	0.2100	68.80	0.75
	12	0.3000	14.3100	0.0900	0.0400	0.80000	0.2100		
60	13	0.3000	15.5600	0.0800	0.0300	0.60000	0.2200	67.60	0.63
	14	0.3000	13.9200	0.0700	0.0200	0.40000	0.2300		
75	15	0.3000	13.7600	0.0600	0.0100	0.20000	0.2400	65.70	0.49
	16	0.3000	15.7400	0.0600	0.0100	0.20000	0.2400		
90	17	0.3000	14.1700	0.0500	Constante	Constante	0.2500	66.40	0.45
	18	0.3000	13.7500	0.0500	Constante	Constante	Constante		
105	19	0.3000	15.9300	0.0500	Constante	Constante	Constante	67.50	0.42
	20	0.3000	14.0900	0.0500	Constante	Constante	Constante		

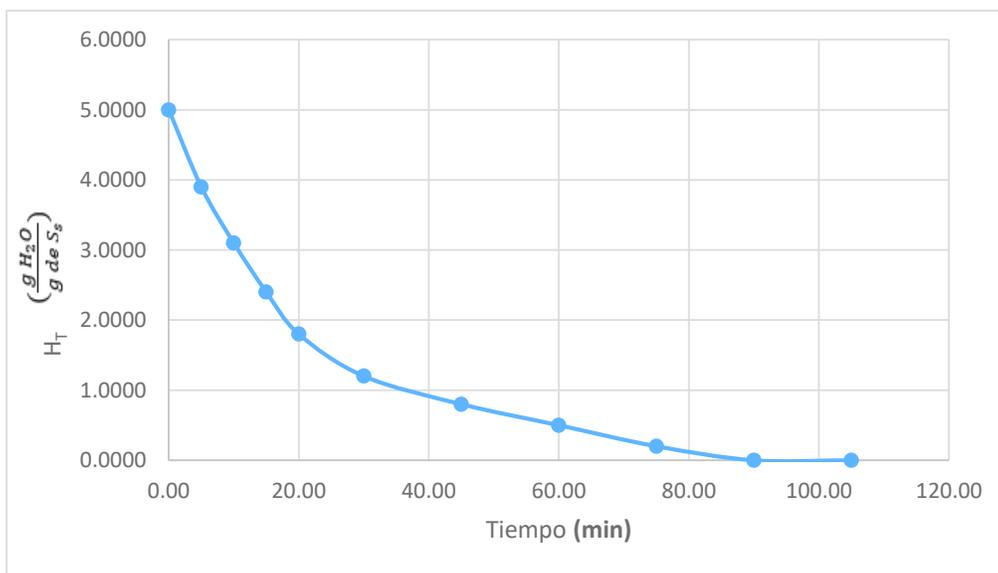


Figura A5.37 Curva de secado Humedad Total versus Tiempo para la muestra PTE70

Especie: Cnidoscolus aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 70 °C

Variedad: Picuda

Estado de Madurez: Tierna

Tipo de Procesamiento: Con escaldar

Código: PTE70

Tabla A5.38 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra PTE70 utilizados para construir el gráfico velocidad de secado versus humedad

Tiempo (min)	$H_T \left(\frac{g H_2O}{g de S_s} \right)$	Temp (° C)	H_P (g)	$V_s \left(\frac{g H_2O}{s \times gramos de S_s} \right)$
0.00	5.0000	23.0000	0.0000	-
5.00	3.9000	68.8000	0.0550	0.0733
10.00	3.1000	65.0000	0.0950	0.0533
15.00	2.4000	67.5000	0.1300	0.0467
20.00	1.8000	69.4000	0.1600	0.0400
30.00	1.2000	67.0000	0.1900	0.0200
45.00	0.8000	68.8000	0.2100	0.0089
60.00	0.5000	67.6000	0.2250	0.0067
75.00	0.2000	65.7000	0.2400	0.0067
90.00	Constante	66.4000	0.2500	0.0044
105.00	Constante	67.5000	0.2500	Constante

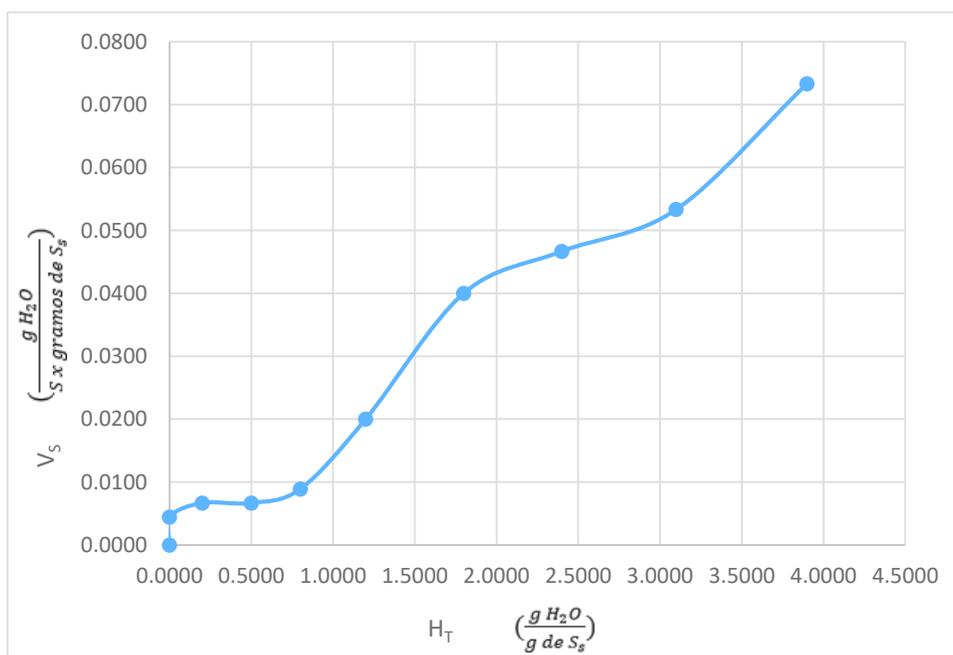


Figura A5.38 Curva de secado Velocidad de secado versus Humedad Total para la muestra PTE70

Especie: Cnidocolus Aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 70 °C

Variedad: Picuda

Estado de Madurez: Tierna

Tipo de Procesamiento: Sin escaldar

Código: PTS70

Tabla A5.39 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra PTS70 utilizados para construir el gráfico humedad versus tiempo

Tiempo (min)	N°	W (g)	S _s (g)	S _h (g)	H _l (g)	H_T $(\frac{g H_2O}{g de S_s})$	H _P (g)	Temp (°C)	a _w
0									
				0.3000	0.2400	4.0000	0.0000	23.00	
5	21	0.3000	15.5700	0.2600	0.2000	3.3333	0.0400	68.80	0.88
	22	0.3000	15.8700	0.2700	0.2100	3.5000	0.0300		
10	23	0.3000	14.8300	0.2300	0.1700	2.8333	0.0700	65.00	0.89
	24	0.3000	14.2600	0.2300	0.1700	2.8333	0.0700		
15	25	0.3000	14.2100	0.2100	0.1500	2.5000	0.0900	67.50	0.85
	26	0.3000	14.0500	0.2000	0.1400	2.3333	0.1000		
20	27	0.3000	16.5000	0.1900	0.1300	2.1667	0.1100	69.40	0.86
	28	0.3000	15.6200	0.1800	0.1200	2.0000	0.1200		
30	29	0.3000	13.7400	0.1500	0.0900	1.5000	0.1500	67.00	0.64
	30	0.3000	13.9300	0.1600	0.1000	1.6667	0.1400		
45	31	0.3000	13.9700	0.1100	0.0500	0.8333	0.1900	68.80	0.58
	32	0.3000	14.3600	0.1200	0.0600	1.0000	0.1800		
60	33	0.3000	14.7000	0.0900	0.0300	0.5000	0.2100	67.60	0.55
	34	0.3000	14.1600	0.0900	0.0300	0.5000	0.2100		
75	35	0.3000	13.5700	0.0800	0.0200	0.3333	0.2200	65.70	0.53
	36	0.3000	14.0200	0.0700	0.0100	0.1667	0.2300		
90	37	0.3000	15.7400	0.0600	Constante	Constante	0.2400	66.40	0.44
	38	0.3000	14.6300	0.0600	Constante	Constante	Constante		
105	39	0.3000	15.5600	0.0600	Constante	Constante	Constante	67.50	0.41
	40	0.3000	14.7400	0.0600	Constante	Constante	Constante		

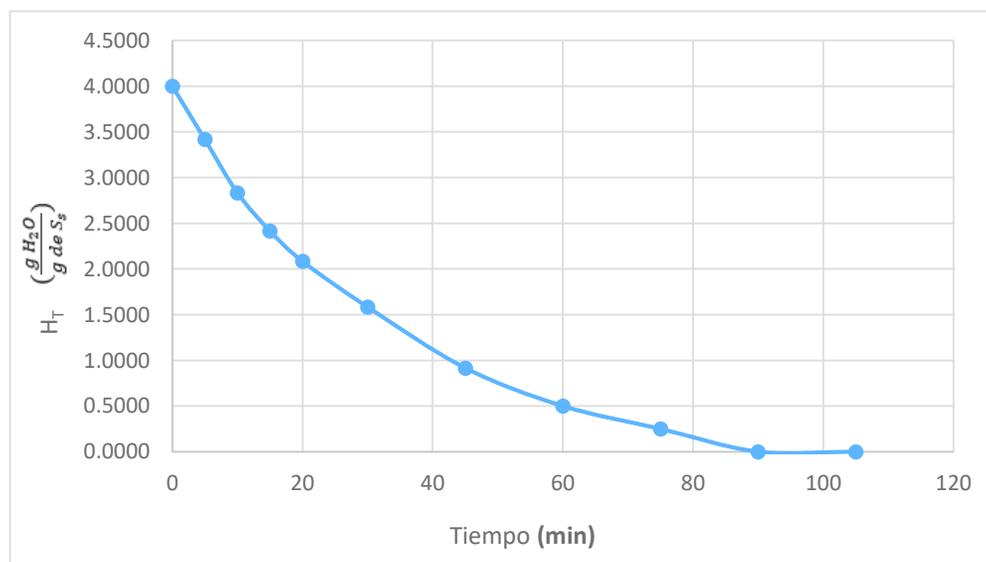


Figura A5.39 Curva de secado Humedad Total versus Tiempo para la muestra PTS70

Especie: Cnidoscolus Aconitifolius
(Chaya)

Temperatura de Secado: 70 °C

Variedad: Picuda

Estado de Madurez: Tierna

Tipo de Procesamiento: Sin escaldar

Código: PTS70

Tabla A5.40 Datos obtenidos de proceso de secado en laboratorio, para la muestra PTS70 utilizados para construir el gráfico velocidad de secado versus humedad

Tiempo (min)	$H_T \left(\frac{g H_2O}{g de S_s} \right)$	Temp (° C)	H_P (g)	$V_s \left(\frac{g H_2O}{S \times \text{gramos de } S_s} \right)$
0	4.0000	23.0000	0.0000	-
5	3.4167	68.8000	0.0350	0.0324
10	2.8333	65.0000	0.0700	0.0324
15	2.4167	67.5000	0.0950	0.0231
20	2.0833	69.4000	0.1150	0.0185
30	1.5833	67.0000	0.1450	0.0139
45	0.9167	68.8000	0.1850	0.0123
60	0.5000	67.6000	0.2100	0.0077
75	0.2500	65.7000	0.2250	0.0046
90	Constante	66.4000	0.2400	0.0046
105	Constante	67.5000	0.2400	Constante

