

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**OBTENCIÓN DE HOJUELAS DE TAMARINDO MEDIANTE
DESHIDRATACIÓN AL VACÍO**

POR:

PEPE MAMANI MAMANI

Modalidad de graduación (Investigación Aplicada) presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química.

Agosto de 2018

TARIJA- BOLIVIA

V°B°

Msc. Ing. Ernesto Álvarez Gozálvez

DECANO

Msc. Ing. Silvana Paz Ramírez

VIDECANA

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

Ing. Adalid Aceituno C.

Richard Ivan Medina Hoyos PhD

Ing. Fabricio Campero V.

ADVERTENCIA

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

DEDICATORIA

El presente proyecto va dedicado con todo mi amor a mis padres, por su apoyo siempre constante, incondicional y desinteresado en todo el proceso de mi vida personal y profesional.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por guiarme y encaminarme en buenos valores y educarme con amor y comprensión.

A mi hijo y mi esposa por darme el impulso para concluir este paso en mi vida profesional.

A mis hermanos por darme su cariño y brindarme su ayuda a lo largo de mi vida.

A mis amigos por su darme su aliento, apoyo incondicional y compartir conmigo experiencias y conocimientos.

A mis docentes, sin los cuales no podría haber hecho míos los conocimientos que ellos pusieron a mi disposición.

Y en especial un agradecimiento a los docentes que siempre estuvieron predispuestos a darme una mano y asesorarme ante cualquier duda que se presentara en el camino.

A mis tribunales por guiarme con su sabiduría y consejos que ayudaron en gran medida a la realización del presente proyecto

Y a Dios por darme vida y conciencia para ser testigo de su obrar diario.

PENSAMIENTO

“En ti se halla oculto el tesoro de los tesoros. Oh! Hombre, concómete a ti mismo y conocerás al Universo y a los Dioses”.

Anónimo

RESUMEN

El presente trabajo de investigación aplicada “Obtención de hojuelas de tamarindo mediante deshidratación al vacío” tiene por objetivo obtener tamarindo deshidratado a escala laboratorio, para así prolongar su vida útil y darle un mayor valor agregado evitando pérdidas como fruta en su estado más básico, ya que en la actualidad la producción no se aprovecha lo potencial del producto.

La obtención de hojuelas de tamarindo se desarrolló en el Laboratorio de Operaciones Unitarias LOU de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho; para lo cual se utilizó Tamarindo proveniente del oriente del país.

Se estableció el diseño experimental del tipo 2^2 , es decir de 2 variables y 2 niveles; con temperaturas de 50°C y 65°C y tiempos de 4 y 5 horas con 2 repeticiones.

El proceso de obtención de hojuelas de tamarindo comprende las etapas de recepción de materia prima, deshidratado al vacío, extracción de semilla, triturado (laminado), envasado.

La deshidratación se la realizó en bandejas con succión de aire realizada por una bomba de vacío con los respectivos ensayos de acuerdo al diseño experimental, seguidamente se realizó la separación de las semillas por el método de impacto, dando golpes controlados hasta la obtención de las hojuelas de las muestras deshidratadas. Posteriormente se sometió las muestras a una prueba sensorial hedónica con un panel de 10 jueces no entrenados que evaluaron los atributos de color, olor, textura y sabor, donde se determinó que el producto más aceptado por los jueces es el producto que fue sometido a una temperatura de 65°C y 4 horas.

Los análisis fisicoquímicos de las hojuelas de tamarindo obtenido se los realizaron en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo “CEANID” y producto obtenido se lo envasó en bolsas de plástico, para luego almacenarlas en un lugar fresco y seco.

De acuerdo al objetivo del presente proyecto se tiene un producto que mantiene la calidad de sus propiedades organolépticas, fisicoquímicas e inocuas.

INDICE

ADVERTENCIA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
PENSAMIENTOS.....	iv

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.....	1
Generalidades del Tamarindo.....	2
Valor alimenticio.....	3
Propiedades del Tamarindo.....	6
Antecedentes sobre la elaboración de hojuelas de Tamarindo a nivel internacional. ...	6
Antecedentes sobre la elaboración de polvo de Tamarindo en México.....	6
Antecedentes sobre la elaboración de polvo de Tamarindo en la India.....	7
Antecedentes sobre la elaboración de Hojuelas de Tamarindo a nivel nacional.....	8
Antecedentes del mercado de Tamarindo.....	8
Situación del mercado externo.....	8
Situación de la Demanda.....	8
Situación de la Oferta.....	8
Situación del mercado nacional de Bolivia.....	9
Situación de la demanda.....	9
Situación de la oferta.....	10
Situación de la industria de tamarindo en Bolivia.....	11
OBJETIVOS.....	14
General.....	14
Específicos.....	14
JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE GRADO.....	15
Justificación social.....	17
Justificación tecnológica.....	17
Justificación Económica.....	17
Justificación Ambiental.....	17

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1. Marco Teórico	18
1.1. Deshidratación de alimentos.	18
1.1.1. Principios de deshidratación Térmica.	19
1.1.2. Condiciones Externas.....	19
1.1.3. Condiciones Internas.....	19
1.1.4. Secado indirecto o por conducción.	19
1.1.5. Tipos de Deshidratación.....	20
1.1.5.1. Deshidratación osmótica	20
1.1.5.2. Variables que afectan al proceso de deshidratación osmótica.	22
1.1.6. Deshidratación Natural.	22
1.1.7. Deshidratación por aire seco.	23
1.1.8. Deshidratación por Congelamiento.	23
1.1.9. Deshidratación al vacío.	23
1.2. Efecto de la deshidratación en los alimentos.	24
1.2.1. Textura	24
1.2.2. Aromas	25
1.2.3. Color.....	25
1.2.4. Valor nutritivo.....	26
1.3. Trituración	26
1.3.1. Métodos de Trituración.	27
1.4.1. Proceso de deshidratado.....	28
1.4.2. Proceso de triturado	28

CAPÍTULO II

PARTE EXPERIMENTAL

2. INTRODUCCIÓN.....	29
2.1.1. Balanza.....	29
2.1.2. Secador al Vacío.	30

2.2.	Proceso de obtención de hojuelas de Tamarindo.	32
2.2.1.	Descripción del proceso experimental para la obtención de hojuelas de Tamarindo.	33
2.2.2.	Recepción de materia prima.	33
2.2.3.	Deshidratado al Vacío.	33
2.2.4.	Extracción de semilla.	34
2.2.5.	Triturado.	34
2.2.6.	Envasado.	34
2.3.	Análisis a determinar.	35
2.3.1.	Fisicoquímicos.	35
2.3.2.	Sensorial.	35
2.4.	Diseño experimental.	36
2.4.1.	Diseño factorial a 2 niveles.	37
2.4.2.	Construcción de la matriz de Diseño.	37

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1.	Datos iniciales de la materia prima.	39
3.2.	Análisis Fisicoquímicos de Tamarindo Fresco.	40
3.3.	Pérdida de peso durante el deshidratado de tamarindo.	40
3.5.1.	Método de los tres puntos.	50
3.7.	Evaluación Sensorial en el proceso de deshidratación para la obtención de hojuelas de tamarindo.	55
3.7.1.	Evaluación atributo color.	56
3.7.2.	Evaluación atributo olor.	57
3.7.3.	Evaluación atributo sabor.	58
3.7.4.	Evaluación atributo textura.	59
3.7.5.	Evaluación general de atributos.	60
3.8.	Análisis estadístico del diseño experimental.	60
3.9.	Análisis fisicoquímico del producto final.	61
3.10.	Balance de Materia en el proceso de deshidratación del tamarindo.	63

3.10.1.	Balance de materia en el Deshidratado al Vacío.....	64
3.10.2.	Balance de material en la extracción de semilla.....	65
3.11.	Balance de Energía en el proceso de deshidratación del tamarindo.....	66

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1.	Conclusiones.....	67
4.2.	Recomendaciones.....	68

	BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN.....	72
--	--	----

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1 Valor alimenticio del Tamarindo	4
Tabla 2 Valor nutricional del Tamarindo	5
Tabla 3 Estructura del mercado cliente en las principales ciudades	10
Tabla 4 Producción potencial estimada de Tamarindo	15
Tabla II-1 Características técnicas Balanza	29
Tabla II-2 Secador al Vacío	31
Tabla II-3 Técnicas y Parámetros de Análisis Físicoquímicos	35
Tabla II-4 Matriz del diseño factorial	37
Tabla II-5 Niveles de variación de los factores a tomar en cuenta	38
Tabla II-6 Matriz del diseño factorial datos	38
Tabla III-1 Pesos a 50°C	39
Tabla III-2 Pesos a 65°C	39
Tabla III-3 Informe de ensayo materia prima	40
Tabla III-4 Datos obtenidos a 65°C	42
Tabla III-5 Pulpa total por ensayo sin semillas	42
Tabla III-6 Pérdida de peso porcentual para 4 y 5 horas	42
Tabla III-7 Datos obtenidos a 50°C	45
Tabla III-8 Pulpa total por ensayo sin semillas	45
Tabla III-9 Pérdida de peso porcentual para 4 y 5 horas	45
Tabla III-10 Pérdida de peso porcentual general	47
Tabla III-11 Humedad de pulpa en Base seca a 65°C	49
Tabla III-12 Humedad de pulpa en Base seca a 50°C	50
Tabla III-13 Datos para la velocidad de secado	52
Tabla III-14 Velocidad de secado	54
Tabla III-15 Evaluación sensorial del atributo color	56
Tabla III-16 Evaluación sensorial del atributo olor	57
Tabla III-17 Evaluación sensorial del atributo sabor	58
Tabla III-18 Evaluación sensorial del atributo textura	59
Tabla III-19 Evaluación general de atributos	60

Tabla III-20 Prueba de los efectos inter-sujetos	61
Tabla III-21 Informe de ensayo producto final	62

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de distribución geográfica por municipio del eslabón de transformación de la cadena de tamarindo	12
Figura 2 Mapa de distribución geográfica por municipio del eslabón de producción de la cadena de Tamarindo.....	16
Figura 1-1 Deshidratación osmótica	21
Figura 1-2 Elementos de equipos de pulverizado	27
Figura 2-1 Balanza analítica electrónica	30
Figura 2-2 Secador al vacío.....	31
Figura 2-3 Diagrama de flujo del proceso de obtención de hojuelas de tamarindo	32
Figura 3-1 Pérdida de peso a 65°C ensayo 1	43
Figura 3-2 Pérdida de peso a 65°C ensayo 2	44
Figura 3-3 Pérdida de peso a 50°C ensayo 1	46
Figura 3-4 Pérdida de peso a 50°C ensayo 2.....	47
Figura 3-5 Pérdida de peso porcentual general.....	48
Figura 3-6 Velocidad de secado en función de la humedad en base seca	52
Figura 3-7 Balance de materia	63
Figura 3-8 Balance en Deshidratador al vacío	64
Figura 3-9 Balance en extracción de semilla	65
Figura 3-10 Balance de energía en el secador al vacío	67

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS
ANEXO B FOTOGRAFÍAS.....
ANEXO C TEST DE ANÁLISIS SENSORIAL
ANEXO D ENSAYO ADICIONAL.....
ANEXO E MATRIZ DE CONSISTENCIA Y TRAZABILIDAD

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

El Tamarindo (*Tamarindus indica*) es un árbol tropical y la única especie del género *Tamarindus*, perteneciente a las Fabaceae (antes llamadas Leguminoseae), subfamilia Caesalpinioideae, de frutos comestibles muy apreciados en diversos países.

Es originario de las regiones secas de África. Hace siglos fue difundido hasta la India, donde actualmente se cultiva intensamente. En América fue introducido en el siglo XVI y aunque las plantas americanas difieren en ciertos caracteres de las asiáticas, no se justifica separarlas como especies diferentes.

El tamarindo se ha adaptado a regiones con clima cálido-semiseco, sin embargo, también prospera en climas cálido húmedos, no obstante en zonas con temporadas de precipitación prolongada, los árboles tienden a crecer de manera pobre y por lo general no producen fruta. Las plantas soportan la sequía pero son sensibles a las heladas y se desarrolla en zonas con rangos de precipitación de los 500 a los 1500 mm anuales, encontrándose desde el nivel del mar con un promedio de 30°C, hasta altitudes de 1500 m con un promedio de 20°C.

Se trata de un árbol de lento crecimiento, pero de gran longevidad (150 años), de tamaño mediano a grande (10 a 25 m), y alcanza bajo condiciones favorables hasta 30 m de altura; se caracterizan por tener una copa redondeada, extendida y abierta, con follaje denso, ramas bajas y una cobertura de 6 a 10 m².

En Bolivia, específicamente en Santa Cruz, la clase enana o hindú fue introducida hace 20 años por la misión Británica en Agricultura Tropical, quienes en ese entonces cooperaban con el CIAT (Centro de Investigación Agrícola Tropical).

Desde ese tiempo el tamarindo era cultivado solamente para autoconsumo, pero debido a la costumbre de su consumo ha dado lugar al crecimiento de la demanda, tanto a nivel regional, local como nacional, por lo que actualmente ya es cultivado con fines comerciales.

Generalidades del Tamarindo

- Nombre común o vulgar: Tamarindo, Tamarindos.
- Nombre científico o latino: *Tamarindus indica*.
- Familia: Caesalpiniaceae.
- Origen: Nativo de África, y hoy día plantado en todos los trópicos y subtropicos, donde ha llegado a naturalizarse.
- Árbol perennifolio que puede llegar a medir hasta 20 metros de altura.
- Copa compacta y redondeada.
- Tronco rugoso con corteza gris.
- Hojas compuestas, formadas por 10 a 18 pares de folíolos, alternas, de color verde oscuro.
- Las inflorescencias son amarillas y rojas de aproximadamente 1 pulgada de diámetro y producidas en racimos cortos de 5 a 10 cm. de longitud; flores sigomórficas en forma de canoa.
- El fruto es una vaina de color café de forma alargada o curva de 2 a 6 pulgadas de longitud y 0,75 a 1,0 pulgadas de ancho.
- Los hay de sabor ácido a dulce según la variedad.
- La pulpa de un fruto joven es muy ácida, y por lo tanto recomendable para muchos platos, mientras que los frutos maduros son más dulces y pueden ser utilizados en postres, bebidas o como botana.
- La pulpa del fruto, tienen un variado número de usos, que van desde la preparación de refrescos, confitería, conservas, salsas, hasta como medicina natural.
- La pulpa se usa extensamente en la cocina del sur de la India y para la preparación de refrescos, confituras y helados a través de las áreas de distribución natural y artificial de la especie.
- Las hojas, las flores y a veces las semillas se usan también en recetas de cocina.
- Tiene diversos usos medicinales.

- Las semillas molidas se pueden usar como forraje para el ganado y pueden ser preparadas para ser usadas en la estabilización de alimentos procesados y para la conversión de jugos de frutas en jaleas.
- Las semillas, molidas, hervidas y mezcladas con goma, producen un cemento fuerte para la madera.
- Las semillas se usan también para producir un aceite de color ámbar para lámparas de aceite o para la preparación de pinturas y barnices.
- Las hojas producen un tinte rojo, el cual se usa para dar un matiz amarillo a las telas previamente teñidas con añil.
- La madera es dura y pesada, fuerte y fibrosa, difícil de trabajar y sujeta a rajarse durante el secado; sin embargo la madera toma un buen pulido.

Estas características del tamarindo son muy importantes de acuerdo a Henry Fernando Cedeño Figueroa, Alexandra Annabel Galarza Avila, (2007:14-17).

Valor alimenticio

La pulpa constituye un 40% de la vaina y es fuente importante de vitaminas, minerales y pectinas; la pulpa de color rojo de algunos tipos de tamarindo contiene el pigmento Chrysanthemín. Las hojas jóvenes son ricas en minerales (calcio, fósforo y azufre) y vitaminas (vitamina A y niacina), mientras que las flores poseen altas concentraciones de calcio, fósforo y ácido ascórbico.

Las semillas de tamarindo son también una rica fuente de almidón, proteína y aceite. Su composición química es: agua 11.3%, proteína 13.3%, grasa 5.4%, carbohidratos 57.1%, ceniza 4.1% y fibra cruda 8.8%. La proteína de la semilla es rica en ácido glutámico (1%), ácido aspártico (11.6%), glicina (9.1%) y leucina (8.2%), pero deficiente en metionina, treonina, valina y cisteína. La proporción de aminoácidos esenciales en la proteína es de 33.6%. (Mario Orozco Santos, 2001: 76-77)

Tabla 1
Valor alimenticio del Tamarindo

Compuesto	Valor de 100 gramos de porción comestible		
	Pulpa madura	Hojas jóvenes	Flores
Calorías	115		
Humedad	28.2 – 52.0 g	70.5 g	80 g
Protéina	3.1 g	5.8 g	0.45 g
Grasa	a.G	2.1 g	1.54 g
Fibra	5.6 g	1.9 g	1.5 g
Carbohidratos	67.4 g	18.2 g	
Azúcar	30 – 41 g		
Ceniza	2.9 g	1.5 g	0.72 g
Calcio	35 – 170 mg	101 mg	35.5 mg
Magnesio		71 mg	
Fósforo	54 – 110 mg	140 mg	45.6 mg
Hierro	1.3 – 10.9 mg	5.2 mg	1.5 mg
Cobre		2.1 mg	
Cloro		94 mg	
Azufre		63 mg	
Sodio	24 mg		
Potasio	375 mg		
Vitamina A	15 I.U.	250 mg	0.31 mg
Tiamina	0.16 mg	0.24 mg	0.072 mg
Riboflavina	0.07 mg	0.17 mg	0.148 mg
Niacina	0.6 – 0.7 mg	4.1 mg	1.14 mg
Ácido Ascórbico	0.7 – 3.0 mg	3.0 mg	13.8 mg
Ácido Tartárico	8.0 – 23.8 mg		
Ácido Oxálico		196 mg	

Fuente: Morton J.F. (1987)

Tabla 2
Valor nutricional del Tamarindo

Tamarindo Crudo	
Valor nutricional por cada 100 g	
Carbohidratos	62.5 g
Azúcares	57.4 g
Fibra alimentaria	5.1 g
Grasas	0.6 g
Proteínas	2.8 g
Tiamina	0.428 mg (33%)
Riboflavina	0.152 mg (10%)
Niacina	1.938 mg (13%)
Ácido pantoténico	0.143 mg (3%)
Vitamina B	0.066 mg (5%)
Ácido Fólico	14 µg (4%)
Vitamina C	3.5 mg (6%)
Vitamina E	0.1 mg (1%)
Vitamina K	2.8 µg (3%)
Calcio	74 mg (7%)
Hierro	2.8 mg (22%)
Magnesio	92 mg (25%)
Fósforo	113 mg (16%)
Potasio	628 mg (13%)
Sodio	28 mg (2%)
Zinc	0.1 mg (1%)
% de la cantidad diaria recomendada para adultos	

Fuente: Base de datos nutrientes de USDA(United States Department of Agriculture).

