

Pre-Factibilidad técnica de la producción de mermelada de mango liofilizado en Zamorano

**Francisco Joaquín Tejada Muñoz
Rodolfo Alberto Lacayo Corella**

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2011

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Pre-Factibilidad técnica de la producción de mermelada de mango liofilizado en Zamorano

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingenieros en Agroindustria Alimentaria en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Francisco Joaquín Tejada Muñoz
Rodolfo Alberto Lacayo Corella

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2011

Pre-Factibilidad técnica de la producción de mermelada de mango liofilizado en Zamorano

Presentado por:

Francisco Joaquín Tejada Muñoz
Rodolfo Alberto Lacayo Corella

Aprobado:

Blanca Carolina Valladares, M.Sc.
Asesora principal

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Director
Carrera Agroindustria Alimentaria

Jorge A. Cardona, Ph.D.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

RESUMEN

Lacayo, R. y Tejada, F. 2011. Pre-Factibilidad técnica de la producción de mermelada de mango liofilizado en Zamorano. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 31 p.

La exportación de mango fresco está en aumento y de ese proceso existe un alto porcentaje de fruta que es comercializada en mercado nacional como fruta fresca o procesada, principalmente como jugos y mermelada. Las materias primas de estos productos requieren ser almacenados en cuartos fríos durante meses aumentando los costos de producción por consumo de energía. El objetivo de estudio fue realizar un análisis de pre-factibilidad técnica de la producción de mermelada de mango liofilizado. El diseño experimental utilizado fue un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con medidas repetidas en tiempo (días 1 y 15) y tres repeticiones. Fueron evaluados tres tratamientos en los cuales la pulpa liofilizada se sometió a diferentes tiempos de remojo (15, 20 y 25 minutos) para luego procesarla como mermelada. Se realizaron análisis químicos (A_w , pH y $^{\circ}$ Brix), físicos (color y textura) y análisis sensoriales de aceptación con 12 panelistas no entrenados que evaluaron atributos de: apariencia, color, olor, sabor, textura y aceptación. El mejor tratamiento fue evaluado junto con la mermelada comercial del Zamorano, mediante un análisis sensorial de preferencia con 80 panelistas. Se determinó que el tratamiento con pulpa liofilizada con 25 minutos de remojo, fue el más aceptado y con mayor preferencia por los panelistas. El análisis de costos variables demostró que la mermelada de mango con pulpa liofilizada presentó un mayor costo por frasco y en el análisis de costos de energía, demostró que el liofilizar la pulpa permite un ahorro de 11,272.80 lempiras de en 10 meses.

Palabras clave: Actividad de agua, análisis de costos, $^{\circ}$ Brix, pH, pulpa de mango.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos	v
1 INTRODUCCIÓN	1
2 MATERIALES Y MÉTODOS	3
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	7
4 CONCLUSIONES.....	24
5 RECOMENDACIONES.....	25
6 LITERATURA CITADA	26
7 ANEXOS.....	28

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros		Página
1.	Formulación de mermelada de mango liofilizado.....	5
2.	Diseño experimental	6
3.	Rendimiento de la primera prueba preliminar	7
4.	Rendimiento de la segunda prueba preliminar.....	7
5.	Rendimiento de la tercera prueba preliminar	8
6.	Análisis sensorial variable apariencia	11
7.	Análisis sensorial variable color	12
8.	Análisis sensorial variable olor	12
9.	Análisis sensorial variable sabor.....	13
10.	Análisis sensorial variable textura	13
11.	Análisis sensorial variable aceptación general.....	14
12.	Análisis de Aw	15
13.	Resultados del análisis sensorial de preferencia	15
14.	Análisis de pH & °Brix de las mermeladas	16
15.	Análisis de color variables L*a*b*	17
16.	Análisis de textura.....	17
17.	Análisis de Aw de la pulpa de mango liofilizado	18
18.	Análisis de color para preferencia variables L*a*b*	19
19.	Análisis de textura para preferencia.....	19
20.	Costos variables de producción de 57.4 kg de mermelada de mango de PPHF	20
21.	Costos variables de producción de 55.15 kg de mermelada de mango liofilizado	21
22.	Precio del kilo de pulpa de mango	22
23.	Costos de energía al congelar ó liofilizar 4,000 kg de pulpa de mango	22
24.	Comparación de la eficiencia en la producción de 57 kg de mermelada de mango.....	23
Figuras		Página
1.	Etapas del proceso de liofilizado	4
2.	Flujo de proceso de la liofilización de la pulpa de mango.....	9
3.	Flujo de proceso de la mermelada de mango liofilizado	10
4.	Análisis exploratorio de aceptación	14

Anexos	Página
1. Hoja de evaluación sensorial de la mermelada de mango liofilizado	28
2. Formato de la hoja de evaluación sensorial para el análisis de preferencia...	29
3. Pulpa de mango en proceso de liofilizado	29
4. Liofilizador marca Virtis modelo ES25	30
5. Liofilizador marca Virtis modelo Génesis	31

1. INTRODUCCIÓN

La deshidratación de un alimento es un proceso de conservación utilizado desde tiempos remotos, aun que se desconoce cuándo se inició pero la historia nos muestra como nuestros antepasados aprendieron a secar alimentos por ensayo y error, la deshidratación se desarrolló dentro de un marco científico, que posteriormente hizo posible el establecimiento de la industria a lo ancho de todo el mundo (Barbosa y Vega 2000).

La deshidratación es un método de conservación de alimentos y reducción de la actividad de agua (A_w). La liofilización por su parte también es un proceso que busca reducir la A_w de un alimento, donde primero el alimento se congela y se concentra el solvente, normalmente agua, este se reduce mediante sublimación, a niveles que evite el crecimiento microbiano o de reacciones químicas; es también conocido como un método de desecado frío, que permite almacenar a temperatura ambiente y permitiendo que el producto mantenga sus propiedades al rehidratarse (Navas 2006).

La mermelada de mango es un producto que está en la categoría de mermelada de agrios, según el CODEX STAN 296-2009, donde se utiliza fruta entera o en trozos, pulpa, puré, zumo (jugo). La mermelada es una mezcla de fruta y azúcar; la mezcla se hace en caliente con la adición de pectina y en algunos casos se añade ácido para ajustar el pH en la cual se forme el gel. Según Gerónimo (2009), las mermeladas son una mezcla de fruta y azúcar que se presentan en forma semisólida además debe cumplir con un rango °Brix: 60-65, pH: 3.0-3.5, consistencia (gel firme al volcar el envase) suave al untar y un color característico a la fruta usada por lo que no se debe usar color artificial.

Según Crane y Campbell (1991), la variedad comercial de mango (*Mangifera indica L.*) de la familia *Anacardiaceae* utilizada para la elaboración de la mermelada es la Haden, es una variedad que presenta su madurez fisiológica en los meses de junio y julio, con un peso promedio de 16 a 24 onzas, su color es rojo-amarillo (RA), es una variedad que presenta una semilla monoembriónica, es decir son frutos con colores vivos, por su parte según Chacon (2006), la variedad Haden presenta un pH de 3.6 con 9.05 °Brix.

El problema de la producción de mermelada de mango, es su limitada producción debido al espacio de almacenamiento de la pulpa de mango en el cuarto de congelación de la Planta Procesadora Hortofrutícola (PPHF) de Zamorano. Este producto ocupa un promedio aproximado de 35% de espacio en el cuarto de congelación, el cual tiene un alto costo de energía. Por eso una de las alternativas para la planta es liofilizar la pulpa de mango para manejar mayores cantidades y mantener la pulpa de mango a temperatura

ambiente durante todo el año y tener una mayor producción de mermelada, aprovechando la mayor producción de mango entre junio y julio.

La importancia de este estudio fue conocer la pre-factibilidad técnica de la producción de mermelada de mango liofilizado en Zamorano, así como el efecto del liofilizado y el tiempo de remojo en las características de la mermelada de mango, para determinar si el proceso de liofilización es la mejor alternativa para la reducir los altos costo de energía con la congelación de la pulpa de mango., además determinar si características de la mermelada son de mayor calidad.