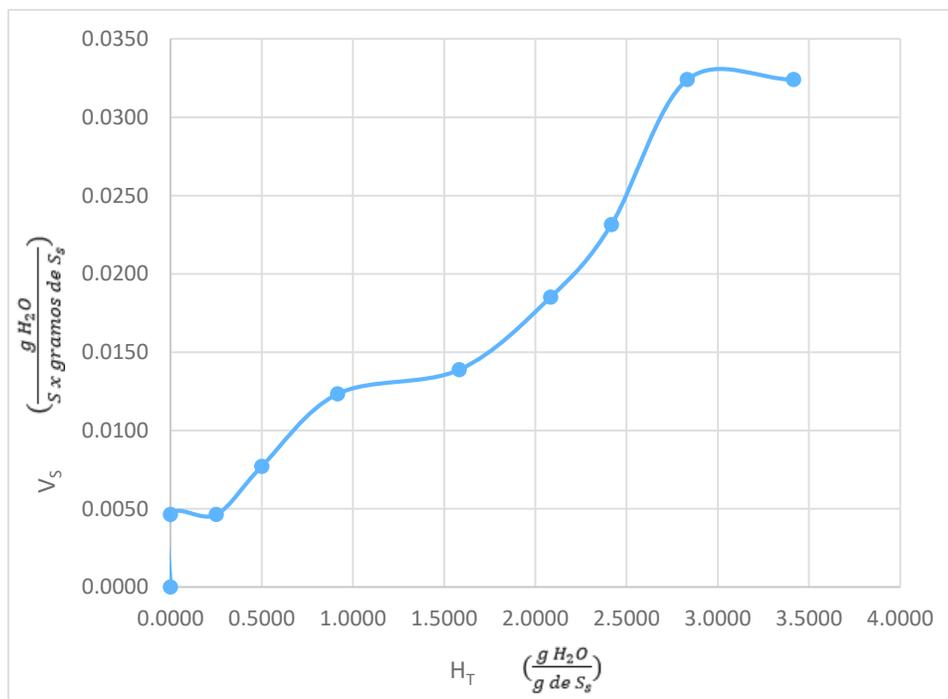


Figura A5.40 Curva de secado Velocidad de secado versus Humedad Total para la muestra PTS70

ANEXO 6 Capturas de pantalla de HPLC para la construcción de la curva de estándar de CN-

BLANCO

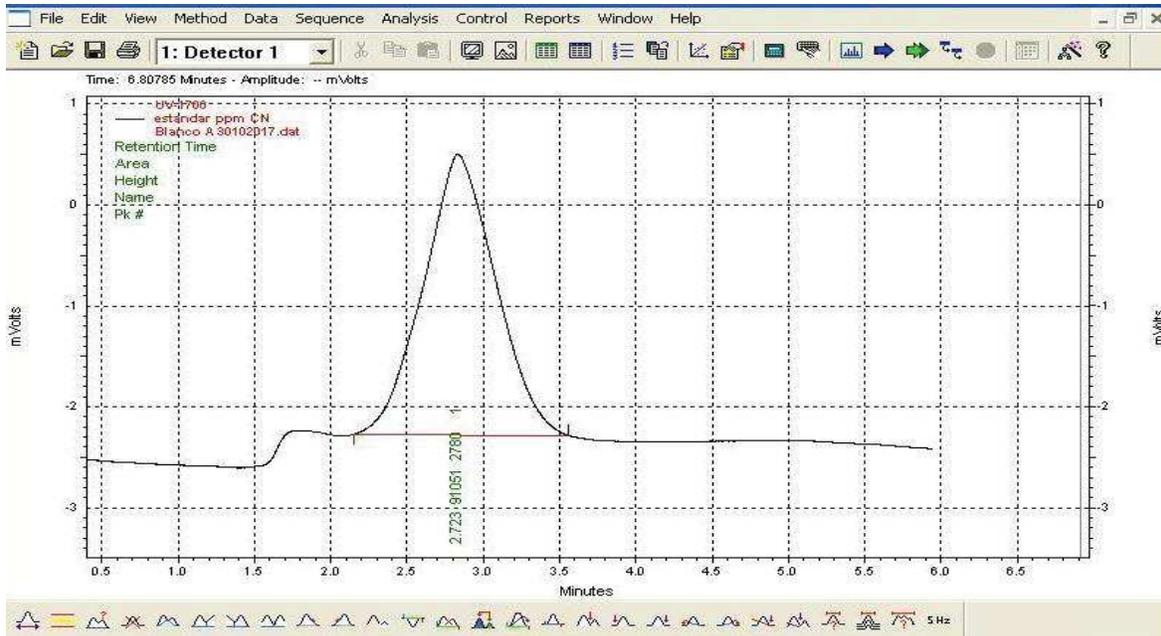


Figura A6.1 Cromatograma obtenido de equipo HPLC para estándar de KCN de concentración blanco

10 PPM

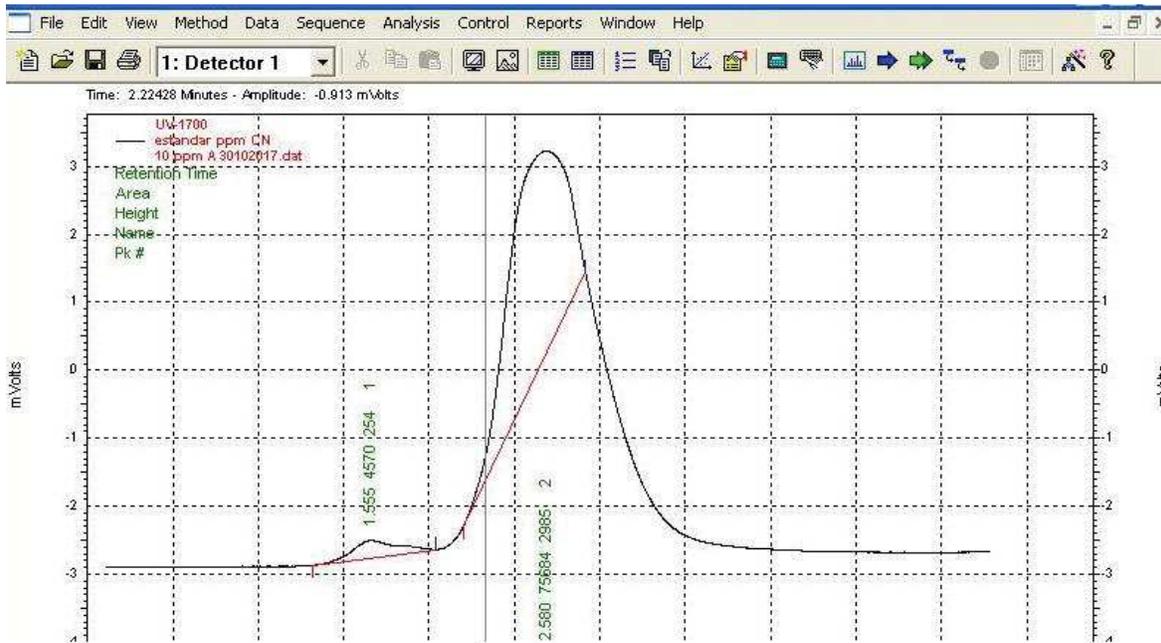


Figura A6.2 Cromatograma obtenido de equipo HPLC para estándar de KCN de concentración 10 PPM

20 PPM

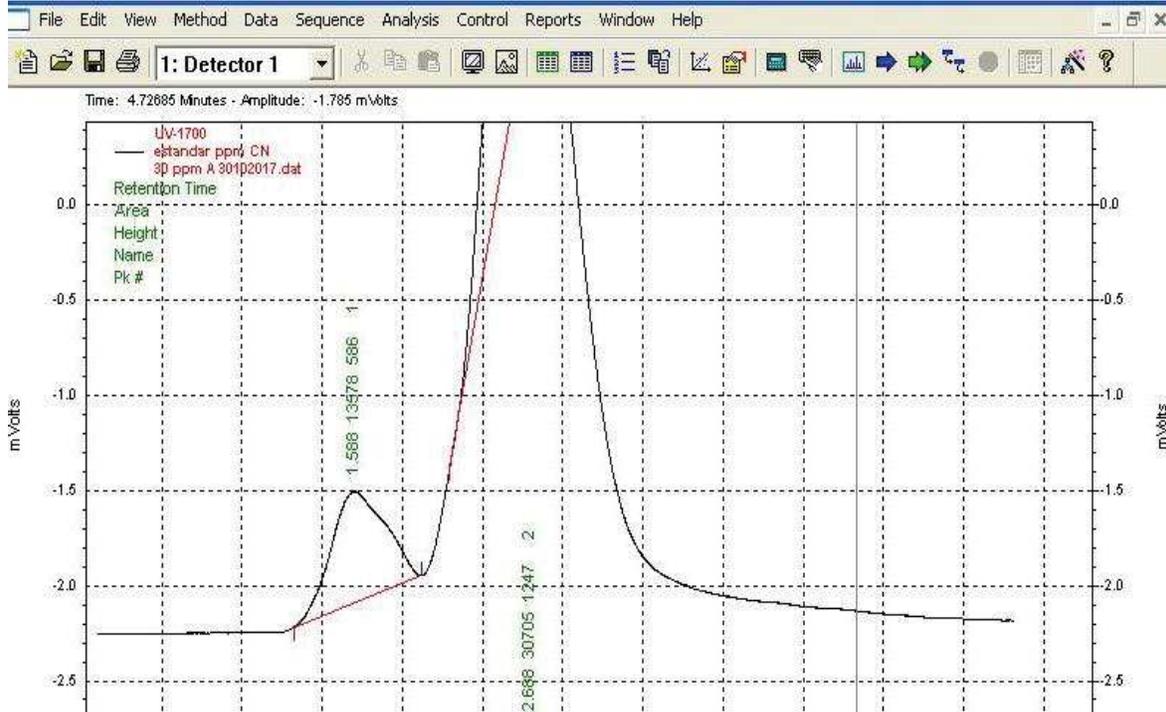


Figura A6.3 Cromatograma obtenido de equipo HPLC para estándar de KCN de concentración 20 PPM

