

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

**Conservación de puré de Zapote (*Pouteria sapota*)  
por métodos combinados**

Nancy Judith Robledo Silva

Guatemala  
2009



**Conservación de puré de Zapote (*Pouteria sapota*)  
por métodos combinados**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

**Conservación de puré de Zapote (*Pouteria sapota*)  
por métodos combinados**

Trabajo de investigación presentado por Nancy Judith Robledo Silva para  
optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de Alimentos

Guatemala  
2009

Vo. Bo. :

(f) Ana Silvia Colmenares de Ruiz  
Lda. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

Tribunal Examinador:

(f) Ana Silvia Colmenares de Ruiz  
Lda. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

(f) Patricia Palacios de Paterno  
Lda. Patricia Palacios de Paterno

(f) Ricardo Bressani  
Dr. Ricardo Bressani

Fecha de aprobación: Guatemala, 8 de diciembre de 2009

## PREFACIO

Guatemala es un país que, gracias a su clima, permite cultivar y cosechar frutas que no se cultivan en cualquier parte del mundo y que tienen una apariencia, olor y sabor único y exótico; todas estas características hacen que las frutas tengan alto potencial en el mercado nacional e internacional. Sin embargo, muchas son cosechadas por pequeños productores que no cuentan con los conocimientos tecnológicos necesarios para transformarlas y conservarlas, no cuentan con el equipo adecuado o no poseen los recursos económicos suficientes para hacerlo. Un ejemplo de fruta exótica que se pierde en Guatemala por la falta de un método de conservación adecuado es el zapote.

En el campo de tecnología de alimentos, existen diferentes métodos que son económicos y que no requieren de equipo sofisticado ni mucha energía. Uno de ellos es la técnica de Métodos Combinados. Con el objetivo de conservar puré de zapote por métodos combinados, la pulpa de la fruta se sometió a escaldado, se transformó en puré y se agregaron azúcares (glucosa y fructosa), acidulante (ácido cítrico) y antimicrobianos (sorbato de potasio, bisulfito de sodio y vainillina). El resultado fue un puré de zapote, conservado adecuadamente a temperatura ambiente, que puede ser utilizado como ingrediente base de otros productos como helados, yogurt, pasteles, entre otros.

Lo anterior constituye a la investigación como un aporte de conocimientos tecnológicos que puede ser utilizado por pequeños productores que trabajen con zapote. De este modo se reducirán las pérdidas de la fruta, se contribuirá de alguna manera al desarrollo óptimo de la producción de zapote, se aumentará su comercialización generando una ganancia económica para los mismos productores y se aumentará la competitividad del sector agropecuario, lo cual tendrá un impacto en el desarrollo sostenible de micro y pequeñas empresas en Guatemala.

Agradezco a Dios por nunca fallarme ni abandonarme, por llenarme de todos sus dones y de muchas bendiciones. Y a la Virgencita por su intercesión y la fortaleza que me da día a día.

Agradezco también a mi familia, especialmente a mis padres Edgar y Nancy, porque siempre me demostraron todo su apoyo y amor. A mis hermanos, Gaby y Emanuel, porque siempre me hacen reír. A mis abuelitos que siempre están pendientes de mí.

A los amigos que siempre han estado para mí, tanto en momentos buenos como en momentos malos, por hacerme ver que la amistad es uno de los tesoros más valiosos en la vida.

Agradezco a mi asesora, Licenciada Ana Silvia Colmenares y a todas las personas que colaboraron en la elaboración de este trabajo, por el tiempo dedicado.

## CONTENIDO

	Página
PREFACIO .....	v
LISTA DE TABLAS .....	viii
LISTA DE GRÁFICAS.....	xii
LISTA DE FIGURAS .....	xiii
RESUMEN.....	xiv
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
III. JUSTIFICACIÓN, DELIMITACIÓN E IMPACTO DEL TEMA .....	4
IV. MARCO TEÓRICO .....	7
V. ANTECEDENTES.....	19
VI. DISEÑO DEL EXPERIMENTO.....	35
VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	38
VIII. CONCLUSIONES .....	61
IX. RECOMENDACIONES .....	63
X. BIBLIOGRAFÍA .....	64
XI. APÉNDICE	
APÉNDICE 1: Gráfica 7. Actividad de agua en función de la concentración de soluciones de solutos .....	66
APÉNDICE 2: ANÁLISIS DE VARIANZA .....	67
APÉNDICE 3: DATOS ORIGINALES.....	74
APÉNDICE 4: CÁLCULOS DE MUESTRA.....	79
APÉNDICE 5: DETERMINACIÓN DE VIDA DE ANAQUEL .....	81
APÉNDICE 6: ANÁLISIS DE COSTO DE ELABORACIÓN DE PURÉ DE ZAPOTE CONSERVADO POR MÉTODOS COMBINADOS.....	87

## LISTA DE TABLAS

1. Clasificación del zapote .....	24
2. Clasificación del zapote según el tamaño .....	25
3. Producción nacional de zapote en el año 2003 reportado por el Instituto Nacional de Estadística en el Censo Agropecuario de 2003 .....	25
4. Épocas de producción de zapote en Centroamérica.....	26
5. Caracterización física del zapote .....	38
6. Resultados de color de la pulpa de zapote obtenidos con el Colorímetro Hunter Lab .....	38
7. Caracterización química del zapote .....	40
8. Resultados obtenidos en el análisis de textura con el Texturómetro.....	41
9. Formulación. Gramos de soluto, conservantes y acidulantes utilizados por 1 kg de puré de zapote .....	42
10. °Brix, actividad de agua (Aw) y pH de las diferentes formulaciones al inicio (día 0), 2 semanas (14 días) y 1 mes (30 días) después .....	43
11. Variación de los valores de L, a y b en el día 0 y a los 30 días ....	47
12. Análisis descriptivo del color.....	50
13. Picos de fuerza (+) y picos de fuerza (-) promedios determinados para cada muestra de puré de zapote.....	52
14. Resultados de vida de anaquel.....	57
15. Costos de elaboración de puré con diferentes empaques.....	59
16. Porcentajes de zapote utilizado y zapote perdido .....	60
17. Ejemplo de rendimiento de pulpa de zapote después de eliminar partes oscuras de la fruta durante la elaboración de este estudio.....	60
18. Análisis de varianza para el cambio de luminosidad	

(valor L) de la pulpa de zapote cuando es sometido a un proceso de escaldado.....	67
19. Análisis de varianza para el cambio del valor a de la pulpa de zapote cuando es sometido a un proceso de escaldado .....	68
20. Análisis de varianza para el cambio del valor b de la pulpa de zapote cuando es sometido a un proceso de escaldado .....	69
21. Análisis de varianza para el cambio de la luminosidad en los cuatro purés y al pasar el tiempo (30 días).....	70
22. Análisis de varianza para el cambio de °Brix en los cuatro purés y al pasar el tiempo (30 días).....	71
23. Análisis de varianza para el cambio de actividad de agua en los cuatro purés y al pasar el tiempo (30 días).....	72
24. Análisis de varianza para el cambio de pH en los cuatro purés y al pasar el tiempo (30 días).....	73
25. Determinación de °Brix, Porcentaje de Humedad, Actividad de agua (Aw) y pH en triplicado de la pulpa de zapote .....	74
26. Largo, diámetro, peso de zapote entero, peso de semilla y peso de cáscara medido en 10 muestras.....	74
27. Valores de L, a y b determinados por el colorímetro para el zapote fresco y zapote escaldado, en triplicado.....	74
28. Pico de fuerza (+) y Pico de fuerza (-) determinados en triplicado por el texturómetro para el zapote crudo y para el zapote escaldado.....	75
29. Pico de fuerza (+) y Pico de fuerza (-) determinados en triplicado por el texturómetro para los cuatro purés preparados .....	75

30. Determinación en triplicado de °Brix, actividad de agua y pH para cada puré preparado, en el día 0.....	76
31. Determinación en triplicado de °Brix, actividad de agua y pH para cada puré preparado, en el día 14.....	76
32. Determinación en triplicado de °Brix, actividad de agua y pH para cada puré preparado, en el día 30.....	77
33. Valores de L, a y b determinados en triplicado por el colorímetro para los cuatro purés preparados, en el día 0 .....	77
34. Valores de L, a y b determinados en triplicado por el colorímetro para los cuatro purés preparados, en el día 30 .....	78
Para muestras de puré de zapote con sacarosa y sorbato de potasio:	
35. Conteos de mohos y levaduras a 25°C en los días 0, 7, 14 y 21 y Función de calidad F(A) utilizado para graficar .....	81
36. Conteos de mohos y levaduras a 25°C en los días 0, 7, 14 y 21 y Función de calidad F(A) utilizado para graficar .....	81
37. Conteos de mohos y levaduras a 25°C en los días 0, 7, 14 y 21 y Función de calidad F(A) utilizado para graficar .....	81
Para muestras de puré de zapote con sacarosa y Vainillina:	
38. Conteos de mohos y levaduras a 25°C en los días 0, 7, 14 y 21 y Función de calidad F(A) utilizado para graficar .....	85
39. Conteos de mohos y levaduras a 25°C en los días 0, 7, 14 y 21 y Función de calidad F(A) utilizado para graficar .....	85
40. Conteos de mohos y levaduras a 25°C en los días 0, 7, 14 y 21 y Función de calidad F(A) utilizado para graficar .....	86

Para la presentación de 2 kg en un recipiente de polietileno de alta densidad	
41. Costo de elaboración de puré de zapote conservado por métodos combinados, utilizando en la formulación sacarosa y sorbato de potasio .....	87
42. Costo de elaboración de puré de zapote conservado por métodos combinados, utilizando en la formulación sacarosa y vainillina .....	87
43. Costo de elaboración de puré de zapote conservado por métodos combinados, utilizando en la formulación glucosa y sorbato de potasio .....	88
44. Costo de elaboración de puré de zapote conservado por métodos combinados, utilizando en la formulación glucosa y vainillina.....	88
Para la presentación de 400 g en una bolsa de polietileno de alta densidad	
45. Costo de elaboración de puré de zapote conservado por métodos combinados, utilizando en la formulación sacarosa y sorbato de potasio .....	89
46. Costo de elaboración de puré de zapote conservado por métodos combinados, utilizando en la formulación sacarosa y vainillina .....	89
47. Costo de elaboración de puré de zapote conservado por métodos combinados, utilizando en la formulación glucosa y sorbato de potasio .....	90
48. Costo de elaboración de puré de zapote conservado por métodos combinados, utilizando en la formulación glucosa y vainillina.....	90

## LISTA DE GRÁFICAS

1. Variación de °Brix en el tiempo para los 4 purés de zapote con diferentes formulaciones .....	44
2. Variación de $A_w$ en el tiempo para los cuatro purés de zapote con diferentes formulaciones.....	44
3. Variación de pH en el tiempo para los 4 purés de zapote con diferentes formulaciones.....	45
4. Comparación de valores L, a y b entre el zapote fresco, zapote escaldado y los cuatro purés en el día 0 .....	47
5. Disminución de los valores de L, a y b para los cuatro purés de zapote desde el día 0 a los 30 días.....	49
6. Comparación de la textura de los cuatro purés de zapote con diferentes formulaciones .....	52
7. Actividad de agua en función de la concentración de soluciones de solutos comúnmente utilizados en la formulación de alimentos de alta humedad y de humedad intermedia .....	66
8. Conteo de mohos y levaduras vrs tiempo a diferentes temperaturas.....	82
9. Función de calidad $F(A)$ vrs tiempo, a diferentes temperaturas .....	83
10. $\ln(k)$ vrs $1/T$ .....	84

## LISTA DE FIGURAS

1. Diagrama de flujo para la producción de fruta autoestable de alta humedad .....	18
2. Diagrama de Flujo del proceso para obtener pulpa congelada .....	28
3. Diagrama de Flujo del proceso para la producción de dulces .....	29
4. Diagrama de Flujo del proceso para la producción de helados.....	30
5. Diagrama de Flujo del proceso para la producción de yogurt .....	31
6. Resultados de los valores L, a y b para el zapote fresco y zapote escaldado.....	39
7. Fotografía del zapote.....	39
8. Ejemplo de gráficas obtenidas con el Texturómetro.....	41
9. Resultados de los valores L, a y b para las cuatro muestras de puré con diferentes formulaciones al inicio (día 0).....	46
10. Círculo Cromático utilizado para análisis descriptivo de color.....	50

## RESUMEN

Este trabajo consiste en la aplicación de la tecnología de Métodos Combinados para la conservación de puré de zapote. Esta fruta tiene gran potencial en el mercado tanto nacional como internacional, debido a que es considerada una fruta exótica por su extraña apariencia y sabor único. Sin embargo, el zapote es una fruta con vida post cosecha muy breve, por lo que su mercado, a pesar de ser amplio, es bastante estacional y limitado. Además el conocimiento de la tecnología para su transformación y conservación es escaso, siendo esto una de las causas principales de la pérdida de la fruta. Es por esto que es necesaria la investigación en los métodos de conservación. Estos métodos deben ser eficaces y económicos; deben ser métodos que no requieran de equipo sofisticado, ya que pequeños productores no cuentan con los recursos económicos suficientes, ni con el equipo adecuado para el procesamiento del producto. Uno de estos métodos es la técnica de conservación llamada Métodos Combinados, la cual consiste en escaldar para inactivar enzimas responsables del pardeamiento enzimático, agregar solutos con capacidad de enlazar agua y disminuir la  $A_w$ , acidulantes para llevar el producto a un pH menor a 4 y antimicrobianos como conservantes.