Propiedades del Tamarindo.

- El tamarindo posee un alto contenido en glúcidos y pectina, sustancias que ayudan a limpiar el intestino y apropiadas para aquellas personas con estreñimiento.
- Con frecuencia el tamarindo se utiliza en dietas de adelgazamiento debido a sus propiedades depurativas y ligeramente laxantes.
- Tiene propiedades protectoras y descongestionantes del hígado.
- Tiene un alto contenido de ácidos orgánicos que aportan propiedades refrescantes y tonificantes.
- También se lo utiliza para tratar la fiebre como antipirético.
- Tiene un potente poder antioxidante y puede ayudar a prevenir las arteriosclerosis.

Antecedentes sobre la elaboración de hojuelas de Tamarindo a nivel internacional.

La elaboración de hojuelas de Tamarindo es un estudio poco expuesto, por lo que se tomará de referencia antecedentes del polvo de tamarindo a nivel internacional (producto más cercano a las hojuelas), en esta parte se hace referencia a experiencias ya realizadas por los países más inmersos en la elaboración de productos teniendo como materia prima al tamarindo.

Las experiencias recopiladas en este punto son de los países siguientes: México y la India.

Antecedentes sobre la elaboración de polvo de Tamarindo en México.

México produce 38682 Ton. anuales. El principal destino de las exportaciones mexicanas de tamarindo es EUA. En el periodo 2007 – 2008 las importaciones de EUA crecieron y México incrementó sus exportaciones de tamarindo fresco en un 771.80% (representan una participación del 2% del total del mercado) y un 10.2%

del valor de las importaciones anuales de este producto. En lo que respecta al tamarindo seco, en el periodo 1996 – 2000 México participaba con el 75% del valor de las exportaciones totales hechas a EUA; esta situación se revierte en el periodo 2001 – 2008, donde se reduce en un 40% y la de Tailandia se incrementa asombrosamente de un 5% a un 51%.

En la cadena de tamarindo no existen tantos canales formales de comercialización como en otras cadenas. La comercialización se orienta principalmente al mercado mejicano, generalmente la cosecha se vende a través de intermediarios los que la envían fuera del Estado a bodegueros; ya fuera de la entidad se clasifican, se empaca y se distribuye a tiendas departamentales, detallistas o pequeñas industrias procesadoras de pulpa, para la fabricación de dulces y otras aplicaciones industriales.

México actualmente cuenta con varias industrias que elaboran polvo de Tamarindo, como ser:

ARISTACO, ENGLOBA, FUTURE FOODS, CEDROSA, GLISERINAS INDUSTRIALES, MR. JACK, DEFRUT S.A., ALIMATEC, NATURAL TEC, ADN, OLEO ESPECIAS, ALTECSA, DEIMAN, TAMLETZAL, ALI ALIMENTACIÓN SALUDABLE y muchas otras industrias que la elaboran a menor escala y para consumo local.

Antecedentes sobre la elaboración de polvo de Tamarindo en la India.

La India es un productor de tamarindo a escala comercial y es el mayor productor de tamarindo amargo en Asia. Una gran parte de su producción se exporta a Asia Occidental, Europa y América, donde se utiliza para las especialidades de alimentos, su producción anual es de alrededor de 300000 toneladas.

Alrededor de 20000 toneladas de polvo de tamarindo se producen anualmente. Las exportaciones de la India son principalmente a Pakistán, los países Árabes, Europa y América del Norte.

Antecedentes sobre la elaboración de Hojuelas de Tamarindo a nivel nacional.

Actualmente a nivel nacional aún no se incursiona en esta rama del mercado de tamarindo, a pesar de contar con la demanda y la materia prima necesarias, a raíz de esto se ve la potencialidad del proyecto.

Antecedentes del mercado de Tamarindo.

Situación del mercado externo.

Situación de la Demanda.

Las importaciones que la Unión Europea realiza de tamarindo y lichí (fruta tropical proveniente del sur de China), equivalen a 77 millones US\$ (33 mil toneladas) sólo en el año 2000. Siendo Francia el mercado más grande de la UE para el tamarindo y lichis (principalmente de Madagascar, Sur África e Israel), contabilizando un 70% del total de importaciones de los países miembros de la Unión Europea. La mayoría de las importaciones restantes fueron para el Reino Unido, Alemania, los Países Bajos y Bélgica. En Alemania, como es el caso de muchas de sus importaciones domésticas, la mayor parte de los requisitos domésticos es conocida por las re-exportaciones de otros miembros de la UE, notablemente Holanda y Francia.

Situación de la Oferta.

A pesar de existir el mercado internacional de tamarindo por un largo tiempo, no se cuenta con una información detallada y representativa del mismo, esto a causa de que en la mayoría de los países que exportan tamarindo es en pequeñas cantidades y son categorizados junto con los productos misceláneos en los reportes de aduanas.

Situación del mercado nacional de Bolivia.

Situación de la demanda.

La demanda actual para productos con base al tamarindo, está orientada exclusivamente a la ciudad de Santa Cruz de la Sierra y Beni, debido al limitado desarrollo de la producción y la oferta de productos derivados. Recién en la gestión 2003 se iniciaron esfuerzos para promocionar el consumo en las principales ciudades del país principalmente en helados.

Por las características del producto y el desarrollo relativo del consumo en otros países con hábitos y nivel de desarrollo similar, se puede afirmar que el tamarindo presenta potencialidades para la expansión de su consumo a nivel nacional.

A continuación se realiza un análisis de la demanda potencial, tomando en cuenta los diferentes productos finales y la composición del mercado cliente en las ciudades del Eje Central.

Tabla 3

Estructura del mercado cliente en las principales ciudades.

Segmentos	Descripción del segmento	Productos con potencial de comercialización	Observaciones para su introducción y expansión del consumo
Vendedores de batidos	Personas que preparan el producto para su venta en pequeños locales, mercados populares o a los transeúntes. Tienen pocos recursos para compras importantes	Pulpa Batidos	Explicar la forma de preparación del producto y sobretodo, las ventajas del mismo sobre sucedáneos para ayudar a la digestión
Supermercados Mini-mercados Tiendas especializadas	Compradores con fuerte poder negociador, que exigen unos plazos para el pago, que en la actualidad no están en condiciones de ofrecer los productores	Pulpa Fruta fresca Mermeladas Helados Refrescos	Quizá como fruta o laxante tenga un cierto atractivo, no obstante, no parece ser un segmento con posibilidad real de penetración en el corto plazo por los plazos de crédito que exigen a sus proveedores. Alguna tienda de especialidad podría asumirlo, pero de nuevo es vital el dar a conocer sus ventajas.
Fabricantes de helados artesanales	Personas muy parecidas en su comportamiento a los vendedores de batido	Helados	Han incorporado paulatinamente esta fruta dentro de su oferta. Por su vinculación con vendedores en ferias y mercados pueden llegar a conocer el producto.
Fabricantes de helados industriales	Compradores con poder adquisitivo	Helados	Ya han incorporado esta fruta dentro de su oferta de helados
Restaurantes	Desde pequeños hasta de lujo	Refrescos y Néctares	Principalmente en los que atienden a turistas o a clientes de mayor poder adquisitivo, puede y debe ser introducido como una novedad, resaltando sus beneficios para la salud.
Vendedores de pulpa en los mercados de abasto	Población en general con poco poder adquisitivo	Pulpa	El sistema en las ferias y mercados de abasto es bastante cerrado en las ciudades del eje.

Fuente: Estudio cadenas productivas frutas exóticas M.A.C.I.A. – I.A.S. (2003)

Situación de la oferta.

Las fincas que no consiguen vender toda su producción durante la época de cosecha almacenan el producto hasta lograr su venta en los meses siguientes, pero existen casos en que almacenan con el fin de conseguir mejores precios realizando su venta en los meses posteriores al periodo de la fruta, este último

grupo está compuesto por aquellas fincas con mayor cantidad de árboles y/o árboles más longevos (+ de 51 años).

Situación de la industria de tamarindo en Bolivia.

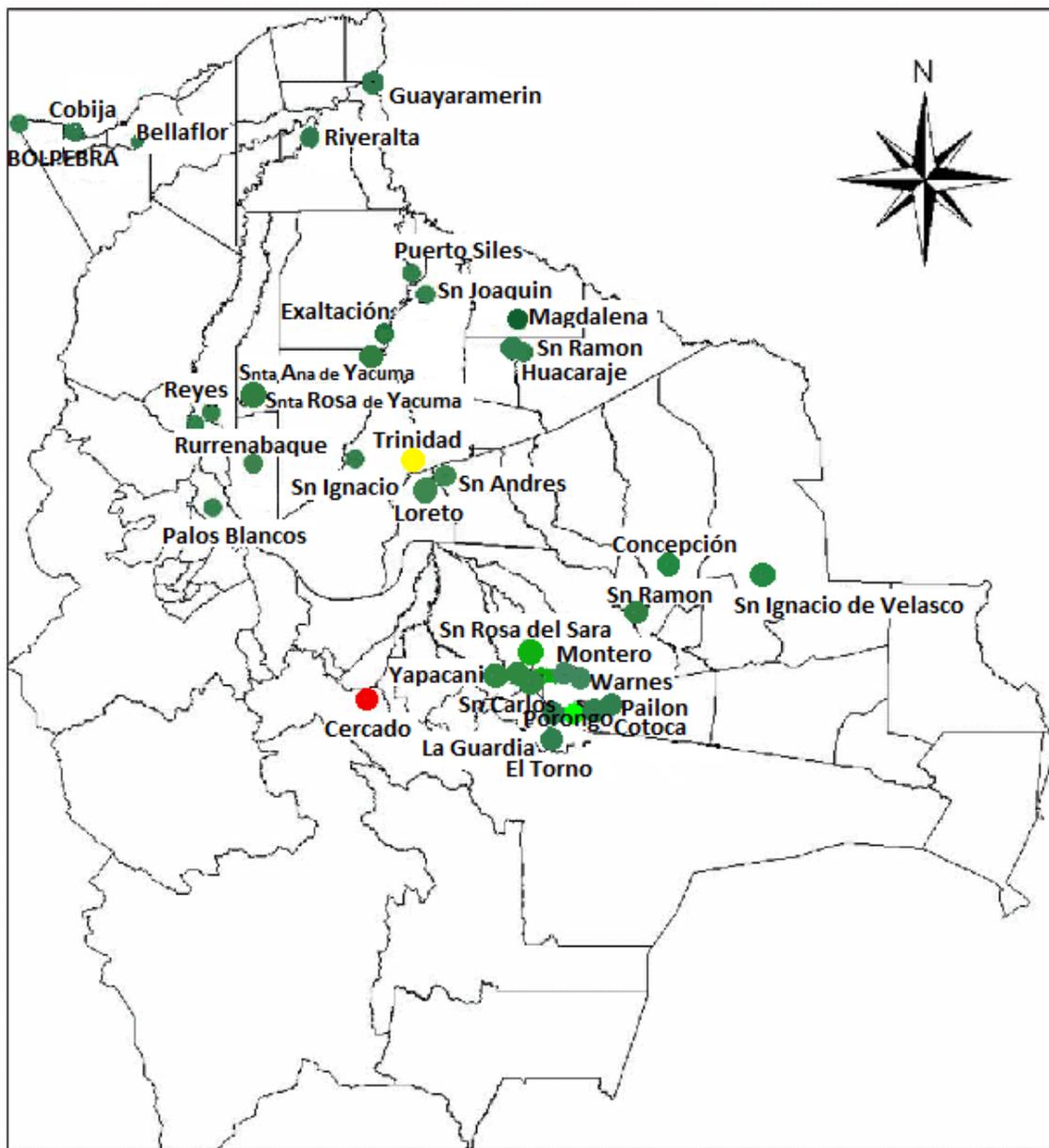
El deficiente apoyo de proyectos frutícolas para el cultivo de tamarindo hace de que los productores no puedan contar con el apoyo para lanzarse en proyectos de largo alcance y consecuentemente, en la investigación y desarrollo del cultivo.

El tamaño de la industria involucrada actualmente en el procesamiento de la pulpa de tamarindo es considerado mediana para el mercado boliviano. Sin embargo, si se toma como parámetro otras industrias de países vecinos, la industria nacional transformadora del tamarindo resulta ser pequeña, con el agravante de que a mediano plazo, la competencia internacional podría acceder con productos similares al país y convertirse en potenciales proveedores de pulpas congeladas, néctares, jaleas y otros productos.

El mapa que a continuación se muestra indica la distribución geográfica donde aparece el eslabón de transformación de tamarindo.

Figura 1

Mapa de distribución geográfica por municipio del eslabón de transformación de la cadena de tamarindo



Fuente: Estudio cadenas productivas frutas exóticas M.A.C.I.A. – I.A.S. (2003)

LEYENDA

- Transformación industrial y semi industrial
- Transformación casera, artesanal e industrial
- Transformación artesanal
- Transformación casera y artesanal

El comercio nacional e internacional de tamarindo es más limitado por las siguientes razones:

- El tamarindo no ha recibido mucha atención en el área de investigación por muchos años y en la mayoría de los países productores, árboles no mejorados son cultivados. La excepción es el reciente desarrollo de las especies dulces en el Sudeste de Asia donde existe un interés emergente en el cultivo para el comercio de fruta fresca.
- La mayoría de las frutas y semillas se desperdician, debido a la falta de tecnología para el procesamiento y el almacenaje.
- Las tecnologías disponibles no han sido diseminadas entre los cultivadores en los diferentes países productores.
- La pulpa procesada es de una calidad baja y no reúne los estándares del mercado internacional.
- Las tecnologías alternativas de bajo costo de producción no son disponibles por el momento.
- Muchos de los productos disponibles en este momento están restringidos a los mercados domésticos de los países productores y no han llegado a los mercados internacionales.
- La mayoría de las exportaciones son sólo de muy pocos de los países productores más grandes y son limitadas a frutas frescas, pulpa, polvo y pasta de semilla, de las cuales la pulpa y el polvo de semilla son usados para la fabricación de medicamentos, aplicaciones industriales y para propósitos culinarios. Su potencial industrial no ha sido explotado totalmente.
- El tamarindo está considerado como una comida étnica. Y en los países de importación es usado por los antiguos consumidores con poca evidencia de traspasar a los mercados no étnicos.
- La falta de información local como internacional limita la expansión del cultivo y diversificación del producto.

OBJETIVOS.

General.

- Obtención de hojuelas de Tamarindo mediante secado al vacío.

Específicos.

- Caracterizar la materia prima: Tamarindo, para la obtención de hojuelas de tamarindo.
- Seleccionar y diseñar el proceso tecnológico para la obtención de hojuelas de tamarindo.
- Formular la fase experimental del proceso de obtención de hojuelas de tamarindo.
- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas de las hojuelas de tamarindo obtenido.
- Presentar, analizar y valorar los resultados experimentales conseguidos del proceso de obtención de hojuelas de tamarindo.

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE GRADO.

El Tamarindo en Bolivia se encuentra en los departamentos de Santa Cruz, Beni y en menor medida en Chuquisaca, siendo los dos primeros quienes destinan parte de su producción a la industria alimentaria para su procesamiento. Los demás departamentos del país son abastecidos en pocas cantidades para el consumo interno.

Para aumentar la disponibilidad de este producto y expandir su mercado es que se busca mejorar las condiciones de transporte y procesamiento en función de la demanda que genera el tamarindo.