30 PPM

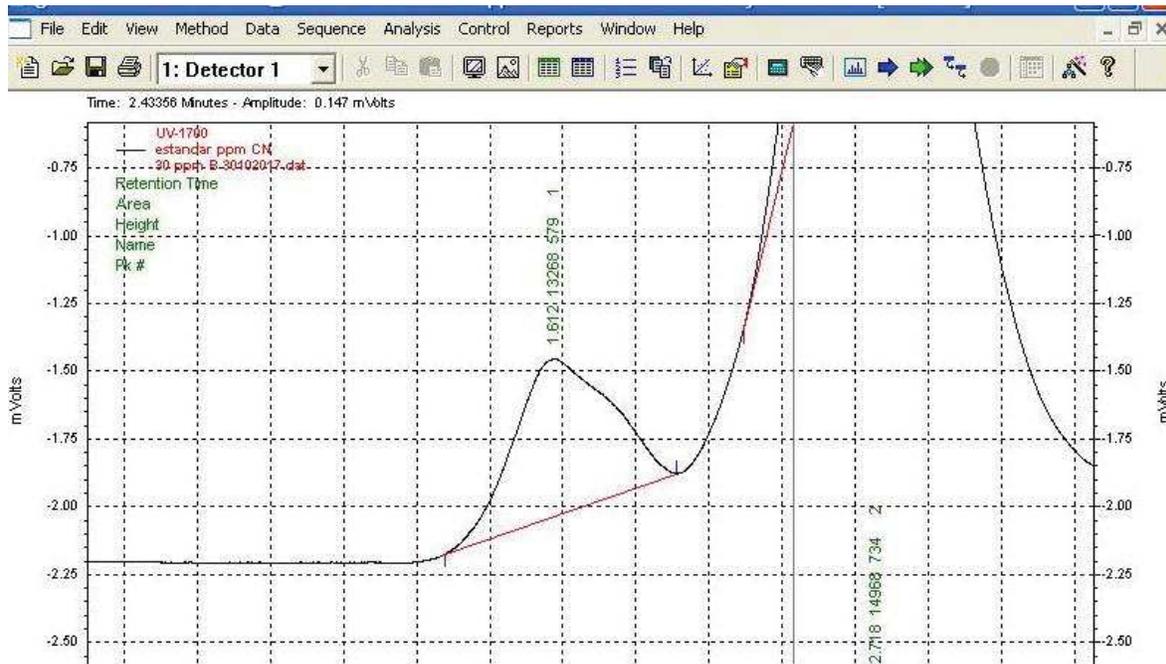


Figura A6.4 Cromatograma obtenido de equipo HPLC para estándar de KCN de concentración 30 PPM

50 PPM

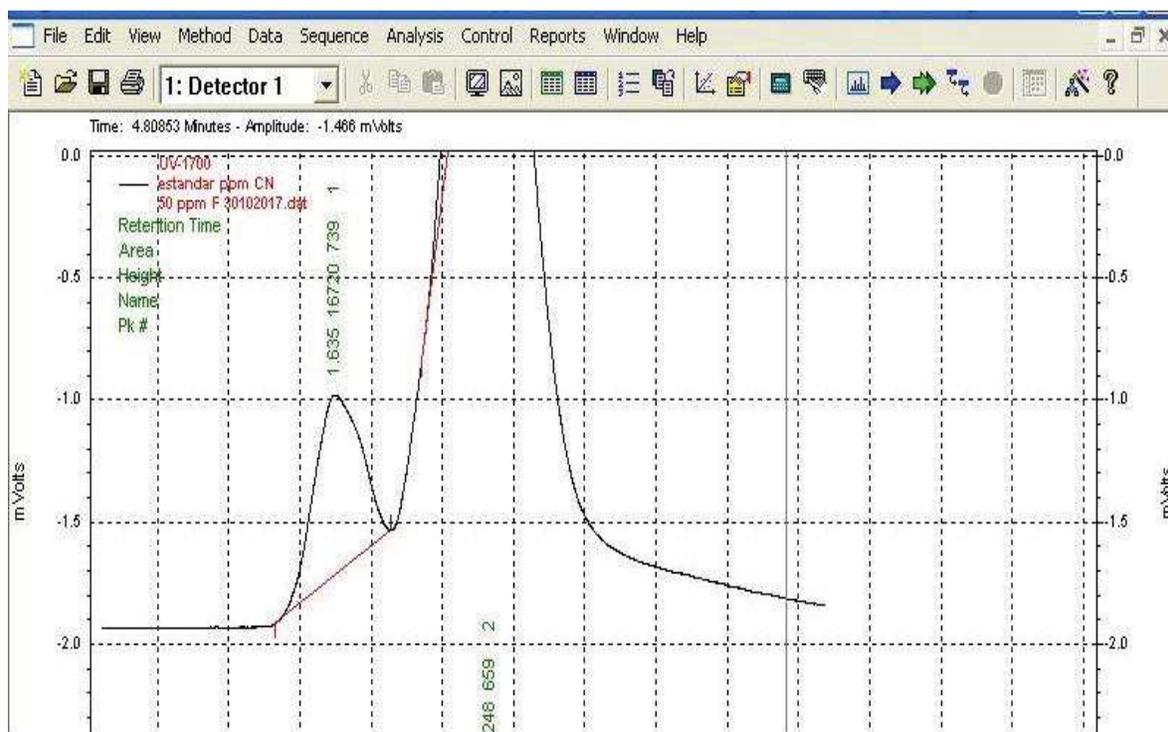


Figura A6.5 Cromatograma obtenido de equipo HPLC para estándar de KCN de concentración 50 PPM

ANEXO 7 Concentraciones y codificación de muestras para prueba de umbral de detección y reconocimiento

Tabla A7.1 Concentración y codificación utilizada en muestras para pruebas de umbral de detección y reconocimiento

Nº Solución	Concentración en g/100 ml de agua			
	Cloruro de sodio	Sacarosa	Ácido cítrico	Cafeína
1	0,00 M1N	0,00 M2N	0,000 M3N	0,00 M4N
2	0,04 M1MP	0,20 M2MP	0,007 M3MP	0,20 M4MP
3	0,08 M1P	0,40 M2P	0,014 M3P	0,40 M4P
4	0,12 M1M	0,60 M2M	0,021 M3M	0,60 M4M
5	0,16 M1MM	0,80 M2MM	0,028 M3MM	0,80 M4MM
6	0,20 M1D	1,00 M2D	0,035 M3D	1,00 M4D

ANEXO 8. Resumen de datos obtenidos para el grupo de selección de panel sensorial

Tabla A8.1 Respuestas de cada panelista de la primera jornada para prueba de umbral de detección y reconocimiento

RESULTADOS OBTENIDOS DE CADA PANELISTA																								
MUESTRA	Muestra 1: Salado						Muestra 2: Dulce						Muestra 3: Acido						Muestra 4: Amargo					
CODIGO	M1N	M1MP	M1P	M1M	M1MM	M1D	M2N	M2MP	M2P	M2M	M2MM	M2D	M3N	M3MP	M3P	M3M	M3MM	M3D	M4N	M4MP	M4P	M4M	M4MM	M4D
Panelista 1	0	0	SA	?	SA	SA	?	0	?	DC	DC	DC	0	AC	AC	AC	AC	AC	0	AM	AM	AM	AM	AM
Panelista 2	?	0	SA	SA	SA	SA	0	?	DC	DC	DC	DC	0	?	AC	AC	AC	AC	0	AM	AM	AM	AM	AM
Panelista 3	0	SA	SA	SA	SA	SA	0	DC	DC	DC	DC	DC	0	AC	AC	AC	AC	AC	0	AM	AM	AM	AM	AM
Panelista 4	0	?	?	SA	SA	SA	0	0	?	DC	?	DC	?	?	AC	AC	AC	AC	0	AM	AM	AM	AM	AM
Panelista 5	0	0	?	?	?	SA	0	0	0	0	DC	DC	0	0	?	?	?	?	0	AM	AM	AM	AM	AM
Panelista 6	0	?	SA	?	SA	SA	0	0	DC	DC	DC	DC	0	AC	AC	AC	AC	AC	?	AM	AM	AM	AM	AM
Panelista 7	0	SA	SA	SA	SA	SA	0	0	DC	DC	DC	DC	0	AC	AC	AC	AC	AC	AM	AM	AM	AM	AM	AM
Panelista 8	0	0	SA	?	SA	DC	?	0	DC	SA	DC	DC	0	AM	AC	AM	AC	AC	0	AM	AM	AM	AM	AM
Panelista 9	0	?	SA	SA	SA	SA	0	?	DC	DC	DC	DC	?	?	AM	AM	AM	AM	?	AM	AM	SA	AM	AC
Panelista 10	0	?	?	SA	SA	SA	0	?	DC	DC	DC	DC	?	?	AC	AC	AC	AC	AM	AM	AM	AM	AM	AM
Panelista 11	0	DC	SA	DC	SA	AC	0	AM	DC	DC	DC	DC	0	AM	AM	AM	AM	AM	0	AM	AM	AM	AM	AM
Panelista 12	0	0	0	AC	?	?	AC	AC	AM	AM	DC	DC	AM	AC	AC	AC	AC	AC	0	AM	AM	AM	AM	AM

Donde: 0 = Ninguno o sólo agua. ? = Diferente del agua, pero el gusto no es identificable. Ac: Acido Am: Amargo Dc: Dulce Sa: Salado

Tabla A8.2 Respuestas de cada panelista de la segunda jornada para prueba de umbral de detección y reconocimiento

RESULTADOS OBTENIDOS DE CADA PANELISTA																								
MUESTRA	Muestra 1: Salado						Muestra 2: Dulce						Muestra 3: Acido						Muestra 4: Amargo					
CODIGO	M1N	M1MP	M1P	M1M	M1MM	M1D	M2N	M2MP	M2P	M2M	M2MM	M2D	M3N	M3MP	M3P	M3M	M3MM	M3D	M4N	M4MP	M4P	M4M	M4MM	M4D
Panelista 13	0	SA	0	0	?	SA	?	?	DC	DC	DC	DC	0	0	AC	AC	AC	AC	?	AM	AM	AM	AM	AM
Panelista 14	AC	AC	?	SA	SA	SA	0	0	DC	DC	DC	DC	?	AC	AC	AC	AC	AC	0	AM	AM	AM	AM	AM
Panelista 15	0	0	0	SA	?	SA	?	?	DC	DC	DC	DC	0	0	AC	AC	AC	AC	0	AM	AM	AM	AM	AM
Panelista 16	0	?	SA	SA	0	0	?	0	AM	0	DC	DC	0	0	AC	AC	AC	AC	AM	AM	AM	AM	AM	AM
Panelista 17	0	AM	?	AC	SA	SA	0	0	0	DC	DC	DC	0	0	AC	AC	AC	AC	0	AM	AM	AM	AM	AM
Panelista 18	0	SA	SA	SA	SA	SA	0	0	DC	DC	DC	DC	0	AC	AC	AC	AC	AC	AM	AM	AM	AM	AM	AM
Panelista 19	?	?	AM	SA	0	SA	DC	?	0	DC	AM	DC	?	?	AM	AM	AC	AC	?	AM	AM	AM	AM	AM
Panelista 20	0	0	0	0	0	SA	?	0	0	0	DC	DC	0	0	AM	AM	AM	AM	0	AM	AM	AM	AM	AC
Panelista 21	?	AM	AM	SA	SA	AM	DC	0	DC	DC	DC	DC	0	0	AC	AC	AC	AC	0	AM	AM	AM	AM	AM
Panelista 22	0	0	SA	SA	SA	SA	0	DC	DC	DC	DC	DC	0	0	AC	AC	AC	AC	0	AM	AM	AM	AM	AM
Panelista 23	0	0	?	SA	AC	SA	AM	DC	DC	DC	DC	DC	?	?	AC	AC	AC	AC	?	AM	AM	AM	AM	AM
Panelista 24	0	0	SA	SA	SA	SA	0	0	DC	DC	DC	DC	0	AC	AC	AC	AC	AC	0	AM	AM	AM	AM	AM
Panelista 25	AM	AM	?	0	SA	SA	AM	0	0	DC	DC	DC	0	AM	AC	AC	AC	AC	0	AM	AM	AM	AM	AM

Donde: 0 = Ninguno o sólo agua. ? = Diferente del agua, pero el gusto no es identificable. Ac: Acido Am: Amargo Dc: Dulce Sa: Salado

ANEXO 9 Aplicación de criterios para selección de panel sensorial

Criterio 1

El primer criterio de selección establece la capacidad de identificación de forma correcta del gusto a evaluar para las cuatro pruebas. Por lo que esto implica eliminar a los panelistas que identificaron un gusto diferente al presentado, aclarando que en los casos que la respuesta haya sido “0” o “?” no son considerados como respuesta incorrecta, sino como no detección.