En este trabajo, primero se realizó una caracterización física del zapote, determinando su diámetro, largo, peso del fruto, peso de la cáscara, peso de la semilla, color de la pulpa y de la cáscara. También se hizo una caracterización química, determinando cantidad de sólidos solubles, pH, actividad de agua y porcentaje de humedad de la pulpa.

Luego, con el objetivo de conservar puré de zapote por métodos combinados, la pulpa de la fruta se sometió a escaldado, y se prepararon 4 purés de zapote con diferentes formulaciones. A dos se les agregó sacarosa, ácido cítrico y bisulfito de sodio; la diferencia fue que a uno se le agregó sorbato de potasio como conservante y al otro

se le agregó vainillina. A los otros dos purés se les agregó glucosa, ácido cítrico y bisulfito de sodio; aquí también la variante fue que a uno se le agregó sorbato de potasio y a otro vainillina como conservante. A los cuatro purés se les realizaron, análisis descriptivos de color utilizando una cartilla de colores, pruebas analíticas de color utilizando un Colorímetro, pruebas analíticas de textura utilizando un Texturómetro, y determinación de sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix), pH y actividad de agua ( $A_w$ ). Durante 60 días se observó la variación de sólidos solubles, pH y actividad de agua de los purés. Durante 8 semanas se observó la variación de color en los purés.

Se determinó mediante la prueba de la peroxidasa que el tiempo óptimo de escaldado fue de 2 minutos, y no se observó un pardeamiento significativo en ninguno de los cuatro purés durante los 30 días de observación.

Mediante la adición de ácido cítrico se llevó el puré de zapote con sacarosa y vainillina a un pH de  $3.37 \pm 0.058$ , el puré con sacarosa y sorbato de potasio a un pH de  $3.47 \pm 0.058$ , el puré con glucosa y vainillina a un pH de  $3.43 \pm 0.058$  y el puré con glucosa y sorbato de potasio a un pH de  $3.60 \pm 0.00$ . Estas condiciones ácidas previnieron y dificultaron el crecimiento microbiano, pues no se observó el crecimiento de mohos o fermentación durante los 30 días de observación.

Los dos purés con sacarosa alcanzaron mayor cantidad de sólidos solubles,  $50.5 \pm 0.1$   $^{\circ}$ Brix para el puré con sacarosa y vainillina y  $50.2 \pm 0.1$   $^{\circ}$ Brix para el puré con sacarosa y sorbato de potasio. Los purés con glucosa obtuvieron los valores de  $^{\circ}$ Brix menores, siendo  $46.5 \pm 0.1$   $^{\circ}$ Brix para el puré con glucosa y vainillina y  $42.0 \pm 0.2$   $^{\circ}$ Brix para el puré con glucosa y sorbato de potasio. Esto se debe a que se agregó mayor cantidad de sacarosa que de glucosa por kilogramo de puré, pues la glucosa tiene mayor poder que la sacarosa para enlazar agua y se necesita de menor cantidad para alcanzar una  $A_w$  determinada.

Los purés con sacarosa presentaron menor  $A_w$  ( $0.914 \pm 0.00058$  para el puré con sacarosa y vainillina y  $0.910 \pm 0.00252$  para el puré con sacarosa y sorbato de potasio) que los purés con glucosa ( $0.945 \pm 0.00265$  para el puré con glucosa y vainillina y  $0.963 \pm 0.00954$  para el puré con glucosa y sorbato de potasio). Esto ocurrió debido a que la sacarosa se hidrolizó por estar en un medio ácido, originando glucosa y fructosa. Esta hidrólisis disminuyó la  $A_w$  del puré debido a la mayor capacidad de la glucosa y de la fructosa para reducirla.

En cada una de las 4 formulaciones se mantuvieron casi constantes los °Brix, la  $A_w$  y el pH al pasar el tiempo, en este caso 30 días. Esto es lo deseado ya que las condiciones de conservación establecidas desde un inicio se mantuvieron a lo largo del tiempo.

El puré de zapote se almacenó en recipientes de polietileno de alta densidad con tapadera ya que este tipo de empaque fue fácil de manejar y transportar, al ser un material relativamente duro se evitó problemas como el rompimiento de bolsas flexibles o frascos de vidrio, además de que se tiene la ventaja que se puede almacenar mayor cantidad de producto en un envase, en comparación con los frascos de vidrio o las bolsas flexibles por lo que se requiere de menor espacio para almacenar y/o transportar mayor cantidad de producto, lo cual resulta en un ahorro económico.

Se concluyó que la técnica de métodos combinados sí conservó adecuadamente los cuatro purés de zapote, preparados con diferentes formulaciones, durante 30 días de observación.

Se recomienda realizar en un futuro pruebas sensoriales con este producto, no como tal (puré de zapote conservado por métodos combinados), sino como ingrediente de cierto producto, por ejemplo helados o yogurt, con el objetivo de determinar si es agradable al consumidor, o si es necesario modificar alguna formulación de tal forma que además de conservar el puré también sea agradable al paladar del consumidor.

## I. INTRODUCCIÓN

El zapote es considerado como una fruta exótica por su extraña apariencia y sabor único. Es una fruta que ha tenido escasa promoción y presentación, por lo que tiene potencial para ser introducido en el mercado a nivel nacional e internacional como una fruta novedosa, cuyo sabor, aroma y apariencia son desconocidos muchas veces por el consumidor. (De Cáceres, E. 2007)

Guatemala es un país productor de zapote. Según PROFRUTA/MAGA, en Guatemala se encuentran sembrados un total de 793,970 hectáreas de zapote, las cuales están concentradas en su mayoría en Petén (21%), Escuintla (20.6%), Izabal (11.67%), Suchitepéquez (10.93), Santa Rosa (8.38%), Retalhuleu (7.36%) y otros departamentos en menor escala como Jutiapa, Quetzaltenango, San Marcos, Huehuetenango, Chiquimula, Zacapa y Guatemala. (Linares, H. 2006)

Sin embargo, el desarrollo óptimo de su producción ha sido frenado por el poco conocimiento que se tiene sobre la cadena productiva del producto y la tecnología para su transformación agroindustrial. (Ortiz, A., Rodríguez, F., Cuellar, B., *et. al.* 2000) El zapote es una fruta estacional, por lo que no está disponible en todo el año, además de ser una fruta que se pierde mucho por mal manejo postcosecha, o por falta de tecnología adecuada para su conservación.

En estudios anteriores realizados por la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala y PROFUTA, se estimó el potencial de mercado para consumo interno y externo del zapote. Según los resultados, niños y adultos de la ciudad capital de Guatemala mostraron buena aceptación de la mermelada de zapote, ya que más del 60% de los consultados indicaron que el color, sabor y consistencia eran muy buenos. Además mostraron interés en comprar el producto cuando esté disponible en el mercado. En cuanto a la demanda internacional, los turistas también reportaron buena aceptación de la mermelada en cuanto a su color, sabor y consistencia, siendo el grupo latinoamericano el que mostró mayor aceptación e interés en comprar el producto cuando esté disponible en el mercado. (Ortiz, A., Guicoy, T., Quelex, M. y Gramajo, F. 2009) Esto demuestra que productos de zapote son bien aceptados en el mercado nacional e internacional.

Se han identificado 10 procesos de transformación para la pulpa y la semilla del zapote en Guatemala, y de todos estos la producción de pulpa congelada es el principal. La pulpa del zapote se consume en estado natural o en alimentos procesados como helado, yogurt, conservas, pasteles, jugos, refrescos, dulces, mermeladas, compotas, pulpa deshidratada e incluso vino elaborado a partir de la pulpa y aceite extraído de la semilla. (Ortiz, A., Rodríguez, F., Cuellar, B., *et. al.* 2000)

Algunos productores no cuentan con los recursos económicos suficientes y/o con equipo adecuado necesario para la transformación y/o conservación de la fruta. Por otro lado, si cuentan con ellos, los procesos consumen mucha energía (tal es el caso de la congelación). Estos son obstáculos que impiden a los productores optimizar los procesos de transformación del zapote.

Este trabajo proporciona información sobre aspectos tecnológicos para la conservación de pulpa de zapote, basados en la técnica de métodos combinados, en donde se establecen las condiciones adecuadas para inactivar enzimas, disminuir el pH y la actividad de agua ( $A_w$ ) en pulpa de zapote, con el fin de producir un alimento de alta humedad y baja  $A_w$ . Además se establece el empaque adecuado para el producto.

Esta técnica es relativamente económica ya que no necesita de energía para el procesamiento, no requiere de maquinaria o equipo especializado, ni de mucho tiempo. Además se conservan las características organolépticas del alimento, así como su inocuidad.

Con este conocimiento tecnológico se contribuirá a la optimización de la producción y transformación del zapote, y por consiguiente, a un aumento de su mercadeo.

## II. OBJETIVOS

### General

- Utilizar la técnica de métodos combinados para la conservación de pulpa de zapote.

### Específicos

1. Establecer las condiciones adecuadas para
  - Inactivar enzimas.
  - Disminuir el pH.
  - Disminuir la actividad de agua ( $A_w$ ).en puré de zapote, con el fin de producir un alimento de alta humedad y baja  $A_w$ .
2. Establecer el empaque adecuado para el producto.
3. Determinar la vida de anaquel del producto.
4. Realizar un análisis económico del costo de elaboración de puré de zapote conservado por métodos combinados.

### III. JUSTIFICACIÓN, DELIMITACIÓN E IMPACTO DEL TEMA

A pesar que la producción frutícola arbórea ha aumentado en los últimos años en Guatemala, se ha hecho énfasis a pocas especies como mango, aguacate y limón, las cuales ya cuentan con tecnología de producción adaptada al medio, mercados y sistemas de comercialización de Guatemala. (Ortiz, A., Rodríguez, F., Cuellar, B., *et. al.* 2000)

Así como estas especies de frutas, existen otras en el país que, ya sean frescas o procesadas, tienen gran demanda nacional e internacional, pero el desarrollo óptimo de su producción ha sido frenado por el poco conocimiento que se tiene sobre la cadena productiva del producto y la tecnología para su transformación agroindustrial. (Ortiz, A., Rodríguez, F., Cuellar, B., *et. al.* 2000)

El zapote es una especie de fruta arbórea que tiene potencial de desarrollo en Guatemala. En cuanto a la producción a nivel nacional, según PROFRUTA/MAGA, en Guatemala se encuentran sembrados un total de 793,970 hectáreas de zapote, las cuales están concentradas en su mayoría en Petén (21%), Escuintla (20.6%), Izabal (11.67%), Suchitepéquez (10.93%), Santa Rosa (8.38%), Retalhuleu (7.36%) y otros departamentos en menor escala como Jutiapa, Quetzaltenango, San Marcos, Huehuetenango, Chiquimula, Zacapa y Guatemala. (Linares, H. 2006)

A nivel mundial, el zapote es una de las frutas tropicales con demanda creciente. Según datos de la Organización de Agricultura y Alimentos (FAO), las exportaciones de zapote totales del mundo para el 2006 fueron de US\$956,963. Y en cuanto a Guatemala se refiere, los principales destinos de exportación durante el 2002-2006 fueron El Salvador con casi 60%, Honduras con 20.2%, Estados Unidos con 19.6%, Nicaragua 0.3% y el resto del mundo como Holanda, Canadá, España, entre otros, con menos del 0.1% en total. (Linares, H. 2006)

La desventaja en cuanto a comercialización es que el zapote es una fruta con vida post cosecha muy breve, por lo que su mercado nacional e internacional, a pesar de ser amplio, es bastante estacional y limitado. (Linares, H. 2006) El conocimiento de la tecnología para la transformación y conservación del zapote es escaso, siendo esto una

de las causas importantes de la pérdida de la fruta. Es por esto que es necesaria la investigación en los métodos de conservación.