Actualmente en Zamorano, no se produce el mango liofilizado, por lo cual no se han realizados estudios para la elaboración de un prototipo de mermelada de mango liofilizado, convirtiéndose en una oportunidad de mercado y de mejora para la PPHF de Zamorano. La liofilización es una gran ventaja que presenta la pulpa de mango es por ser desecado en frío, presenta una reducción considerable en el peso y volumen, lo que genera un beneficio sobre los costos de almacenamiento, transporte, reducción de los costos de energía y tener un producto 100% natural conservando todas sus propiedades organolépticas. Los objetivos de este estudio fueron:

- Determinar la pre-factibilidad técnica de la mermelada de mango liofilizado en la Planta Procesadora Hortofrutícola de Zamorano.
- Evaluar el efecto de liofilizar la pulpa de mango y la aplicación de tres tiempos de remojo en las características físico-químicas y sensoriales en la mermelada de mango.
- Estimar la diferencia de costo variable entre la mermelada de mango liofilizado con la mermelada de Zamorano.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. El proceso de liofilización se realizó en la Planta Agroindustrial de Investigación y Desarrollo (PAID), el procesamiento de las mermeladas en la PPHF, los análisis físicos y químicos en el Laboratorio de Análisis de Alimentos (LAAZ), el análisis sensorial en el Laboratorio de Evaluación Sensoriales, todos éstos ubicados en la Escuela Agrícola Panamericana, en el Valle del Yeguaré, San Antonio de Oriente, 30 km, carretera a Danlí.

Equipos

- Balanza digital marca OHAUS® modelo Ranger Count.
- Liofilizador marca Virtis modelo ES25.
- Moldes o frasco de 1200 ml, 600 ml y 300ml.
- Refractómetro Taiwán modelo R306180.
- Potenciómetro mini lab ISFET pH Serie N° IQ120.
- Colorímetro Colorflex Hunter L*a*b Diffuse model, The Color Management Company®.
- Texturómetro de Brookfield modelo CT3.
- Medidor de Actividad de Agua AQUALAB ®. Modelo 3TE.
- Esterilizador comercial.

Materia prima

- Mango Haden.
- Azúcar.
- Agua.
- Ácido cítrico.
- Pectina.
- Benzoato de sodio.
- Bisulfito de sodio.

Métodos. Todos los procesos y análisis físicos, químicos y sensoriales se realizaron dentro del campus de Zamorano.

Proceso de liofilizado. El proceso cuenta de tres etapas, la congelación y la etapa de secado que se divide en dos (figura 1).

La primera etapa es el proceso de congelación de la muestra a -40°C para facilitar el proceso de sublimación. La temperatura y tiempo de congelación se da en función de los solutos en solución que contiene, al final de la congelación la masa se ha convertido en rígida, formando un eutéctico (cristales de hielo y componentes del alimento). La segunda etapa es el secado primario conocido como sublimación del hielo bajo vacío. El hielo sublima cuando se suministra la energía correspondiente al calor latente debido a la baja presión en la cámara de secado, el vapor de agua que se genera por la sublimación es liberado por los poros del producto. El secado secundario o eliminación de agua, se da cuando los cristales de hielo se agotan, esta etapa de eliminación de agua se da cuando el producto empieza a liberar humedad, la cual proviene del agua parcialmente ligada en el material (Barbosa y Vega 2000).

El proceso de liofilizado tiene una duración de 8-24 horas, este rango fue el establecido para la pulpa de mango, por el horario de trabajo en la PAID, el cual no se permitió establecer una duración más corta. Según Nuñez (2010), el rango es de 8-10 horas para el proceso de liofilizado y describe que una forma de saber si el proceso a finalizado es cuando los frascos no presenta condensado y la temperatura del proceso es constante -50°C al igual que la presión.

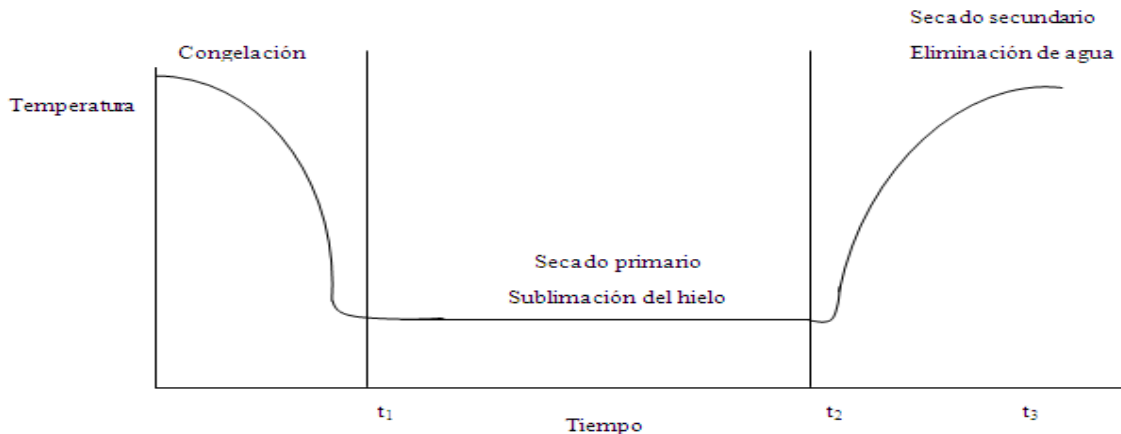


Figura 1. Etapas del proceso de liofilizado.

Fuente: Barbosa y Vega 2000.

Formulación de mermelada. Para la formulación de este producto tomamos la fórmula de la mermelada de mango de la (PPHF) de Zamorano, basada en el procesamiento de 30 kg se estimo para 1.5 kg de pulpa liofilizada. A diferencias de la formulación de Zamorano es que se utilizo pulpa liofilizada, al cual se le adiciono 90% de agua para el remojo total de la pulpa liofilizada y también se le adiciono un 45% de azúcar a la pulpa liofilizada en remojo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Formulación de mermelada de mango liofilizado.

Ingredientes	Cantidad
Mango liofilizado	1.50 kg
Agua	1.35 kg
Azúcar	1.29 kg
Ácido cítrico	0.015 kg
Pectina	0.013 kg
Bisulfito de sodio	0.73 g
Benzoato de sodio	2.18 g

Los análisis físicos se realizaron en el LAAZ.

Color. En evaluación de color se utilizó al Colorflex Hunter L*a*b según el método ASTM 1500, para cada uno de los tratamientos. Los resultados se presentan en una escala de triple estímulo L*a*b, donde el eje L* mide claridad de 0 a 100 siendo 0=negro y 100=blanco, eje a* representa verde para valores negativos y rojo para valores positivos y eje b representa azul para valores negativos y amarillo para valores positivos. Para cada eje se corrieron tres repeticiones, al igual que para cada tratamiento.

Textura. La evaluación de textura se utilizó el texturómetro de Brookfield CT3 para cada uno de los tratamientos con tres repeticiones cada uno, se utilizó un cilindro de TA 4/1000, con una altura de 20 cm con una penetración de 15 cm con un diámetro de 50 cm y con esto parámetros se calculó la textura.

Actividad de agua. El análisis de actividad de agua se realizó con el AQUALAB ®. Los datos fueron tomados según el método AOAC 978.18b, se hicieron tres repeticiones para cada tratamiento.

pH y °Brix. Los análisis de pH se realizaron con el potenciómetro digital mini lab pH ISFET Serie N° IQ120. Los análisis de °Brix se realizaron con el refractómetro Taiwán modelo R3060180. En ambas evaluaciones.

Análisis sensoriales. Los análisis de aceptación se realizaron en el Laboratorio de Análisis Sensorial de Zamorano y el análisis de preferencia se realizó en el Deli-market de Zamorano. Se realizó una evaluación de análisis sensorial de aceptación general con un panel de 12 panelistas no entrenados estos evaluaron las propiedades de apariencia, color, olor, sabor, textura y aceptación general para las mermeladas de mango liofilizado. Estos panelistas fueron seleccionados de la población de Zamorano y las personas evaluaron el producto en los días 1 y 15.

Se utilizó una en escala hedónica del 1 al 7. Para el análisis de los resultados del análisis de evaluación sensorial se realizó un ANDEVA en el programa estadístico SAS ® con una significancia ($P>0.05$) y una separación de medias.

Al final se realizó una evaluación de preferencia con 80 personas en el Deli-market de Zamorano y en el Laboratorio de Análisis de Evaluación Sensorial, evaluando el mejor tratamiento con la mermelada de Zamorano. Los panelistas fueron parte de la población de Zamorano y clientes externos a Zamorano. Para analizar los resultados del análisis de evaluación sensorial se utilizó el método establecido por Lawless y Heymann (1999).