Basados en los resultados obtenidos de los anexos 8-A y 8-B se identificaron los siguientes panelistas que no cumplen este criterio:

- Panelista 8 identifico de forma incorrecta la muestra 1, 2 y 3.
- Panelista 9 identifico de forma incorrecta la muestra 3 y 4.
- Panelista 11 identifico de forma incorrecta la muestra 1, 2 y 3.
- Panelista 12 identifico de forma incorrecta la muestra 1.
- Panelista 14 identifico de forma incorrecta la muestra 1.
- Panelista 16 identifico de forma incorrecta la muestra 2.
- Panelista 17 identifico de forma incorrecta la muestra 1.
- Panelista 19 identifico de forma incorrecta la muestra 1, 2 y 3
- Panelista 20 identifico de forma incorrecta la muestra 4.
- Panelista 21 identifico de forma incorrecta la muestra 1.
- Panelista 23 identifico de forma incorrecta la muestra 1 y 2.
- Panelista 25 identifico de forma incorrecta la muestra 1, 2 y 3

Por lo que los panelistas 8, 9, 11, 12, 14, 16, 17, 19, 20, 21, 23 y 25 no son aptos para ser seleccionados para el panel sensorial definitivo. Se continuará aplicando los criterios de selección a los panelistas restantes.

Criterio 2

El segundo criterio establece el porcentaje mínimo de aciertos obtenidos durante la detección del gusto (se tomará como valido un porcentaje de acierto mayor o igual a 80%). Para lo que se puede obtener un total de 24 aciertos correspondiente al

100% de aciertos posibles por cada panelista. En la tabla A9.1 siguiente se muestra la cantidad aciertos obtenidos por los panelistas.

Tabla A9.1 Aciertos obtenidos por cada panelistas aplicando el segundo criterio de evaluación

ACIERTOS OBTENIDOS POR CADA PANELISTA EN SEGUNDO CRITERIO						
Panelista	Aciertos M1	Aciertos M2	Aciertos M3	Aciertos M4	Aciertos Total	Porcentaje de acierto
Panelista 1	5	4	6	6	21	87,50%
Panelista 2	4	6	6	6	22	91,67%
Panelista 3	6	6	6	6	24	100,00%
Panelista 4	6	5	5	6	22	91,67%
Panelista 5	5	3	5	6	19	79,17%
Panelista 6	6	5	6	5	22	91,67%
Panelista 7	6	5	6	5	22	91,67%
Panelista 10	6	6	5	5	22	91,67%
Panelista 13	4	5	5	5	19	79,17%
Panelista 15	4	5	5	6	20	83,33%
Panelista 18	6	5	6	5	22	91,67%
Panelista 22	5	6	5	6	22	91,67%
Panelista 24	5	5	6	6	22	91,67%

Basados en los resultados obtenidos únicamente el panelista 5 y 13 no cumple con el criterio de selección por lo que será descartado para ser parte del panel sensorial definitivo.

Criterio 3

El tercer criterio establece el porcentaje mínimo de aciertos obtenidos durante la identificación del gusto (se tomará como valido un porcentaje de acierto mayor o igual a 75%).

Para lo que se puede obtener un total de 24 aciertos correspondiente al 100% de aciertos posibles por cada panelista. En la siguiente tabla se muestra la cantidad aciertos obtenidos por los panelistas.

Tabla A9.2 Aciertos obtenidos por cada panelista en la aplicación del tercer criterio

ACIERTOS OBTENIDOS POR CADA PANELISTA EN TERCER CRITERIO						
Panelista	Aciertos M1	Aciertos M2	Aciertos M3	Aciertos M4	Aciertos Total	Porcentaje de acierto
Panelista 1	4	3	6	6	19	79,17%
Panelista 2	4	5	5	6	20	83,33%
Panelista 3	6	6	6	6	24	100,00%
Panelista 4	4	3	4	6	17	70,83%
Panelista 6	4	5	6	5	20	83,33%
Panelista 7	6	5	6	5	22	91,67%
Panelista 10	4	5	4	5	18	75,00%
Panelista 15	3	4	5	6	18	75,00%
Panelista 18	6	5	6	5	22	91,67%
Panelista 22	5	6	5	6	22	91,67%
Panelista 24	5	5	6	6	22	91,67%

Basados en los resultados obtenidos únicamente el panelista 4 no cumple con el criterio de selección por lo que será descartado para ser parte del panel sensorial definitivo.

Criterio 4

Este criterio establece la capacidad que tiene cada panelista de reconocer cada uno de los gustos a la menor concentración posible. Se considera el nivel de detección de la siguiente forma de acuerdo a la codificación mostrada en el anexo 7.

Tabla A9.2 aciertos obtenidos por cada panelista en la aplicación del tercer criterio

Nivel de Detección	Gustos			
	Salado	Acido	Dulce	Amargo
Muy Alta	M1MP	M2MP	M3MP	M4MP
Alta	M1P	M2P	M3P	M4P
Media	M1M	M2M	M3M	M4M
Baja	M1MM	M2MM	M3MM	M4MM
Muy Baja	M1D	M2D	M3D	M4D

En la tabla A9.3 se indica la capacidad de detección de cada gusto en cada panelista respectivamente.

Tabla A9.3 Capacidad de detección de cada panelista de acuerdo al gusto evaluado

Panelista	Dulce	Salado	Acido	Amargo
Panelista 1	Alta	Media	Alta	Muy Alta
Panelista 2	Alta	Alta	Alta	Muy Alta
Panelista 3	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
Panelista 6	Alta	Alta	Alta	Muy Alta
Panelista 7	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Panelista 10	Alta	Alta	Alta	Muy Alta
Panelista 15	Media	Alta	Alta	Muy Alta
Panelista 18	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Panelista 22	Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta
Panelista 24	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta

Se considera como aceptable un nivel de detección ya sea alta o muy alta, por lo que el panelista 1 y 15 serán descartados. En conclusión, los panelistas 2, 3, 6, 7, 10, 18, 22 y 24 son aptos para ser parte del panel sensorial definitivo.

ANEXO 10 Análisis de varianza para selección de panel sensorial

Mediante el análisis de varianza se determinará los panelistas cuyos resultados se acercan más a la media tomando en cuenta el número según la tabla A10.1

Tabla A10.1 Aciertos y errores cometidos por cada panelista para análisis de varianza

Panelista	ACIERTOS	ACIERTOS	ACIERTOS	ACIERTOS	ACIERTOS	ERRORES	ERRORES	ERRORES	ERRORES	ERRORES
	M1	M2	M3	M4	TOTAL	M1	M2	M3	M4	TOTALES
Panelista 1	4	3	6	6	19	2	3	0	0	5
Panelista 2	4	5	5	6	20	2	1	1	0	4
Panelista 3	6	6	6	6	24	0	0	0	0	0
Panelista 4	4	3	4	6	17	2	3	2	0	7
Panelista 5	2	3	1	6	12	4	3	5	0	12
Panelista 6	4	5	6	5	20	2	1	0	1	4
Panelista 7	6	5	6	5	22	0	1	0	1	2
Panelista 8	3	3	4	6	16	3	3	2	0	8
Panelista 9	5	5	0	3	13	1	1	6	3	11
Panelista 10	4	5	4	5	18	2	1	2	1	6
Panelista 11	3	5	1	6	15	3	1	5	0	9
Panelista 12	1	2	5	6	14	5	4	1	0	10
Panelista 13	4	5	5	5	19	2	1	1	1	5
Panelista 14	4	5	5	6	20	2	1	1	0	4
Panelista 15	4	5	5	6	20	2	1	1	0	4
Panelista 16	4	2	5	5	16	2	4	1	1	8
Panelista 17	4	4	5	6	19	2	2	1	0	5
Panelista 18	6	5	6	5	22	0	1	0	1	2
Panelista 19	3	3	3	5	14	3	3	3	1	10
Panelista 20	2	2	1	5	10	4	4	5	1	14
Panelista 21	2	4	5	6	17	4	2	1	0	7
Panelista 22	5	6	5	6	22	1	0	1	0	2
Panelista 23	4	5	5	5	19	2	1	1	1	5
Panelista 24	5	5	6	6	22	1	1	0	0	2
Panelista 25	3	3	5	6	17	3	3	1	0	7

Posteriormente se calcula la sumatoria de los cuadrados de los errores obtenidos en cada una de las 4 pruebas, así como también para la sumatoria de los errores totales como se muestra en la tabla A10.2.

Tabla A9.2 ciertos obtenidos por cada panelista en la aplicación del tercer criterio

Panelista	$\sum X^2 \text{ Errores}$	$\sum X^2 \text{ Errores Total}$	NUMERO DE MUESTRAS (n)	$S = \sqrt{\frac{\sum X^2 \text{ Errores} - \frac{\sum X^2 \text{ Errores Total}}{n}}{n-1}}$
Panelista 1	13	25	4	1,50
Panelista 2	6	16	4	0,82
Panelista 3	0	0	4	0,00
Panelista 4	17	49	4	1,26
Panelista 5	50	144	4	2,16
Panelista 6	6	16	4	0,82
Panelista 7	2	4	4	0,58
Panelista 8	22	64	4	1,41
Panelista 9	47	121	4	2,36
Panelista 10	10	36	4	0,58
Panelista 11	35	81	4	2,22
Panelista 12	42	100	4	2,38
Panelista 13	7	25	4	1,00
Panelista 14	6	16	4	1,26
Panelista 15	6	16	4	1,26
Panelista 16	22	64	4	1,41
Panelista 17	9	25	4	1,06
Panelista 18	2	4	4	0,58
Panelista 19	28	100	4	1,00
Panelista 20	58	196	4	1,73
Panelista 21	21	49	4	1,71
Panelista 22	2	4	4	0,58
Panelista 23	7	25	4	1,00
Panelista 24	2	4	4	0,58
Panelista 25	19	49	4	1,50

Analizando los datos anteriormente obtenidos esta varianza mide la tendencia de cometer errores que tiene cada uno de los panelistas, por lo tanto, se seleccionaran a los panelistas con menos tendencia a tener resultados erróneos en su percepción sensorial para el caso como se puede observar en la tabla A10.3 los panelistas con menor varianza son:

Tabla A10.3 Panelista con menor tendencia a cometer errores utilizando análisis de varianza.

Panelista 1	1.5	Panelista 2	0.82	Panelista 3	0.00	Panelista 4	1.26
Panelista 5	2.16	Panelista 6	0.82	Panelista 7	0.58	Panelista 8	1.41
Panelista 9	2.36	Panelista 10	0.58	Panelista 11	2.22	Panelista 12	2.38
Panelista 13	1.00	Panelista 14	1.26	Panelista 15	1.26	Panelista 16	1.41
Panelista 17	1.06	Panelista 18	0.58	Panelista 19	1.00	Panelista 20	1.73
Panelista 21	1.71	Panelista 22	0.58	Panelista 23	1.00	Panelista 24	0.58
Panelista 25	1.5						

Por lo que según el análisis de varianza los panelistas a ser seleccionados para integrar el panel sensorial definitivo son el panelista 2, 3, 6, 7, 10, 18, 22 y 24.