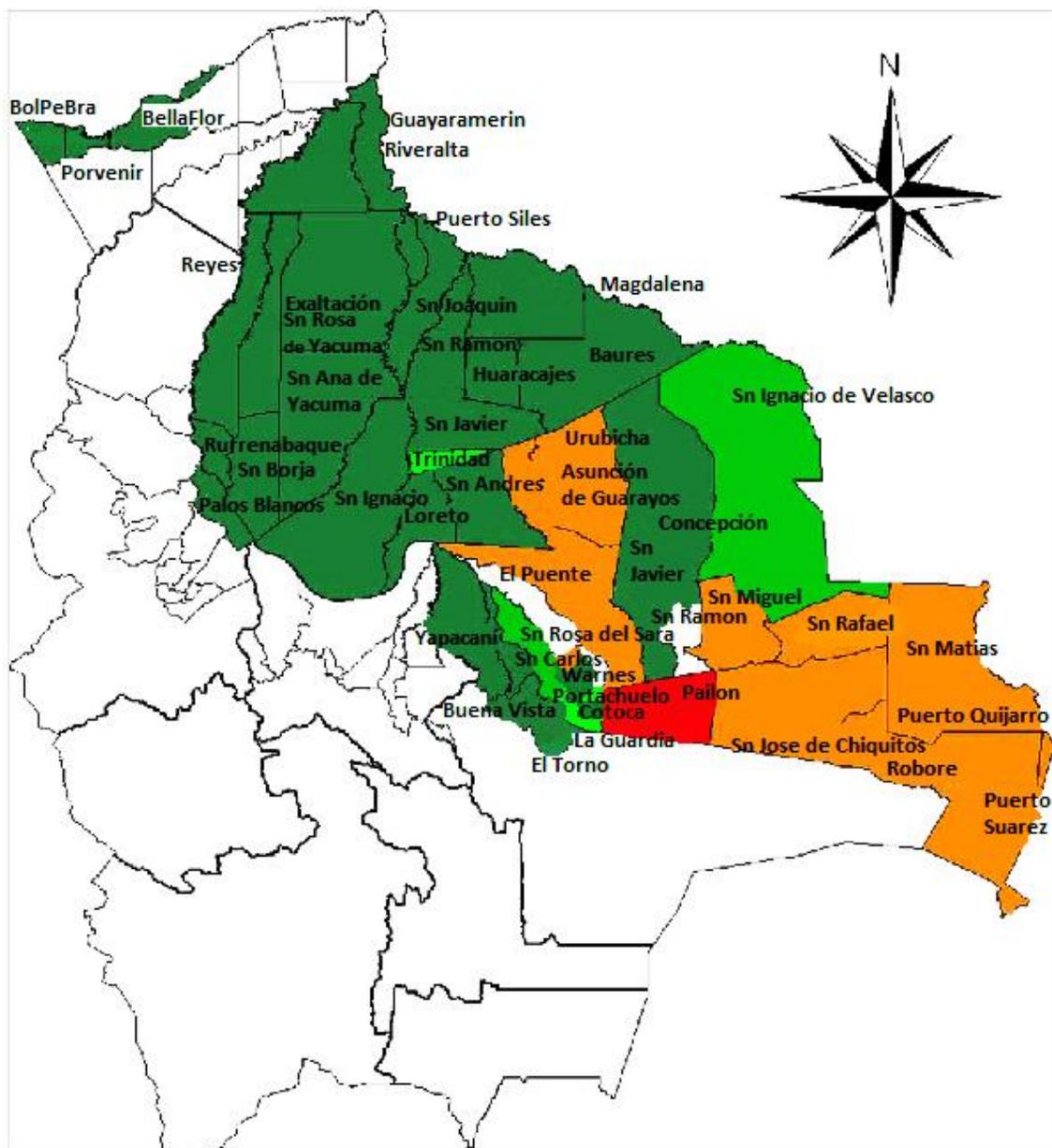
Tabla 4
Producción potencial estimada de Tamarindo Tm

Departamento / Municipio	Año 2,004	Año 2,005	Año 2,006	Año 2,007	Año 2,008
SANTA CRUZ					
Santa Rosa	36,0	42,0	50,0	54,0	60,0
Portachuelo	18,0	21,0	25,0	27,0	30,0
Pailas	108,0	126,0	150,0	162,0	180,0
San Ignacio	36,0	42,0	50,0	54,0	60,0
BENI					
Trinidad	126,0	147,0	175,0	189,0	210,0
Rurrenabaque	108,0	126,0	150,0	162,0	180,0
Total	432,0	504,0	600,0	648,0	720,0

Fuente: Estudio cadenas productivas frutas exóticas M.A.C.I.A. – I.A.S. (2003)

Figura 2

Mapa de distribución geográfica por municipio del eslabón de producción de la cadena de Tamarindo



Fuente: Estudio cadenas productivas frutas exóticas M.A.C.I.A.– I.A.S. (2003)

LEYENDA

- Cultivos de empresas
- H. familiar, P. productores y empresarial
- Cultivos de pequeños productores
- Huerta Familiar y Pequeños productores

Justificación social

Se generará fuentes laborales para las personas que habitan en las zonas de donde haya la materia prima y creciente expansión de la industria alimentaria en Bolivia que demanda tamarindo.

Justificación tecnológica

En nuestro país existe la tecnología necesaria para obtención de hojuelas de tamarindo.

Justificación Económica

La actividad generará desarrollo económico y productivo para mejorar la calidad de vida, y poder abastecer la demanda creciente de la población con producto de calidad y costo accesible.

Justificación Ambiental

Dado que el proceso de obtención de hojuelas de tamarindo causa muy bajo impacto ambiental, esta actividad no constituiría un daño importante al medio ambiente al usar bajas temperaturas en el secado al vacío lo que se traduciría en bajo consumo de energía, posibilidad de aprovechamiento de la semilla como residuo del proceso, tiempos bajos de procesamiento, pequeña generación de residuos no aprovechables, etc.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1. Marco Teórico

En este capítulo se rescatan algunos conceptos, definiciones y datos concernientes al tema y los procesos de la investigación.

1.1. Deshidratación de alimentos.

El secado controlado o deshidratación es uno de los métodos más antiguos utilizados por el hombre para la conservación de los alimentos. Es un proceso copiado de la naturaleza; nosotros hemos mejorado ciertas características de operación. El secado es el método de conservación de alimentos más ampliamente usado.

La deshidratación es una de las técnicas más ampliamente utilizadas para conservar alimentos, que consiste en la reducción del contenido acuoso, intentando disminuir o detener la proliferación microbiológica, así como la ocurrencia de reacciones de deterioro. Así, la deshidratación permite prolongar la vida útil de alimentos, al mismo tiempo que ofrece la posibilidad de desarrollar nuevos productos de acuerdo con la tecnología utilizada y/o componentes agregados. (Natalia Wais, 2011: 1).

La deshidratación es una de las formas más antiguas de procesar y preservar los alimentos. Gracias a este proceso los alimentos no necesitan ser refrigerados para su preservación y también conservan mejor sus componentes nutricionales, esto dependerá del mismo modo del tipo de deshidratación que se emplee.

El contenido de humedad final del producto, después de ser sometido al proceso de deshidratación, será el determinante de la vida útil del mismo. Mientras menor sea la cantidad de humedad restante en el alimento, mayor será su vida útil. La definición de estabilidad de los alimentos es esencial ya que es un parámetro determinante para el valor comercial del producto final y la utilidad del mismo. (Introducción al secado y deshidratación, 2007)

1.1.1. Principios de deshidratación Térmica.

La deshidratación térmica es un proceso de eliminación de humedad para obtener un producto sólido seco.

Cuando un sólido húmedo es sometido a secado térmico, dos procesos ocurrirán simultáneamente:

- Transferencia de energía del medio caliente para evaporar la humedad de la superficie.
- Transferencia de la humedad interna hacia la superficie del sólido.

La transferencia de energía puede ocurrir como resultado de convección, conducción y/o radiación, habiendo casos donde estos efectos se combinan.

1.1.2. Condiciones Externas.

Haciendo referencia al primer proceso, la eliminación de agua en forma de vapor de la superficie del sólido, depende de las condiciones externas como ser: la temperatura, humedad, flujo de aire, área de la superficie expuesta y presión.

1.1.3. Condiciones Internas.

El movimiento de la humedad dentro del sólido está en función de la naturaleza física dentro del sólido, la temperatura y su contenido de humedad.

En el secado cualquiera de estos procesos puede ser el factor que determine la velocidad de secado.

1.1.4. Secado indirecto o por conducción.

Los secaderos indirectos transfieren calor al producto mediante el contacto con una superficie calentada por aire, vapor o un líquido térmico. Pueden utilizarse camisas (intercambiadores) para aportar el calor.

El fluido, después de evaporar el agua del producto, pasa por un condensador para separar las sustancias evaporadas y se vuelve a calentar para utilizarse de nuevo. Se realiza así un circuito cerrado. Las únicas emisiones a la atmósfera son las de

los gases procedentes de los focos de emisión de calor que se emplean en el intercambiador. Es un proceso de mayor eficacia medioambiental, indicado para productos con sustancias volátiles de alta toxicidad.

En la clasificación de secaderos, se debe observar que el medio de transferencia de calor es también el medio de secado para los secaderos de secado directo, pero no para los secaderos de secado indirecto. Los secaderos de secado directo son generalmente más eficientes. La excepción viene cuando no se pone aire en un secadero de secado indirecto y la humedad es venteadada del secadero como vapor o recuperada para servir las necesidades de calentamiento.

Los secaderos de secado directo no son convenientes para todos los materiales. En particular, los secaderos indirectos son más convenientes para materiales polvorientos y finos.

1.1.5. Tipos de Deshidratación.

1.1.5.1. Deshidratación osmótica

La deshidratación osmótica es una técnica que permite eliminar parcialmente el agua de los tejidos de los alimentos por inmersión en una solución hipertónica, sin dañar el alimento y afectar desfavorablemente su calidad. (Rastogi et al., 2002).

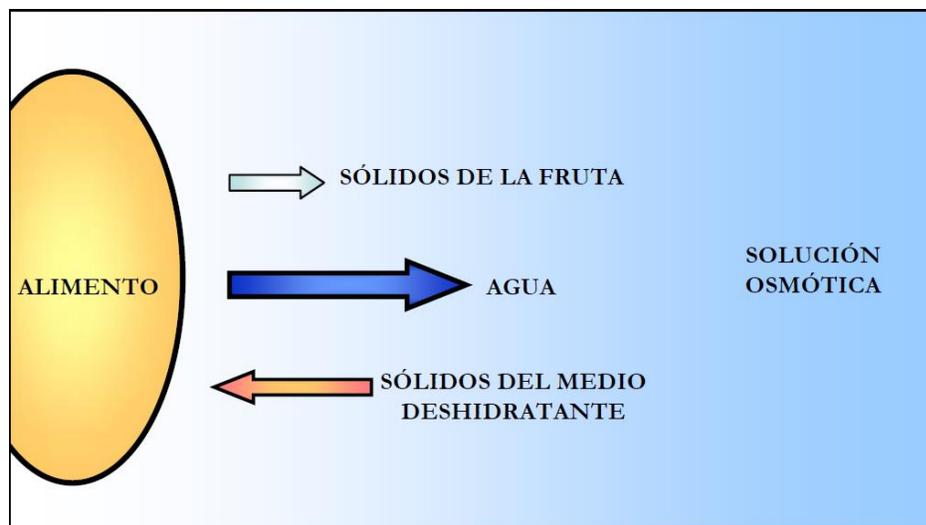
Patricia Della Rocca (2010: 1) indica también que: *“La deshidratación osmótica (DO) es una técnica de deshidratación parcial de alimentos que consiste en la inmersión de los mismos en soluciones acuosas de solutos (azúcares y/o sales) de alta presión osmótica. La fuerza impulsora requerida para el flujo del agua es la diferencia de potencial químico entre la disolución y el fluido intracelular.”*

La deshidratación osmótica está ganando popularidad como un proceso previo a la cadena que integra la elaboración de productos procesados debido a los bajos costos de energía requeridos, a las bajas temperaturas de operación empleadas lo

cual evita el daño de productos termolábiles y productos de alta calidad, (Chirife,1982; Raotogi et al., 2002).

La deshidratación osmótica es una de muchas técnicas de deshidratación de alimentos, siendo éste uno de los métodos que menos afecta a la composición nutricional con la que cuenta el alimento en su estado fresco.

Figura 1-1
Deshidratación osmótica



Fuente: Secado combinado: Deshidratación Osmótica y Microondas (2011)

Existe un creciente interés en el consumo de alimentos con propiedades beneficiosas para la salud como los alimentos funcionales y nutraceuticos y aquellos que son mínimamente procesados y que por consiguiente, mantienen sus atributos de calidad similares a la de los productos frescos. De allí la importancia de la deshidratación osmótica como uno de estos procesos que presenta simultáneamente la posibilidad de extender la vida útil del producto al bajar su actividad de agua y la ventaja de la impregnación con solutos que pueden actuar de manera favorable para la salud y/o mejorar las propiedades sensoriales del alimento.

1.1.5.2. Variables que afectan al proceso de deshidratación osmótica.

La transferencia de masa durante la deshidratación osmótica ocurre a través de las membranas y paredes celulares. El estado de las membranas celulares puede variar de parcialmente a totalmente permeable. Este fenómeno puede llevar a cambios significativos en la arquitectura de los tejidos. Durante la remoción osmótica de agua de los alimentos, el frente de deshidratación se mueve desde la superficie que está en contacto con la solución hacia el centro. El esfuerzo osmótico asociado puede resultar en la desintegración celular. La causa más probable del daño celular puede atribuirse a la reducción de tamaño causada por la pérdida de agua durante la deshidratación osmótica, resultando en la pérdida de contacto entre la membrana celular externa y la pared celular (Rastogi et al., 2000a).

El proceso de deshidratación osmótica depende de varios factores:

- Concentración del soluto en la deshidratación osmótica.
- Tiempo de inmersión.
- Temperatura del proceso.
- Geometría de la materia prima.

1.1.6. Deshidratación Natural.

R. Sierra (2010:1) indica que la deshidratación natural *“se produce cuando se expone el alimento a corrientes naturales de aire, en un clima con alta temperatura y bajos niveles de humedad. Tiene la desventaja que es lento y el contenido de humedad de los alimentos no se ve reducido a menos del 15%, por lo que es más usado para frutas como ciruela, uva y durazno. Además se requiere de un gran espacio y cuidados especiales, pues la fruta puede ser sujeta a contaminación por polvo, insectos o roedores.*

También es conveniente proteger la fruta de la lluvia y la humedad nocturna, razón por la que se tiende a secarla bajo techo.”

1.1.7. Deshidratación por aire seco.

Aplicando aire seco se evapora el agua de los tejidos de la materia prima, la humedad es absorbida por el aire y separada del producto.

Se la puede realizar por 2 formas: de forma continua o por lotes. Se puede utilizar túneles, secadores de bandeja, hornos, etc.

1.1.8. Deshidratación por Congelamiento.

Se basa en el principio que el agua se evapora del hielo sin que éste se derrita, por medio de una sublimación (el hielo pasa directamente al estado gaseoso). Debe mantenerse la temperatura y la presión por debajo de las condiciones de punto triple (punto en el que pueden coexistir los tres estados físicos). El producto se pone en contacto con placas calentadas; el cambio de estado de hielo al gas va acompañado de una absorción de calor; se produce en equipos al vacío. Este método proporciona muchas ventajas, se reduce la alteración física de las frutas, mejora las características de reconstitución y reduce al mínimo las reacciones de oxidación y del tratamiento térmico. (R. Sierra 2010:1)

La liofilización es una técnica para eliminar agua a bajas temperaturas y presiones en el que primeramente la materia prima se congela en condiciones atmosféricas y seguidamente se sublima el hielo formado.

Desrosier, (1980) menciona que: *“En el caso de la liofilización, se ha encontrado que la calidad del producto final es mejor que la obtenida en los procesos clásicos”*

Aunque la gran desventaja de este proceso es su alto costo.

1.1.9. Deshidratación al vacío.

La deshidratación al vacío es un método que aprovecha la caída del punto de ebullición del agua a causa de la disminución en la presión de un sistema con el objetivo de extraer el agua de una materia prima.

El secado por vacío es más rápido, cuidadoso y eficiente desde el punto de vista energético que el secado por calor. Es especialmente adecuado para los procesos de secado de productos químicos, farmacéuticos o alimentarios, así como para otras aplicaciones en las que un exceso de calor destruiría o dañaría el producto.

Al realizarse en una desaparición implícita de aire es un proceso bastante atractivo para productos que pueden deteriorarse por oxidación al ser expuestos a aire con altas temperaturas.

A pesar de que la deshidratación al vacío es ampliamente utilizada para productos termolábiles, se constata que recibe poca atención ya que no se pudo encontrar publicaciones al respecto en bibliografía relevante.

1.2. Efecto de la deshidratación en los alimentos.

1.2.1. Textura

La textura de los alimentos es el parámetro de calidad que más se modifica con la desecación. Sus variaciones dependen mucho del tipo de pre-tratamiento que se le da al alimento (por ejemplo: adición de cloruro cálcico al agua de escaldado), el tipo e intensidad con que se realiza la reducción de tamaño y el modo de pelado. En alimentos escaldados las pérdidas de textura están provocadas por la gelatinización del almidón, la cristalización de la celulosa y por tensiones internas provocadas por variaciones localizadas en el contenido de agua durante la deshidratación. Estas tensiones dan lugar a roturas y compresiones que provocan distorsiones permanentes en las células, relativamente rígidas, confiriendo al alimento un aspecto arrugado. En la rehidratación estos alimentos absorben agua más lentamente y no llegan a adquirir de nuevo la textura firme característica de la materia prima original.

La variación en la textura depende también de las condiciones del desecador, por ejemplo, si se usan velocidades de deshidratación rápidas y temperaturas elevadas los cambios serán más pronunciados que con flujos y temperaturas más bajas. A

medida que el agua va eliminándose, los solutos se desplazan hacia la superficie del alimento.