En estudios anteriores realizados en Guatemala, se identificaron 10 procesos de transformación para la pulpa y la semilla del zapote, y de todos estos la producción de pulpa congelada es el principal. La pulpa del zapote se consume en estado natural o en alimentos procesados como helado, yogurt, conservas, pasteles, jugos, refrescos, dulces, mermeladas, compotas, pulpa deshidratada e incluso vino elaborado a partir de la pulpa y aceite extraído de la semilla. También se ha determinado que en la transformación industrial del zapote, uno de los problemas más relevantes es la falta de control de calidad que garantice la calidad del producto final, incluyendo el manejo post-cosecha hasta la venta al consumidor final, siendo de mayor interés lo referente al contenido microbiológico para evitar posibles cierres del mercado internacional. (Linares, H. 2006) (Ortiz, A., Rodríguez, F., Cuellar, B., *et. al.* 2000)

Algunos productores no cuentan con los recursos económicos suficientes y/o con equipo adecuado necesario para la transformación y/o conservación de la fruta. Por otro lado, si cuentan con ellos, los procesos consumen mucha energía (tal es el caso de la congelación y deshidratación). Es por esto que también se dan muchas pérdidas post cosecha del zapote.

Este trabajo proporciona información sobre aspectos tecnológicos para la conservación de pulpa de zapote. Se trabajó con la tecnología denominada "Métodos Combinados", en la cual se disminuyó la actividad de agua así como el pH del puré de zapote, se inactivaron enzimas que causan la degradación de la fruta y se agregaron conservantes, todo con el fin de aumentar la vida en anaquel del producto.

Como ventajas de la aplicación de estos métodos de conservación combinados se puede mencionar que es una técnica relativamente económica ya que no necesita energía para el procesamiento. Tampoco se requiere de maquinaria o equipo especializado, ni de mucho tiempo. Además se conservan las características organolépticas del alimento, como su sabor, aroma, color y textura, siendo apto para su consumo. Y por último, pero no menos importante, está el hecho de que también

conserva la inocuidad del alimento, evitando el crecimiento de microorganismos alteradores o patógenos.

Esta técnica contribuirá a la solución del problema de mercado limitado del zapote por ser una fruta estacional, ya que la fruta se mantendrá inocua y apta para su utilización o consumo por mayor tiempo durante el año. Al ser una alternativa relativamente económica, muchos productores la podrán aplicar dentro de sus procesos, disminuyendo las pérdidas de la fruta por ausencia o aplicación inadecuada de métodos de conservación, y por consiguiente también se reducirán las pérdidas económicas, favoreciendo la generación de ingresos. Por otro lado, con este método de conservación se evitará la contaminación microbiológica del producto, con lo cual también se puede colaborar a evitar el problema de posibles cierres del mercado internacional debido a la carga microbiológica. Además, con la aplicación de esta tecnología se le estará dando un valor agregado al producto que se esté comercializando.

En forma general, con este trabajo se contribuirá de alguna manera al desarrollo óptimo de la producción de zapote, aprovechando el alto potencial y demanda que tiene la fruta a nivel nacional e internacional. Al mismo tiempo se contribuirá a aumentar la competitividad del sector agropecuario, lo cual tendrá un impacto en el desarrollo sostenible de micro y pequeñas empresas en Guatemala y la introducción del país en el proceso de globalización.

## IV. MARCO TEÓRICO

### A. Tecnología de Métodos Combinados o Barreras:

Desde el punto de vista microbiológico, la conservación de alimentos consiste en exponer a los microorganismos a un medio hostil (por ejemplo a uno o más factores adversos) para prevenir o retardar su crecimiento, disminuir su supervivencia o causar su muerte. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

Los factores más importantes que controlan la velocidad de los cambios deteriorativos y la proliferación de los microorganismos en los alimentos son la disponibilidad de agua, el pH y la temperatura. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

La tecnología de Métodos combinados está basada en la aplicación simultánea de varios de estos factores de conservación en niveles bajos, los cuales actúan en sinergismo para mantener un producto estable. (Monteiro, H., Silva, F., Santos, D., *et. al.* 2003)

Los cambios sensoriales resultantes de esta tecnología son mínimos, y el producto final es similar al producto fresco. (Monteiro, H., Silva, F., Santos, D., *et. al.* 2003)

Uno de los métodos incluido en esta tecnología es la reducción de la actividad de agua por medio de la adición de solutos (como glucosa, sacarosa, cloruro de sodio, etc.). Este es un proceso de deshidratado osmótico, que consiste en colocar la fruta en una solución hiperconcentrada con el soluto. Además de la pérdida de agua, la fruta también gana sólidos, lo cual en algunos casos puede ser indeseable debido a que resulta en cambios sensoriales muy notorios. (Monteiro, H., Silva, F., Santos, D., *et. al.* 2003)

La estabilidad microbiológica de alimentos con contenido de agua reducido no es una función de su contenido de agua total sino de la proporción de agua que está disponible para las actividades metabólicas de los organismos. La mejor medida de la humedad disponible es la actividad de agua,  $a_w$ . La  $a_w$  óptima para el crecimiento de la mayor parte de los microorganismos está en el rango 0.99-0.98. Una  $a_w$  por debajo de

estos valores no favorecerá la proliferación de microorganismos. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

Otro método incluido es la reducción de pH. El pH óptimo para el crecimiento de la mayoría de las bacterias asociadas a alimentos está en el rango 6.5-7.5. Pero algunas bacterias patógenas pueden crecer a pH 4.2 y algunas bacterias alteradoras pueden multiplicarse en condiciones muy ácidas (pH = 2.0). En general, los hongos y las levaduras tienen mayor habilidad que las bacterias para crecer a pH ácidos, pudiendo proliferar a un valor de pH tan bajo como 1.5. Disminuir el pH debajo de 4.2 es una forma efectiva de lograr la inocuidad de algunos alimentos debido a la alta sensibilidad al pH de las bacterias patógenas. Sin embargo, para controlar el crecimiento de todos los microorganismos por pH, el pH requerido en ausencia de otros factores de conservación sería muy bajo (< 1.8) y ello causaría el rechazo de los productos por consideraciones sensoriales. La adición de acidulantes (como ácidos orgánicos: ácido cítrico, sórbico o propiónico) favorece la disminución del pH del alimento. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

También se incluye la adición de antimicrobianos. El ácido sórbico, el ácido benzoico y los compuestos sulfitados son los antimicrobianos más comunes utilizados en la formulación de los alimentos de alta e intermedia humedad. Se usan principalmente para inhibir el crecimiento de hongos y levaduras. La acción de estos conservadores depende fuertemente del pH, siendo más activos contra los microorganismos en los alimentos ácidos. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

## **B. Alimentos de Alta Humedad (AAH) y Alimentos de Humedad Intermedia (AIH):**

Existen dos categorías de alimentos con actividad de agua ( $a_w$ ) reducida.

### 1. Alimentos de Alta Humedad (AAH):

- Tienen un valor de  $a_w$  superior a 0.90. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)
- En este tipo de alimentos la reducción de  $a_w$  es un obstáculo con relativamente poca significancia, ya que la mayor parte de los microorganismos son capaces de proliferar (Leitsner, L., Gould, G., 2002).
- La estabilidad a temperatura ambiente se alcanza mediante la aplicación de la tecnología de barreras. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

- La combinación del tratamiento térmico suave (escaldado), la ligera reducción de la  $a_w$  (entre 0.93-0.98 por medio del agregado de solutos como glucosa o sacarosa), la disminución de pH (entre 4.1-3.0 por medio del agregado de acidulantes, como ácido cítrico) y la adición de antimicrobianos (como sorbato o benzoato, bisulfito o vainillina) aseguran una vida útil de 3 a 8 meses a temperatura ambiente para este tipo de productos. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

## 2. Alimentos de Humedad Intermedia (AHI):

- Tienen generalmente una  $a_w$  en el rango de 0.60-0.90. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)
- Tienen 10-50% de humedad. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)
- En este tipo de alimentos, las barreras adicionales proveen el margen de seguridad contra el deterioro por microorganismos resistentes a la reducción de  $a_w$  (principalmente hongos y levaduras, que pueden crecer a  $a_w$  tan bajo como 0.60), y también contra algunas especies bacterianas capaces de crecer cuando la  $a_w$  del alimento está cercana a 0.90. Es por esto que la reducción de  $a_w$  se combina frecuentemente con conservadores químicos y una reducción del pH. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)
- Otros AHI son sometidos a un tratamiento térmico que inactiva los microorganismos sensibles al calor, mientras que el proceso de llenado en caliente en recipientes cerrados asegura aún más la estabilidad microbiológica. (Leistner, L., Gould, G., 2002).
- Este tipo de alimento puede ser almacenado a temperatura ambiente durante varios meses, aún en climas tropicales. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)
- Puede ser consumidos sin rehidratación. Tienen la suficiente humedad para ser categorizados como “listos para consumir” sin provocar una sensación de sequedad, pero son lo suficientemente secos como para ser estables a temperatura ambiente. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)
- Como desventaja, debido a la incorporación de grandes cantidades de solutos, tales como azúcar o sal, para reducir la  $a_w$  hasta el nivel deseado, estos alimentos pueden ser muy dulces o muy salados, siendo no deseables desde el punto de vista nutricional y sensorial. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

Entre los productos a los cuales se les puede aplicar la tecnología de Métodos Combinados y almacenarse a temperatura ambiente pueden citarse: las frutas de alta

humedad similares a las frescas y los productos cárnicos cocidos, conservados por la interacción de tratamiento térmico suave,  $a_w$ , pH y antimicrobianos. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

### **C. Criterios para seleccionar los factores de conservación a combinar en el desarrollo de los productos frutícolas**

Para determinar cuál es la mejor combinación, se deben de tomar en cuenta:

1. Microorganismos que pueden estar presentes y desarrollarse: Las frutas poseen una piel gruesa, sustancias como aceites esenciales, antocianinas, ácido benzoico y benzaldehído que actúan como antimicrobianos, y ácidos orgánicos que causan que la fruta tenga un pH bajo, generalmente menor a 4.6. Estas son barreras que protegen a la fruta de contaminación microbiológica. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

Esta acidez y la naturaleza del ácido orgánico limitan el crecimiento de microorganismos, y permite el de aquellos que pueden sobrevivir en un medio ácido. Estos generalmente son hongos, levaduras y bacterias lácticas. Las levaduras y los hongos están presentes sobre la superficie de las frutas, pero no poseen los mecanismos necesarios para invadir los tejidos de las plantas. Algunos hongos producen micotoxinas antes y después de la cosecha. Otros hongos pueden penetrar la cutícula intacta de las hojas, tallos y frutos de la planta. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

En cuanto a bacterias patógenas, generalmente éstas no pueden crecer en frutas debido al bajo pH, pero sí pueden sobrevivir por suficiente tiempo como para provocar una enfermedad. Sin embargo la causa principal de enfermedades transmitidas por el consumo de frutas como hepatitis A, salmonelosis, listeriosis, entre otras, es la contaminación con desechos humanos o animales, o con agua de irrigación contaminada. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