ANEXO 11 Entrenamiento del panel sensorial

Para el entrenamiento del panel se realizaron tres jornadas donde se desarrolló el sentido del olfato y el gusto, utilizando el siguiente formulario de llenado:

Hoja de respuestas para sesión de entrenamiento Panel Sensorial
Seleccionado

N° de panelista asignado: _____ N° de sesión de entrenamiento:

Instrucciones

Con el fin de acostumbrar sus sentidos del gusto y olfato a productos que contengan hoja de chaya, a continuación, se le presentan cuatro muestras A, B, C y D las cuales algunas contienen hoja de chaya y otras no. En la primera parte se evaluará su detección en cuanto sabor y en la segunda parte su detección en cuanto olor

- 1. Basándose en el sabor del producto por favor maque con una equis “X” la muestras que considera que si tienen chaya como parte de sus ingredientes**

MUESTRA A	MUESTRA B	MUESTRA C	MUESTRA D
--------------	--------------	--------------	--------------

- 2. Basándose en el olor del producto por favor maque con una equis “X” la muestras que considera que si tienen chaya como parte de sus ingredientes**

MUESTRA A	MUESTRA B	MUESTRA C	MUESTRA D
--------------	--------------	--------------	--------------

Para los cuales se tuvieron los siguientes resultados en la tabla A11.1 basados en los aciertos obtenidos en cada uno de los ensayos de entrenamiento.

Tabla A11.1 Resultado de aciertos obtenidos en las pruebas de entrenamiento de panel sensorial

N°	Ensayo 1		Ensayo 2		Ensayo 3	
	Aciertos Olfato	Aciertos Gusto	Aciertos Olfato	Aciertos Gusto	Aciertos Olfato	Aciertos Gusto
Panelista 2	3 (75%)	3 (75%)	4 (100%)	3 (75%)	3 (75%)	3 (75%)
Panelista 3	3 (75%)	3 (75%)	4 (100%)	4 (100%)	4 (100%)	4 (100%)
Panelista 6	2 (50%)	4 (100%)	4 (100%)	3 (75%)	4 (100%)	3 (75%)
Panelista 7	1 (25%)	4 (100%)	3 (75%)	4 (100%)	4 (100%)	3 (75%)
Panelista 10	3 (75%)	3 (75%)	4 (100%)	4 (100%)	4 (100%)	4 (100%)
Panelista 18	4 (100%)	2 (50%)	4 (100%)	4 (100%)	3 (75%)	3 (75%)
Panelista 22	2 (50%)	3 (75%)	3 (75%)	3 (75%)	2 (50%)	3 (75%)
Panelista 24	3 (75%)	3 (75%)	3 (75%)	4 (100%)	4 (100%)	3 (75%)

ANEXO 12 Análisis sensorial para la formulación de chip de papa al horno sazonado con polvo de chaya

Para la formulación del chip de papa se analizó con el panel sensorial una sola formulación con el fin de ver la aceptabilidad del producto. Para ello se les dio a evaluar la muestra. Se evaluó los siguientes parámetros: sabor y textura, usando el siguiente formulario.

Hoja de respuestas para aceptación de chip de papa al horno Panel Sensorial Entrenado

N° de panelista asignado: _____

N° de prueba: _____

Instrucciones

Usted ha recibido un chip de papa sazonado con hojas de chaya, el cual en su preparación se ha sustituido la fritura por horneado. Basándose en sus experiencias sensoriales con otros chips de papa que normalmente ha consumido, conteste las siguientes preguntas marcando con una equis "X" la opción tomando en cuenta sus gustos.

1. ¿Cómo valoraría el sabor del producto?



No me gustó



Indiferente



Me gustó



Me encantó

2. ¿Cómo valoraría la textura del producto?



No me gustó



Indiferente



Me gustó



Me encantó

En el primer ítem se les pedía a los panelistas que en una escala hedónica establecieran que tanto les gusta el sabor del producto. Se muestra los resultados obtenidos mediante un gráfico de barra en la figura A12.1.



Figura A12.1 Resultados obtenidos para escala hedónica de sabor para chip de papa

En el segundo ítem se les pedía a los panelistas que en una escala hedónica establecieran que tanto les gusta la textura del producto. En la figura A12.2 Se muestra los resultados obtenidos mediante un gráfico de barra.

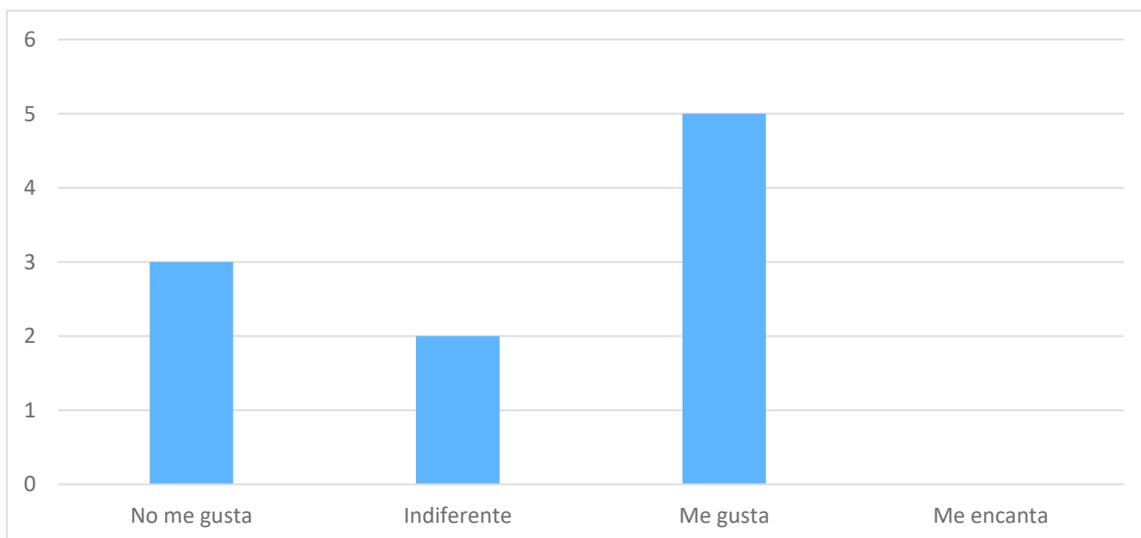


Figura A12.2 Resultados obtenidos para escala hedónica de textura para chip de papa

Analizando ambos gráficos la mayoría de los panelistas aceptan el sabor y la textura del producto, por tanto se considera que la formulación es adecuada para elaborar los chips de papa.

ANEXO 13 Análisis sensorial para la formulación de galleta tipo soda con sal y chaya

Para la formulación de la galleta tipo soda se analizó con el panel sensorial dos posibles formulaciones las cuales difieren únicamente en el uso de leche o agua para la preparación de la masa de la galleta. Para ello se les dio a evaluar los dos tipos de galletas una cuya formulación incluye agua y una la cual incluye soda. Se evaluó los siguientes parámetros: sabor y textura, usando el siguiente formulario.

Hoja de respuestas para preferencia de galleta tipo soda Panel Sensorial Entrenado

N° de panelista asignado: _____

N° de prueba: _____

Instrucciones

Usted ha recibido dos galletas tipo soda las cuales se encuentran rotuladas como muestra A y B preparadas con harina de trigo y hoja de chaya, sin embargo hay una mínima diferencia en su formulación. Compare su sabor y textura y responda.

1. En cuanto al sabor de las galletas seleccione cual fue la que más le gusto o si considera que ambas saben igual.

MUESTRA
A

SABEN
IGUAL

MUESTRA
B

2. En cuanto a la textura de las galletas seleccione cual fue la que más le gusto o si considera que ambas tienen textura igual.

MUESTRA
A

IGUAL
TEXTURA

MUESTRA
B

En cuanto al olor y color no son considerados debido a que no hay diferencias significativas una con respecto a la otra.

En el primer ítem se les pedía a los panelistas que de las dos posibles opciones seleccionaran la que a su gusto tenía el mejor sabor o si en algún caso sabían igual, en la figura A13.1 se muestran los resultados obtenidos mediante un gráfico de pastel.



Figura A13.1 Resultados obtenidos para prueba de preferencia en formulación de galleta tipo soda en cuanto a sabor

En el segundo ítem se les pedía a los panelistas seleccionar la muestra cuya textura era de su preferencia, tomando como referencia las galletas saladas que actualmente se comercializan, en la figura A13.2 se muestran los resultados obtenidos mediante un gráfico de pastel.

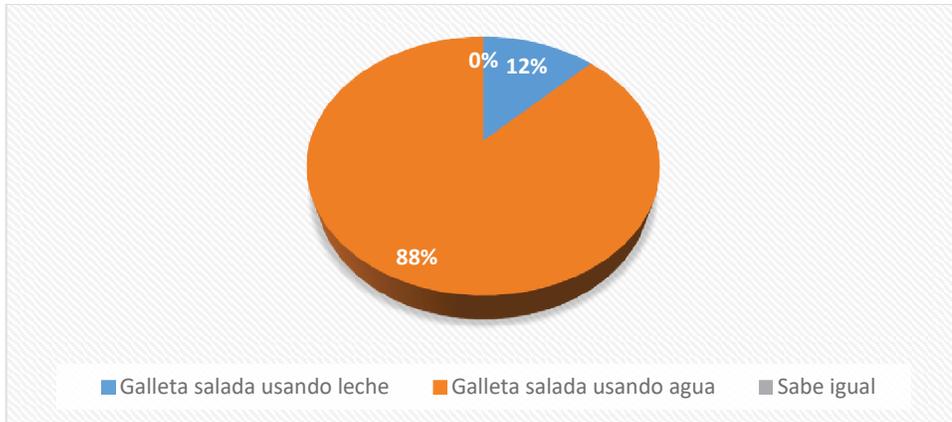


Figura A13.2 Resultados obtenidos para prueba de preferencia en formulación de galleta tipo soda en cuanto a textura

Evidentemente se ve una marcada preferencia por la galleta salada formulada con agua recibiendo un 100% de preferencia en sabor y un 88% en textura. Por tanto, se tomará como formulación definitiva la de la muestra B que se utiliza agua para la preparación de la masa.

ANEXO 14 Análisis sensorial para la formulación de nacho de harina de maíz con chaya

Para la formulación de la galleta tipo soda se analizó con el panel sensorial dos posibles formulaciones las cuales difieren únicamente en el uso de colorante en la masa. Esto debido a que al incorporar chaya el nacho adquiere una coloración que podría no ser agradable para los consumidores. Para ello se les dio a evaluar dos tipos de nachos uno el cual incluye el uso de colorante natural achiote y otro sin colorante. Se evaluó los siguientes parámetros: apariencias, textura y sabor, usando el siguiente formulario.

Hoja de respuestas para preferencia de nachos de harina de maíz

Panel Sensorial Entrenado

N° de panelista asignado: _____

N° de prueba: _____

Instrucciones

Usted ha recibido dos nachos se encuentran rotuladas como muestra A y B preparadas con harina de maíz y hoja de chaya, sin embargo hay una diferencia, uno posee colorante natural y el otro no. Compare su sabor, color y textura y responda.

- 1. En cuanto a la apariencia de los nachos seleccione cual fue la que más le gusto o si considera que ambos se ven igual.**

MUESTRA
A

SE VEN
IGUAL

MUESTRA
B

- 2. En cuanto a la textura de los nachos seleccione cual fue el que más le gusto o si considera que ambos tienen textura igual.**

MUESTRA
A

IGUAL
TEXTURA

MUESTRA
B

3. En cuanto al sabor de los nachos seleccione cual fue el que más le gusto o si considera que ambos saben igual.

MUESTRA
A

SABEN
IGUAL

MUESTRA
B

En cuanto al olor no es considerado debido a que no hay diferencias significativas una con respecto a la otra.