Diseño experimental y análisis estadístico. En este estudio se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), para el análisis estadístico se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con una separación de medias (DUNCAN) con un nivel de significancia ($P<0.05$), para las características físico-químico y también para el análisis sensorial, con medidas repetidas en el tiempo en los días 1 y 15. Se utilizó el sistema estadístico SAS®.

Los tratamientos fueron producto liofilizado con tres tiempos de remojo para el proceso de elaboración de la mermelada de mango liofilizado. El control fue comparado solo con el mejor tratamiento (Cuadro 2).

Cuadro 2. Diseño experimental.

Tiempo de remojo					
15 minutos		20 minutos		25 minutos	
	R1		R1		R1
Tratamiento 1	R2	Tratamiento 2	R2	Tratamiento 3	R2
	R3		R3		R3

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pruebas preliminares. Las pruebas preliminares se realizaron en la PAID para definir el mejor proceso de preparación de la pulpa de mango y obtener mejor rendimiento del proceso de liofilizado.

Rendimiento de la primera prueba. El mango fue licuado obteniendo 0.6 litros de mango equivalente a 0.45 kg de pulpa de mango para liofilizar durante 24 horas; Los rendimientos obtenidos fueron de 56% de pulpa de mango liofilizado (Cuadro 3).

Cuadro 3. Rendimiento de la primera prueba preliminar.

Datos	Cantidad kg	Porcentaje (%)
Pulpa sin liofilizar	0.45	100.00
Pulpa liofilizada	0.25	56.00
Perdida de agua*	0.20	44.00

* Sublimación

Rendimiento de la segunda prueba. El mango fue cortado en cubitos y fueron liofilizados durante 24 horas. Los rendimientos obtenidos fueron de 40% de pulpa de mango liofilizado, al comparar con la primera prueba se obtuvo una pulpa más seca, esto se debió a la forma de cubitos de la pulpa la cual expuso mayor área superficial al proceso de sublimación (Cuadro 4).

Cuadro 4. Rendimiento de la segunda prueba preliminar.

Datos	Cantidad kg	Porcentaje (%)
Pulpa sin liofilizar	0.45	100.00
Pulpa liofilizada	0.18	40.00
Perdida de agua*	0.27	60.00

* Sublimación

Rendimiento de la tercera prueba. Esta prueba se realizó con la finalidad de confirmar el rendimiento obtenido en la segunda prueba, la muestra de mango fue cortada en cubitos y los rendimientos obtenidos fueron de 37% de pulpa de mango liofilizado, al comparar con la segunda prueba se determinó que el rendimiento es similar, la diferencia se debió a que el proceso de cortado de los cubitos no es estandarizado (Cuadro 5).

Cuadro 5. Rendimiento de la tercera prueba preliminar.

Datos	Cantidad kg	Porcentaje (%)
Pulpa sin liofilizar	0.45	100.00
Pulpa liofilizada	0.17	37.00
Perdida de agua*	0.28	63.00

* Sublimación

Al finalizar las pruebas preliminares se concluyó que la mejor forma para liofilizar la pulpa es colocando la pulpa de mango en cubitos, pues tiene mayor área superficial, lo cual permitió que el proceso de liofilizado fuese uniforme cuando se trabaja con cubitos. Según Potter y Hotchkiss (1999), el producto a desecar se subdivide en trozos pequeños o laminas finas para acelerar la transferencia de calor, acelerando el proceso de deshidratado por dos razones, primero porque a mayor área superficial produce más contacto con la fuente calorífica y en segundo lugar permite reducir la distancia para llegar al centro del alimento.

Procesamiento de mermelada de mango liofilizado. El proceso de liofilizado se realizó en la PAID y la elaboración de las mermeladas en la PPHF de Zamorano.

Liofilización de la pulpa de mango. El proceso completo de liofilización de pulpa de mango se detalla en la Figura 2.

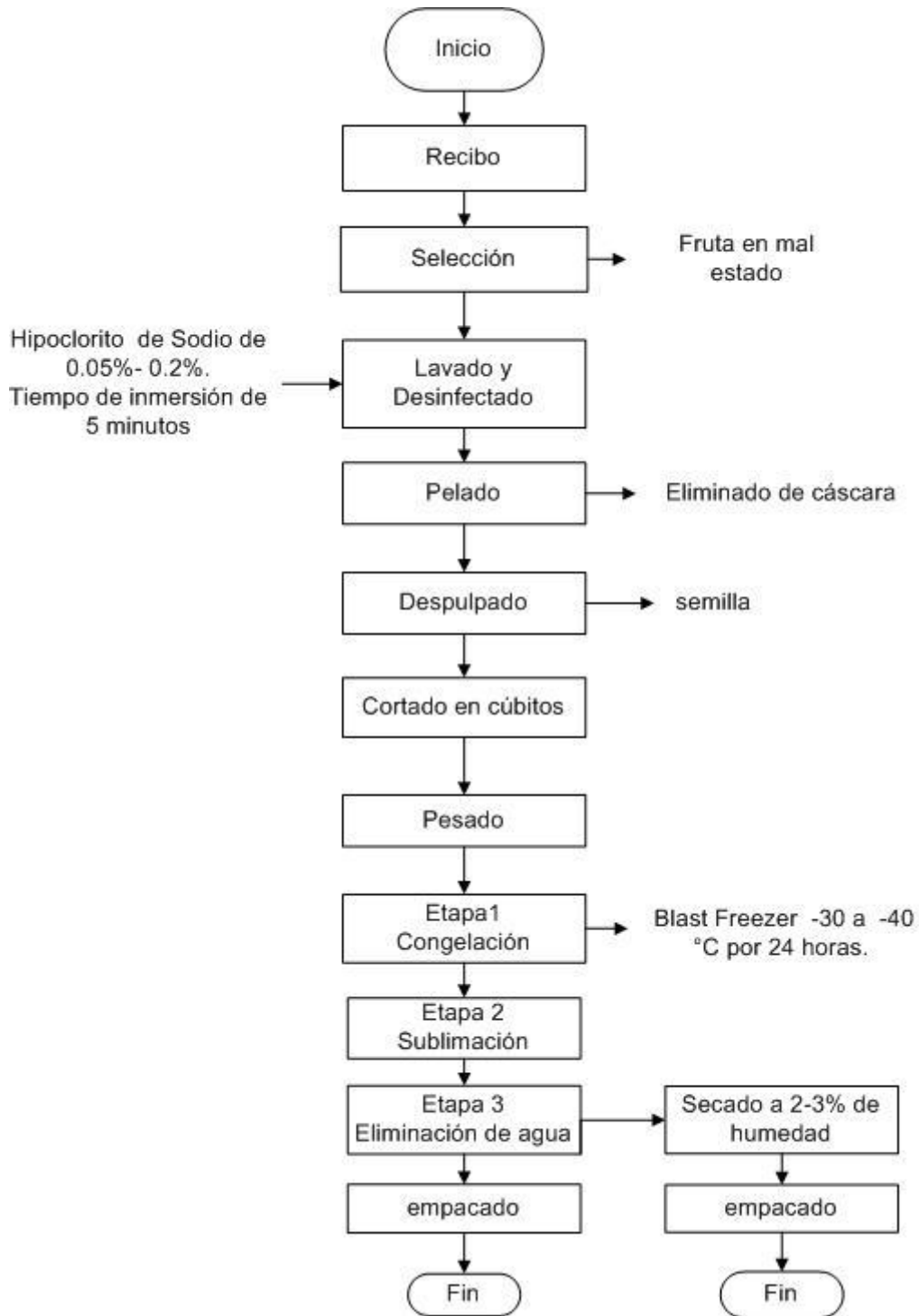


Figura 2. Flujo de proceso de la liofilización de la pulpa de mango.

Mermelada de mango liofilizado. Este flujo fue diseñado a partir de las pruebas preliminares para la mermelada de mango liofilizado la cual se desarrollo en dos etapas, la primera el proceso de liofilización el cual se desarrollo en la PAID (figura 2) y la segunda la elaboración de la mermelada la cual se realizo en la PPHF (figura 3).