En cuanto a microorganismos del deterioro, éstos pueden entrar a la fruta a través de aberturas naturales, o de heridas mecánicas causadas por mal manejo post cosecha. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

La fruta se puede contaminar por las condiciones de crecimiento, el suelo, agua, aire, animales, insectos, excrementos, por equipo sucio, por manos del manipulador contaminadas, por contaminación cruzada, etc. Todo esto determina la carga microbiana que presente la fruta. La fruta se hace más susceptible al ataque microbiano a medida que madura, ya que la pared celular se deteriora y también se disminuye la producción de compuestos antimicrobianos. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

2. Reacciones fisicoquímicas y bioquímicas que pueden ocurrir en el alimento: Algunos procesos como pelado, reducción de tamaño, extracción de pulpa, entre otros, permiten que las enzimas como clorofilasa, peroxidasa y polifenoloxidasa, tienen mayor contacto con sus sustratos, provocando mayor incidencia de reacciones enzimáticas del deterioro. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

En cuanto al color, las manchas marrones se deben a:

- Reacciones enzimáticas: por enzimas como peroxidasa y polifenoloxidasa por ejemplo, que catalizan la oxidación de compuestos fenólicos cuando hay tejidos de frutas dañados expuestos al aire. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)
- Reacciones no enzimáticas: como reacción de Maillard, caramelización de azúcares y reacción oxidativa de ácido ascórbico. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

El color se puede ver afectado por:

- La conversión de clorofila a feofitina por acidificación.
- Modificación de antocianinas por oxidación catalizada por lipoxigenasa y acidificación del medio.
- Las clorofilas, antocianinas y carotenoides pueden perderse por difusión al medio, disminuyendo la intensidad del color en la fruta. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

En cuanto a las propiedades mecánicas de la fruta, éstas cambian principalmente durante la maduración y almacenamiento debido principalmente a modificaciones estructurales, como por ejemplo deterioro de la pared celular. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

3. Infraestructura y equipo disponible: La tecnología de Métodos Combinados se realiza de forma simple y económica ya que no necesita energía para el procesamiento.

Tampoco se requiere de maquinaria o equipo especializado, ni de mucho tiempo. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

4. Características sensoriales, vida útil y requisitos de envasado de los productos: Con la tecnología de Métodos Combinados se conservan las características organolépticas del alimento, como su sabor, aroma, color y textura, siendo apto para su consumo. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

También se conserva tanto la calidad como la inocuidad del alimento, evitando el crecimiento de microorganismos alteradores o patógenos, y por consiguiente, el deterioro del alimento, aumentando así su vida útil. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

Generalmente, se utilizan envases de vidrio. En este trabajo se obtendrá un puré de zapote, cuyo empaque serán bolsas de material adecuado y resistente. Esta es una alternativa económica pues el vidrio es el material más caro. También es una alternativa conveniente debido a su fácil manipulación y transporte.

#### **D. Técnicas para reducir la disponibilidad de agua:**

1. Proceso de deshidratación: el objetivo de un proceso de deshidratación es remover parcialmente el agua contenida en un producto. Los métodos más utilizados son secado solar o secado con aire caliente. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

2. Agregar solutos: se puede hacer por los dos métodos siguientes:

- Infusión húmeda: los solutos se mezclan con agua, formando una solución de baja actividad de agua, y luego el alimento se sumerge en esta solución. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)
- Infusión seca: los solutos se mezclan directamente con el alimento. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

En ambos métodos se pueden agregar, junto con los solutos, agentes como conservantes, antimicrobianos, antioxidantes, etc., para conservar la calidad e inocuidad del alimento, sin causarle daños estructurales. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

Lo que se está haciendo con estos métodos es un proceso de deshidratado osmótico, en el cual ocurre un flujo de agua desde el alimento al medio, un flujo de soluto desde el medio al alimento, y un flujo de los solutos propios del alimento hacia el medio. Los tres flujos ocurren al mismo tiempo. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

Si se controlan estos tres flujos, es posible lograr diferentes combinaciones de pérdida de agua y ganancia de solutos del alimento. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

Una alternativa para el tratamiento de alimentos porosos con una infusión húmeda es realizarlo al vacío. En este caso, el gas o líquido interno situado dentro de los poros abiertos del alimento se intercambia por la fase líquida externa debido a cambios de presión. La ventaja de esta alternativa es que los tiempos de equilibrio (es decir, alcanzar la actividad de agua deseada) son menores que a presión atmosférica. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

3. Una combinación de las técnicas anteriores, primero adición de solutos y posteriormente un proceso de deshidratado: Comparado con la aplicación de sólo un proceso de secado, con esta combinación se obtiene mayor estabilidad de los pigmentos que proporcionan el color al alimento, se intensifica el sabor y aroma, se mejora la textura, y se logra una mayor carga para el secador debido a que se reduce el volumen y peso del alimento. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

Comparado con la aplicación de sólo un proceso de adición de solutos, el aroma y el sabor del alimento se modifican de forma menos severa debido a la menor cantidad de solutos. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

## **E. Barreras utilizada en la aplicación de la tecnología de Métodos Combinados**

1. Escaldado: Es una operación de control crítica en el procesamiento de frutas autoestables, que consiste en la exposición de piezas del alimento a altas temperaturas durante pocos minutos. Se puede realizar en agua caliente o en agua a ebullición, pero generalmente se prefiere usar vapor de agua saturado ya que permite la retención de propiedades sensoriales y nutricionales, como la retención de vitaminas solubles en agua. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

Su objetivo es destruir las enzimas que podrían deteriorar las frutas, pero con este proceso también se reduce la carga microbiana inicial mediante la inactivación de microorganismos sensibles al calor. Las altas temperaturas utilizadas son letales para las levaduras, la mayoría de los hongos y los microorganismos aeróbicos. En estudios anteriores se ha determinado que el escaldado reduce la carga microbiana entre un 60 y un 99%, y además tiene un efecto sobre los microorganismos sobrevivientes haciéndolos más susceptibles al daño por el estrés impuesto por la reducción de pH y de actividad de agua, y por la presencia de antimicrobianos. (Alzamora, S., *et. al.* 2004).

2. Solutos: Como se mencionó anteriormente, los solutos se utilizan para disminuir la actividad de agua en el alimento. Entre mayor sea la concentración de solutos disueltos, mayor será la disminución de la actividad de agua. Para elegir dichos compuestos, se debe tomar en cuenta aspectos como capacidad para reducir la actividad de agua, solubilidad y costo, pero también es necesario tomar en cuenta las características organolépticas deseadas en el producto final. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

Algunos ejemplos de solutos utilizados son sal, sacarosa, glicerol, fructosa, glucosa, jarabes de maíz, sorbitol, dextrosa, lactosa, entre otros. En el caso de frutas, debido a su sabor dulce generalmente se eligen azúcares como glucosa, fructosa y sacarosa, y a algunos polioles como glicerol. También puede utilizarse un jugo de fruta concentrado como solución osmótica, obteniéndose un producto de origen totalmente frutícola. Si se utiliza sacarosa como soluto, durante el almacenamiento del producto ésta se hidroliza formando glucosa y fructosa; esta hidrólisis disminuye la actividad de agua de la fruta conservada debido a la mayor capacidad de la glucosa y de la fructosa para reducir la actividad de agua (la glucosa y fructosa tienen la misma capacidad para disminuir la actividad de agua), incrementando el efecto de la barrera en el crecimiento microbiano. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

Los azúcares de bajo peso molecular como glucosa, fructosa y sorbitol, favorecen la ganancia de azúcar debido a la fácil penetración de las moléculas en el alimento, por lo que se dará en mayor proporción un enriquecimiento de sólidos, y en menor medida una deshidratación. Por el contrario, los azúcares de alto peso molecular favorecen la deshidratación frente a la ganancia de sólidos. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

Si un soluto provee un sabor dulce demasiado intenso, existen varias alternativas para evitarlo. Una puede ser el uso de un valor de actividad de agua tan alto como sea posible, pero que sea compatible con la estabilidad del producto; otra puede ser la elección del azúcar con menor sabor dulce; se pueden utilizar otros métodos para ajustar la actividad de agua como la combinación de deshidratado osmótico y secado; también se puede balancear la relación °Brix de la fruta / acidez para lograr mejor sabor. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

En el Anexo 1, se presenta la Gráfica No.1 donde se muestra la actividad de agua en función de la concentración de soluciones de solutos comúnmente utilizados en la formulación de alimentos de alta humedad y de humedad intermedia. Esta gráfica es la que se utilizará para la determinación de la cantidad de soluto a agregar a la pulpa de zapote para reducir la  $a_w$  al valor deseado.

3. Antimicrobianos: Dentro de los antimicrobianos comúnmente utilizados están el ácido sórbico, el ácido benzoico y los componentes sulfitados. Estos se utilizan con el fin de inhibir el crecimiento de hongos y levaduras principalmente. Estos conservantes son más activos contra los microorganismos cuando el alimento es ácido. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

El efecto antimicrobiano de los ácidos débiles se debe por un lado a su influencia en el pH del alimento, y por otro al efecto que tiene la forma no dissociada del ácido, ya que permea la membrana celular actuando como transportador de protones. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

El ácido sórbico se degrada apreciablemente en función del tiempo, la temperatura y el pH durante el almacenamiento de las frutas conservadas, perdiendo su efectividad como barrera. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

Los sulfitos como dióxido de azufre, metabisulfito de sodio o de potasio, sulfito de sodio y de potasio y bisulfito de sodio o de potasio, tienen funciones como prevenir las reacciones de oxidación, reacciones de pardeamiento enzimático y no enzimático, actúan como agentes blanqueadores, estabilizan el color, estabilizan el ácido ascórbico

y actúan como antibacterianos y antimicóticos. En las frutas de humedad alta e intermedia, los sulfitos se usan en proporciones muy pequeñas generalmente para inhibir el pardeamiento no enzimático y como antimicóticos. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

La concentración de sulfito disminuye durante el almacenamiento de estos productos, todavía más rápido y más completamente que los sorbatos, y por consiguiente disminuye también su efectividad como barrera. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

Es importante mencionar que, principalmente en los países desarrollados, se cuestiona la inocuidad de muchos aditivos alimenticios, como por ejemplo de algunos conservantes que se mencionaron anteriormente. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

Una alternativa para no utilizar conservantes sintéticos es utilizar extractos de varios tipos de plantas y partes de plantas que, además de ser usadas como saborizantes en alimentos, han sido reconocidas como antimicrobianos. En muchos países en desarrollo, estos extractos naturales se prefieren a los sintéticos porque son más baratos y accesibles. Un ejemplo de este tipo de extracto es la vainillina, componente cristalino de la vaina de la vainilla, que puede reemplazar total o parcialmente el ácido sórbico y a los sulfitos en la formulación, ya que es compatible con las características organolépticas de varias frutas en concentraciones de hasta 3,000 ppm. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