En el primer ítem se les pedía a los panelistas que de las dos posibles opciones seleccionaran la que a su gusto tenía la mejor apariencia, en la figura A14.1 se muestran los resultados obtenidos mediante un gráfico de pastel.

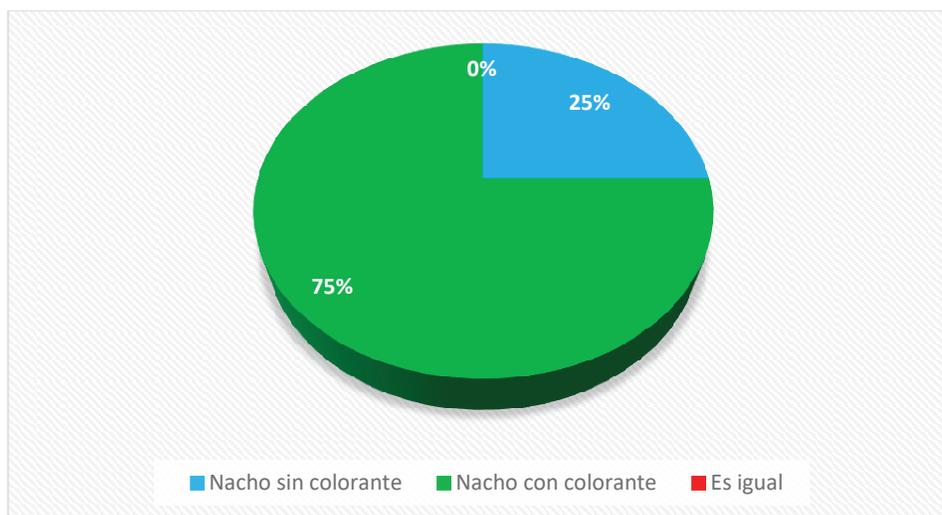


Figura A14.1 Resultados obtenidos para prueba de preferencia en formulación de nacho de maíz en cuanto a apariencia

En el segundo ítem se les pedía a los panelistas seleccionar la muestra cuya textura era de su preferencia, en la figura A14.2 Se muestran los resultados obtenidos mediante un gráfico de pastel.

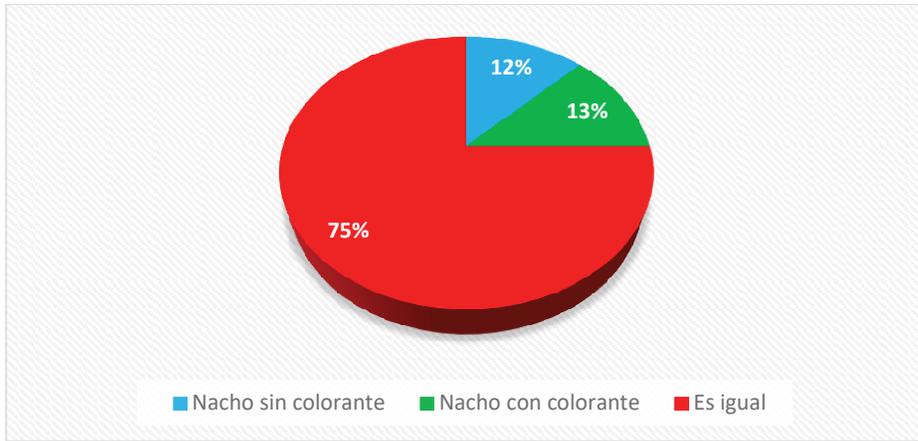


Figura A14.2 Resultados obtenidos para prueba de preferencia en formulación de nacho de maíz en cuanto a textura

En el tercer ítem se les pedía a los panelistas seleccionar la muestra cuyo sabor era de su preferencia, en la figura A14.3 se muestran los resultados obtenidos mediante un gráfico de pastel.



Figura A14.3 Resultados obtenidos para prueba de preferencia en formulación de nacho de maíz en cuanto a sabor

Analizando los resultados en cuanto a la apariencia el nacho con colorante es preferido con el 75% mientras que en la textura y sabor la mayoría de panelistas considera que ambas formulaciones son iguales. Por tanto se toma únicamente como parámetro la apariencia siendo preferido el nacho que contiene el colorante.

ANEXO 15 Resultados de análisis proximal.

El laboratorio utilizó su propia codificación para muestras, por lo que a continuación se identifica cada una de ellas:

- MXU-32: hoja fresca de chaya variedad mansa.
- MXU-33: hoja fresca de chaya variedad picuda.
- MXU-34: hoja de chaya escaldada, deshidrata a 65°C de la variedad mansa.
- MXU-35: hoja de chaya escaldada, deshidrata a 65°C de la variedad picuda.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE QUIMICA AGRICOLA

RESULTADO DE ANÁLISIS

Fecha de Emisión: Ciudad Universitaria, 22 de mayo de 2018

Fecha de ingreso: 20 / abril / 2018

Tipo de Muestra: Hojas de Chaya

Análisis solicitado: Bromatológico, Ca, Fe, y P.

Usuario: Ulises Anaya

No. Muestra	Identificación	%						ppm		
		HUMEDAD	PROTEINA	CENIZA	EXTRACTO ETÉRICO	FIBRA CRUDA	CARBOHIDRATOS	CALCIO	HIERRO	FOSFORO
MXU-32	Chaya Foliar	6.44	43.38	9.45	8.59	6.68	31.90	15492.25	276.10	51.60
MXU-33	Chaya Foliar	4.13	41.43	10.95	7.63	6.75	33.23	9955.20	179.70	52.63
MXU-34	Chaya Mansa	5.00	46.11	7.50	9.97	7.84	28.59	12354.63	219.98	56.10
MXU-35	Chaya Picuda	3.74	42.97	10.99	6.13	5.88	34.03	1148.79	141.34	57.83
	Metodología	Gravimétrico	Microkjeldahl	Gravimétrico	Gravimétrico	Ankom	Gravimétrico	Fotometría de llama	Absorción Atómica	UV/VIS

Analista: Lic. Mario Antonio Hernández Melgar

Atentamente,

“HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA”

Lic. Freddy Alexander Carranza
Jefe del Departamento de Química Agrícola



Final 25 Av. Norte, Ciudad Universitaria. Tel.: 2225-1506 y 2226-2043

ANEXO 16 Resultados de análisis microbiológico.



CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO



162 Años
Al servicio de la
Educación Superior

Ciudad Universitaria
Final 25 Avenida Norte
San Salvador, El Salvador

Telefax No. (503) 2511-2028

INFORME DE ANÁLISIS

Nombre de la muestra: CHAYA PICUDA (M2P) Código: 20180430-02

Punto de muestreo: _____

Procedencia: Tesis

Solicitante: Ulises Anaya Fecha de emisión: 01-06-2018

(1) Recuento de *Escherichia coli*, Manual de Análisis Bacteriológico (BAM) capítulo 4; (2) Detección de *Salmonella spp.*, Manual de Análisis Bacteriológico, capítulo 5.

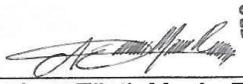
Método: BAM capítulo 5.

Fecha de Muestreo: 24/04/2018 (empaquete) Hora de Muestreo: No reportada

Persona que tomó la muestra: Ulises Anaya

Descripción: Producto sólido (polvo), de color verde, con olor característico.

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES*
<i>Escherichia coli</i>	Menor de 3 NMP/g	< 3 NMP/g
<i>Salmonella spp.</i>	Ausencia	Ausencia
<p>NMP: Número más Probable; g: gramo de muestra</p> <p>OBSERVACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El informe corresponde únicamente a la muestra remitida y ensayada. - * Especificaciones basadas en RTCA 67.04.50:08 Alimentos. Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos, subgrupo 4.2 frutas y hortalizas desecadas o deshidratadas. 		


MSc. Amy Elieth Morán Rodríguez
QUIMICO-FARMACEUTICA



Fecha de análisis: 30-04-2018
23-05-2018

Figura A16.1 Escaneo de resultados obtenidos análisis microbiológico para muestra de chaya picuda



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN SALUD
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO**



162 Años
Al servicio de la
Educación Superior

Ciudad Universitaria
Final 25 Avenida Norte
San Salvador, El Salvador

Telefax No. (503) 2511-2028

INFORME DE ANÁLISIS

Nombre de la muestra: CHAYA MANSA (M1P) Código: 20180430-01

Punto de muestreo: -----

Procedencia: Tesis

Solicitante: Ulises Anaya Fecha de emisión: 01-06-2018

(1) Recuento de *Escherichia coli*, Manual de Análisis Bacteriológico (BAM) capítulo 4; (2) Detección de *Salmonella spp.*, Manual de Análisis Bacteriológico,

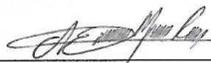
Método: BAM capítulo 5.

Fecha de Muestreo: 24/04/2018 (empaque) Hora de Muestreo: No reportada

Persona que tomó la muestra: Ulises Anaya

Descripción: Producto sólido (polvo), de color verde, con olor característico.

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES*
<i>Escherichia coli</i>	Mayor de 1,100 NMP/g	< 3 NMP/g
<i>Salmonella spp.</i>	Ausencia	Ausencia
NMP: Número más Probable; g: gramo de muestra OBSERVACIONES: - El informe corresponde únicamente a la muestra remitida y ensayada. - * Especificaciones basadas en RTCA 67.04.50:08 Alimentos. Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos, subgrupo 4.2 frutas y hortalizas desecadas o deshidratadas.		


 MSc. Amy Elieth Morán Rodríguez
 QUIMICO-FARMACEUTICA


Fecha de análisis: 30-04-2018
23-05-2018

Figura A16.2 Escaneo de resultados obtenidos análisis microbiológico para muestra de chaya mansa

ANEXO 17 Tríptico informativo distribuido en el municipio de Cinquera

FRENTE DE LA PAGINA

Hoja de chaya deshidratada

Otra forma de consumir hoja de chaya, es la hoja deshidratada. Una de sus ventajas es que tiene una vida útil bastante larga, lo que permite mantenerla almacenada y lista para utilizar agregándose directamente en la comida.

La hoja de chaya deshidrata es la misma hoja escaldada, con la diferencia que, ha sido sometida a un proceso donde se elimina la mayor parte de su contenido de agua. Éste se lleva a cabo en un deshidratador a 70°C durante 2 horas por lo menos.



La información contenida en este folleto informativo, se encuentra basada en el Trabajo de Graduación titulado **“DETERMINACIÓN DE PROCEDIMIENTOS PARA LA ELIMINACIÓN DE GLUCÓSIDOS CIANOGENICOS EN LA HOJA DE CHAYA (CNIDOSCLUS ACONITIFOLIUS) DE LAS VARIETADES MANSA Y PICUDA PARA LA FORMULACIÓN DE CHAYA DESHIDRATADA Y EN POLVO COMO UNA ALTERNATIVA DE MATERIA PRIMA EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS.”** Desarrollado por estudiantes de la carrera de Ingeniería Química e Ingeniería de Alimentos, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador”.