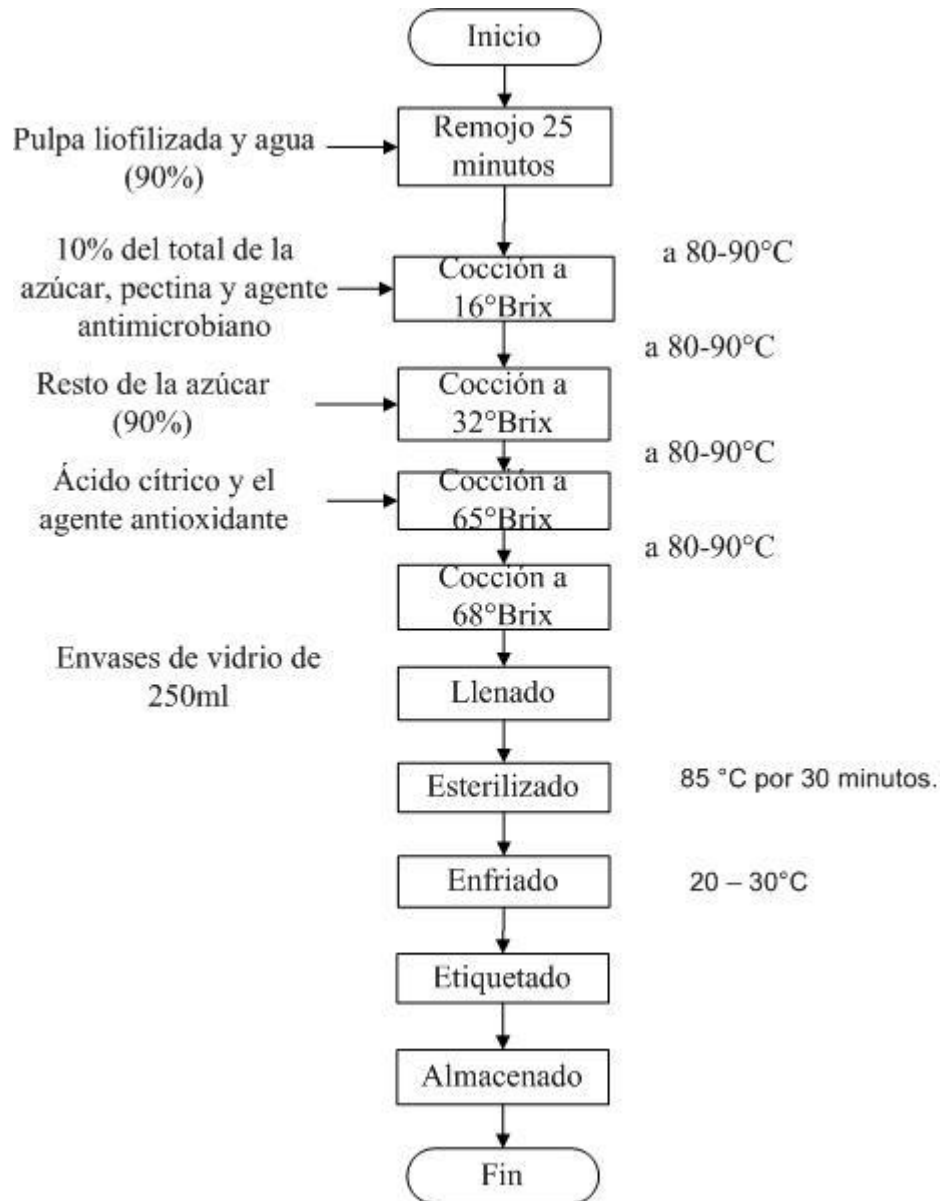


Figura 3. Flujo de proceso de la mermelada de mango liofilizado.

Análisis sensorial. Luego del análisis sensorial realizado en el laboratorio de análisis sensorial de Zamorano, los datos fueron analizados en el programa estadístico SAS®, donde se obtuvieron los siguientes resultados.

Apariencia. El tratamiento de 25 minutos de remojo presentó la menor evaluación en relación al atributo de apariencia y evaluados como “me gusta” (anexo1) ($P < 0.05$). Sin embargo en el día 15 no existió diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$). El tratamiento de 20 minutos de remojo fue influenciado por el tiempo ($P < 0.05$). La posible causa de que el tiempo afectase al tratamiento de 20 minutos de remojo pudo estar relacionado con que los panelistas no fueron entrenados. En un estudio realizado por Potter y Hotchkiss (1999), un alimento deshidratado cambia su apariencia al perder sus características de color natural y textura, por lo cual esto se evitaría desecándola en un estado sólido a través de la congelación. Esta es la posible causa de que al utilizar pulpa liofilizada los tratamientos no presentaron cambios en apariencia (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis sensorial variable apariencia.

	Día 1	Día 15
Tratamientos	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.
15 minutos de remojo	5.19 ^{a(x)} \pm 0.78	4.78 ^{a(x)} \pm 1.35
20 minutos de remojo	5.28 ^{a(x)} \pm 0.81	4.72 ^{a(y)} \pm 1.21
25 minutos de remojo	4.89 ^{b(x)} \pm 1.24	5.25 ^{a(x)} \pm 1.11
C.V (%)	13.90	21.90

a-b medias con letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

x-y medias con letras diferentes en la misma filas son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

D.E. Desviación Estándar

C.V Coeficiente de Variación

Color. Los resultados obtenidos, demostraron que no existió diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$) en las diferentes fechas evaluadas. El color del tratamiento de 25 y 20 minutos de remojo fue afectado por el tiempo ($P < 0.05$). A pesar del efecto del tiempo ambos tratamientos fueron evaluados como “me gusta”. Según Barbosa y Vega (2000), los productos liofilizados retienen la mayoría de sus propiedades físicas, químicas, biológicas y sensoriales de su estado fresco, el pardeamiento no enzimático apenas ocurre durante el proceso ya que la reducción de la humedad es casi instantánea, es por ello que los tratamientos conservaron su color a lo largo del proceso de elaboración de los tratamientos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Análisis sensorial variable color.

	Día 1	Día 15
Tratamientos	Media ± D.E.	Media ± D.E.
15 minutos de remojo	5.22 ^{a(x)} ± 0.90	5.06 ^{a(x)} ± 1.04
20 minutos de remojo	5.44 ^{a(x)} ± 0.81	4.42 ^{a(y)} ± 1.30
25 minutos de remojo	4.94 ^{a(y)} ± 1.15	5.56 ^{a(x)} ± 1.05
C.V (%)	14.30	22.90

a-b medias con letras iguales en la misma columna son estadísticamente iguales (P>0.05).

x-y medias con letras diferentes en la misma filas son estadísticamente diferentes (P<0.05).

D.E. Desviación Estándar

C.V. Coeficiente de Variación

Olor. En los resultados obtenidos no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ni en el tiempo (P>0.05). Todos los tratamientos fueron evaluados como “me gusta”. Esto lo afirma Navas (2006), que un producto liofilizado mantiene todas sus propiedades después de rehidratarse, esto indica que la pulpa de mango liofilizada utilizada para la elaboración de los tratamientos mantuvo su olor y aroma natural de la fruta fresca, es la razón por la cual los panelistas no encontraron diferencias en los tratamientos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis sensorial variable olor.

	Día 1	Día 15
Tratamientos	Media ± D.E.	Media ± D.E.
15 minutos de remojo	5.03 ^{a(x)} ± 1.13	5.03 ^{a(x)} ± 1.13
20 minutos de remojo	5.17 ^{a(x)} ± 0.69	5.19 ^{a(x)} ± 0.79
25 minutos de remojo	5.25 ^{a(x)} ± 0.99	5.25 ^{a(x)} ± 0.99
C.V (%)	15.16	15.70

a-b medias con letras iguales en la misma columna son estadísticamente iguales (P>0.05).

x-y medias con letras iguales en la misma fila son estadísticamente iguales (P>0.05).

D.E. Desviación Estándar

C.V Coeficiente de Variación

Sabor. Los resultados obtenidos demuestran que no existió ninguna diferencia significativa entre los tratamientos ni en el tiempo (P>0.05). Todos los tratamientos fueron evaluados como “me gusta”, la posible causa se debió a que los tiempos de remojo no afectaron significativamente en el sabor de la pulpa y la presencia de pedacitos de pulpa en cada tratamiento dio un sabor igual a cada tratamientos, a los panelistas les gusto el sabor de los tratamientos de acuerdo a la escala hedónica. Según Potter y Hotchkiss (1999), los alimentos liofilizados se reconstituyen rápidamente pero también deben ser protegidos de la fácil absorción de humedad, esto lo ratifica Barbosa y Vega (2000), indicando que la liofilización se desarrolló para evitar las pérdidas de sabor y aroma (Cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis sensorial variable sabor.