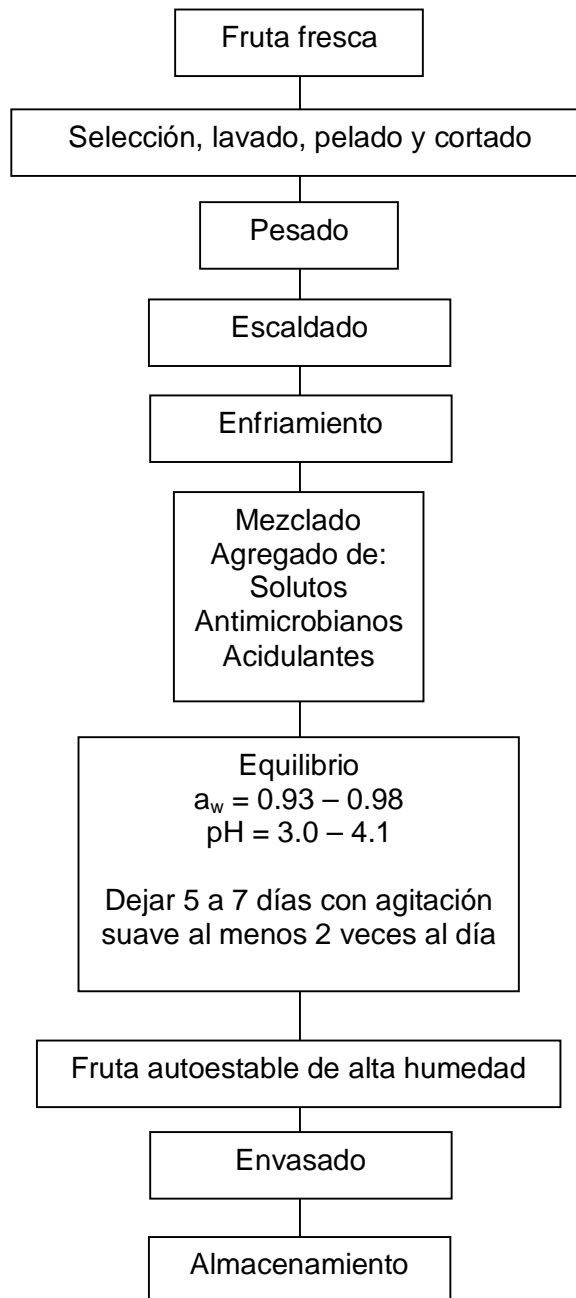
4. Acidulante: El pH del alimento determina el tipo de organismo que puede sobrevivir y proliferarse, su velocidad de crecimiento, la actividad de los conservantes y la estabilidad de algunos nutrientes, como vitaminas. En el caso de las frutas, éstas pueden tolerar reducciones de pH sin alterar su sabor y aroma. El pH de frutas se controla a un valor cercano al de la fruta fresca, o en caso de frutas con mayor pH, éste se ajusta a valores menores. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

Para escoger el acidulante se deben tomar en cuenta aspectos como tipo de fruta, costo y balance azúcar / acidez. Los ácidos más utilizados son el cítrico y el fosfórico, debido a que son económicos y tienen compatibilidad sensorial. En el caso del ácido cítrico este también previene el pardeamiento enzimático, ya que inhibe la polifenoloxidasa reduciendo el pH y secuestrando el cobre en el sitio activo de la enzima. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

**F. Elaboración de frutas autoestables de alta humedad conservadas por la tecnología de Métodos Combinados:**

Con el presenta trabajo se obtendrá un puré de zapote con una  $a_w$  final de 0.96, por medio de una infusión seca. Esto lo clasifica como alimento de alta humedad (AAH). Es por esto que a continuación se presenta el diagrama de flujo del procedimiento para la elaboración de productos autoestables de alta humedad conservados por la tecnología de barreras.

Figura 1: Diagrama de flujo para la producción de fruta autoestable de alta humedad (infusión seca)



(Alzamora, S., *et. al.* 2004)

## **V. ANTECEDENTES**

### **A. La tecnología de Métodos Combinados aplicada a la conservación de frutas**

La producción de jugos, concentrados y purés de frutas puede ser una buena alternativa para no perder producto que esté de sobra o rechazado, que no cumple con las características deseadas para ser consumido como fruta fresca, pero que sigue siendo un producto apto para ser procesado. (Guerrero, S., Alzamora, S. 1997)

Los métodos tradicionales para procesar fruta de sobra, como rodajas enlatadas, purés, fruta deshidratada o congelada o productos de humedad intermedia, no han sido exitosos debido a un alto costo de procesamiento, carencia de mercado y/o problemas inherentes a la calidad de la fruta, entre otros factores. (Guerrero, S., Alzamora, S. Gerschenson, L. 1996)

Procesos mínimos de preservación basados en el concepto “de barrera” o “métodos combinados” han sido desarrollados para obtener purés de frutas con vida de anaquel estable. (Guerrero, S., Alzamora, S. 1997) Esta combinación de procedimientos interfiere con los mecanismos homeostáticos que operan en microorganismos, evitando la aplicación severa de un solo factor de conservación, con la consecuente mejora en la calidad del producto. La tecnología de factores combinados ha sido aplicada exitosamente para preservar frutas tropicales y subtropicales como melocotón, papaya, piña y mango. (Guerrero, S., Alzamora, S. Gerschenson, L. 1996)

En estudios anteriores ha utilizado la tecnología métodos combinados para preservar puré de banano, que sería almacenado a temperaturas entre 15 a 35°C durante 4 meses. Como las barreras combinadas se utilizaron bisulfito de sodio, sorbato de potasio y ácido ascórbico, y se redujo levemente la actividad de agua y el pH, y también se aplicó un tratamiento de calor medio. (Guerrero, S., Alzamora, S. Gerschenson, L. 1996)

## **B. Vainillina como agente antimicrobiano**

La vainillina (4-hidroxi-3-metoxibenzaldehído) es un constituyente de la vaina de vainilla y es uno de los principales compuestos saborizantes utilizados en numerosos alimentos, como helados, chocolate y productos de confitería. (Fitzgerald, D., Stratford, M., Narbad, A. 2003)

Se ha reportado que la vainillina puede ser efectiva inhibiendo mohos y levaduras cuando se agrega a purés de frutas o a un agar hecho a base de fruta (Cerrutti and Alzamora, 1996). Cuando se utilizó una concentración de aproximadamente 13 mM, la vainillina inhibió el crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae*, *Zygosaccharomyces bailii*, *Debaryomyces hansenii* y *Zygosaccharomyces rouxii* en puré de manzana por 40 días. Sin embargo, la vainillina fue menos efectiva en puré de banano cuando una concentración de aproximadamente 20 mM fue insuficiente para inhibir el crecimiento de *Z. bailii*; los autores concluyeron que los mayores niveles de lípidos y proteínas en el banano interfirieron con la actividad antimicrobiana de la vainillina. (Fitzgerald, D., Stratford, M., Narbad, A. 2003)

En otros estudios, la incorporación de vainillina (3-7 mM) en agares de frutas (manzana, banano, mango, papaya y piña) inhibió el crecimiento de *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus ochraceus* y *Aspergillus parasiticus* durante 2 meses. Más adelante se observó un sinergismo cuando se utilizó una combinación de vainillina y sorbato de potasio. (Fitzgerald, D., Stratford, M., Narbad, A. 2003)

También se ha establecido que con una leve reducción de pH y de actividad de agua, 3 mM de vainillina en combinación con 2mM de sorbato de potasio pueden inhibir el crecimiento de *Penicillium digitatum*, *Penicillium glabrum* y *Penicillium italicum* durante 1 mes. (Fitzgerald, D., Stratford, M., Narbad, A. 2003)

## **C. Condiciones para métodos combinados aplicados a frutas de humedad alta e intermedia**

Según estudios, para frutas de humedad alta e intermedia, es adecuado aplicar:

- Un proceso de escaldado suave durante 1 a 3 minutos con vapor saturado. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)
- Una pequeña reducción de actividad de agua ( $a_w$ ) por medio de solutos, de modo que quede dentro del rango de 0.93 a 0.98. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)
- Una reducción de pH por medio de acidulantes, de modo que quede en un rango de 3.0 a 4.1. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)
- La adición de antimicrobianos. En caso de utilizar benzoato de sodio o sorbato de potasio, se recomienda utilizar entre 400 a 1,000 ppm. Si se utiliza bisulfito de sodio, se recomienda utilizar 150 ppm y si es vainillina se puede utilizar hasta 3,000 ppm. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

#### **D. Cálculos para la aplicación de Métodos Combinados en la conservación de frutas**

Las cantidades de solutos y compuestos químicos (como agentes antimicrobianos o anitpardeamiento, o agentes para aumentar la acidez) se determinan con base al peso de la fruta y a las concentraciones finales requeridas para la estabilización del producto. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

La cantidad de soluto se calcula utilizando la ecuación de Ross, que predice la actividad del agua de sistemas acuosos complejos con varios componentes cuando estos están en equilibrio. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

Ecuación de Ross:

$$a_w^{\circ\text{fruta conservada}} = a_w^{\circ\text{fruta}} * a_w^{\circ\text{azúcar}} * a_w^{\circ\text{n componente}}$$

(Ecuación 1) (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

Donde:

$a_w^{\circ\text{fruta conservada}}$  = producto de los valores de  $a_w$  de las soluciones acuosas de cada componente n (fruta, soluto, antimicrobiano,....., componente n) medidas a la misma molalidad que en la fruta conservada o sistema complejo. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

La  $a_w$  <sup>fruta</sup> es aproximadamente igual a 1, y la  $a_w$  de las soluciones acuosas de azúcares, polioles y otras moléculas orgánicas puede predecirse con exactitud utilizando la ecuación de Norrish. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

Ecuación de Norrish:

$$a_{w \text{ azúcar}} = x_w * \exp(-K x_s^2)$$

(Ecuación 2) (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

Donde:

$x_s$  = es la fracción molar del azúcar o del soluto orgánico

$x_w$  = la fracción molar del agua

$K$  = una constante. Los valores de  $K$  son 6.47 para la sacarosa, 2.25 para la glucosa o fructosa, 1.64 para el sorbitol y 1.16 para el glicerol. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

Además de estas ecuaciones, deben resolverse los siguientes balances de masa:

1. Para infusión seca:

➤ Balance de masa para el agua:

$$\begin{array}{ccc} WT & = & WF \\ \text{g totales} & & \text{g agua} \\ \text{agua} & & \text{en fruta fresca} \end{array}$$

(Ecuación 3) (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

$$\begin{array}{ccccc} WF & = & MCF & * & MF \\ \text{g agua en} & & \text{contenido de} & & \text{masa} \\ \text{la fruta fresca} & & \text{humedad de la fruta} & & \text{de fruta} \end{array}$$

(Ecuación 4) (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

➤ Balance de masa para el azúcar:

$$\text{MS} = \text{CE} * \text{WF}$$

g azúcar a ser  
agregados a la fruta

(Ecuación 5) (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

Donde CE = g azúcar/g agua total = g azúcar/g agua de la fruta fresca

CE es la concentración de la solución de azúcar necesaria para obtener la  $a_w$  deseada en la fruta conservada después de alcanzar el equilibrio. Esta concentración se puede determinar utilizando la ecuación de Norrish (Ecuación 2) o a partir de la Gráfica 7 en el Apéndice 1. (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

- Balance de masa para el sorbato de potasio:

$$\text{MKS} = \text{CKS} * (\text{MF} + \text{MS})$$

(Ecuación 6) (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

MKS = g de sorbato de potasio a ser añadidos en la solución

CKS = g de sorbato de potasio / g masa total, requerida en el producto final

- Balance de masa para el bisulfito de sodio:

$$\text{MSB} = \text{CSB} * (\text{MF} + \text{MS})$$

(Ecuación 7) (Alzamora, S., *et. al.* 2004)

MSB = g de bisulfito de sodio a ser añadidos a la solución

CSB = g de bisulfito de sodio / g masa total, requerida en el producto final

## E. Zapote

1. Zapote (*Pouteria sapota*): El zapote es originario de Centroamérica, y se cultiva en Guatemala, Costa Rica, Cuba, Puerto Rico, República Dominicana, México y Florida. Se siembra como sombra en plantaciones de café o como árbol de patio. (Aguayo, Y., Cajti, R., Galindo, A., *et. al.* 2009) Crece desde el nivel del mar hasta los 1,500 metros sobre el nivel del mar. (De Cáceres, E. 2007)

## a. Clasificación:

Tabla 1: Clasificación del Zapote

<b>Clasificación</b>	
Reino	Plantae
División	MagnolioPhyta
Clase	Magnoliopsida
Sub-clase	Dilleniidae
Orden	Ebenales
Familia	Sapotáceas
Género	Pouteria
Especie	sapota (Jacq) Moore & Stearn

(De Cáceres, E. 2007)

Su nombre común varía según el país donde se encuentra, y puede ser mamey zapote o mamey colorado y zapote grande. (De Cáceres, E. 2007)

b. Variedades: En Guatemala existen trabajos de caracterización del zapote, pero no se ha llegado a investigar variedades. Para el año 2007, en Guatemala se inició la investigación de variedades. A continuación se mencionarán las siguientes como variedades probables que se encuentran en Guatemala:

- Magaña: da frutos de gran tamaño, con peso alrededor de 1,200 g con una longitud de 20 cm, con un diámetro de pulpa de 4 cm. De forma alargada y muy aromático, con pulpa color naranja y de sabor muy dulce, por lo que se utiliza en la producción de mermeladas. (De Cáceres, E. 2007)
- Valiente: da frutos de forma redonda, aromático, fibroso, jugoso y muy dulce con pulpa color naranja y rojo, con un peso promedio de 500 g. (De Cáceres, E. 2007)
- Rivera: da frutos redondos, poco aromáticos, pulpa fibrosa y color rojo, es seco en la pulpa y de tamaño pequeño. (De Cáceres, E. 2007)

Tabla 2: Clasificación del zapote según el tamaño.