Con agradecimientos muy especiales a la comunidad en general del municipio de Cinquera departamento de Cabañas, El Salvador, por el apoyo brindado en la realización de ésta investigación. Principalmente a la Asociación de Restauración y Desarrollo Municipal



San Salvador, año 2018

HOJA DE CHAYA



“Una alternativa de alimentación saludable”

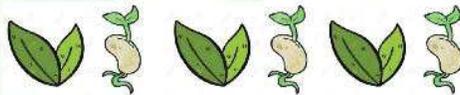
El siguiente folleto contiene información esencial sobre la hoja de chaya. Está dirigido principalmente a las personas que consumen hoja de chaya o deseen incluirla dentro de su dieta cotidiana

Figura A17.1 Frente del tríptico entregado a pobladores del municipio de Cinquera

REVERSO DE LA PAGINA

¿Qué es la hoja de chaya?

La chaya, también conocida como la espinaca maya, es una planta que se puede consumir igual que cualquier otra hortaliza. Una de sus ventajas es que esta planta tiene mayor concentración de hierro, calcio, vitamina C, betacaroteno, fibra y proteínas que cualquier otro vegetal de hojas verdes.



¿Por qué no se debe comer chaya cruda?

La chaya, dentro de su composición contiene compuestos tóxicos llamados glucósidos, los cuales al ser ingeridos forman ácido cianhídrico, por lo que, si se consume cruda o en exceso puede ocasionar ciertas complicaciones o envenenamiento. Para evitarlo es recomendable cocinar previamente la chaya.

¡No consuma chaya cruda!



¿Cómo preparar la hoja de chaya cruda?

PASO

1



Lave con abundante agua potable la hoja de chaya, procurando eliminar restos de tierra o cualquier objeto extraño. Se recomienda utilizar cloro para desinfectar las hojas 10 gotas por cada litro de agua.

PASO

2



Ponga a hervir aprox. 3 litros de agua en una olla. Cuando el agua se encuentre en ebullición sumerja en su totalidad las hojas de chaya durante 1 minuto por lo menos. Pasado ese tiempo sáquelas de la olla y deje enfriar. Éste procedimiento se conoce como es-

PASO

3



Utilice las hojas añadiéndolas como ingrediente a su comida, según el gusto.

Figura A17.2 Reverso del tríptico entregado a pobladores del municipio de Cinquera

Anexo 18. Determinación de masa de partículas para el polvo de hoja de chaya deshidratada.

Tabla A18.1 Dimensiones del cilindro vacío con masa de 180.66 g

Dimensiones del cilindro	
Diámetro interno	36.01 mm = 0.1181 pies
Radio	18.005 mm = 0.05905 pies
Altura	120.025 mm = 0.3938 pies
Volumen	0.004314 pie ³

Tabla A18.2 Datos utilizados para el cálculo de densidad aireada

Nº de prueba	Masa de cilindro +muestra (g)	Masa de muestra (g)	Masa de muestra (lb)	Densidad aireada (lb/pie³)
1	231.9	51.24	0.1130	26.1938
2	231.8	51.14	0.1127	26.1242
Promedio				26.1590

Tabla A18.3 Datos utilizados para el cálculo de densidad empacada

Nº de prueba	Masa de cilindro +muestra (g)	Masa de muestra (g)	Masa de muestra (lb)	Densidad aireada (lb/pie³)
1	249.8	69.14	0.1524	35.3268
2	250.1	69.44	0.1531	35.4891
Promedio				35.4089

Densidad de trabajo.

$$\rho_w = (\rho_e - \rho_a) \times C + \rho_a$$

$$C = \frac{\rho_e - \rho_a}{\rho_e}$$

$$C = \frac{35.4089 - 26.1590}{35.4089} = 0.2612$$

$$\rho_w = (35.4089 - 26.1590) \times 0.2612 + 26.1590 = \mathbf{28.5751 \frac{lb}{pie^3}}$$

Grado de cohesión

Ya que las densidades del material en polvo se halla en un rango promedio de 25 a 60 lb/pie³ se utiliza la serie de tamices 60, 100 y 200 mesh, serie U.S., para determinar el grado de cohesión de la muestra.

Datos de la serie de tamices:

Masa de la muestra: 2 g

Tabla A18.3 Datos obtenidos a través de paso por tamices para la obtención del grado de cohesión

N° de malla	Abertura (μm)	Masa retenida (g)	Factor de asignación	Porcentaje de cohesión
M60	250	0.5240	5%/0.1g	26.2%
M100	149	0.6097	3%/0.1g	18.29%
M200	74	0.4435	1%/0.1g	4.44%

Porcentaje de cohesión para la hoja de chaya deshidratada en polvo: 48.93%

Anexo 19 Cálculos realizados para la elaboración de viñeta nutricional

Tabla A19.1 Resultados del Análisis Proximal.

Identificación	g/100 g						mg/100 g		
	Humedad	Proteína	Ceniza	Extracto Eterereo	Fibra Cruda	Carbohidratos	Calcio	Hierro	Fosforo
Chaya Mansa	5.00	46.11	7.50	9.97	7.84	28.59	1235.46	22.00	5.61
Chaya Picuda	3.74	42.97	10.99	6.13	5.88	34.03	114.88	14.13	5.78

Nota: Para 100 g de porción comestible

En la tabla anterior se puede identificar los resultados del análisis proximal realizados a las dos variedades de Chaya procesadas; pero para los micronutrientes se efectuó una conversión necesaria para los cálculos previos en la etiqueta nutricional, la cual es transformar ppm a mg/100g, este cálculo se va a realizar para los demás micronutrientes de Calcio, Hierro y Fosforo a continuación, se presenta el ejemplo de cálculo para el calcio de la variedad mansa.

$$12354.63 \text{ ppm} \times \frac{1\%}{10,000 \text{ ppm}} = 1.2355 \%$$

Para una base de 100 g se tiene que:

$$\frac{1.2355 \text{ g}}{100 \text{ g}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = \frac{1,235.46 \text{ mg}}{100 \text{ g}}$$

En una porción de 3.5 g que es una cantidad digerible para el consumidor, se realizaron los cálculos previos de cada uno de los componentes determinados en el análisis proximal. Como ya se presentó anteriormente los cálculos para una porción de 100 g; ahora se presenta para la porción de 3.5 g, véase el cálculo a continuación del mismo componente calcio para la variedad mansa.

$$100 \text{ g} \rightarrow 1,235.5 \text{ mg}$$

$$3.5 \text{ g} \rightarrow x$$

$$x = \frac{3.5 \text{ g} * 1,235.46 \text{ mg}}{100 \text{ g}} = 43.24 \text{ mg}$$

Tabla A19.2 Cálculo de aporte nutricional de cada componente para una porción de 3.5 gramos

Identificación	g/3.5 g						mg/3.5 g		
	Humedad	Proteína	Ceniza	Extracto Eterereo	Fibra Cruda	Carbohidratos	Calcio	Hierro	Fosforo
Chaya Mansa	0.18	1.61	0.26	0.35	0.27	1.00	43.24	0.77	0.20
Chaya Picuda	0.13	1.50	0.38	0.21	0.21	1.19	4.02	0.49	0.20

Nota: Para 3.5 g de porción comestible

Energía

Para poder hacer el cálculo de la energía que aporta la Chaya, se debe de realizar la determinación mediante unos factores de conversión que se presenta en la tabla A19.3 siguiente:

Factores de Conversión

Tabla A19.3: Factores de conversión para el contenido de energético de un alimento

Nutrientes o componentes que aportan energía	kJ/g	kcal/g
Carbohidratos	17	4
Proteínas	17	4
Grasas	37	9
Alcohol (Etanol)	29	7
Ácidos orgánicos	13	3

Fuente: (COMIECO, 2012)

Según la tabla anterior el contenido energético se obtiene de esa manera, generalmente para los alimentos se calcula por medio de los primeros tres datos, pero para la Chaya solo se cuenta con los parámetros de Carbohidratos y Proteínas, ya que el contenido de grasa en nuestro caso se determinó como extracto etéreo

en donde además de grasa el método gravimétrico arrastra clorofila y otros pigmentos, y debido a esta razón solamente se tomarán en cuenta el cálculo con los parámetros de los carbohidratos y las proteínas que son las que en mayor proporción se encuentran en la Chaya procesada.

A continuación, se presenta el ejemplo de cálculo del producto entre el peso del nutriente en 3.5 g de Chaya Procesada y el factor de conversión y la suma de las mismas, dando como resultado la energía total con la información que se cuenta.

Ejemplo:

$$\text{Carbohidratos} = 1.00 \text{ g} * 17 \frac{\text{kJ}}{\text{g}} = 17 \text{ kJ}$$

Chaya Mansa

Tabla A19.4: Cantidad de energía aportada por los nutrientes presentes en una porción de 3.5 g de Chaya Mansa.

Nutrientes o componentes que aportan energía	g	kJ	kcal
Carbohidratos	1.00	17	4
Proteína	1.61	27.37	6.44
Total		44.37	10.44

Nota: Para 3.5 g de porción comestible.

La información anterior representa la energía que se reporta en la etiqueta nutricional para la variedad Mansa en las unidades de kJ y kcal, para una porción de 3.5 g. Posteriormente se presentó la misma tabla para la variedad Picuda (véase Tabla A19.5):

Chaya Picuda

Tabla A19.5: Cantidad de energía aportada por los nutrientes presentes en una porción de 3.5 g de Chaya Picuda.

Nutrientes o componentes que aportan energía	g	kJ	kcal
Carbohidratos	1.19	20.23	4.76
Proteína	1.5	25.5	6
Total		45.73	10.76

Nota: Para 3.5 g de porción comestible.

Carbohidratos

Para el cálculo de % VRN (Porcentaje del Valor de Referencia Nutricional) se debe de realizar mediante la cantidad de energía que representa (véase Tabla 3 y Tabla 4) y la que es recomendada en la ingesta diaria del alimento según la FDA el porcentaje de valor diario está basado en una dieta de 8400 kJ (2000 kcal), como se conoce el contenido energético de la Chaya en kcal (ambas variedades) para una porción de 3.5 g se tiene el siguiente cálculo:

Ejemplo:

Variedad Mansa:

$$\% VRN = \frac{4 \text{ kcal}}{2000 \text{ kcal}} * 100 = 0.200 \% \approx \mathbf{0 \%}$$

$$\% VRN = \mathbf{0 \%}$$

Variedad Picuda:

$$\% VRN = \frac{4.76 \text{ kcal}}{2000 \text{ kcal}} * 100 = 0.238 \% \approx \mathbf{0 \%}$$

$$\% VRN = \mathbf{0 \%}$$

Según la RTCA 67.01.60:10 los valores se deben de representar en porcentajes enteros.