Si las temperaturas son elevadas la evaporación del agua hace que la concentración de solutos en la superficie aumente lo que conduce a la formación de una capa superficial dura e impenetrable. Este fenómeno se llama acortezamiento y reduce la velocidad de deshidratación dando lugar a un alimento seco en su superficie pero húmedo en su interior. (R. Sierra 2010:1)

1.2.2. Aromas

El calor no sólo provoca el paso del agua a vapor durante la deshidratación, sino también provoca la pérdida de algunos componentes volátiles del alimento. Su mayor o menor pérdida dependerá de la temperatura, de la concentración de sólidos en el alimento y de la presión de vapor de las sustancias volátiles y su solubilidad en el vapor de agua. Por ello, alimentos especiales por sus características aromáticas (hierbas y especias) se deshidratan a temperaturas bajas.

La desecación también produce la oxidación de los pigmentos, vitaminas y lípidos durante el almacenamiento. Estas oxidaciones se producen por la presencia de oxígeno, como consecuencia de la estructura porosa que se desarrolla durante la deshidratación. La velocidad a la que estos componentes se deterioran depende de la actividad de agua en el alimento y de la temperatura de almacenamiento. Las reacciones oxidativas influyen en la producción o destrucción de compuestos aromáticos. (R. Sierra 2010:1)

1.2.3. Color

La deshidratación afecta también al color por los cambios químicos que se producen en las clorofilas, carotenoides y otros pigmentos como antocianinas, β alaminas, etc. Por lo general cuanto más largo es el proceso de deshidratación y más elevada la temperatura, mayores son las pérdidas en estos pigmentos. La oxidación y la actividad enzimática residual favorecen el desarrollo del pardeado

durante su almacenamiento. Ello puede evitarse usando el escaldado como tratamiento previo a la desecación o tratando la fruta con ácido ascórbico u otros compuestos. (R. Sierra 2010:1)

1.2.4. Valor nutritivo

Las pérdidas de valor nutritivo que se producen durante la preparación previa de frutas y verduras, que son generalmente mayores que las que ocasiona el propio proceso de deshidratación. La pérdida de vitaminas viene en función de su solubilidad en agua. A medida que el proceso de deshidratación avanza algunas (por ejemplo: la riboflavina) alcanzan su sobresaturación y precipitan. Las pérdidas, por tanto, son pequeñas. Otras, (por ejemplo: el ácido ascórbico) se mantienen disueltas hasta que el contenido en agua del alimento es muy bajo y reaccionan con los solutos a mayor velocidad a medida que el proceso progresa.

La vitamina C es también sensible al calor y la oxidación. Por ello, los tiempos de deshidratación deben ser cortos. Otras vitaminas liposolubles son más estables (a la oxidación y al calor) por lo que sus pérdidas rara vez son superiores al 5 – 10%. Los nutrientes liposolubles se encuentran, en su mayor parte, en la materia seca del alimento, por lo que durante la deshidratación no experimentan concentración alguna. Los metales pesados, sin embargo, actúan como catalizadores de reacciones de oxidación de nutrientes insaturados, están disueltos en la fase acuosa del alimento. A medida que el agua se elimina, su reactividad aumenta y las reacciones de oxidación (de lípidos esenciales también) se aceleran. La deshidratación no cambia sustancialmente el valor biológico y la digestibilidad de las proteínas de la mayor parte de los alimentos. (R. Sierra 2010:1)

1.3. Trituración.

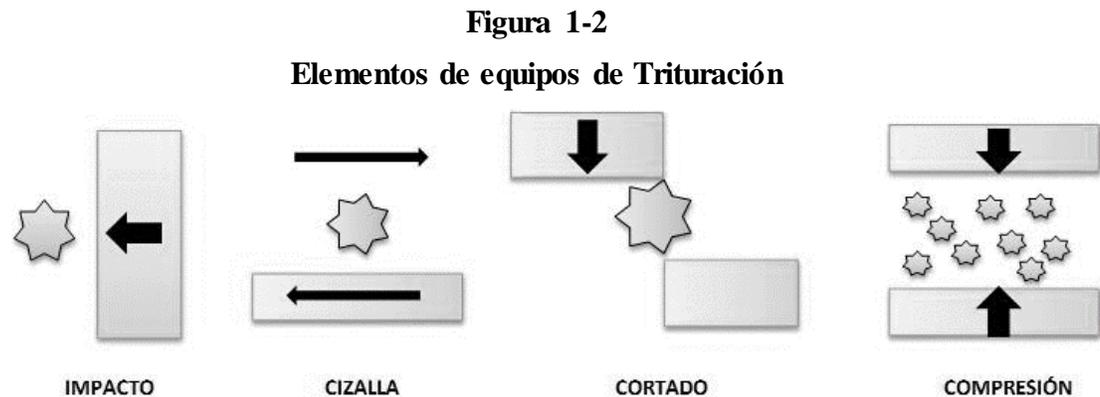
La trituración al igual que la molienda es una operación de reducción de tamaño, en otras palabras, una operación de separación, pero no de componentes sino de un material en fracciones de tamaño más pequeño. En esta operación el material puede ser tanto homogéneo como heterogéneo.

Son muchas las operaciones en la industria alimenticia que ameritan un desmenuzamiento de los sólidos, una trituración, una molienda, un **laminado**, etc., en otras palabras, una reducción de tamaño.

1.3.1. Métodos de Trituración.

Hay diversas formas de lograr las reducciones de tamaño de los materiales.

- 1.- La **compresión** se usa para reducir solidos duros a tamaños más o menos grandes.
- 2.- El **impacto** produce tamaños gruesos, medianos y finos.
- 3.- La **frotación** o cizalla produce partículas finas.
- 4.- El **cortado** se usa para obtener tamaños prefijados.



Fuente: Procesosbio – Molienda (wikispaces.com; 2018)

1.4. Selección de los procesos a utilizar.

1.4.1. Proceso de deshidratado.

Para la selección del proceso de deshidratación se consideró, primero la disponibilidad de equipos con que se cuenta, posteriormente se evaluó experimentalmente los procesos de deshidratación disponibles, de los cuales se seleccionó el proceso de secado al vacío el cual presenta tiempos más cortos de secado y mejor manejabilidad de la materia prima con respecto a los otros.

1.4.2. Proceso de triturado

Para este proceso se necesitó un método controlado que pueda garantizar un buen triturado (laminado) y además pueda mantener la integridad de las semillas, las cuales se tornan muy quebradizas después del proceso de deshidratación. Por lo cual se seleccionó el método de trituración por impacto manual de forma controlada.

CAPÍTULO II
PARTE
EXPERIMENTAL

2. INTRODUCCIÓN.

El desarrollo de las pruebas experimental del presente proyecto se lo realizó en los ambientes del laboratorio de Operaciones Unitarias (LOU) dependientes de la Facultad de Ciencias y Tecnologías de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, utilizando los materiales y equipos necesarios y disponibles.

2.1. Descripción de equipos.

Para el desarrollo del presente proyecto se trabajó con los siguientes equipos:

2.1.1. Balanza.

Se utilizó una balanza electrónica para realizar los controles de peso de las muestras antes, durante y después del proceso de deshidratación. Sus características técnicas son:

Tabla II-1

Características técnicas Balanza

Balanza analítica electrónica	
Marca	GIBERTINI
Industria	MILAN-ITALIA
Capacidad máxima	510 g
Escalón de verificación	0,01
Temperatura de trabajo	10-40°C Optima (15-30°C)
Exactitud	0,001g

Fuente: Elaboración propia

Figura 2-1
Balanza analítica electrónica



Fuente: Elaboración propia

2.1.2. Secador al Vacío.

Las pruebas experimentales de deshidratación de tamarindo se las realizó en el secador al vacío que se encuentra en el Laboratorio de Operaciones Unitarias. No se cuenta con información de las características técnicas del equipo, ni en manuales ni en sitios de internet, esto podría deberse a la antigüedad del equipo.

Tabla II-2
Secador al Vacío

Marca	LMIM
Industria	HUNGRIA
Tensión	220
Temperatura de trabajo	50 – 200°C
Presión de trabajo	-1 ~ 0,6 Bar

Fuente: Elaboración propia

Figura 2-2
Secador al vacio

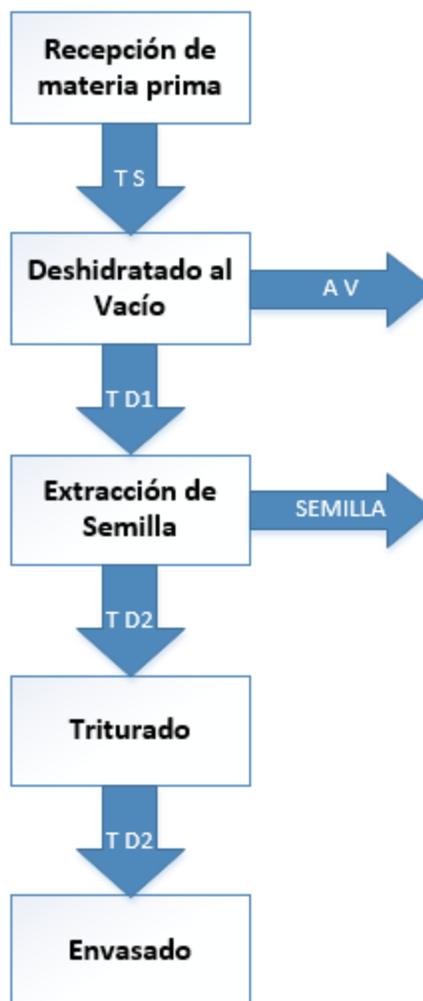


Fuente: Elaboración propia

2.2. Proceso de obtención de hojuelas de Tamarindo.

Figura 2-3

Diagrama de flujo del proceso de obtención de hojuelas de tamarindo



Fuente: Elaboración propia

2.2.1. Descripción del proceso experimental para la obtención de hojuelas de Tamarindo.

El proceso para la obtención de hojuelas de tamarindo es el siguiente:

2.2.2. Recepción de materia prima.

El tamarindo es recepcionado en un ambiente, donde será seleccionado e inspeccionado verificando que el mismo se encuentre libre del ataque de hongos y/o gorgojos.

Cabe mencionar que el tamarindo usado en esta investigación es procedente de los mercados del departamento de Santa Cruz. El fruto, pulpa y semillas, apenas es cosechado se lo dispone a almacenaje y posterior venta sin ningún proceso de por medio.

2.2.3. Deshidratado al Vacío.

Primeramente se acondiciona geométricamente el tamarindo para un óptimo deshidratado, tomando como espesor de la muestra el ancho de las semillas, ya que a menor espesor, la pulpa por su adherencia, tiende a pegarse a las bandejas de secado lo que obstaculiza una medición correcta. Para el área expuesta de la muestra se vio necesario acondicionarla a una forma ovoide o circular de manera que la muestra no tenga aristas, ya que éstas también tienden a pegarse en la bandeja y dificultan las mediciones.

Una vez realizado esto se procede al pesado para su posterior introducción al secador al vacío.

Para este proceso se atempera el equipo a 50 y 65 grados centígrados regulando la temperatura del termostato, previa validación debido a las diferencias entre la temperatura marcada por el termostato y la temperatura real. Para esto se coloca un termómetro dentro del secador, de tal manera que se pueda observar la temperatura en la que se encuentra el interior del secador. Estas temperaturas fueron seleccionadas de tal forma no afecten a sus propiedades fisicoquímicas ni organolépticas.

El proceso dura entre 4 y 5 horas. Estos tiempos fueron seleccionados en función de experimentaciones previas, donde se apreció que a tiempos mayores el tamarindo empieza a desprender olores, lo cual va en desmedro de las propiedades organolépticas.

Los valores de las variables, como son el tiempo y la temperatura, fueron elegidos en función de la vulnerabilidad de los alimentos, de tal forma que no se vea comprometida la integridad de la materia prima.

2.2.4. Extracción de semilla.

Una vez extraído el tamarindo deshidratado del secador al vacío, se procede a su pesado, para después quitarle la semilla con golpes controlados en la carcasa seca que envuelve la semilla, de tal forma que se quiebre y de esta forma la semilla sea de fácil extracción. Posteriormente ya con las semillas de cada muestra separada se las pesa para diferenciar el peso total de tamarindo deshidratado con el peso total de pulpa seca obtenidos en el proceso.

2.2.5. Triturado.

Este proceso se lo realizará por el método de impacto, realizando golpes suaves con un martillo, (teniendo especial cuidado en no romper las pequeñas semillas ocultas en la pulpa seca) hasta la obtención de hojuelas de las muestras deshidratadas. Para evitar las mermas en el proceso de triturado, la operación se llevará a cabo en un recipiente que no dejará que las partículas de tamarindo salgan expulsadas. También con un raspaje leve se recuperará el producto adherido a los elementos con los que estuvo en contacto, logrando así un proceso sin pérdidas.

2.2.6. Envasado.

El envasado de las hojuelas de tamarindo se lo hará en bolsas de plástico.

2.3. Análisis a determinar.

Los análisis a determinar tanto de la materia prima como del producto terminado se detallan a continuación.

2.3.1. Físicoquímicos.

En la tabla II-3 Se muestra las técnicas que se utilizan para la determinación de los análisis físicoquímicos, tanto para la materia prima como para el producto deshidratado, dichos análisis se realizaron en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo CEANID.

Tabla II-3
Técnicas y Parámetros de Análisis Físicoquímicos

PARÁMETRO	UNIDAD	TECNICA y/o MÉTODO DEL ENSAYO
Ceniza	%	NB 39034:10
Fibra	%	Gravimétrico (Digestión Ácida)
Grasa	%	NB 313019:06
Hidratos de Carbono	%	Cálculo
Humedad	%	NB 313010:05
Proteína Total (Nx6,25)	%	NB/ISO 8968-1:08
Valor energético	Cálculo	Kcal/100 g

Fuente: CEANID

2.3.2. Sensorial.

Se define el análisis sensorial como la identificación, medida científica, análisis e interpretación de las respuestas a los productos percibidas a través de los sentidos del gusto, vista, olfato, oído y tacto (Stone y Sidel, 1993).

El análisis sensorial de los alimentos es una función primaria del hombre. Desde su infancia y de una forma consciente, acepta o rechaza los alimentos de acuerdo

con el aspecto que experimenta al observarlos o digerirlos. Este aspecto fundamental de la calidad es el que incide directamente en la reacción del consumidor y es lo que se denomina calidad sensorial (Salvador y Col, 1991).

Para el análisis sensorial del presente proyecto, se basó en el Método de Respuesta Subjetiva, en el cual el evaluador no requiere entrenamiento previo y responde emocionalmente en la evaluación del producto.

La evaluación se la realizó con una prueba Hedónica de 5 puntos donde se le pidió al consumidor que valore el grado de satisfacción general que le produce un producto utilizando una escala que se le proporciona para su respectiva valoración.

2.4. Diseño experimental.

El diseño experimental es aquel que proporciona la información requerida con el mínimo esfuerzo experimental. La información requerida se refiere a que los datos permitan un análisis objetivo que conduzca a conclusiones válidas con respecto al problema que se estudia, en cuanto al esfuerzo experimental se entiende por el ahorro de tiempo, dinero, personal y material experimental.

Se conoce dos tipos fundamentales de experimentos factoriales:

- El factorial completo, el cual ensaya todas las posibles combinaciones de tratamientos que se generan con los distintos niveles de los factores de estudio. Dentro de estos factoriales, pueden distinguirse los factoriales simétricos y los asimétricos; los primeros comprenden el mismo número de niveles de cada factor, los restantes ensayan números distintos de niveles de los factores de estudio.
- La factorial fraccionada, el cual ensaya sólo algunas de las posibles combinaciones de tratamientos que pueden generarse.

El diseño factorial que se tomó en cuenta para realizar este trabajo de investigación es el de factoriales completos simétricos (2^2), 2 niveles y 2 factores.

$$2k = 2^2 = 4 \text{ pruebas}$$

Las repeticiones de cada prueba serán:

$$4 * 2 = 8$$

2.4.1. Diseño factorial a 2 niveles.

Este tipo de diseño tiene por objeto estudiar el efecto de la respuesta de “k” factores, cada uno en dos niveles, es por ello que se conocen como factoriales a 2 niveles o 2^k , con frecuencia se califican a los niveles como “alto” (+) y “bajo” (-).

El diseño factorial completo requiere que cada uno de los niveles de cada factor se dé en todos los niveles de todos los otros factores, lo que da un total de 2^k combinaciones de tratamientos.

2.4.2. Construcción de la matriz de Diseño.

La matriz de diseño se representa de la siguiente manera.

Tabla II-4
Matriz del diseño factorial

CORRIDA O TRATAMIENTO	FACTORES O VARIABLES		RESPUESTA A (Y _i)
	A	B	Y _i
1	-	-	Y ₁
2	+	-	Y ₂
3	-	+	Y ₃
4	+	+	Y ₄
5	-	-	Y ₅
6	+	-	Y ₆
7	-	+	Y ₇
8	+	+	Y ₈

Fuente: Elaboración propia

Tabla II-5

Niveles de variación de los factores a tomar en cuenta.

Factor	Nivel	
	Alto (+)	Bajo (-)
A= Temperatura	65°C	50°C
B= Tiempo	5 horas.	4 horas.

Fuente: Elaboración propia

Al ser una matriz 2^2 se realizarán 4 corridas.