	Día 1	Día 15
Tratamientos	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.
15 minutos de remojo	5.36 ^{a(x)} \pm 0.86	4.97 ^{a(x)} \pm 1.13
20 minutos de remojo	5.50 ^{a(x)} \pm 1.00	5.06 ^{a(x)} \pm 1.31
25 minutos de remojo	5.36 ^{a(x)} \pm 0.99	5.25 ^{a(x)} \pm 1.13
C.V (%)	12.53	20.45

a-b medias con letras iguales en la misma columna son estadísticamente iguales ($P>0.05$).

x-y medias con letras iguales en la misma fila son estadísticamente iguales ($P>0.05$).

D.E. Desviación Estándar

C.V Coeficiente de Variación

Textura. Los resultados obtenidos en el análisis sensorial demostraron que no existió diferencia entre tratamientos ni en el tiempo ($P>0.05$). A los panelistas les gusto la textura de los tratamientos de acuerdo a la escala hedónica; sin embargo la proporción de trocitos de pulpa de mango podría ser la causa de obtener valores elevados en la desviación estándar. Según Navas (2006), al añadir agua posteriormente, el producto rehidratado retiene la mayor parte de su estructura original, es una razón por la cual los tiempos de remojo no influyeron significativamente en la textura de los tratamientos y razón por la cual los panelistas encontraron diferencia en la textura (Cuadro 10).

Cuadro 10. Análisis sensorial variable textura.

	Día 1	Día 15
Tratamientos	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.
15 minutos de remojo	5.08 ^{a(x)} \pm 1.17	5.11 ^{a(x)} \pm 1.17
20 minutos de remojo	4.97 ^{a(x)} \pm 1.17	4.97 ^{a(x)} \pm 1.18
25 minutos de remojo	5.11 ^{a(x)} \pm 1.11	5.11 ^{a(x)} \pm 1.12
C.V (%)	18.14	18.15

a-b medias con letras iguales en la misma columna son estadísticamente iguales ($P>0.05$).

x-y medias con letras iguales en la misma fila son estadísticamente iguales ($P>0.05$).

D.E. Desviación Estándar

C.V Coeficiente de Variación

Aceptación general. Los resultados obtenidos de la evaluación sensorial indican que los tratamientos son diferentes ($P<0.05$) y que no tuvo efecto del tiempo ($P>0.05$). El tratamiento de 25 minutos de remojo, fue evaluado como “me gusta” por los panelistas de acuerdo a la escala hedónica. Posiblemente podría ser a la influencia de sabor y textura. Los tratamientos con 15 y 20 minutos de remojo, no presentaron diferencias significativas ($P>0.05$) (Cuadro 11).

Cuadro 11. Análisis sensorial variable aceptación general.

Tratamientos	Día 1	Día 15
	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.
15 minutos de remojo	4.58 ^{b(x)} \pm 0.60	4.72 ^{b(x)} \pm 0.78
20 minutos de remojo	4.86 ^{b(x)} \pm 0.63	4.47 ^{b(x)} \pm 1.06
25 minutos de remojo	5.83 ^{a(x)} \pm 0.81	5.78 ^{a(x)} \pm 0.76
C.V (%)	13.98	16.41

a-b medias con letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

x-y medias con letras iguales en la misma fila son estadísticamente iguales ($P > 0.05$).

D.E. Desviación Estándar

C.V Coeficiente de Variación

Resumen del análisis exploratorio. El tratamiento de 25 minutos de remojo fue el mejor calificado en el análisis aceptación general con una media de 5.81 siendo el que más les gusto a los panelistas, de acuerdo a la evaluación de la escala hedónica. Los demás atributos fueron considerados iguales por los panelistas según los datos obtenidos en la escala hedónica (1 representaba la peor calificación y 7 la mejor calificación). Se concluyo que el mejor tratamiento del modelo experimental fue el tratamiento con 25 minutos de remojo, según los resultados obtenidos en el acumulado de medias y la aceptación general (Figura 4).

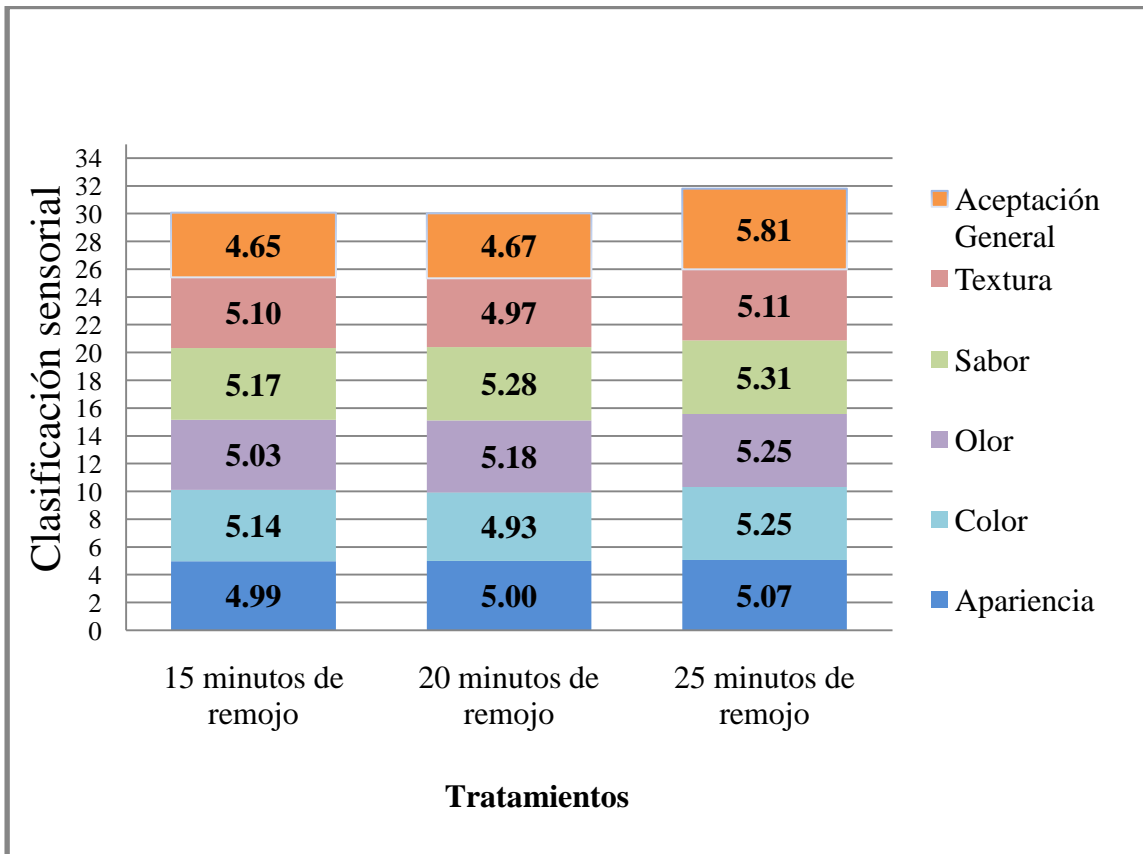


Figura 4. Análisis exploratorio de aceptación.

Actividad de agua (Aw). El tratamiento diferente fue el tratamiento con 20 minutos de remojo ($P < 0.05$), presentó mayor actividad de agua en comparación con el tratamiento de 15 y 25 minutos de remojo. Según Potter y Hotchkiss (1999), los alimentos liofilizados tienen una rápida absorción de agua, debido a la porosidad generada del proceso de liofilizado. Según Ayala (2010), la porosidad tiene una influencia vigorosamente en la capacidad de rehidratación, ya que a mayor porosidad mayor capacidad de rehidratación, esto ayudo a concluir que los tiempos de remojo afectaron esta variable y la razón por la que existieron diferencias entre los tratamientos (Cuadro 12).

Cuadro 12. Análisis de Aw.