Fibra Dietética

Para el cálculo del % VRN para la fibra se hace en base al contenido energético que aporta esta para 3.5 g del alimento y según la RTCA 67.01.60:10 para una buena fuente de fibra se tiene que 100 kJ/3g, y en base a las 2000 kcal que se deben de consumir al día según la FDA, se tiene, para el contenido de fibra en ambas variedades de la Chaya:

Ejemplo:

Chaya Mansa:

Resultado del Bromatológico: $\frac{0.27 g}{3.5 g}$

$$Fibra = 0.27 g * \frac{100 kcal}{3 g} = 9 kcal$$

$$\% VRN = \frac{9 kcal}{2000 kcal} * 100 = 0.45 \% \approx 0 \%$$

$$\% \mathbf{VRN} = \mathbf{0 \%}$$

Chaya Picuda:

Resultado del Bromatológico: $\frac{0.21 g}{3.5 g}$

$$Fibra = 0.21 g * \frac{100 kcal}{3 g} = 7 kcal$$

$$\% VRN = \frac{7 kcal}{2000 kcal} * 100 = 0.35 \% \approx 0 \%$$

$$\% \mathbf{VRN} = \mathbf{0 \%}$$

Proteínas

Para el % VRN para las proteínas se realizará a partir de la cantidad de energía que se aporta para 3.5 g del alimento, se tiene el valor de la energía en kcal para la misma (véase Tabla 3 y Tabla 4) y en base a las 2000 kcal que se deben de consumir al día según la FDA, se tiene, para el contenido de proteínas:

Ejemplo:

Chaya Mansa:

Proteína = 6.44 kcal en 1.61 g/3.5 g

$$\% VRN = \frac{6.44 \text{ kcal}}{2000 \text{ kcal}} * 100 = 9.22 \% \approx 9 \%$$

$$\% VRN = 9 \%$$

Chaya Picuda:

Proteína = 6.00 kcal en 1.5 g/3.5 g

$$\% VRN = \frac{6.00 \text{ kcal}}{2000 \text{ kcal}} * 100 = 0.3 \% \approx 0 \%$$

$$\% VRN = 0 \%$$

Luego para el cálculo del % VRN (Porcentaje del Valor de Referencia Nutricional), correspondiente para los minerales (Calcio, Hierro y Fosforo), se debe de tomar en cuenta los valores de VRN establecidos por la RTCA 67.01.60:10, (véase Tabla A19.6):

Tabla A19.6: Valor de referencia nutricional

Descripción	VRN
Calcio (mg)	800
Hierro (mg)	14
Fosforo (mg)	700

Fuente: (COMIECO, 2012)

El contenido de los minerales que se reporta es el que se obtuvo en el análisis bromatológico para una base de 3.5 g de Chaya (ambas variedades) expresada en mg/3.5 g.

Calcio

Chaya Mansa:

Calcio=43.24121 mg/3.5 g

$$\% VRN = \frac{43.24121 \text{ mg}}{800 \text{ mg}} * 100 = 5.41 \% \approx 5 \%$$

$$\% VRN = 5 \%$$

Chaya Picuda:

Calcio=4.02077 mg/3.5 g

$$\% VRN = \frac{4.02077 \text{ mg}}{800 \text{ mg}} * 100 = 0.50 \% \approx 1 \%$$

$$\% VRN = 1 \%$$

Hierro

Chaya Mansa:

Hierro=0.76993 mg/3.5 g

$$\% VRN = \frac{0.76993 \text{ mg}}{14 \text{ mg}} * 100 = 5.5\% \approx 6 \%$$

$$\% VRN = 6 \%$$

Chaya Picuda:

Hierro=0.49469 mg/3.5 g

$$\% VRN = \frac{0.49469 \text{ mg}}{14 \text{ mg}} * 100 = 3.53\% \approx 4 \%$$

$$\% VRN = 4 \%$$

Fosforo

Chaya Mansa:

Fosforo=0.19635 mg/3.5 g

$$\% VRN = \frac{0.19635 \text{ mg}}{700 \text{ mg}} * 100 = 0.03 \% \approx 0\%$$

$$\% VRN = \mathbf{0 \%}$$

Chaya Picuda:

Fosforo=0.20241 mg/3.5 g

$$\% VRN = \frac{0.20241 \text{ mg}}{700 \text{ mg}} * 100 = 0.03 \% \approx 0\%$$

$$\% VRN = \mathbf{0 \%}$$

ANEXO 20 Tabla de datos para el cálculo de vida útil.

Elaboración de curva de sorción para la hoja de chaya deshidratada.

La siguiente tabla 20.1 muestra el monitoreo de parámetros para la elaboración de la curva de sorción de hoja de chaya deshidratada.

Tabla A20.1 Datos para la muestras analizadas en cámara de humedad controlada (25°C, 80% HR)

Mx	Tiempo (min)	tara(g)	tara+muestra(g)	muestra (g)	Delta	aw	Temp (°C)	%Hr
1	0	0.6602	1.1629	0.5027	0.00000	0.47	25.0	50.0
2	0	0.6513	1.1606	0.5093	0.00000	0.47	25.0	50.0
3	0	0.6489	1.1575	0.5086	0.00000	0.47	25.0	50.0
4	0	0.6170	1.1260	0.5090	0.00000	0.47	25.0	50.0
1	15	0.6602	1.1661	0.5059	0.00320	0.54	25.0	79.0
2	15	0.6513	1.1638	0.5125	0.00320	0.54	25.0	79.0
3	30	0.6489	1.1636	0.5147	0.00610	0.60	25.1	80.9
4	30	0.6170	1.1317	0.5147	0.00570	0.60	25.1	80.9
1	45	0.6602	1.1721	0.5119	0.00920	0.60	25.1	80.9
2	45	0.6513	1.1701	0.5188	0.00950	0.60	25.1	80.9
3	60	0.6489	1.1699	0.5210	0.01240	0.63	25.1	78.1
4	60	0.6170	1.1381	0.5211	0.01210	0.63	25.1	78.1
1	75	0.6602	1.1759	0.5157	0.01300	0.65	25.0	79.3
2	75	0.6513	1.1749	0.5236	0.01430	0.65	25.0	79.3
3	90	0.6489	1.1733	0.5244	0.01580	0.65	25.1	79.9
4	90	0.6170	1.1402	0.5232	0.01420	0.65	25.1	79.9
1	135	0.6602	1.179	0.5188	0.01610	0.64	24.9	80.0
2	135	0.6513	1.1776	0.5263	0.01700	0.64	24.9	80.0
3	150	0.6489	1.178	0.5291	0.02050	0.68	25.0	80.1
4	150	0.6170	1.1436	0.5266	0.01760	0.68	25.0	80.1
1	165	0.6602	1.1825	0.5223	0.01960	0.72	25.0	80.3
2	165	0.6513	1.1793	0.528	0.01870	0.72	25.0	80.3
3	180	0.6489	1.1805	0.5316	0.02300	0.73	24.8	78.0
4	180	0.6170	1.145	0.528	0.01900	0.73	24.8	78.0
1	195	0.6602	1.1846	0.5244	0.02170	0.70	25.1	79.2
2	195	0.6513	1.1816	0.5303	0.02100	0.70	25.1	79.2
3	210	0.6489	1.1815	0.5326	0.02400	0.70	25.1	79.0
4	210	0.617	1.1457	0.5287	0.01970	0.70	25.1	79.0
1	225	0.6602	1.1858	0.5256	0.02290	0.70	24.7	80.7
2	225	0.6513	1.1835	0.5322	0.02290	0.70	24.7	80.7
3	240	0.6489	1.1838	0.5349	0.02630	0.70	24.9	80.2

Tabla 20.2 de resultados promedio para la elaboración de la curva de sorción de la hoja de chaya deshidratada.

tiempo (min)	Humedad ganada	Humedad (g /g s.s)	aw
0	0	0.00000	0.47
15	0.00320	0.03556	0.54
30	0.00590	0.06556	0.56
45	0.00935	0.10389	0.60
60	0.01225	0.13611	0.63
75	0.01365	0.15167	0.64
90	0.01500	0.16667	0.65
135	0.01655	0.18389	0.65
150	0.01905	0.21167	0.68
195	0.02135	0.23722	0.70
210	0.02185	0.24278	0.70
225	0.02290	0.25444	0.70

Simulación de humedad final para determinar la vida de anaquel de la hoja de chaya deshidratada.

Ecuación de vida de anaquel:

$$\ln \left(\frac{M_e - M_i}{M_e - M_f} \right) = \frac{B * A * P^\circ}{X * W_s * b}$$

- Masa del sólido por presentación de empaque: $W_s = 350g$.
- Temperatura de almacenamiento: $25^\circ C$
- Humedad del sólido, según análisis proximal: 3.74%
- Humedad inicial base húmeda: $M_{ih}=0.0374$

$$m_s = 350g - (350 * 0.0374)g = 336.91g$$

$$m_{H_2O} = 350g - 336.91g = 13.09g$$

$$M_{ih} = \frac{m_{H_2O}}{W_s} = \frac{13.09g}{350g} = 0.0374$$

- Humedad inicial base seca: $M_i = 0.0388$

$$M_i = \frac{m_{H_2O}}{m_s} = \frac{13.09g}{336.91g} = 0.0388$$

- Humedad de equilibrio, según la curva de sorción: $M_e = 0.23722$
- Humedad crítica: $M_f = 0.1$

Para hortalizas (en hoja) deshidratadas, el valor máximo de humedad aceptable es del 10 %

- Presión de vapor (Pa): 2368.447
- Ecuación linealizada para la curva de sorción:

$$Y = 1.1412X + 0.566$$

$Y = \text{Humedad base seca}$

$X = \text{Actividad del agua}$

- Especificaciones del empaque:

El empaque a utilizar consiste de bolsas de polietileno

Área del empaque: 0.03255 m²

Espesor: 0.000052 m

Permeabilidad al vapor de agua: 1.975978×10^{-7} (g/m²*Pa*día) (Machuca, Torres, Zaldaña, 2017)

Con los datos definidos, se simula el valor de la humedad final de la hoja de chaya deshidratada para diferentes periodos, hasta que se supera la humedad crítica, obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla A20.3 Humedad final simulada respecto al tiempo de almacenamiento de la hoja de chaya deshidratada.

vida de anaquel (días)	Humedad simulada (g/g)
0	0.038800000
50	0.045944637
100	0.052832013
150	0.059471391
200	0.065871700
250	0.072041550
300	0.077989237
350	0.083722762
400	0.089249837
450	0.094577894
500	0.099714101
550	0.104665365
600	0.109438345
650	0.114039462
700	0.118474904
Tiempo de vida de anaquel (días)	502.8377864

El resultado también se puede determinar gráficamente a partir de la curva que representa la relación entre humedad y vida de anaquel:

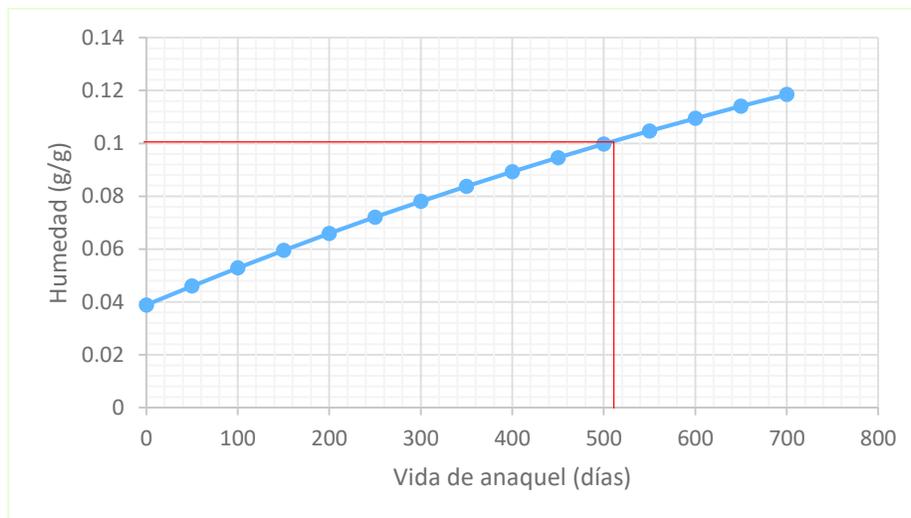


Figura A20.1 Curva de sorción generada para moldear el comportamiento en el análisis de vida útil del producto