Tabla II-6
Matriz del diseño factorial datos

CORRIDA O TRATAMIENTO	FACTORES O VARIABLES		Agua extraída (%)
	T (°C)	t (h)	
1	50	4	
2	65	4	
3	50	5	
4	65	5	
5	50	4	
6	65	4	
7	50	5	
8	65	5	

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III
RESULTADOS
Y
DISCUSIÓN

3. DATOS EXPERIMENTALES DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE HOJUELAS DE TAMARINDO.

Los datos experimentales se los obtuvieron de las pruebas realizadas en el laboratorio de acuerdo al diseño experimental planteado y sus parámetros.

3.1. Datos iniciales de la materia prima.

A continuación se presentan los datos iniciales con los que la materia prima comienza el proceso:

Tabla III-1

Pesos a 50°C

1ra corrida 50°C 4 – 5 horas		2da corrida 50°C 4 – 5 horas	
N°	Pesos de muestras	N°	Pesos de muestras
1	49,66	1	48,22
2	48,68	2	48,11
3	47,17	3	48,06
4	46,75	4	49,44
5	48,86	5	48,33

Fuente: Elaboración propia

Tabla III-2

Pesos a 65°C

1ra corrida 65°C 4 – 5 horas		2da corrida 65°C 4 – 5 horas	
N°	Pesos de muestras	N°	Pesos de muestras
1	44,67	1	49,45
2	47,79	2	48,88
3	48,69	3	48,13
4	48,21	4	48,73
5	49,17	5	49,23

Fuente: Elaboración propia

3.2. Análisis Físicoquímicos de Tamarindo Fresco.

Para realizar el análisis Físicoquímico de la materia prima se procedió a homogenizar la misma, de tal forma pueda ser representativa para el respectivo análisis y obtención de datos.

Tabla III-3

Informe de ensayo materia prima

PARÁMETROS	MATERIA PRIMA
	%
CENIZA	2,29%
FIBRA	2,56%
GRASA	0,09%
HIDRATOS DE CARBONO	70,29%
HUMEDAD	21,21%
PROTEINA TOTAL	3,56%
VALOR ENERGÉTICO	295,51 Kcal/100 g

Fuente: CEANID, 2017

3.3. Pérdida de peso durante el deshidratado de tamarindo.

Para la medición de pérdida de peso en el proceso de deshidratación se procedió de la siguiente manera:

- ✓ Se determinó hacer el registro de peso de las muestras cada hora, esto por ser un proceso largo y por sobre todo, no alterar en demasía la velocidad de deshidratación al someter a las muestras al ambiente y de esta forma disminuyan su temperatura y absorban humedad del ambiente.
- ✓ Las variables a controlar según el diseño experimental fueron: temperatura 50 – 65°C y tiempo 4 – 5 horas.
- ✓ El espesor de las muestras es dependiente del espesor de las semillas, de igual manera se debe tener cuidado de no hacerlo muy delgado, ya que por la consistencia pegajosa de la pulpa tiende a adherirse a superficies con las

que está en contacto y al querer levantarlas para su pesaje pueden desprenderse partes de la muestra y así alterar la medición rutinaria.

- ✓ El secador consta de 2 bandejas pero sólo se dio uso de la bandeja inferior, ya que ésta se encuentra en la parte central del secador, del que se pudo apreciar que al ser un sistema cerrado del exterior al interior se distribuye uniformemente la temperatura en todo su espacio por lo que la deshidratación será casi homogénea.
- ✓ Para el uso del secador se debe tener cuidado en primero validar su termostato, ya que al tener una reacción bastante lenta resulta difícil de controlar y estabilizar la temperatura.
- ✓ Para la manipulación de las muestras se utilizó guantes de látex estériles para no contaminar las mismas.

De la misma manera se procedió al pesaje periódico que exige la experimentación, hasta la obtención de los datos necesarios para generar la curva de secado.

- ✓ Después del análisis de la pérdida de peso de cada muestra, se procedió a devolverla a la bandeja de secado dándole la vuelta, esperando que esta operación pueda ayudar a un secado más uniforme en todas las dimensiones de las muestras.

En la tabla III-4 se muestra los datos de la pérdida de peso a 65°C y lapsos de tiempo de 1 hora haciendo énfasis en la cuarta y quinta hora, teniendo como variable al tiempo y a la temperatura constante.

Tabla III-4
Datos obtenidos a 65°C

65°C	Ensayo 1					Ensayo 2				
	N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0 horas	44,67	47,79	48,69	48,21	49,17	49,45	48,88	48,13	48,73	49,23
1 hora	42,03	44,6	45,41	44,21	45,66	46,29	45,07	44,02	46,17	45,94
2 horas	40,68	42,91	43,64	42,4	43,9	44,7	43,24	42,35	44,5	44,24
3 horas	39,82	41,89	42,46	41,26	42,9	43,71	42,1	41,28	43,53	43,25
4 horas	39,29	41,26	41,77	40,56	42,32	43,09	41,46	40,61	42,93	42,64
5 horas	38,81	40,71	41,15	40,03	41,75	42,53	40,89	40,09	42,41	42,12
P.E.A.	38,91	40,83	41,32	40,14	41,87	42,69	41,04	40,22	42,58	42,3
peso semillas	14,87	11,65	12,29	10,74	14,75	17,38	15,13	11,64	16,33	16,41

Fuente: Elaboración propia

Tabla III-5
Pulpa total por ensayo sin semillas

65°C	Pulpa total por ensayo sin semillas		
	N°	Ensayo 1	Ensayo 2
0 horas		174,23	167,53
1 hora		157,61	150,6
2 horas		149,23	142,14
3 horas		144,03	136,98
4 horas		140,9	133,84
5 horas		138,15	131,15

Fuente: Elaboración propia

Tabla III-6
Pérdida de peso porcentual para 4 y 5 horas

65°C		
Tiempo	Pérdida de agua Ensayo 1	Pérdida de agua Ensayo 2
4 horas	13,97%	13,78%
5 horas	15,13%	14,88%

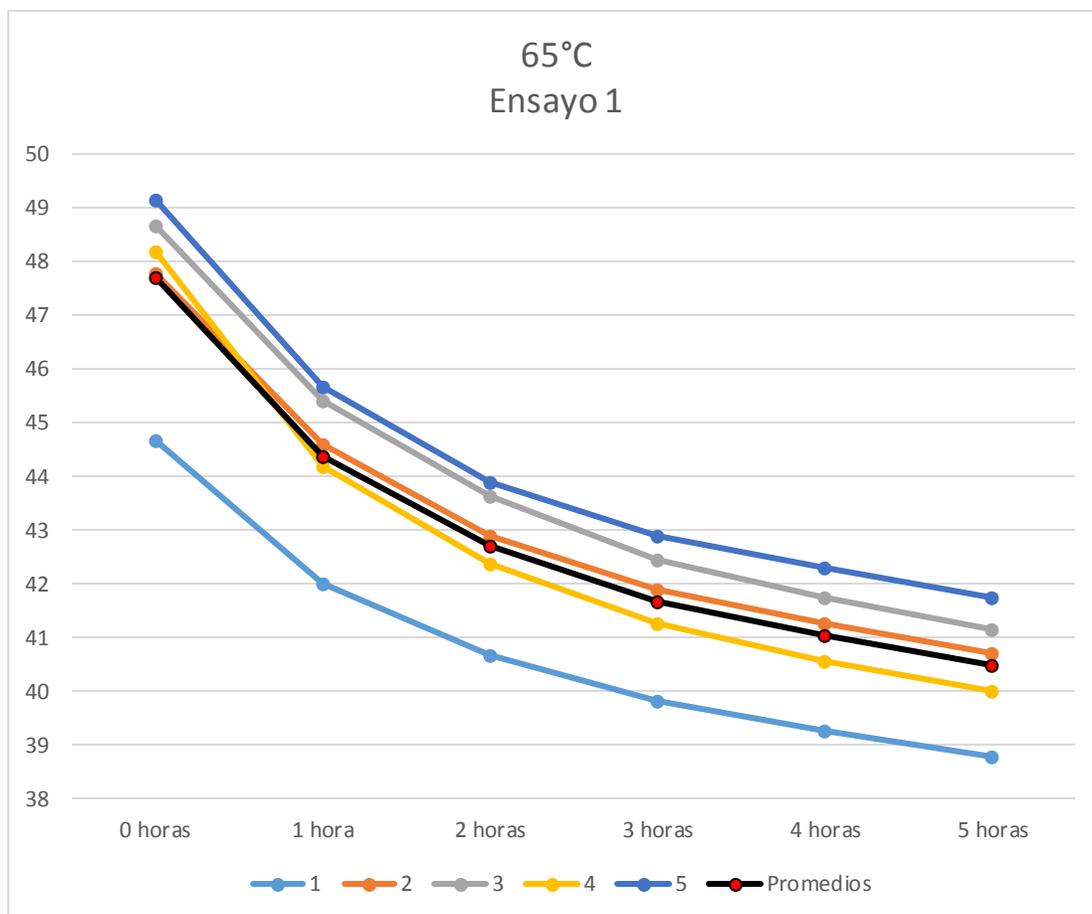
Fuente: Elaboración propia

En el tiempo de 4 horas se pudo ver una pérdida de peso del 13,97% en relación al peso inicial total de la muestra en el primer ensayo y una pérdida de peso del 13,78% en el segundo ensayo.

Para el tiempo de 5 horas se observó una pérdida de peso del 15,12% en relación al peso inicial total de la muestra en el primer ensayo y una pérdida de peso del 14,88% en el segundo ensayo.

Figura 3-1

Pérdida de peso a 65°C ensayo 1

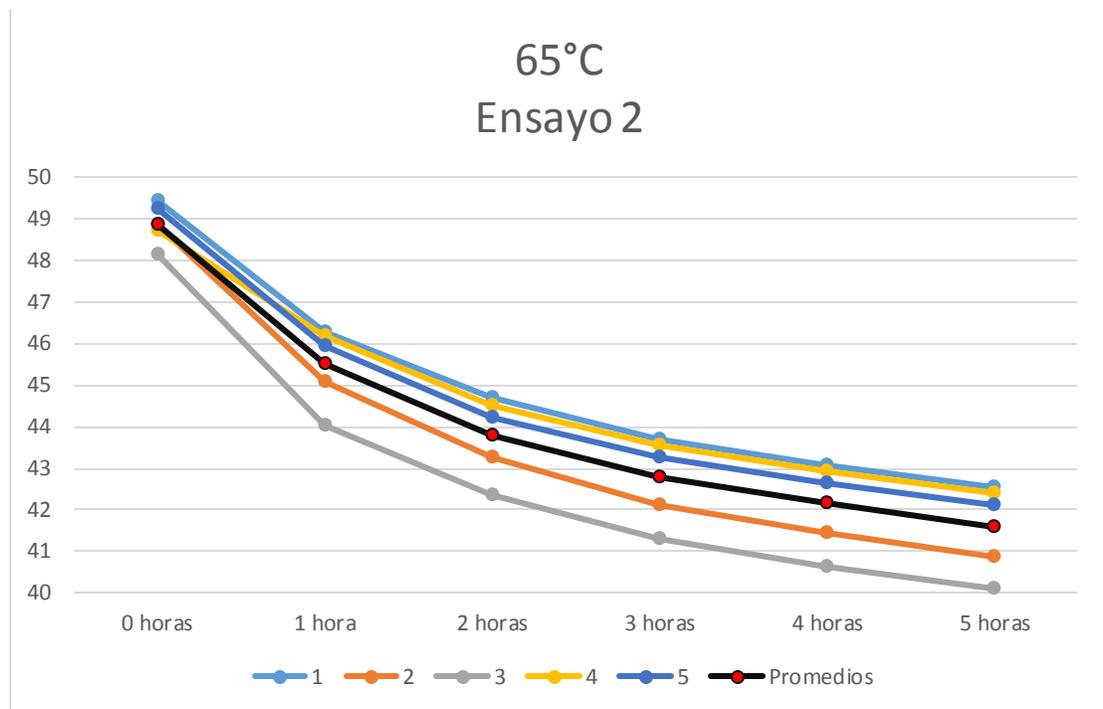


Fuente: Elaboración propia

En la figura 3-1 Se puede apreciar la pérdida de peso en el proceso de secado del ensayo 1.

Figura 3-2

Pérdida de peso a 65°C ensayo 2



Fuente: Elaboración propia

En la figura 3-2 Se puede apreciar la pérdida de peso en el proceso de secado del ensayo 2.

En la tabla III-7 Se muestra los datos de la pérdida de peso a 50°C y lapsos de tiempo de 1 hora haciendo énfasis en la cuarta y quinta hora.

Tabla III-7
Datos obtenidos a 50°C

50°C	Ensayo 1					Ensayo 2				
	N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0 horas	49,66	48,68	47,17	46,75	48,86	48,22	48,11	48,06	49,44	48,33
1 hora	48,09	47,34	45,51	44,43	45,59	45,94	45,58	45,03	47,44	46,5
2 horas	46,82	46,23	44,21	43,12	44,42	44,28	43,84	43,38	46,02	45,18
3 horas	45,91	45,33	43,2	42,25	43,77	43,12	42,59	42,27	44,91	44,26
4 horas	45,45	44,89	42,74	41,85	43,27	42,59	42,06	41,82	44,42	43,83
5 horas	45,09	44,55	42,39	41,56	42,9	42,21	41,71	41,5	44,05	43,49
P.E.A.	44,72	43,96	42,13	41,39	42,59	41,89	41,45	41,31	43,78	43,26
peso semillas	18,21	19,37	13,3	15,39	16,16	15,58	15,08	14,45	19,89	18,29

Fuente: Elaboración propia

Tabla III-8
Pulpa total por ensayo sin semillas

50°C	Pulpa total por ensayo sin semillas		
	N°	Ensayo 1	Ensayo 2
0 horas		158,69	158,87
1 hora		148,53	147,2
2 horas		142,37	139,41
3 horas		138,03	133,86
4 horas		135,77	131,43
5 horas		134,06	129,67

Fuente: Elaboración propia

Tabla III-9
Pérdida de peso porcentual para 4 y 5 horas

50°C		
Tiempo	Pérdida de agua Ensayo 1	Pérdida de agua Ensayo 2
4 horas	9,51%	11,33%
5 horas	10,21%	12,06%

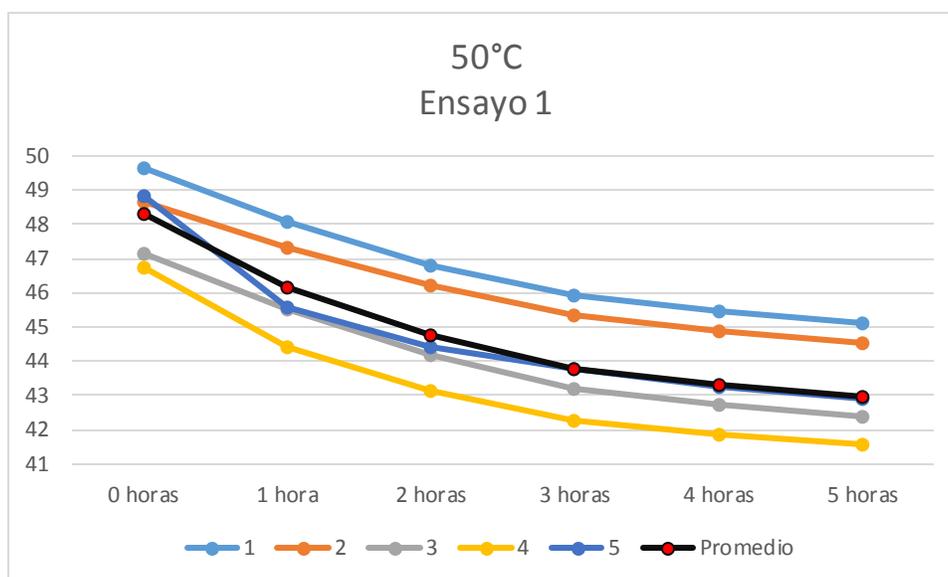
Fuente: Elaboración propia

En el tiempo de 4 horas se pudo ver una pérdida de peso del 9,51% en relación al peso inicial total de la muestra en el primer ensayo y una pérdida de peso del 11,33% en el segundo ensayo.

Para el tiempo de 5 horas se observó una pérdida de peso del 10,21% en relación al peso inicial total de la muestra en el primer ensayo y una pérdida de peso del 12,06% en el segundo ensayo.

Figura 3-3

Pérdida de peso a 50°C ensayo 1

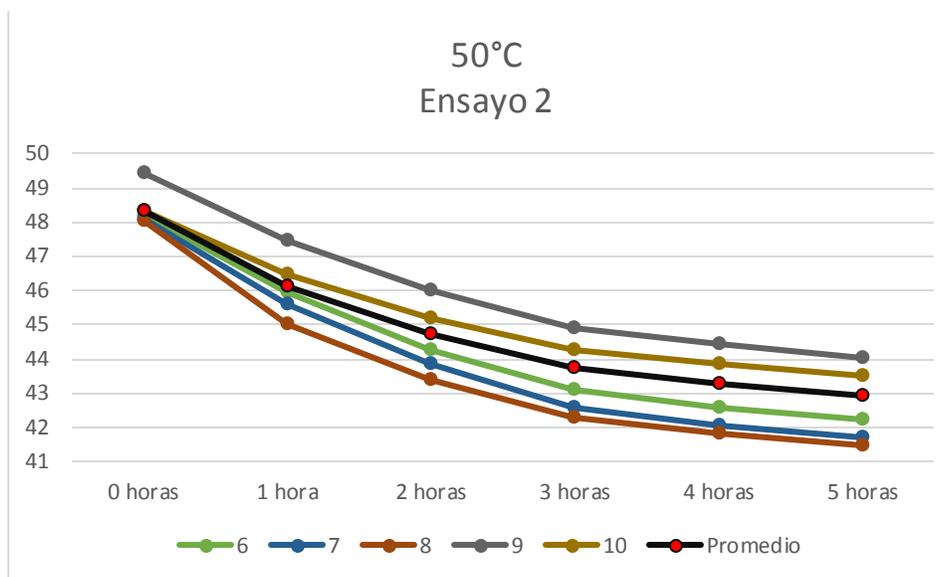


Fuente: Elaboración propia

En la figura 3-3 se puede apreciar la pérdida de peso en el proceso de secado del ensayo 1.