Tratamientos	Media \pm D.E.
15 minutos de remojo	0.72 ^b \pm 0.00
20 minutos de remojo	0.74 ^a \pm 0.01
25 minutos de remojo	0.71 ^c \pm 0.01
C.V (%)	1.00

a-b medias con letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

D.E. Desviación Estándar

C.V Coeficiente de Variación

Análisis sensorial de preferencia. El análisis de preferencia se realizó evaluando el tratamiento de 25 minutos de remojo y la mermelada de Zamorano, el tratamiento con 25 minutos de remojo fue el mejor calificado en el análisis sensorial y en la prueba de preferencia. Según Lawless y Heymann (1999), para una evaluación sensorial de preferencia con 80 personas es necesario que un tratamiento sea preferido como mínimo por 50 personas, entonces existe una preferencia significativa por el tratamiento con 25 minutos de remojo. Sin embargo, según los comentarios de los panelistas el tratamiento de 25 minutos de remojo fue considerado un producto más natural en el sabor y textura, pero presentó un color no tan atractivo como el de la mermelada de Zamorano (Cuadro 13).

Cuadro 13. Resultados del análisis sensorial de preferencia.

Tratamientos	Personas	* Mínimo Requerido
25 minutos de remojo	50	
Mermelada de Zamorano (control)	30	50 personas
Total	80	

*Número mínimo de personas que deben preferir un tratamiento ($N=80$ y $\alpha=0.05$).

pH y °Brix. Se pudo observar que estadísticamente existieron una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre las mermeladas. El tratamiento de 25 minutos de remojo presentó un pH de 3.4 y 68°Brix. Según Barbosa y Vega (2000), en la etapa secundaria de secado es donde se concentra la otra parte de los solutos y a la vez la eliminación de agua, por lo cual el tratamiento de 25 minutos presento la mayor concentración de grados °Brix y un pH menor, mientras que la mermelada de Zamorano presento un pH de 3.6 y 66 °Brix.

Según Aguilar (2003), la mermelada de Zamorano presento un pH de 3.7. Según Gerónimo (2009), la mermelada de Zamorano mostro que los grados °Brix están entre 60-65. El tratamiento de 25 minutos de remojo presento mayor acidez y °Brix, la razón fue porque las mermeladas contenían mayor proporción de sólidos (Cuadro 14).

Cuadro 14. Análisis de pH & °Brix de las mermeladas.

Mermeladas	pH	°Brix
	Media ± D.E.	Media ± D.E.
De mango liofilizado	3.34 ^b ± 0.08	68 ^a ± 0.63
De Zamorano	3.64 ^a ± 0.04	66 ^b ± 1.26
C.V (%)	2.02	1.89

a-b medias con letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

D.E. Desviación Estándar

C.V Coeficiente de Variación

Análisis físico-químico. Se analizaron estadísticamente los datos de los análisis físicos y químicos obtenidos en LAAZ, los resultados obtenidos son las medias presentadas en los siguientes cuadros.

Para las variables $L^*a^*b^*$ no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$).

Color (L^*). Los resultados demostraron que todos los tratamientos resultaron ser claros, la posible razón de que no existiese variación se debió a que la pulpa liofilizada conserva mejor las características de color del mango. Potter y Hotchkiss (1999), afirman que los alimentos deshidratados sufren cambios químicos y físicos, como el color que dependiendo de la composición del alimento y de la intensidad del método de desecación puede incurrir en cambios. Los tiempos de remojo no afectaron la luminosidad de los tratamientos ($P > 0.05$) (Cuadro 13).

Color (a^*). Los tratamientos presentaron la misma tonalidad roja ($P > 0.05$), la posible causa se debió al uso de pulpa liofilizada la cual conservó el color del mango. De acuerdo a Navas (2006), para los materiales biológicos y alimenticios una ventaja es que estos conservan sus propiedades de color y aroma (Cuadro13).

Color (b^*). Los tratamientos presentaron la misma tonalidad amarilla ($P > 0.05$), la posible causa por la cual no existiese variación puede deberse a que la pulpa liofilizada conserva el color amarillo del mango y que los tiempos de remojo no afectaron esta variable. Según Barbosa y Vega (2000), los productos liofilizados no presentan problema con el pardeamiento no enzimático, debido a la reducción de humedad que se produce en el proceso la cual es casi instantánea (Cuadro 15).

Cuadro 15. Análisis de color variables L*a*b*

Tratamientos	Variable		
	L*	a*	b*
	Media ± D.E.	Media ± D.E.	Media ± D.E.
15 minutos de remojo	27.3 ^a ± 6.92	19.7 ^a ± 4.31	35.0 ^a ± 5.84
20 minutos de remojo	31.7 ^a ± 2.34	15.5 ^a ± 0.86	35.6 ^a ± 2.65
25 minutos de remojo	32.9 ^a ± 6.37	15.5 ^a ± 0.26	35.8 ^a ± 5.45
C.V (%)	9.80	14.20	11.20

a-b medias con letras iguales en la misma columna son estadísticamente iguales (P>0.05).

D.E. Desviación Estándar

C.V Coeficiente de Variación

Textura. Los resultados obtenidos demostraron que el tratamiento de 15 minutos de remojo, presento la media más baja siendo el más duro (P<0.05). Según Navas (2006), menciono que los productos liofilizados posteriormente tienen una alta capacidad de rehidratación. Según Ayala (2010), mayor porosidad mayor capacidad de rehidratación y mejor textura; sin embargo la diferencia en proporción de trocitos de pulpa que contenían las diferentes muestras analizadas causo que se obtuvieran valores elevados en la desviación estándar (Cuadro 16).

Cuadro 16. Análisis de textura.

Tratamientos	Media (Newton) ± D.E.
15 minutos de remojo	14.9 ^b ± 5.10
20 minutos de remojo	27.6 ^a ± 2.04
25 minutos de remojo	22.6 ^a ± 7.33
C.V (%)	15.00

a-b medias con letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes (P<0.05).

D.E. Desviación Estándar

C.V Coeficiente de Variación

Actividad de agua pulpa liofilizada. La Aw de la pulpa no se mantiene en el tiempo ya que presentaron diferencias (P<0.05). Según Keener (2009), los alimentos liofilizados tienen una larga vida debido a que la eliminación de la humedad baja la actividad de agua a menos de 0.50 de manera que los microorganismos que dañan los alimentos no puedan crecer. Existen empaques específicos para este tipo de producto, por lo que es preferible utilizar una película extruido, flexible de PVDC (Cloruro de Polivinilideno) con un 20 % de PVC (Cloruro de Polivinilo) es una excelente barrera a la humedad (cuadro 17).

Cuadro 17. Análisis de A_w de la pulpa de mango liofilizado.

	Día 1	Día 15
Pulpa liofilizada	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.
Repetición 1	0.48 ^{a(y)} \pm 0.02	0.72 ^{a(x)} \pm 0.005
Repetición 2	0.46 ^{a(y)} \pm 0.04	0.72 ^{a(x)} \pm 0.006
Repetición 3	0.49 ^{a(y)} \pm 0.03	0.72 ^{a(x)} \pm 0.004
C.V (%)	5.78	0.71

a-b medias con letras iguales en la misma columna son estadísticamente iguales ($P > 0.05$).

x-y medias con letras iguales en la misma fila son estadísticamente iguales ($P > 0.05$).

D.E. Desviación Estándar

C.V Coeficiente de Variación

Análisis de color (L^*a^*b) y textura para el mejor tratamiento y control. Este análisis se realizó con el objetivo de concretar los resultados obtenidos en la prueba de preferencia y determinar las diferencias en color y textura de los tratamientos evaluados.

Para las variables $L^*a^*b^*$ se encontraron diferencias significativas, entre el mejor tratamiento y el control ($P > 0.05$).

Color (L^*). Los tratamientos resultaron diferentes ($P < 0.05$) en claridad, la posible causa de que existiese variación es porque la pulpa liofilizada conserva mejor las características de color del mango, por lo cual la mermelada obtenida de esta pulpa es más oscura que la del control. Según Rangel (2004), los alimentos liofilizados conservan su color original y no se producen modificaciones por acción enzimática u oxidativa, siendo esta una razón por la cual la pulpa liofilizada brinda una tonalidad más oscura, otra razón se debió a la presencia de pedacitos de pulpa dentro de la mermelada (Cuadro 18).