Tamaño	Medidas (cm)	Unidades por Bulto
Extra grande	18X10	70
Grande	15X9	90
Mediano	10X9	125
Pequeño	10X8	150

(De Cáceres, E. 2007)

2. Producción de zapote en Guatemala: En cuanto a la producción a nivel nacional, según PROFRUTA/MAGA, en Guatemala se encuentran sembrados un total de 793,970 hectáreas de zapote, las cuales están concentradas en su mayoría en Petén (21%), Escuintla (20.6%), Izabal (11.67%), Suchitepéquez (10.93), Santa Rosa (8.38%), Retalhuleu (7.36%) y otros departamentos en menor escala como Jutiapa, Quetzaltenango, San Marcos, Huehuetenango, Chiquimula, Zacapa y Guatemala. (Linares, H. 2006) En Guatemala son escasas las plantaciones de zapote como monocultivo, ya que el 89% de la producción proviene de socios con café. (Aguayo, Y., Cajti, R., Galindo, A., *et. al.* 2009)

Tabla 3: Producción Nacional de zapote en el año 2003 reportado por el Instituto Nacional de Estadística en el Censo Agropecuario de 2003

Departamento	Número de fincas	Número de quintales
El Progreso	183	1,721
Escuintla	145	828
Santa Rosa	148	493
Sololá	423	6,692
Chimaltenango	32	97
Quetzaltenango	55	235
Totonicapán	1	0
Suchitepéquez	188	1,485
Retalhuleu	95	445
San Marcos	186	890
Huehuetenango	137	886
Quiché	90	399
Baja Verapaz	73	296
Alta Verapaz	509	894
Petén	178	1,085
Izabal	74	877
Zacapa	108	343
Chiquimula	127	525
Jalapa	10	37
Jutiapa	46	145

(Censo Agropecuario 2003, INE)

En el Instituto Nacional de Estadística en el censo del año 2003 hay reportadas 2,851 fincas con una producción de 18,479 quintales de zapote, para un total de 411.6 hectáreas de este cultivo. El departamento con mayor producción es Sololá con 6,692 quintales de producción total. (De Cáceres, E. 2007)

El 50% de la fruta producida se consume fresca a nivel nacional, 25% se exporta a México y el Salvador y el 25% es utilizado en la industria. (Aguayo, Y., Cajti, R., Galindo, A., *et. al.* 2009)

### 3. Épocas de producción

Tabla 4: Épocas de producción de zapote en Centroamérica

Épocas de producción de zapote en Centroamérica												
País	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Guatemala												
Honduras												
El Salvador												
Nicaragua												
Costa Rica												

(De Cáceres, E. 2007)

4. Rendimiento: El rendimiento del zapote variará y está determinado por la edad de la planta, ya que empieza a producir cuando es injertada desde los cuatro años, de lo contrario empieza a producir a partir de los 6 años cuando es sembrada por semilla. La edad también determina la cantidad de frutos por planta; por ejemplo, se ha determinado que al sexto año da 50 frutos por planta y en el décimo año 200 frutos o más dependiendo del departamento en donde se cosechen. Se obtienen de 2,500 a 25,000 frutos por hectárea, números que también variarán según las condiciones climáticas en las que se desarrollen. (De Cáceres, E. 2007)

La germinación de la semilla de zapote dependerá de su uso después de la cosecha; si pasan más de 20 días su germinación será muy baja o nula. (De Cáceres, E. 2007)

5. Transformación agroindustrial: En estudios anteriores realizados en Guatemala, se identificaron diez procesos de transformación para la pulpa y la semilla del zapote, y de todos estos la producción de pulpa congelada es el principal. La pulpa del zapote se consume en estado natural o en alimentos procesados como helado, yogurt, conservas, pasteles, jugos, refrescos, dulces, mermeladas, compotas, pulpa deshidratada e incluso vino elaborado a partir de la pulpa y aceite extraído de la semilla. (Ortiz, A., Rodríguez, F., Cuellar, B., *et. al.* 2000)

También se ha determinado que en la transformación industrial del zapote, uno de los problemas más relevantes es la falta de control de calidad que garantice la calidad del producto final, incluyendo el manejo post-cosecha hasta la venta al consumidor final, siendo de mayor interés lo referente al contenido microbiológico para evitar posibles cierres del mercado internacional. (Ortiz, A., Rodríguez, F., Cuellar, B., *et. al.* 2000)

A continuación se presentan diferentes diagramas de flujo de procesos que utilizan la pulpa de zapote.

## Pulpa congelada

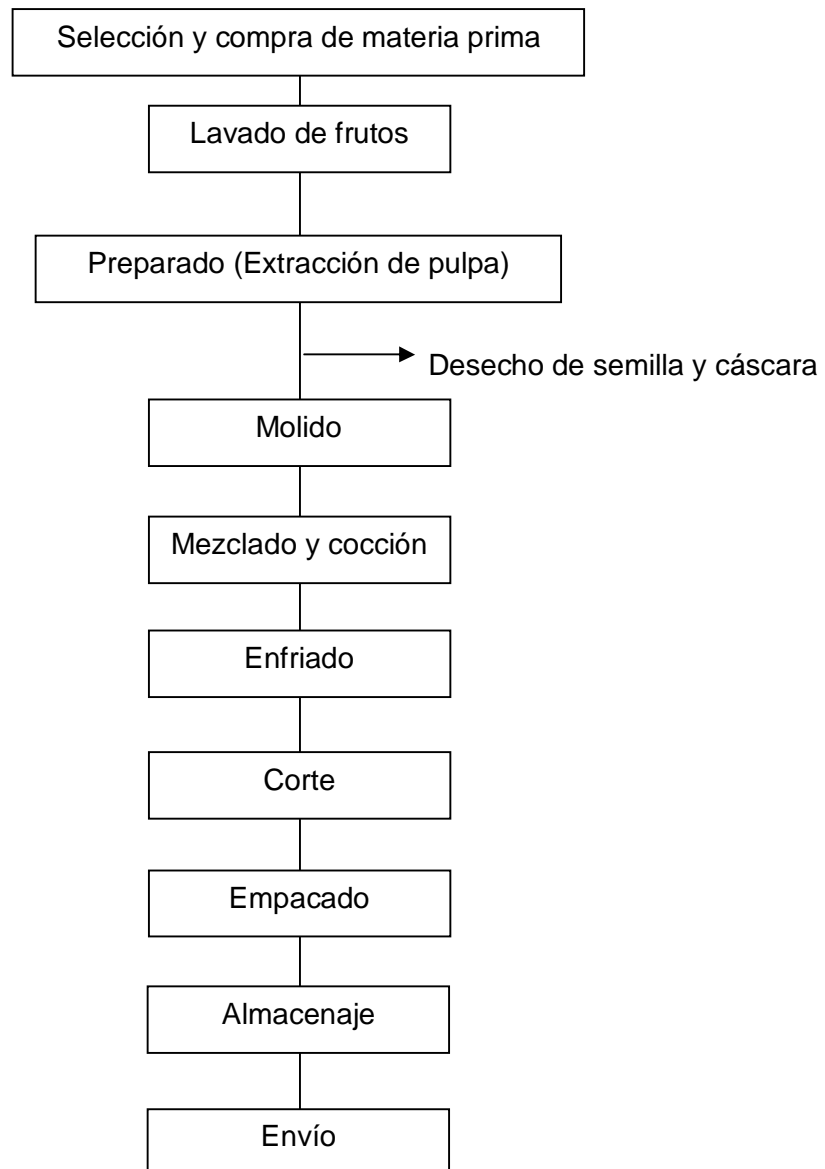
Figura 2: Diagrama de flujo del proceso para obtener pulpa congelada



(Ortiz, A., Rodríguez, F., Cuellar, B., *et. al.* 2000)

## Dulces de zapote

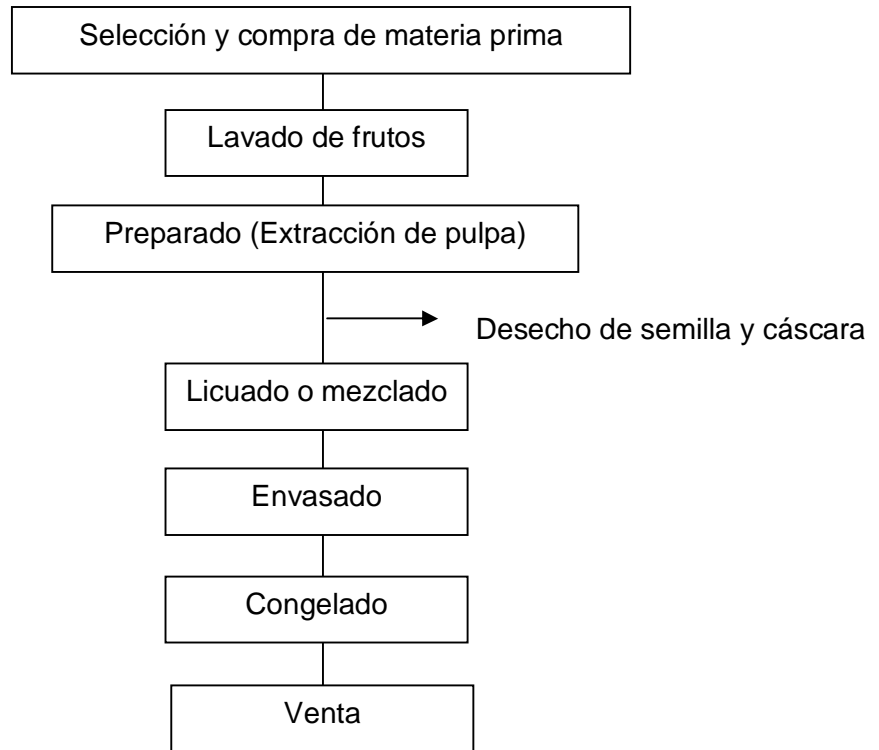
Figura 3: Diagrama de Flujo del proceso para la producción de dulces



(Ortiz, A., Rodríguez, F., Cuellar, B., *et. al.* 2000)

## Helados de zapote

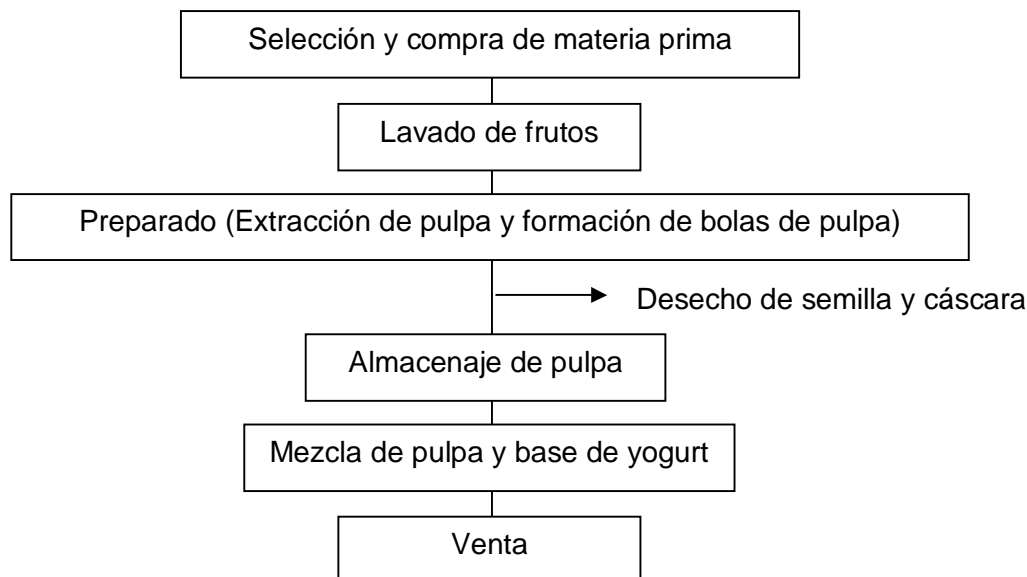
Figura 4: Diagrama de Flujo del proceso para la producción de helados



(Ortiz, A., Rodríguez, F., Cuellar, B., *et. al.* 2000)

## Yogurt de zapote

Figura 5: Diagrama de Flujo del proceso para la producción de yogurt



(Ortiz, A., Rodríguez, F., Cuellar, B., *et. al.* 2000)

En cuanto a la pulpa de zapote congelada, muchas pequeñas o micro empresas no cuentan con el equipo ni con los recursos económicos suficientes para aplicar procesos que consumen mucha energía, como es el caso de congelado. Es por esto que la conservación de la pulpa por métodos combinados es una alternativa adecuada, ya que además de ser una tecnología eficaz, es más económica que un proceso de congelado.