Figura 3-4

Pérdida de peso a 50°C ensayo 2



Fuente: Elaboración propia

En la figura 3-4 Se puede apreciar la pérdida de peso en el proceso de secado del ensayo 2.

Tabla III-10

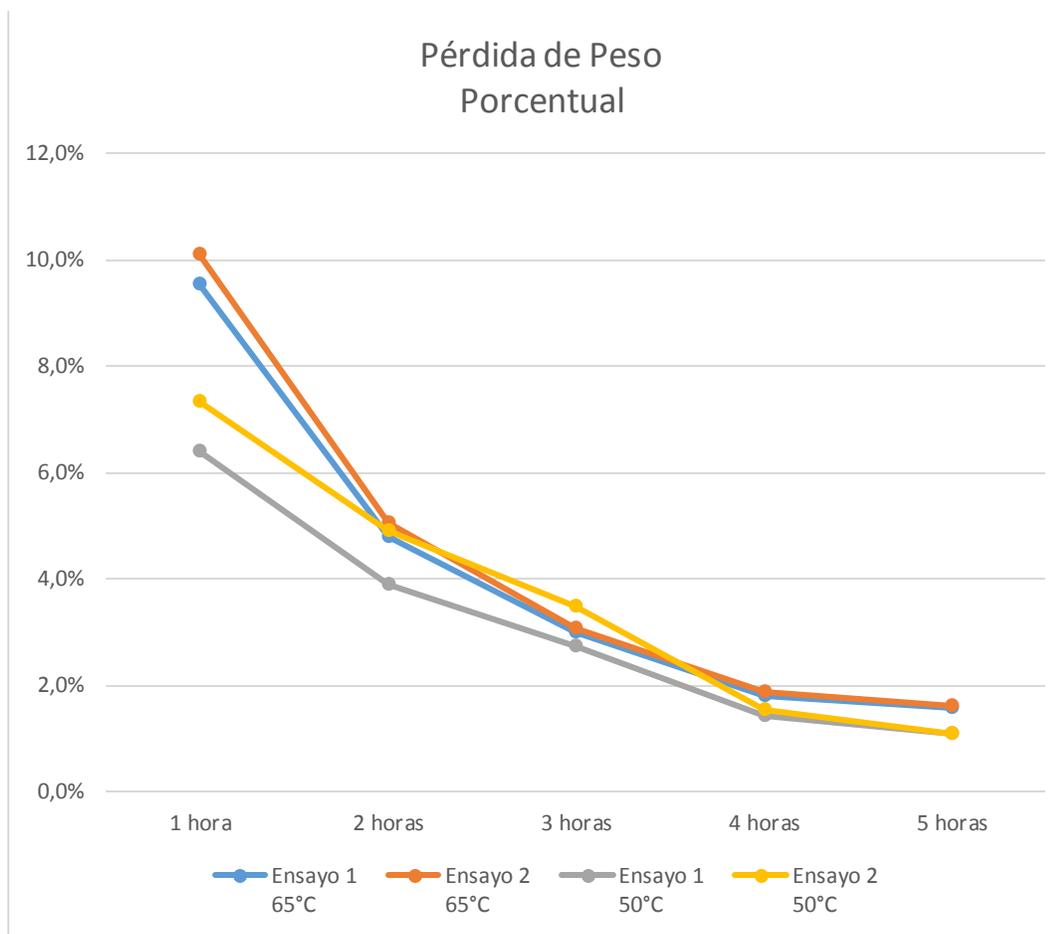
Pérdida de peso porcentual general

Pérdida de Peso Porcentual				
	Ensayo 1 65°C	Ensayo 2 65°C	Ensayo 1 50°C	Ensayo 2 50°C
N°				
1 hora	9,5%	10,1%	6,4%	7,3%
2 horas	4,8%	5,0%	3,9%	4,9%
3 horas	3,0%	3,1%	2,7%	3,5%
4 horas	1,8%	1,9%	1,4%	1,5%
5 horas	1,6%	1,6%	1,1%	1,1%

Fuente: Elaboración propia

Figura 3-5

Pérdida de peso porcentual general



Fuente: Elaboración propia

En la figura 3-5 Se puede observar que la velocidad de secado es más rápida en las primeras 2 horas, teniendo pendientes más elevadas en comparación con las subsiguientes horas de deshidratación en ambas temperaturas de experimentación.

Pero a medida que transcurre el tiempo la velocidad de secado de cada ensayo se van diferenciando unos de otros, por lo que al final a simple vista se puede apreciar que los ensayos que tienen mayor velocidad de secado son los que se someten a la temperatura de 65°C.

3.4. Contenido de humedad en base seca.

Para el cálculo de la humedad en base seca, se determina a partir de los resultados obtenidos en el laboratorio en la pérdida de peso en agua del tamarindo. Para realizar dicho cálculo se utiliza la ecuación (3-1) mencionada por Martínez y Lira, (2010).

$$X_s = \frac{mh - ms}{ms} \quad (3-1)$$

Por ejemplo, usando los datos obtenidos a T= 65°C se tiene:

$$mh = 174,23 \text{ g}$$

$$ms = 138,15 \text{ g}$$

$$X_s = \frac{174,23 - 138,15}{138,15} = 0,261 \text{ g H}_2\text{O/g SS}$$

X_s = Humedad en base seca (Kg H₂O/Kg Solido seco)

$$X_s = \frac{174,23 - 138,15}{138,15} = 0,261 \text{ g H}_2\text{O/g SS} = 0,261 \text{ Kg H}_2\text{O/Kg SS}$$

Tabla III-11
Humedad de pulpa en Base Seca a 65°C

65°C	Humedad pulpa en Base Seca			
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 1	Ensayo 2
N°				
0 horas	0,261	0,277	0,237	0,252
1 hora	0,141	0,148	0,119	0,125
2 horas	0,080	0,084	0,059	0,062
3 horas	0,043	0,044	0,022	0,023
4 horas	0,020	0,021	0,000	0,000
5 horas	0	0		

Fuente: Elaboración propia

Tabla III-12
Humedad de pulpa en Base Seca a 50°C

50°C	Humedad pulpa en Base Seca			
	N°	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 1
0 horas	0,184	0,225	0,169	0,209
1 hora	0,108	0,135	0,094	0,120
2 horas	0,062	0,075	0,049	0,061
3 horas	0,030	0,032	0,017	0,018
4 horas	0,013	0,014	0,000	0,000
5 horas	0	0		

Fuente: Elaboración propia

3.5. Determinación de la Cinética de Secado.

La velocidad de secado es la pérdida de humedad del sólido húmedo por unidad de tiempo, exactamente por el coeficiente diferencial $(-dX/dt)$ operando en condiciones constantes de secado.

$$W = \frac{SS}{A} * \left(-\frac{dX}{dt}\right) \quad (3-2)$$

Donde tenemos:

SS= Peso de sólido seco (Kg)

A= Área de superficie expuesta (m²)

W= Velocidad de Secado (Kg/m²*h)

X= Humedad en base seca (Kg H₂O/Kg sólido seco)

Para determinar la cinética de secado se utiliza el método de los tres puntos.

3.5.1. Método de los tres puntos.

En la determinación de la velocidad de secado en base a los datos de humedad en base seca Vs. Tiempo en que fueron obtenidas en los ensayos del laboratorio,

donde se utilizó el método de los 3 puntos, el mismo que sirve para encontrar la pendiente o velocidad en cada uno de los puntos observados.

Uno de los métodos diferenciales para calcular la pendiente es el de los 3 puntos:

$$Y'0 = \frac{-3Y0+4Y1-Y2}{2h} \quad (3-3)$$

$$Y'1 = \frac{-Y0+Y2}{2h} \quad (3-4)$$

$$Y'2 = \frac{Y0-4Y1+3Y2}{2h} \quad (3-5)$$

Donde tenemos que:

$Y0, Y1, Y2$ = Humedad en base seca especificada en las tablas

h = intervalo de tiempo, $h= 1$ h

Con los datos de humedad en base seca se reemplazan las ecuaciones (3-3), (3-4) y (3-5) para así hallar las pendientes, aplicando el método de los 3 puntos, a un intervalo de tiempo de 1 hora. (Ver anexo)

En la tabla III-13 se puede observar los resultados del método de los 3 puntos para calcular la velocidad de secado.

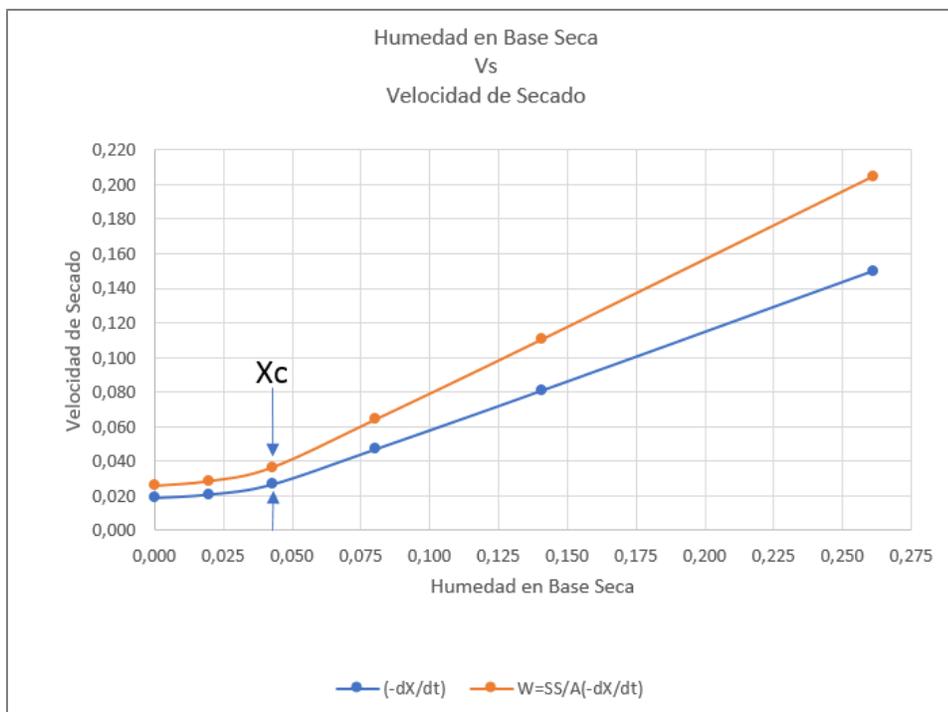
Tabla III-13
Datos para la velocidad de secado

t= horas	X (KgH ₂ O/KgSS)	Y1	Y2	Y3	Y4	(-dX _a /dt)	W=SS/A(-dX/dt)
0	0,261	-0,150				0,150	0,205
1	0,141	-0,090	-0,072			0,081	0,111
2	0,080	-0,031	-0,049	-0,045		0,047	0,064
3	0,043		-0,026	-0,030	-0,024	0,027	0,036
4	0,020			-0,015	-0,021	0,021	0,029
5	0,000				-0,019	0,019	0,026

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 3-6 Se observa la velocidad de secado y sus diferentes etapas de velocidad.

Figura 3-6
Velocidad de secado en función de la humedad en base seca



Fuente: Elaboración propia

En la figura 3-6 se puede la relación de la humedad en base seca vs la velocidad de secado con $(-dX/dt)$ y W de acuerdo con Ocon y Tojo (1963)

Además se puede observar la humedad crítica en ambos casos, que de acuerdo a Ocon y Tojo el cambio de escala no afecta a la humedad crítica.

3.6. Humedad Crítica

El periodo de velocidad constante va desde la humedad inicial X_0 hasta la humedad crítica X_c ; el valor de la humedad crítica depende de las condiciones del aire de secado y del espesor del material a secar. El periodo de la velocidad decreciente se extiende desde la humedad crítica X_c hasta la humedad final del tamarindo X_f cuyo valor límite es X^* (Ocon y Tojo, 1928).

Valor de la humedad crítica: $X_c=0,043$

También se puede observar en la figura 3-6 el comportamiento de la velocidad de secado, el que está en función del contenido de humedad en base seca; al principio la muestra está a una temperatura inferior a la del secador al vacío, y a medida que transcurre en tiempo la humedad disminuye linealmente y la velocidad de secado permanece constante en un periodo de tiempo.

Durante este periodo, la superficie del sólido está muy húmeda al principio y sobre ella hay una película de agua continua. Esta capa de agua, es agua libre y actúa como si el sólido no estuviera presente. La velocidad de evaporación con las condiciones establecidas para el proceso, es independiente del sólido y esencialmente igual a la velocidad que tendría una superficie líquida pura. Si el sólido es poroso, la mayor parte del agua que se evapora durante el periodo de velocidad constante proviene de su interior. Este periodo continúa mientras el agua siga llegando a la superficie con la misma rapidez con la que se evapora (Geankoplis, 1998).

Después de superar el punto de humedad crítica se aprecia una velocidad de secado lento y la cantidad de agua eliminada llega a ser mínima.

Posteriormente, las pendientes pueden correlacionarse con la variación de la humedad, linealizando la ecuación planteada de la siguiente forma:

$$\ln - \frac{dX}{dt} = \ln k + n \ln X \quad (3-6)$$

$$y = a + bX \quad (3-7)$$

Donde:

$$n=b \quad K= e^a$$

En la tabla III-14 se puede observar el logaritmo natural del contenido de humedad en base seca y de la velocidad de secado.

Tabla III-14
Velocidad de secado

X (KgH ₂ O/KgSS)	(-dX/dt)	W=SS/A(-dX/dt)	Ln(X)	Ln(W)
0,261	0,150	0,205	-1,343	-1,586
0,141	0,081	0,111	-1,960	-2,202
0,080	0,047	0,064	-2,523	-2,746
0,043	0,027	0,036	-3,157	-3,313
0,020	0,021	0,029	-3,917	-3,552
0,000	0,019	0,026	0,000	-3,652

Fuente: Elaboración propia

Con los datos de la tabla III-14 y de acuerdo a la ecuación (3-7) linealizando se obtiene los valores de a y b.

$$a = -0,6502 \quad b = 0,7868$$

Donde:

$$n = b = 0,7868$$

$$k = e^a = e^{-0,6502} = 0,5219$$

Teniendo como coeficiente de correlación:

$r = 0,9822$ Siendo una correlación positiva muy alta, demostrando la estrecha relación entre las variables $\ln(X)$ y $\ln(W)$.

Sólo se tomaron en cuenta los 5 primeros valores, sin el sexto, ya que éste contiene un valor de cero que no representa la linealidad del proceso.

Con estos datos se obtiene la siguiente ecuación de la velocidad de secado:

$$W = \frac{SS}{A} * \left(-\frac{dX}{dt} \right) = 0,7868 * X^{0,5219}$$

3.7. Evaluación Sensorial en el proceso de deshidratación para la obtención de hojuelas de tamarindo.

Con la evaluación sensorial, lo que se busca es establecer si se vieron afectadas las propiedades organolépticas del tamarindo en el proceso de deshidratación. Para esto serán objetos de evaluación los atributos de color, olor, sabor y textura

La evaluación sensorial se realizó en escala Hedónica, teniendo como evaluadores a 10 jueces al azar y no entrenados que pusieron a prueba todos los atributos antes mencionados para compararlo con una muestra de tamarindo fresco como referencia.

En función del diseño experimental se tiene como variables controlables a la temperatura y el tiempo. A partir de los cuales se tienen 4 ensayos para hacer su respectiva evaluación.

A: 65°C – 4 hr **C: 50°C – 4 hr**

B: 65°C – 5 hr **D: 50°C – 5 hr**

3.7.1. Evaluación atributo color.

En la tabla III-15 se muestran los resultados de la evaluación sensorial del atributo color.

Tabla III-15
Evaluación sensorial del atributo color

COLOR				
Jueces	Muestras			
	A	B	C	D
1	4	4	4	4
2	4	4	3	4
3	3	3	4	3
4	4	4	4	3
5	3	3	4	4
6	4	3	4	4
7	3	3	3	3
8	4	4	3	4
9	3	3	4	3
10	4	4	4	4
Total	36	35	37	36
Promedio	3,6	3,5	3,7	3,6
Mini Grafico				

Fuente: Elaboración propia

En la tabla III-15 se puede observar que la muestra C tiene un mayor promedio en el atributo color en comparación con las otras muestras, aunque no es superior en gran medida.

3.7.2. Evaluación atributo olor.

En la tabla III-16 se muestran los resultados de la evaluación sensorial del atributo olor.

Tabla III-16
Evaluación sensorial del atributo olor

OLOR				
Jueces	Muestras			
	A	B	C	D
1	4	5	4	4
2	4	4	5	4
3	5	5	4	5
4	4	4	4	4
5	4	4	4	4
6	5	4	4	4
7	4	5	4	5
8	4	4	4	4
9	5	4	4	5
10	4	5	4	4
Total	43	44	41	43
Promedio	4,3	4,4	4,1	4,3
Mini Grafico				

Fuente: Elaboración propia

En la tabla III-16 se puede observar que la muestra B tiene un mayor promedio en el atributo olor en comparación con las otras muestras.