Color (a^*). Los tratamientos resultaron diferentes ($P < 0.05$) en la tonalidad roja, la posible razón de que existiese variación se debe a la pulpa liofilizada, la cual conserva mejor el color rojo de la pulpa de mango, por lo cual la mermelada obtenida de esta pulpa es de una tonalidad de rojo más intensa que la del control. Según Navas (2006), los alimenticios que pasan por el proceso de liofilizado presenta la ventaja de conservar sus propiedades de color (Cuadro 18).

Color (b^*). Los tratamientos presentaron diferencias ($P < 0.05$). La tonalidad amarilla de la mermelada de Zamorano es menos intensa al compararla con los resultados del tratamiento con 25 minutos de remojo, esto se pudo deber a la pulpa liofilizada utilizada para la mermelada de mango liofilizado, la cual conserva mejor las características de color del mango ya que esta presentaba trocitos de pulpa de mango, comparándola con el color amarillo claro de la mermelada de Zamorano. Según Rangel (2004), la liofilización preserva las características de los alimentos entre ellos el color y la estructura (Cuadro 18).

Cuadro 18. Análisis de color para preferencia variables L*a*b*

Tratamiento	Variable		
	L*	a*	b*
	Media ± D.E.	Media ± D.E.	Media ± D.E.
Mermelada de Zamorano (control)	32.7 ^a ± 0.03	10.0 ^b ± 0.06	61.3 ^a ± 0.60
25 minutos de remojo	29.2 ^b ± 0.02	17.2 ^a ± 0.10	42.1 ^b ± 0.20
C.V (%)	0.09	0.83	0.80

a-b medias con letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes (P<0.05).

D.E. Desviación Estándar

C.V. Coeficiente de Variación

Textura. Los resultados obtenidos demostraron una diferencias significativas (P<0.05) entre los el tratamiento de 25 minutos de remojo y la mermelada de Zamorano. Por lo que la mermelada pulpa de mango liofilizado presentó una textura más fuerte que el control. La causa podría ser a la proporción de trocitos de pulpa de mango presentes en la muestra de mermelada de mango liofilizado que se analizó. Según Navas (2006), al añadir agua posteriormente, el producto rehidratado retiene la mayor parte de su estructura original, esto quiere decir que durante la elaboración de la mermelada los trocitos de pulpa liofilizada no fueron estandarizados dando una textura más fuerte (Cuadro 19).

Cuadro 19. Análisis de textura para preferencia.

Tratamientos	Media (Newton) ± D.E.
Mermelada de Zamorano (control)	12.7 ^b ± 2.00
25 minutos de remojo	20.6 ^a ± 3.55
C.V (%)	12.50

a-b medias con letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes (P<0.05).

D.E. Desviación Estándar

C.V Coeficiente de Variación

Análisis de Costo. El estudio involucra un estudio de costos variables detallados, entre el procesamiento de mermelada de mango de PPHF y el procesamiento de mermelada de mango liofilizado desarrollado en este estudio, además un estudio comparativo de costo de energía entre el almacenamiento (congelación) de la pulpa de mango y el proceso de liofilización de la pulpa. Los costos variables para la producción de la mermelada de mango fueron proporcionados por la planta Hortofrutícola de Zamorano, se detalla a continuación (Cuadro 20).

Cuadro 20. Costos variables de producción de 57.4 kg de mermelada de mango de PPHF.

Ingrediente	Cantidad	Precio	Costo variable Total
	kg	L.	L.
Ácido cítrico	0.209	27.39	5.72
Agua para disolver ingredientes	0.400	0.00	0.00
Azúcar	27.000	12.73	343.71
Benzoato Na.	0.030	30.30	0.91
Bisulfito de sodio	0.010	15.15	0.15
Pectina (R)	0.170	284.24	48.32
Pulpa de Mango	30.000	33.00	990.00
	Unidades		
Frasco 250 ml c/tapa	165	5.75	948.42
Etiqueta 6 x 2	165	0.74	121.73
Sello termoencogible	165	0.15	24.74
Etiquetas para caja	8	0.57	4.56
Vapor de agua caldera por hora	2.5	26.39	65.98
Higienizados Lempira/kg	51	0.27	13.77
Costo variable total			2,836.72
Precio por presentación (250 ml)			17.19

Los costos variables para la producción de mermelada de mango liofilizado, se estimaron en función de los costos de la materia prima y materiales de empaque, que se utilizaron, las cantidades de la materia prima son en base a la formulación establecida en el estudio (Cuadro 21).

Cuadro 21. Costos variables de producción de 55.15 kg de mermelada de mango liofilizado.

Ingrediente	Cantidad kg	Precio L.	Costo variable Total L.
Ácido cítrico	0.211	27.39	5.77
Agua para remojo	18.900	0.00	0.00
Azúcar	17.955	12.73	228.57
Benzoato Na.	0.030	30.30	0.91
Bisulfito de sodio	0.010	15.15	0.15
Pectina (R)	0.171	284.24	48.68
Empaque de PVDC 23x30 cm	2	2.3	4.6
Pulpa de Mango liofilizado	21.000	39.81	835.91
Unidades			
Frasco 250 ml c/tapa	158	5.75	911.30
Etiqueta 6 x 2	158	0.74	116.96
Sello termoencogible	158	0.15	23.77
Etiquetas para caja	8	0.57	4.56
Vapor de agua caldera por hora	1	26.39	26.39
Higienizados Lempira/kg	51	0.27	13.77
Costo variable total			2,450.24
Precio por presentación (250 ml)			15.51

El costo variable de la mermelada de mango liofilizado es de L. 15.51 en comparación con la mermelada de Zamorano que es de L. 17.19, la disminución de L. 1.68 se debió a la reducción de 2% de la azúcar en la formulación de la mermelada y una disminución en el costo del proceso de elaboración de la mermelada de mango liofilizado (Cuadro 24); se determinó que existe una gran diferencia de costos en producir las mermeladas con mango liofilizado o con pulpa congelada, esto se debe a que el precio de la pulpa de mango liofilizado es de L. 39.81 (Cuadro 22); en el precio no se considero los costos de mercadeo de la pulpa liofilizada porque la PPHF procesaría su propio mango.

Precio del kilo de pulpa de mango liofilizado. El precio fue estimado de los costos de energía del proceso de liofilizado, el costo de energía de pre-congelación de la pulpa, el costo de preparación de la pulpa a liofilizar y el costo de un empaque de PVDC para el almacenamiento a temperatura ambiente con un costo de L. 2.300 el millar con dimensiones de 23x30 cm con capacidad de 10-15kg de producto; en comparación del precio de la PPHF estimados del costo de energía de congelar y el de preparar la pulpa; podemos concluir que el kg de pulpa de mango liofilizado es relativamente más caro que el kg de pulpa congelada debido al proceso de liofilizado como lo afirma Rahman (2003), la liofilización es un proceso lento y caro, debido a lo prolongado del tiempo de proceso lo cual hace que resulte muy caro a la hora de usarlo comercialmente por lo que es usado especialmente para productos muy valiosos (Cuadro 22).

Cuadro 22. Precio del kilo de pulpa de mango.

Para el estudio		
Costos	Cantidad	Costo L.
Costo de la pulpa preparada (cubitos) por kg	1	34.19
Costo de energía del proceso de liofilizado por kg	1	2.40
Costo de energía de pre-congelación por kg	1	3.21
Total		39.81

Para la PPHF		
Costos	Cantidad	Costo L.
Costo de la pulpa preparada por kg	1	24.57
Costo de energía del proceso de congelación por kg	1	8.43
Total		33.00

Costos de energía de congelación y liofilización de pulpa de mango. Para la planta sería más rentable almacenar el mango liofilizado por diferentes razones, el costo de energía de liofilizar es menor L. 22,444.80 si se compara con el de congelar L. 33,717.60, lo cual le permitiría a la planta tener un ahorro de L.11,272.80, otra razón se debe al almacenamiento de la pulpa la cual sería a temperatura ambiente en condiciones controladas, la cual permitiría a la planta aumentar su capacidad de almacenaje y también cabe mencionar que es más costoso comprar mango liofilizado, pero la PPHF procesaría su propio mango. Según Barbosa y Vega (2000), los productos liofilizados que han sido adecuadamente empacados pueden ser almacenados durante tiempos ilimitados conservando sus características (Cuadro 23).