En cuanto a los procesos de elaboración de dulces, helados y yogurt de zapote, todos necesitan de la pulpa de zapote, por lo que también pueden aplicar la tecnología de métodos combinados para almacenar la pulpa en caso de ser necesario. Por ejemplo, para el proceso de elaboración de dulces o helado de zapote, no existen problemas en el proceso. Sin embargo en cuanto al proceso de yogurt, la principal limitante es que se incurre en mucho gasto para procesar la pulpa y es muy difícil obtener pulpa de buena calidad todo el año. Razón por la que el 50 % de los costos de producción de un yogurt se deban a la producción de la pulpa de zapote es que se tiene un rendimiento de 0.25 kilogramos de pulpa en relación a un kilogramo de fruta procesada pues se pierde mucho por daño de larvas o daño mecánico. Es por esto que no siempre hay pulpa

disponible en las tiendas de venta. Como alternativa se sugiere a los productores de yogurt que compren la pulpa congelada de los procesadores de pulpa, que está disponible durante todo el año. Otra alternativa es que conserven la pulpa utilizando la tecnología de métodos combinados, para que esté disponible durante todo el año. Entonces puede disminuir los precios de venta para incrementar sus ventas totales y mejorar sus beneficios, o tener disponibilidad de yogurt todo el año y en mayores cantidades. (De Cáceres, E. 2007)

6. Comercialización de productos de zapote (*Pouteria sapota*) a nivel nacional e internacional: El zapote es considerado como una fruta exótica por su extraña apariencia y sabor único. Es una fruta que ha tenido escasa promoción y presentación, por lo que tiene potencial para ser introducido en el mercado a nivel internacional como una fruta novedosa, cuyo sabor, aroma y apariencia son desconocidos muchas veces por el consumidor. (De Cáceres, E. 2007)

La producción de zapote depende en gran parte de la demanda del mercado europeo, en el cuál se exporta en forma congelada. El consumo de frutas tropicales, y por consiguiente su demanda, en países del norte de Europa ha incrementado en los últimos tres años en más de un 60% respecto a los años anteriores. Es por esto que el norte de Europa es la región mundial con mayores demandas de fruta fresca. (De Cáceres, E. 2007)

En Estados Unidos todavía no son introducidas con facilidad debido a las restricciones fitosanitarias que tienen, pero se importa como pulpa congelada. (De Cáceres, E. 2007)

En estudios anteriores, realizados por la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala y el Proyecto Desarrollo de la Fruticultura y Agricultura (PROFUTA), se analizó la generación de tecnología para la producción de mermelada y deshidratado de zapote por parte de pequeñas empresas, se estimó el potencial de mercado para consumo interno y externo, así como el establecimiento de costos de producción para ver la factibilidad económica de la actividad. (Ortiz, A., Guicoy, T., Quelex, M. y Gramajo, F. 2009) En esta sección se hará énfasis únicamente a lo referente con la mermelada de zapote, ya que la pulpa de esta fruta conservada por

métodos combinados podría ser utilizada en la elaboración de mermelada. Se obviaría el deshidratado del zapote, ya que uno de los fines de la tecnología de métodos combinados es conservar la pulpa sin utilizar métodos que consuman bastante energía, como lo es el deshidratado. Los resultados de este estudio muestran la importancia de conocer el potencial comercial de productos frutales no tradicionales, como lo son los productos transformados de la pulpa de zapote. (Ortiz, A., Guicoy, T., Quelex, M. y Gramajo, F. 2009)

En este estudio se tomó como población a la ciudad capital de Guatemala, tomando en cuenta el número de familias con condiciones económicas mínimas para incluir dentro de su dieta productos procesados como mermeladas. Para el caso de la demanda internacional se tomó como población los turistas de origen norteamericano y europeo, así como latinoamericano. (Ortiz, A., Guicoy, T., Quelex, M. y Gramajo, F. 2009)

Según los resultados, niños y adultos de la ciudad capital de Guatemala mostraron buena aceptación de la mermelada de zapote, ya que más del 60% de los consultados indicaron que el color, sabor y consistencia eran muy buenos. Además mostraron interés en comprar el producto cuando esté disponible en el mercado. (Ortiz, A., Guicoy, T., Quelex, M. y Gramajo, F. 2009)

En este estudio también se calculó el consumo potencial de mermelada de zapote, cuyo resultado fue de 4,097,246 frascos de 8 onzas para adultos y 3,445,700 para niños. Debido a la presencia de otras marcas comerciales bien posesionadas, se consideró prudente explotar el 5 % del mercado potencial de zapote. En este sentido, el potencial corresponde a 172,285 unidades de 8 onzas anuales, equivalente a 48.33 toneladas métricas de mermelada de zapote. (Ortiz, A., Guicoy, T., Quelex, M. y Gramajo, F. 2009)

En cuanto a la demanda internacional, los turistas reportaron buena aceptación de la mermelada en cuanto a su color, sabor y consistencia, siendo el grupo latinoamericano el que mostró mayor aceptación e interés en comprar el producto cuando esté disponible en el mercado. La demanda potencial puede ser surtida con la elaboración de 143.22 toneladas métricas de mermelada. (Ortiz, A., Guicoy, T., Quelex, M. y Gramajo, F. 2009)

La demanda total, nacional e internacional, de mermelada de zapote equivale a 191.55 toneladas métricas, se requieren 317.66 toneladas métricas de frutos, lo cual equivale al 4.4 % de la producción de zapote reportada para la región sur y oriental del país. (Ortiz, A., Guicoy, T., Quelex, M. y Gramajo, F. 2009)

En este estudio también se realizó un análisis económico de la producción de mermelada de zapote. El costo de producción de mermelada de zapote resultó ser de Q 7.37 por frasco de 8 onzas. Si se vende al precio promedio sugerido por la población consultada se obtienen ganancias equivalentes 53 centavos por cada quetzal invertido. (Ortiz, A., Guicoy, T., Quelex, M. y Gramajo, F. 2009)

Como comentario, en este estudio la aceptación del deshidratado de zapote reportó ser similar que para el caso de la mermelada, sin embargo, se infiere que el consumo futuro de productos deshidratados no se incrementaría. Por otro lado, la producción de deshidratado de zapote no es rentable si se vende al precio promedio sugerido por los entrevistados. Sin embargo, los altos índices de aceptación implican un alto potencial de mercado, por lo que se debe mejorar la técnica de procesamiento con el objetivo de disminuir costos. (Ortiz, A., Guicoy, T., Quelex, M. y Gramajo, F. 2009) Con esto se puede decir que la conservación de la pulpa de zapote por medio de métodos combinados es una buena alternativa, en caso de que las pequeñas empresas no cuenten con los recursos suficientes para aplicar un proceso de deshidratado adecuado.

Estos estudios indican que tanto a nivel nacional como internacional el zapote tiene una buena aceptación.

## VI. DISEÑO DEL EXPERIMENTO

### A. Materiales

- Zapote (*Pouteria sapota*) de peso y madurez similar
- Agua potable
- Glucosa
- Sacarosa
- Sorbato de potasio
- Ácido cítrico
- Bisulfito de sodio
- Vainillina

### B. Equipo

- Cuchillos
- Escaldador
- Tabla de picar
- Despulpadora
- Ollas con tapaderas
- Coladores
- Envases de polietileno de alta densidad con tapadera
- Balanza
- Potenciómetro
- Refractómetro
- Medidor de actividad de agua
- Balanza de humedad
- Colorímetro
- Texturómetro

**C. Caracterización física de la fruta:**

1. Peso promedio, largo promedio y diámetro promedio
2. Peso promedio de la cáscara
3. Peso promedio de la semilla
4. Color de la pulpa
5. Color del fruto
6. Fotografía de la fruta

**D. Caracterización química de la fruta:**

1. °Brix de la pulpa
2. %Humedad de la pulpa
3. pH de la pulpa
4. Actividad de agua (Aw) de la pulpa

**E. Preparación de la fruta:**

1. Selección de la fruta a ser procesada: se eliminó fruta que estaba deteriorada y se escogió aquella libre de defectos y enfermedades, con un color y madurez similares.
2. Se pesó la fruta entera.
3. Se lavó y peló con cuchillo los zapotes. Se descartaron todas las áreas marrones y oscuras de la fruta.
4. Se pesó la cáscara y semilla.
5. Se partió en rodajas de aproximadamente 2 cm de grosor.
6. Se pesaron las rodajas.
7. A las rodajas de fruta fresca se le realizaron los siguientes análisis:
  - Análisis de textura: utilizando un texturómetro (en triplicado).
  - Análisis de color: utilizando un colorímetro (en triplicado).

- Escaldado:
8. Las rodajas de zapote se sometieron a vapor saturado por el tiempo adecuado de 2 minutos (que se determinó mediante la prueba de la peroxidasa) utilizando un escaldador. Las rodajas se enfriaron inmediatamente después del escaldado con agua potable durante pocos minutos.
  9. Se realizaron nuevamente los análisis de textura y color (en triplicado).
- 
- Obtención de puré de zapote:
10. Se utilizó una despulpadora para obtener un puré.
  11. El puré se recibió en un recipiente de polietileno de alta densidad limpio con tapadera y previamente tarado.
  12. Se pesó el puré.
  13. Se agregó la mezcla de:
    - Solutos: se utilizó glucosa para una muestra y sacarosa para otra. En las dos muestras se deseó llegar a una  $A_w$  de 0.96. Para calcular la cantidad de glucosa y sacarosa a agregar, se determinó el contenido de humedad de la fruta fresca y se utilizó la ecuación de Ross y la Gráfica 7 del Apéndice 1.
    - Antimicrobianos: se utilizó sorbato de potasio y bisulfito de sodio en concentraciones de 1,000 ppm y 150 ppm respectivamente. También se utilizó vainillina (3000 ppm) y bisulfito de sodio (150 ppm).
    - Acidulantes: se utilizó ácido cítrico a modo de llegar a un pH entre 3 y 4.
  14. La pulpa, los solutos y aditivos se mezclaron bien. Luego se cerró el recipiente y se dejó durante dos días, agitando dos veces al día para homogeneizar la mezcla.
  15. A los 4 purés se le realizaron análisis de °Brix, pH y  $A_w$  al alcanzar el equilibrio (que se tomó como día 0), y a los 14, 30 y 60 días después.
  16. A los 4 purés se le hizo análisis de color utilizando el Colorímetro en el día 0 y a los 30 días. También se analizó el color utilizando una cartilla de colores en los días 0, 7, 14, 21, 30 y 56 días.
  17. A los 4 purés se le realizó un análisis de textura utilizando el Texturómetro.

## VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### A. Caracterización física y química

Este trabajo tuvo como objetivo utilizar la técnica de métodos combinados para la conservación de pulpa de zapote.

En primer lugar se realizó una caracterización física de la fruta. Se determinó un promedio del largo, diámetro, peso del zapote entero, peso de la semilla y peso de la cáscara; los resultados se pueden observar en la Tabla 5.