3.7.3. Evaluación atributo sabor.

En la tabla III-17 se muestran los resultados de la evaluación sensorial del atributo sabor.

Tabla III-17

Evaluación sensorial del atributo sabor

SABOR				
Jueces	Muestras			
	A	B	C	D
1	4	4	4	4
2	5	5	4	5
3	5	4	4	5
4	4	5	4	4
5	5	5	4	4
6	4	4	5	4
7	4	4	5	4
8	4	4	5	5
9	5	5	4	4
10	5	4	4	5
Total	45	44	43	44
Promedio	4,5	4,4	4,3	4,4
Mini Grafico				

Fuente: Elaboración propia

En la tabla III-17 se puede observar que la muestra A tiene un mayor promedio en el atributo sabor en comparación con las otras muestras.

3.7.4. Evaluación atributo textura.

En la tabla III-18 se muestran los resultados de la evaluación sensorial del atributo textura

Tabla III-18
Evaluación sensorial del atributo textura

TEXTURA				
Jueces	Muestras			
	A	B	C	D
1	5	5	5	5
2	5	5	5	5
3	5	5	5	5
4	5	5	5	5
5	5	5	5	5
6	5	5	4	5
7	5	5	5	5
8	5	5	5	5
9	5	5	5	5
10	5	5	5	5
Total	50	50	49	50
Promedio	5	5	4,9	5
Mini Grafico				

Fuente: Elaboración propia

En la tabla III-18 se puede observar que todas las muestras tienen un elevado promedio en el atributo textura.

3.7.5. Evaluación general de atributos.

En la siguiente tabla se muestra una evaluación general de los atributos sensoriales realizados a las muestras, donde se los pondera en función de su relevancia para el consumo.

Tabla III-19
Evaluación general de atributos

MUESTRA	SABOR 60%		COLOR 20%		OLOR 10%		TEXTURA 10%		RESULTADOS FINALES
	TOTAL	PONDERADO 60%	TOTAL	PONDERADO 20%	TOTAL	PONDERADO 10%	TOTAL	PONDERADO 10%	
A	45	27,00	36	7,20	43	4,30	50	5,00	43,50
B	44	26,40	35	7,00	44	4,40	50	5,00	42,80
C	43	25,80	37	7,40	41	4,10	49	4,90	42,20
D	44	26,40	36	7,20	43	4,30	50	5,00	42,90

Fuente: Elaboración propia

3.8. Análisis estadístico del diseño experimental.

El diseño experimental del presente proyecto se realizó de acuerdo al diseño factorial elegido en función de las variables que influyen en el proceso.

En la tabla III-20 se observa los valores experimentales obtenidos de los datos de laboratorio como humedad en base seca en función a las variables planteadas en el diseño experimental.

Tabla III-20**Pruebas de los efectos inter-sujetos**

Variable dependiente: Humedad

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	9,200E-5 ^a	3	3,067E-5	61,333	,001
Intersección	,003	1	,003	5476,000	,000
Temperatura	7,200E-5	1	7,200E-5	144,000	,000
Tiempo	1,800E-5	1	1,800E-5	36,000	,004
Temperatura * tiempo	2,000E-6	1	2,000E-6	4,000	,116
Error	2,000E-6	4	5,000E-7		
Total	,003	8			
Total corregida	9,400E-5	7			

a. R cuadrado = ,979 (R cuadrado corregida = ,963)

En la tabla III-20 se puede observar que de acuerdo a los rangos de temperatura las variables independientes son significativas para un nivel de confianza del 95%.

3.9. Análisis fisicoquímico y microbiológico del producto final.

El análisis de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas fueron realizadas en el CEANID (Centro de Análisis Investigación y Desarrollo) dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología.

En la tabla III-21-22 se muestran los resultados del producto final y los comprobantes se encuentran en el anexo A.

Tabla III-21
Informe de ensayo producto final

PARÁMETROS	Producto final
	%
CENIZA	3,06%
FIBRA	3,86%
GRASA	0,45%
HIDRATOS DE CARBONO	78,24%
HUMEDAD	8,11%
PROTEINA TOTAL	6,28%
VALOR ENERGÉTICO	342,13 Kcal/100 g

Fuente: CEANID

En la tabla III-21 se observa los resultados que se obtuvieron del análisis fisicoquímico del tamarindo deshidratado como producto final, donde se puede observar que los valores de los componentes del tamarindo deshidratado son mayores que en el tamarindo fresco.

Tabla III-22
Informe microbiológico del producto final

PARÁMETROS	MATERIA PRIMA
	UFC/g
COLIFORMES TOTALES	$<1,0 \times 10^1$ (*)
COLIFORMES FECALES	$<1,0 \times 10^1$ (*)
MOHOS Y LEVADURAS	$2,0 \times 10^1$
(*) :No se observa desarrollo de colonias < : Menor que UFC: Unidad Formadora de Colonias	

Fuente: CEANID

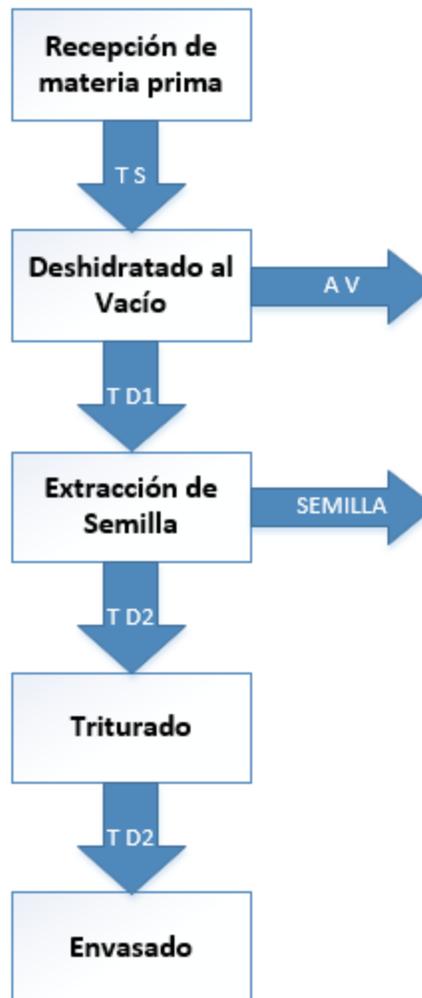
En la tabla III-22 se observa los resultados que se obtuvieron del análisis microbiológico del tamarindo deshidratado como producto final, donde se puede observar que el producto final es apto para el consumo humano.

3.10. Balance de Materia en el proceso de deshidratación del tamarindo.

El balance de materia en el proceso de deshidratación del tamarindo se realizó tomando en cuenta el siguiente diagrama de bloques que se muestra a continuación.

Figura 3-7

Balance de materia



Fuente: Elaboración propia

Donde:

TS= Tamarindo Seleccionado (g)

AV= Agua Evaporada (g)

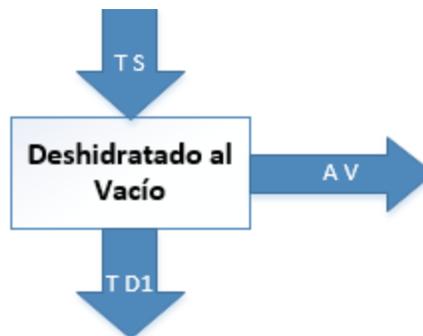
TD1= Tamarindo Deshidratado (g)

TD2= Tamarindo Deshidratado sin Semilla (**HOJUELAS**) (g)

3.10.1. Balance de materia en el Deshidratado al Vacío.

Figura 3-8

Balance en Deshidratador al vacío



Fuente: Elaboración propia

Balance general de materia para el deshidratado al vacío.

$$TS = AV + TD1 \quad AV = 36,08 \text{ g}$$

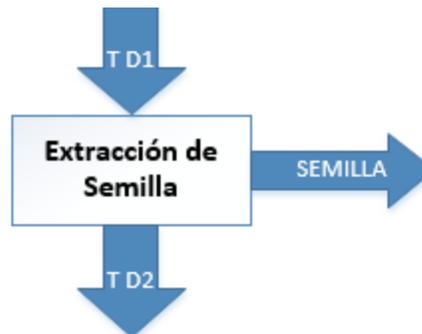
$$TD1 = 202,45 \text{ g}$$

$$TS = 238,53 \text{ g}$$

3.10.2. Balance de material en la extracción de semilla.

Figura 3-9

Balance en extracción de semilla



Fuente: Elaboración propia

Balance general de materia para la Extracción de Semillas.

$$TD1 = S + TD2$$

$$TD1 = 202,45 \text{ g}$$

$$S = 64,3 \text{ g}$$

$$TD2 = 138,15 \text{ g}$$

3.11. Balance de Energía en el proceso de deshidratación del tamarindo.

Balance de energía en el secador al vacío:

$$Ee - Es = Q - We$$

$$\left(H2 + \frac{1}{2}mV2^2 + mgh2\right) - \left(H1 + \frac{1}{2}mV1^2 + mgh1\right) = Q - We$$

$$(H2 - H1) + \left(\frac{1}{2}mV2^2 - \frac{1}{2}mV1^2\right) + (mgh2 - mgh1) = Q - We$$

$$\Delta H + \frac{1}{2}m(V2^2 - V1^2) + mg(h2 - h1) = Q - We$$

$$\Delta H + Ec + Ep = Q - We$$

$$\Delta H = Q$$

Para realizar el balance de energía se tomaron las siguientes consideraciones:

Durante el proceso los componentes del tamarindo no pasan a un estado gaseoso o sufren descomposición, es decir se trabajó a temperaturas menores a las temperaturas de volatilización y descomposición de los mencionados componentes, en este sentido lo único que pasa al estado gaseoso es el agua.

Figura 3-10

Balance de energía en el secador al vacío



Fuente: Elaboración propia

$$\Delta H = Q_T = Q_{Tam} + Q_{H_2O}$$

El tamarindo al no tener un cambio de estado en todo el proceso su balance calórico consta desde el punto 1 al punto 3

$$Q_{Tam} = Q_{1-3} = mCp_{Tam}\Delta T = 0,202Kg * 3,332 \frac{Kj}{Kg^{\circ}C} * (65 - 20)^{\circ}C = 30,29Kj$$

Para el balance calórico del agua se aprecian 3 calores, 2 sensibles y 1 latente, para lo cual los balances se presentan de la siguiente forma:

$$Q_{H_2O} = Q_{1-2} + Q_L + Q_{2-3}$$

$$Q_{1-2} = mCp_{H_2O}\Delta T = 0,04728Kg * 4,1868 \frac{Kj}{Kg^{\circ}C} * (53,5 - 20)^{\circ}C = 6,634Kj$$

$$Q_L = m\lambda_{H_2O} = 0,03608Kg * 2358,84 \frac{Kj}{Kg} = 85,107 \frac{Kj}{Kg}$$

$$Q_{2-3} = mCp_{H_2O}\Delta T = 0,0112 * 4,1868 \frac{Kj}{Kg^{\circ}C} * (65 - 53,5) = 0,539Kj$$

$$Q_T = Q_{Tam} + Q_{H_2O} = (30,29 + 6,634 + 85,107 + 0,539)Kj$$

$$Q_T = 122,57Kj$$

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES
Y
RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones.

En función a los ensayos y los resultados obtenidos en el proyecto de investigación “Obtención de Hojuelas de Tamarindo” se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se obtuvo hojuelas de tamarindo
- El tamarindo empleado posee las siguientes características.
Tamarindo variedad enana o hindú
Fruto maduro dulce
Proveniente del departamento de Santa Cruz
Características fisicoquímicas (Tabla III-3)
- Los procesos tecnológicos seleccionados fueron:
Proceso de Deshidratación
Se seleccionó el proceso de secado al vacío en función de, principalmente la disponibilidad de equipos y también mejores resultados de deshidratación.
Proceso de Triturado
Se seleccionó el proceso de trituración por impacto manual controlado para no romper la semilla contenida por la pulpa seca.
- La fase experimental diseñada es la siguiente:
Para realizar el trabajo de experimentación se seleccionó el diseño factorial completo simétrico 2^2 , de 2 niveles y 2 factores. Lo que implicaría 8 ensayos.
- Las características fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas de las hojuelas de tamarindo obtenidas se presentan respectivamente en las siguientes tablas: Tabla III-19; Tabla III-21; Tabla III-22.
- Los resultados experimentales obtenidos en el proceso de obtención de hojuelas de tamarindo se los puede ver en las tablas siguientes:
Tabla III-5; Tabla III-10.

- De acuerdo al diseño experimental y los ensayos realizados se determinaron las variables óptimas para las condiciones de operación en el proceso para obtener hojuelas de tamarindo de buena calidad. Y éstas son las siguientes:
 - ✓ Espesor de las muestras de tamarindo en función del espesor de las semillas.
 - ✓ El área expuesta de la muestra en forma ovoide o circular.
 - ✓ Temperatura de 65°C.
 - ✓ Tiempo de 4 horas.
 - ✓ Para su trituración realizarla de forma manual por impacto controlado para no romper la semilla contenida por la pulpa.

4.2. Recomendaciones.

Es necesario continuar con la investigación para darle mayores valores agregados a este producto mediante la aplicación a nuevas formas de consumo.

Se recomienda seguir buscando otros procesos por los cuales se pueda obtener tamarindo en otras presentaciones ya que por las limitaciones de equipos, materiales y recursos sólo se pudo investigar el proceso expuesto en este proyecto.

Se sugiere también un estudio más extensivo del mercado local, nacional e internacional del tamarindo y todos sus usos para dar mayor confianza a la hora de implementar una planta piloto y ver la rentabilidad del proyecto.

Para un mayor aprovechamiento de la materia prima se recomienda investigar más a fondo sobre las propiedades alimentarias y medicinales de la semilla de tamarindo, para que de esta manera se obtenga un subproducto de proceso principal, lo que aumentará la rentabilidad del mismo.

Cabe mencionar que el tamarindo usado en esta investigación es procedente de los mercados del departamento de Santa Cruz. Y según la época en que se consiguió el tamarindo no se pudo garantizar la frescura del mismo.

Para esto se recomienda hacer un contacto directo con los productores para asegurar la fuente y la frescura del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN.

[1] **Ministerio de asuntos Campesinos Indígenas y Agropecuarios. (2003).** *Cadena Productiva: Frutas Exóticas, Cochabamba 2003.* [libro en línea]. Ministerio de asuntos Campesinos Indígenas y Agropecuarios. Fecha de consulta: 25 de abril 2016.

Disponible en: http://www.del.org.bo/info/archivos/frutas_exoticas/

[2] **Henry Fernando Cedeño Figueroa, Alexandra Annabel Galarza Avila. (2007).**

Producción y Tecnificación del Tamarindo para la Exportación. (Licenciado en Ingeniería). Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Facultad de Comercio Exterior y Negocios Internacionales. Manta (Ecuador).

[3] **COLIMA. Tamarindo perfil Comercial.** [libro en línea]. COLIMA. Fecha de consulta: 11 de mayo 2016.

Disponible en: <http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/2610/Tamarindo.pdf>

[4] **QUIMINET. Proveedores de Polvo de Tamarindo.** Fecha de consulta 11 de mayo de 2016, de: <http://www.quiminet.com/productos/polvo-de-tamarindo-3106535236/proveedores.htm>

[5] **José E. Zapata M. y Gilberto Castro Q. Deshidratación Osmótica de frutas y vegetales.** [libro en línea]. Fecha de consulta: 15 de mayo 2016. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/296212991/23782-83113-1-PB>

[6] **Patricia Della Rocca. (2010).** *Deshidratación de papas por métodos combinados de secado: deshidratación osmótica, secado por microondas y convección con aire caliente.* (Maestría en Tecnología de los alimentos). Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires. Buenos Aires (Argentina).

[7] **Natalia Wais. (2011).** *Secado combinado: Deshidratación Osmótica y Microondas.* (DOCTOR EN INGENIERIA). Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ingeniería. La Plata (Argentina).

[8] **Verónica Cornejo M. (2010).** *Deshidratación de rebanadas de aguacate variedad Hass por el método OSMO-VAC (osmótico-vacío) y evaluación de la calidad del producto.* (Maestro en Ciencias con especialidad en Alimentos). Instituto Politécnico Nacional. México D.F.

- [9] **Mario Orozco S. (2001).** *El cultivo de tamarindo en el trópico seco de México.* INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS. México.
- [10] Geankoplis Christie. J., (1998). *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias* 3ª Edición. Editorial Continental S.A. de C.V., México.
- [11] Ocon Garcia J. y Tojo Barreiro G., (1963). *Problemas de Ingeniería Química* Tomo II. Editorial Aguilar, España.
- [12] Norman W. Desrosier., (2007). *Conservación de Alimentos.* 2da Edición traducida. Grupo Editorial La Patria, México.
- [13] Jessica Aguilar Morales., (2012). *Métodos de conservación de Alimentos.* 1ra Edición. Editorial Tercer Milenio.