Cuadro 23. Costos de energía al congelar ó liofilizar 4,000 kg de pulpa de mango.

Equipo	Cantidad de mango kg	Consumo de Energía kw/hrs	Tiempo hrs	Costo de Energía L.	Subtotal L.	Total L.
**Cuarto de Congelación	4,000.00	4.46	7,200.00	3.00	96,336.00	33,717.60
*Liofilizador Virtis modelo Génesis	4,000.00	3.5	914.29	3.00	9,600.00	22,444.80
**Pre-congelación	4,000.00	4.46	2,742.86	3.00	12,844.80	

*Capacidad de alimentación del liofilizador 70 Kg/8 horas (50% de eficiencia).

**El mango ocupa un 35% de espacio en el cuarto de congelación.

***La capacidad de almacenamiento la planta Hortofrutícola de Zamorano es de 4000 kg/año.

Hay que considerar que el liofilizador trabaja con un 50% de la capacidad total de alimentación y el costo de la inversión, la cual varía dependiendo de la capacidad de alimentación del liofilizador que se desea utilizar, para el estudio de costos de energía se utilizó un liofilizador marca Virtis modelo Génesis con un costo de L. 1,704,600.00.

Eficiencia en la producción de la mermelada. Para la producción de mermelada de mango de Zamorano se logra un 99% de rendimiento, obteniendo una producción de 5.5 botes por kg de pulpa de mango utilizada, mientras que para la producción de mermelada de mango liofilizado se logro un 95% de rendimiento, obteniendo una producción de 4.8 botes por kg de pulpa de mango liofilizado a nivel de laboratorio, la diferencia de rendimiento podría ser por la cantidad de agua agregada en el remojo, por lo cual este rendimiento obtenido puede aumentar o disminuir llevando la formulación de mermelada de mango liofilizado a nivel industrial; al comparar los costos involucrados en la producción de mermelada de mango para un procesamiento de 57 kg de materia prima, se obtuvo una reducción total de L. 85.01 y por bote de L. 0.24 en la producción de mermelada de mango liofilizado (Cuadro 24).

Cuadro 24. Comparación de la eficiencia en la producción de 57 kg de mermelada de mango.

Producto	Unidad	Cantidad	Precio L.	Total L.
Mermelada de Zamorano				
Mano de obra (preparación)	hora	3.5	22.92	80.22
Vapor de agua (Caldera)	hora	2.5	26.39	65.98
Higienizados	L./kg	51.0	0.27	13.77
Total				159.97
Total por bote				0.51
Mermelada de mango liofilizado				
Mano de obra (preparación)	hora	1.5	22.92	34.38
Vapor de agua (Caldera)	hora	1.0	26.39	26.39
Higienizados	L./kg	51.0	0.27	13.77
Total				74.54
Total por bote				0.28
Ahorro				
Total				85.43
Total por bote				0.24

4. CONCLUSIONES

- Las características químicas, la mermelada con pulpa liofilizada con 25 minutos de remojo, presento valores más bajo de actividad de agua y pH, en comparación con la mermelada de mango de Zamorano.
- El tratamiento con la mayor aceptación general por los consumidores en Zamorano fue la mermelada de mango liofilizado con un tiempo de 25 minutos de remojo.
- Producir mermelada de mango liofilizado tiene un costo variable menor que con pulpa de mango congelado. Si es que se considera un liofilizador de 70 kg.
- El proceso de liofilización de la pulpa de mango tiene un costo de energía menor que el proceso de congelación de la pulpa durante 10 meses.
- El kg de pulpa de mango liofilizado es más costoso en comparación que la pulpa de mango congelado de la (PPHF) de Zamorano.

5. RECOMENDACIONES

- Determinar la granulometría y porosidad de la pulpa de mango liofilizada.
- Evaluar el efecto de tiempos de remojo más amplios añadiendo un porcentaje de agua mayor para mejorar los rendimientos.
- Evaluar diferentes tipos de empaques para almacenar la pulpa de mango liofilizado.
- Realizar un estudio de pre-factibilidad económica -financiera para el procesamiento de pulpa de mango liofilizado, para definir el costo real de la pulpa liofilizado.

6. LITERATURA CITADA

Aguilar, J. 2003. Elaboración de una formulación y un flujo de proceso para mermelada de mango utilizando *Stevia rebaudiana* B. como edulcorante.

Ayala, A; Serna, C; Esmeralda, S; Mosquera, V. 2010 Liofilización de pitaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*). Escuela de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Cali, Colombia. Consultado el 11 de Octubre de 2011

Barbosa, G. V; Vega H. 2000. Deshidratación de alimentos. España. Acribia S.A. 1-224p.

Codex Alimentarius. 1987. En línea. Norma del Codex para mangos en conserva. 1p.

Codex Alimentarius. 2009. En línea. Norma para las confituras, jaleas y mermeladas. 1p.

Chacon, S. 2006. Procesamiento de frutas: procesos húmedos y secos. Consultado el 31 de julio del 2011. Disponible en: [Http://webiica.iica.ac.cr/bibliotecas/repiica/b0635e/b0635e.pdf](http://webiica.iica.ac.cr/bibliotecas/repiica/b0635e/b0635e.pdf)

Crane, J. H; Campbell, C. W. 1991. El mango en florida. Consultado el 30 de julio del 2011. Disponible en: [Http://miami-dade.ifas.ufl.edu/pdfs/tropical_fruit/el%20mango.pdf](http://miami-dade.ifas.ufl.edu/pdfs/tropical_fruit/el%20mango.pdf)

Gerónimo, A. 2009. Comparación del efecto antimicrobiano del propóleo y el benzoato de sodio en mermelada de mango de la escuela agrícola panamericana.

Keener, K. 2009. Tecnologías de la Conservación y el Procesamiento de los Alimentos. Department of Food Science. USA. Consultado el 29 de agosto del 2011. Disponible en: <http://www.extension.purdue.edu/extmedia/fs/fs-15-w-s.pdf>

Lawless, H; Heymann, H. 1999. Sensory Evaluation of Food. Principles and Practices. USA. Aspen Publishers. 430-440p.

Navas, J.R. 2006. Liofilización de alimentos. Consultado el 29 de julio del 2011.

Núñez, F. 2010. Manual de Procedimientos Operacionales Estandarizados (POE). Planta Agroindustrial de Investigación y Desarrollo, Zamorano, Honduras. 11-16p.

Potter, N; Hotchkiss, J. 1999. Ciencia de los alimentos. España. Aspen Publishers. 224-253p.

Rahman, S. 2003. Manual de conservación de los alimentos. España. Acriba S.A. 201p.

Rangel, M. 2004. Liofilización de Guacamole. México. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mca/rangel_m_m/portada.html

7. ANEXOS

Anexo 1. Hoja de evaluación sensorial de la mermelada de mango liofilizado

HOJA DE EVALUACIÓN SENSORIAL Boleta de evaluación sensorial escala Hedónica

Nombre: _____ código: _____ fecha: _____

Producto: Mermelada de mango liofilizado.

Primero registre el código de la muestra y luego prueba por favor las muestras de izquierda a derecha, antes de probar marque **primero apariencia, color y olor**, indique **marcando** con una **X** en el atributo según sea su nivel de gusto. La escala usada es de 1 a 7, siendo 1 me disgusta extremadamente y 7 me gusta extremadamente.

Código de muestra: _____

Atributo/ Escala	Me disgusta extremadamente	Me disgusta mucho	Me disgusta	No me disgusta ni me gusta	Me gusta	Me gusta mucho	Me gusta extremadamente
	1	2	3	4	5	6	7
Apariencia							
Color							
Olor							
Sabor							
Textura							
Aceptación General							

Anexo 2. Formato de la hoja de evaluación sensorial para el análisis de preferencia

ESCUELA AGRÍCOLA PANAMERICANA ZAMORANO CARRERA AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA	
HOJA DE EVALUACIÓN DE MERMELADA DE MANGO	
Panelista: _____	Fecha: _____
Pruebe las muestras de izquierda a derecha y encierre en un <u>círculo el código</u> de la muestra de su preferencia	
512	312

Anexo 3. Pulpa de mango en proceso de liofilizado



Anexo 4. Liofilizador marca Virtis modelo ES25



Anexo 5. Liofilizador marca Virtis modelo Génesis



Fuente: Ricardo Casanova (2011)