ANEXOS

ANEXO A
ANÁLISIS
FISICOQUÍMICOS
Y
MICROBIOLÓGICOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
 FACULTAD DE "CIENCIAS Y TECNOLOGÍA"
 CENTRO DE ANÁLISIS, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO "CEANID"
 Laboratorio Oficial del Ministerio de Salud y Deportes
 Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos
 Red Nacional de Laboratorios de Micronutrientes
 Laboratorio Oficial del "SENASAG"



INFORME DE ENSAYO

I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

Cliente:	Pepe Mamani				
Solicitante:	Pepe Mamani				
Dirección:	Barrio Constructor				
Teléfono/Fax:	76190194	Correo-e	*****	Código	AL 084/17

II. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Descripción de la muestra:	Tamarindo Materia prima				
Código de muestreo:	Muestra 0	Fecha de vencimiento:	*****	Lote:	*****
Fecha y hora de muestreo:	2017-04-20 Hrs. 18:00				
Procedencia (Localidad/Prov/ Dpto)	Tarija - Cercado - Tarija Bolivia				
Lugar de muestreo:	Lugar de elaboración				
Responsable de muestreo:	Pepe Mamani				
Código de la muestra:	536 FQ 385	Fecha de recepción de la muestra:	2017-04-21		
Cantidad recibida:	250 g	Fecha de ejecución de ensayo:	De 2017-04-21 al 2017-05-04		

III. RESULTADOS

PARÁMETRO	TECNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	LÍMITES PERMISIBLES		REFERENCIA DE LOS LÍMITES
				Min.	Max.	
Ceniza	NB 39034:10	%	2,29	Sin Referencia	Sin Referencia	
Fibra	Gravimétrico	%	2,56	Sin Referencia	Sin Referencia	
Grasa	NB 313019:06	%	0,09	Sin Referencia	Sin Referencia	
Hidratos de Carbono	Cálculo	%	70,29	Sin Referencia	Sin Referencia	
Humedad	NB 313010:05	%	21,21	Sin Referencia	Sin Referencia	
Proteína total (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	%	3,56	Sin Referencia	Sin Referencia	
Valor energético	Cálculo	Kcal/100 g	296,51	Sin Referencia	Sin Referencia	

NB: Norma Boliviana
 %: Porcentaje
 Kcal: Kilocalorías
 ISO: Organización Internacional de Normalización

- 1) Los resultados reportados se remiten a la muestra ensayada en el Laboratorio
- 2) El presente informe solo puede ser reproducido en forma parcial y/o total, con la autorización del CEANID
- 3) Los datos de la muestra y el muestreo, fueron suministrados por el cliente

Tarija, 04 de mayo de 2017

Ing. Acacia Aceituno Cáceres
 JEFE DEL CEANID



Original: Cliente
 Copia: CEANID



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAE SARACHO"
FACULTAD DE "CIENCIAS Y TECNOLOGIA"
CENTRO DE ANALISIS, INVESTIGACION Y DESARROLLO "CEANID"
Laboratorio Oficial del Ministerio de Salud y Deportes
Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos
Red Nacional de Laboratorios de Micronutrientes
Laboratorio Oficial del "SENASAG"



INFORME DE ENSAYO

I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

Cliente:	Pepe Mamani				
Solicitante:	Pepe Mamani				
Dirección:	Barrio Constructor				
Teléfono/Fax:	76190194	Correo-e	*****	Código	AL 084/17

II. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Descripción de la muestra:	Tamarindo deshidratado 65°C				
Código de muestreo:	Muestra 1	Fecha de vencimiento:	*****	Lote:	*****
Fecha y hora de muestreo:	2017-04-20 hrs. 18:00				
Procedencia (Localidad/Prov/ Dpto)	Tarija - Cercado - Tarija Bolivia				
Lugar de muestreo:	Lugar de elaboración				
Responsable de muestreo:	Pepe Mamani				
Código de la muestra:	537 FQ 386	Fecha de recepción de la muestra:	2017-04-21		
Cantidad recibida:	250 g	Fecha de ejecución de ensayo:	De 2017-04-21 al 2017-05-04		

III. RESULTADOS

PARÁMETRO	TECNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	LIMITES PERMISIBLES		REFERENCIA DE LOS LIMITES
				Min.	Max.	
Ceniza	NB 39034:10	%	3,06	Sin Referencia		Sin Referencia
Fibra	Gravimétrico	%	3,86	Sin Referencia		Sin Referencia
Grasa	NB 313019:06	%	0,45	Sin Referencia		Sin Referencia
Hidratos de Carbono	Cálculo	%	78,24	Sin Referencia		Sin Referencia
Humedad	NB 313010:05	%	8,11	Sin Referencia		Sin Referencia
Proteína total (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	%	6,28	Sin Referencia		Sin Referencia
Valor energetico	Cálculo	Kcal/100 g	342,13	Sin Referencia		Sin Referencia

NB: Norma Boliviana
% : Porcentaje
Kcal: Kilocalorias
ISO: Organización Internacional de Normalización

- 1) Los resultados reportados se remiten a la muestra ensayada en el Laboratorio
- 2) El presente informe solo puede ser reproducido en forma parcial y/o total, con la autorización del CEANID
- 3) Los datos de la muestra y el muestreo, fueron suministrados por el cliente

Tarija, 04 de mayo de 2017

Ing. Adalid Aceituno Cáceres
JEFE DEL CEANID



Original: Cliente
Copia: CEANID



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE "CIENCIAS Y TECNOLOGÍA"
CENTRO DE ANÁLISIS, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO "CEANID"
Laboratorio Oficial del Ministerio de Salud y Deportes
Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos
Red Nacional de Laboratorios de Micronutrientes
Laboratorio Oficial del "SENASAG"



INFORME DE ENSAYO

I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

Cliente:	Pepe Mamani Mamani		
Solicitante:	Pepe Mamani Mamani		
Dirección:	Barrio El Constructor		
Teléfono/Fax:	6632745	Correo-e	*****
		Código	AL 320/17

II. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Descripción de la muestra:	Tamarindo deshidratado		
Código de muestreo:	**	Fecha de vencimiento:	****
Elab:	****		
Fecha y hora de muestreo:	2017-11-05		
Procedencia (Localidad/Prov/ Dpto)	Tarija - Cercado - Tarija Bolivia		
Lugar de muestreo:	Lugar de elaboración		
Responsable de muestreo:	Pepe Mamani Mamani		
Código de la muestra:	1973 MB 667	Fecha de recepción de la muestra:	2017-11-07
Cantidad recibida:	150 g	Fecha de ejecución de ensayo:	De 2017-11-07 al 2017-11-20

III. RESULTADOS

PARÁMETRO	TECNICA y/o MÉTODO DE ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	LÍMITES PERMISIBLES		REFERENCIA DE LOS LÍMITES
				Min.	Max.	
Coliformes totales	NB 32005:02	UFC/g	$< 1,0 \times 10^1$ (*)	Sin Referencia	Sin Referencia	Sin Referencia
Coliformes fecales	NB 32005:02	UFC/g	$< 1,0 \times 10^1$ (*)	Sin Referencia	Sin Referencia	Sin Referencia
Mohos y levaduras	NB 32006:03	UFC/g	$2,0 \times 10^1$	Sin Referencia	Sin Referencia	Sin Referencia

NB: Norma Boliviana (*) : No se observa desarrollo de colonias. < : Menor que
UFC: Unidad formadora de colonias

- 1) Los resultados reportados se remiten a la muestra ensayada en el Laboratorio
- 2) El presente informe solo puede ser reproducido en forma parcial y/o total, con la autorización del CEANID
- 3) Los datos de la muestra y el muestreo, fueron suministrados por el cliente

Tarija, 20 de noviembre de 2017


Ing. Adalid Aceituno Cáceres
JEFE DEL CEANID



Original: Cliente

Copia: CEANID

ANEXO B
FOTOGRAFÍAS

Figura F-1 Secador al Vacío



Fuente: Elaboración propia

Figura F-2 Tamarindo Húmedo



Fuente: Elaboración propia

Figura F-3 Tamarindo Húmedo



Fuente: Elaboración propia

Figura F-4 Tamarindo Húmedo en Bandejas



Fuente: Elaboración propia

Figura F-5 Tamarindo Semi-deshidratado



Fuente: Elaboración propia

Figura F-6 Tamarindo Semi-deshidratado



Fuente: Elaboración propia

Figura F-7 Tamarindo Deshidratado



Fuente: Elaboración propia

Figura F-8 Tamarindo Deshidratado



Fuente: Elaboración propia

Figura F-9 Tamarindo Deshidratado



Fuente: Elaboración propia

Figura F-10 Hojuelas de Tamarindo



Fuente: Elaboración propia

Figura F-11 Hojuelas de Tamarindo



Fuente: Elaboración propia

Figura F-12 Hojuelas de Tamarindo



Fuente: Elaboración propia

Figura F-13 Panelista Sensorial



Fuente: Elaboración propia

Figura F-14 Panelista Sensorial



Fuente: Elaboración propia

Figura F-15 Panelista Sensorial



Fuente: Elaboración propia

Figura F-16 Panelista Sensorial



Fuente: Elaboración propia

ANEXO C
TEST DE ANÁLISIS
SENSORIAL

EVALUACIÓN SENSORIAL DEL REFRESCO DE TAMARINDO

Producto: Hojuelas de Tamarindo

Nombre:..... Fecha:.....

Por favor examine las muestras en el orden que se le dan y de acuerdo a la escala hedónica, indique su nivel de agrado de cada muestra en los parámetros indicados en la tabla.

- (5) Me encantó
- (4) Me gustó
- (3) No me gusta ni me disgusta
- (2) No me gustó
- (1) Me disgusta

Muestra A	Atributos	5	4	3	2	1
65°C 4 horas	Color					
	Olor					
	Textura					
	Sabor					
Muestra B	Atributos	5	4	3	2	1
65°C 5 horas	Color					
	Olor					
	Textura					
	Sabor					
Muestra C	Atributos	5	4	3	2	1
50°C 4 horas	Color					
	Olor					
	Textura					
	Sabor					
Muestra C	Atributos	5	4	3	2	1
50°C 5 horas	Color					
	Olor					
	Textura					
	Sabor					

Comentarios:.....
.....

.....
Firma
Muchas Gracias

ANEXO D

ENSAYO ADICIONAL

Ensayos de 4 y 5 horas a 50°C

50°C	E n s a y o 1					E n s a y o 2				
N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0 hora	50,64	50,59	50,49	50,35	49,92	50,86	49,44	49,66	48,86	50,4
1 hora	47,39	49,23	48,68	48,07	47,39	48,85	47,84	46,63	46,51	48,86
2 horas	46,19	48,13	47,37	46,44	45,64	47,42	46,53	44,98	45,19	47,61
3 horas	45,53	47,22	46,44	45,3	44,41	46,29	45,51	43,86	44,32	46,69
4 horas	45,04	46,79	46,02	44,76	43,86	45,81	45,06	43,42	43,91	46,22
5 horas	44,68	46,44	45,69	44,37	43,5	45,45	44,7	43,09	43,63	45,87

50°C	Humedad pulpa en Base Seca	
N°	Ensayo 1	Ensayo 2
0 horas	0,178	0,176
1 hora	0,100	0,101
2 horas	0,051	0,052
3 horas	0,017	0,016
4 horas	0	0

50°C	Humedad pulpa en Base Seca	
N°	Ensayo 1	Ensayo 2
0 horas	0,193	0,190
1 hora	0,114	0,114
2 horas	0,064	0,064
3 horas	0,030	0,028
4 horas	0,013	0,012
5 horas	0	0

Ensayos de 4 y 5 horas a 65°C

65°C	E n s a y o 1					E n s a y o 2				
N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0 hora	51,88	50,89	50,89	50,35	50,94	51,02	50,34	50,97	51,46	50,24
1 hora	48,15	47,93	47,74	46,84	46,33	47,59	46,95	47,56	47,84	46,04
2 hora	46,31	45,94	45,8	44,84	44,57	45,72	44,95	45,67	45,74	44,2
3 hora	45,55	44,96	44,84	43,88	43,8	44,96	44,03	44,79	44,72	43,4
4 hora	45,06	44,31	44,22	43,27	43,33	44,48	43,46	44,23	44,12	42,93
5 hora	44,74	43,85	43,81	42,88	43,03	44,16	43,07	43,85	43,73	42,6

65°C	Humedad pulpa en Base Seca	
N°	Ensayo 1	Ensayo 2
0 horas	0,238	0,248
1 hora	0,115	0,119
2 horas	0,050	0,050
3 horas	0,019	0,019
4 horas	0	0

65°C	Humedad pulpa en Base Seca	
N°	Ensayo 1	Ensayo 2
0 horas	0,254	0,264
1 hora	0,130	0,134
2 horas	0,064	0,064
3 horas	0,033	0,032
4 horas	0,013	0,013
5 horas	0	0

ANEXO E

MATRIZ

DE

CONSISTENCIA

Y TRAZABILIDAD

PROBLEMA	OBJETIVOS	METODOLOGÍA	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES	
Falta de aprovechamiento del tamarindo como materia prima	Problema 2 Proclive a ataque de plagas.	Obtención de hojuelas de tamarindo deshidratado	Se procederá conforme a la metodología de los objetivos específicos	Se obtuvo hojuelas de tamarindo	Continuar la investigación para darle mayor valor agregado a este producto mediante la aplicación de nuevas formas de consumo. Además para un mayor aprovechamiento de la materia prima se recomienda investigar más a fondo sobre las propiedades alimentarias y medicinales de la semilla de tamarindo, para que de esta manera se obtenga un subproducto de proceso principal, lo que aumentará la rentabilidad del mismo.
		Caracterizar la materia prima: Tamarindo, para la obtención de hojuelas de tamarindo.	Para la caracterización del tamarindo como materia prima se hará una investigación de su procedencia y variedad. Además se realizará un análisis fisicoquímico para verificar sus cualidades y poder compararlas con las del producto final.	El tamarindo empleado posee las siguientes características. Tamarindo variedad enana o hindú Fruto maduro dulce Proveniente del departamento de Santa Cruz Características fisicoquímicas (Tabla III-3)	Se recomienda realizar el proceso con tamarindo de otros lugares y variedades, para ver las diferencias en el proceso y cualidades del producto.
		Seleccionar y diseñar el proceso tecnológico para la obtención de hojuelas de tamarindo	Para la selección y diseño de los procesos tecnológicos se deberá tener en cuenta todos los métodos y procesos aplicables al proyecto, para posteriormente seleccionar el más acorde a las necesidades y requerimientos, tomando en cuenta también la disponibilidad o accesibilidad de dichos métodos.	Los procesos tecnológicos seleccionados fueron: Proceso de Deshidratación Se seleccionó el proceso de secado al vacío en función de, principalmente la disponibilidad de equipos y también mejores resultados de deshidratación. Proceso de Triturado Se seleccionó el proceso de trituración por impacto manual controlado para no romper la semilla contenida por la pulpa seca	Se recomienda seguir buscando otros procesos por los cuales se pueda obtener tamarindo en otras presentaciones, ya que por las limitaciones de equipos, materiales y recursos sólo se pudo investigar el proceso expuesto en este proyecto.
	Problema 1 Inadecuada presentación del tamarindo como materia prima.	Formular la fase experimental del proceso de obtención de hojuelas de tamarindo	Para la fase experimental se analizarán las variables que influyan en los procesos de obtención de hojuelas de tamarindo, para luego generar un diseño factorial que permita relacionar dichas variables y encontrar la mejor combinación para la obtención del producto deseado.	La fase experimental diseñada es la siguiente: Para realizar el trabajo de experimentación se seleccionó el diseño factorial completo simétrico 2^2 , de 2 niveles y 2 factores. Lo que implicaría 8 repeticiones en las pruebas.	Con el objeto de aumentar los datos, reducir el tiempo entre muestreos y generar así una curva de secado más precisa, se recomienda tener una balanza al lado del secador al vacío, con el fin de realizar el pesaje de las muestras de manera veloz, reduciendo de este modo los tiempos en el atemperamiento de las muestras.
		Caracterizar las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas de las hojuelas de tamarindo obtenido.	Para la caracterización se deberá someter el producto terminado a evaluaciones fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas. Las mismas serán realizadas por un laboratorio acreditado y panelistas sensoriales.	Las características fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas de las hojuelas de tamarindo obtenidas se presentan respectivamente en las siguientes tablas: Tabla III-19; Tabla III-21; Tabla III-22	Para las evaluaciones fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas se recomienda homogenizar antes, todo el producto terminado, de forma que las muestras a analizar sean representativas y brinden datos fehacientes. Si bien las condiciones microbiológicas del producto terminado señalan que es apto para el consumo humano, se recomienda de todas formas tener especial cuidado en el tratamiento del tamarindo en todo el proceso de obtención.
		Presentar, analizar y valorar los resultados experimentales conseguidos del proceso de obtención de hojuelas de tamarindo	Se deberá concluir las corridas experimentales en todo el proceso de obtención de hojuelas de tamarindo y evaluar cada una de ellas, para así presentar la combinación de variables con mejores resultados	De acuerdo al diseño experimental y los ensayos realizados se determinaron las variables óptimas para las condiciones de operación en el proceso para obtener hojuelas de tamarindo de buena calidad. Y éstas son las siguientes: *Espesor de las muestras de tamarindo en función del espesor de las semillas. *El área expuesta de la muestra en forma ovoide o circular. *Temperatura de 65°C. *Tiempo de 4 horas. *Para su trituración realizarla de forma manual por impacto controlado para no romper la semilla contenida por la pulpa.	Se recomienda hacer una investigación de la termolabilidad de los componentes del tamarindo, para poder tener así un rango, quizá más amplio de temperatura de trabajo y de esta manera reducir los tiempos en el secado optimizando el proceso.