Tabla 5: Caracterización física del zapote

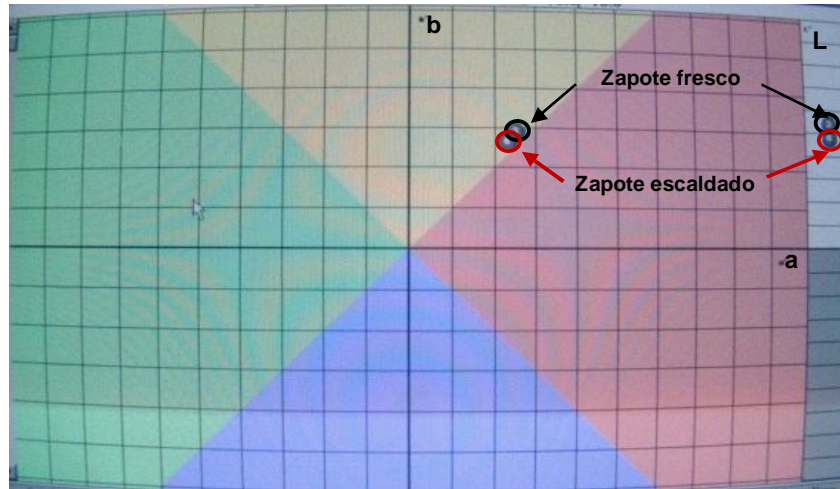
Parámetro	Valor promedio $\pm \sigma$
Largo (cm)	12.5 $\pm$ 1.0
Diámetro (cm)	8.0 $\pm$ 0.2
Peso zapote entero (g)	444 $\pm$ 75
Peso semilla (g)	38 $\pm$ 8
Peso cáscara (g)	66 $\pm$ 18

El zapote es una fruta cuya cáscara es de color café y su pulpa de color anaranjado rojizo. Para analizar el color de la pulpa de zapote, se utilizó un método analítico con el Colorímetro Hunter Lab. En la Tabla 6 se pueden observar los valores L, a y b, que corresponden a luminosidad, intensidad de tonos rojizos e intensidad de tonos amarillentos respectivamente de la pulpa de zapote.

Tabla 6: Resultados de color de la pulpa de zapote obtenidos con el Colorímetro Hunter Lab

Muestra	Parámetro	Valor promedio $\pm \sigma$
Zapote crudo	Valor L	46.5 $\pm$ 0.2
	Valor a	22.0 $\pm$ 0.3
	Valor b	17.4 $\pm$ 0.1
Zapote escaldado	Valor L	40.6 $\pm$ 0.3
	Valor a	19.6 $\pm$ 0.2
	Valor b	15.4 $\pm$ 0.04

Figura 6: Resultados de los valores L, a y b para el zapote fresco y zapote escaldado



Por otro lado, también se utilizó un método descriptivo, mediante una cartilla de colores (un círculo cromático) para señalar el color de la pulpa de zapote fresco; en la Figura 9: Círculo Cromático, se puede observar el color, indicado con la letra A. En cuanto al color de la cáscara, este se señala con la letra B. A continuación se presenta una fotografía del zapote.

Figura 7: Fotografía del zapote



También se realizó una caracterización química de la pulpa de zapote, determinando el promedio de los °Brix, porcentaje de humedad, actividad de agua y pH; los resultados se pueden observar en la Tabla 7.

Tabla 7: Caracterización química del zapote

<b>Parámetro</b>	<b>Valor promedio <math>\pm \sigma</math></b>
°Brix	23.3 $\pm$ 0.1
Humedad (%)	64 $\pm$ 3
Aw	0.967 $\pm$ 0.003
pH	6.78 $\pm$ 0.06

## **B. Escaldado**

La técnica de Métodos Combinados aplicada a la pulpa de zapote consistió en un proceso de escaldado y la adición de solutos para disminuir la Aw (sacarosa o glucosa), antimicrobianos (sorbato de potasio o vainillina y bisulfito de sodio) y acidulantes (ácido cítrico).

El escaldado se utilizó para inactivar enzimas responsables del pardeamiento enzimático. Para esto, se eliminó la cáscara del zapote y la fruta se partió en pequeños trozos, los cuales fueron sometidos a vapor saturado durante 2 minutos. La cáscara se eliminó ya que evitaría el contacto directo del vapor con la pulpa de la fruta, por lo que la inactivación de enzimas hubiera ocurrido en menor grado dando como resultado un proceso de escaldado ineficaz. El tiempo de 2 minutos se estableció mediante la prueba de la peroxidasa. Con este tiempo, la formación de burbujas fue relativamente baja. Esto indica que sí se inactivaron enzimas, pero no en su totalidad. Sin embargo, si la fruta se sometía a vapor durante un tiempo mayor a 2 minutos, ésta se cocía, lo cual se notó por el olor de la fruta que fue escaldada por más de 2 minutos, era el olor característico a fruta cocida. Por esta razón se decidió que el tiempo de escaldado óptimo era de 2 minutos.

Se analizó la forma en que el escaldado puede afectar a la textura y color del puré de zapote. Al realizar análisis de varianza (Ver Apéndice 2: Análisis de Varianza),

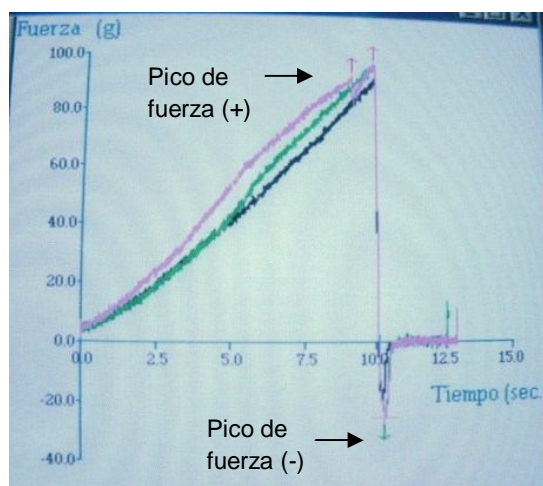
los resultados indican que escaldar zapote influye significativamente en el valor de Luminosidad, en el valor a y en el valor b del puré. En la Tabla 6 se muestran los valores de L, a y b para zapote escaldado, y en la Figura 9: Círculo cromático, se señala el color con la letra C. Lo que ocurrió con el escaldado fue que disminuyó la luminosidad de  $46.5 \pm 0.2$  a  $40.6 \pm 0.3$ , el color fue relativamente poco más oscuro, siempre manteniéndose en una tonalidad anaranjado rojizo. En cuanto al valor a, este disminuyó de  $22.0 \pm 0.3$  a  $19.6 \pm 0.3$  y el valor b disminuyó de  $17.4 \pm 0.1$  a  $15.4 \pm 0.04$ . Se puede decir que fue un color aceptable, agradable. No se observó coloración café.

En cuanto a la textura, en la Tabla 8 se presentan los resultados obtenidos mediante un método analítico, utilizando un Texturómetro.

Tabla 8: Resultados obtenidos en el análisis de textura con el texturómetro

Muestra	Parámetro	Valor promedio $\pm \sigma$
Zapote crudo	Pico de fuerza (+) (g)	$105 \pm 3$
	Pico de fuerza (-) (g)	$-29 \pm 1$
Zapote escaldado	Pico de fuerza (+) (g)	$96 \pm 3$
	Pico de fuerza (-) (g)	$-24 \pm 4$

Figura 8: Ejemplo de gráficas obtenidas con el Texturómetro. Para el zapote escaldado.



Los valores de pico de fuerza (+) indican la fuerza de penetración con una punta cilíndrica. Los valores de pico de fuerza (-) indican la resistencia de la punta a ser

removida de la muestra en el regreso, debido a la consistencia de la muestra. En estos resultados se puede observar que el proceso de escaldado suavizó la fruta, pues se necesitó de menor fuerza para penetrar la muestra de zapote escaldado. El proceso de escaldado también afectó la consistencia de la muestra, la hizo menos adhesiva, pues se requirió de menor fuerza para remover la punta de la muestra de zapote escaldado.

### C. Formulación de solutos, conservantes y acidulantes a agregar

En este estudio también se realizó una comparación de las propiedades de cuatro purés de zapote preparados con diferentes formulaciones de solutos y antimicrobianos agregados. En la Tabla 9: Formulación, se especifica el tipo y las cantidades de solutos, antimicrobianos y acidulante que se utilizaron. Estas cantidades se determinaron por medio de la ecuación de Ross y la Gráfica 7 del Apéndice 1, y se usaron concentraciones de 1,000 ppm, 150 ppm y 3,000 ppm de sorbato de potasio, bisulfito de sodio y vainillina respectivamente.

Tabla 9: Formulación. Gramos de soluto, conservantes y acidulantes utilizados por 1 kg de puré de zapote.

Solutos	Conservantes y acidulantes
Glucosa: 251.019 g	Sorbato de potasio: 1.25 g Bisulfito de sodio: 0.19 g Ácido cítrico: 12.51 g
	Vainillina: 3.75 g Bisulfito de sodio: 0.19 g Ácido cítrico: 12.51 g
Sacarosa: 430.3187 g	Sorbato de potasio: 1.43 g Bisulfito de sodio: 0.21 g Ácido cítrico: 14.30 g
	Vainillina: 4.29 g Bisulfito de sodio: 0.21 g Ácido cítrico: 14.30 g

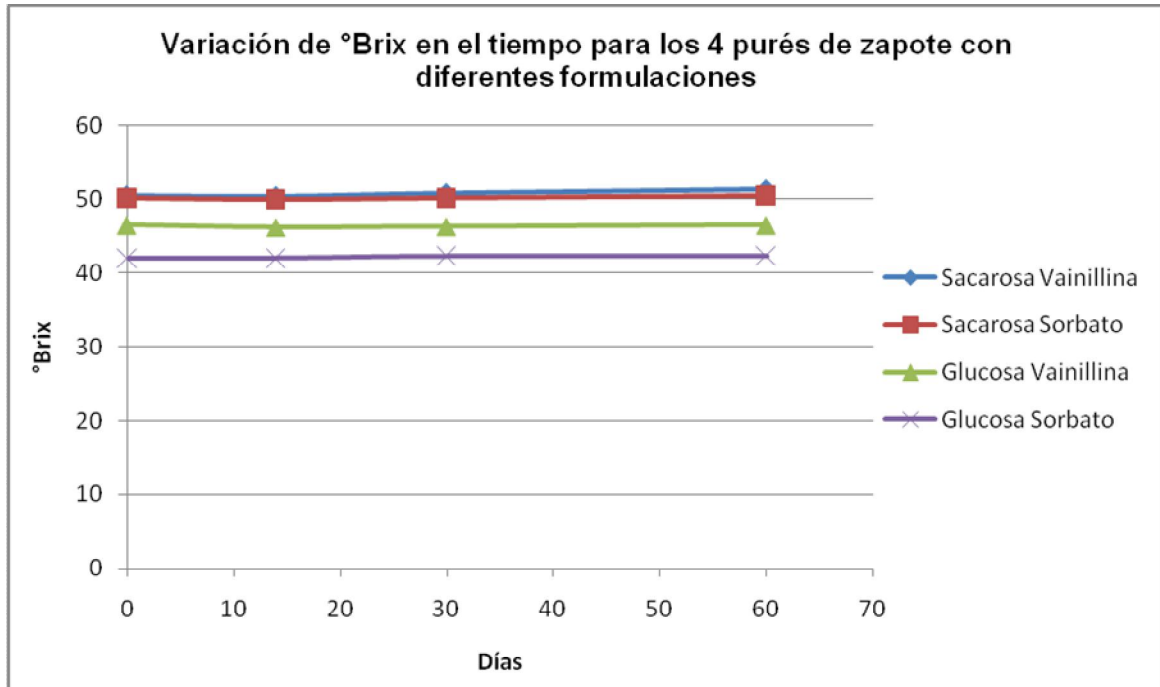
Los valores alcanzados de °Brix, actividad de agua (Aw) y pH se muestran en la Tabla 10.

**D. °Brix, Aw y pH alcanzados en cada puré, y variación de estos parámetros en el tiempo.**

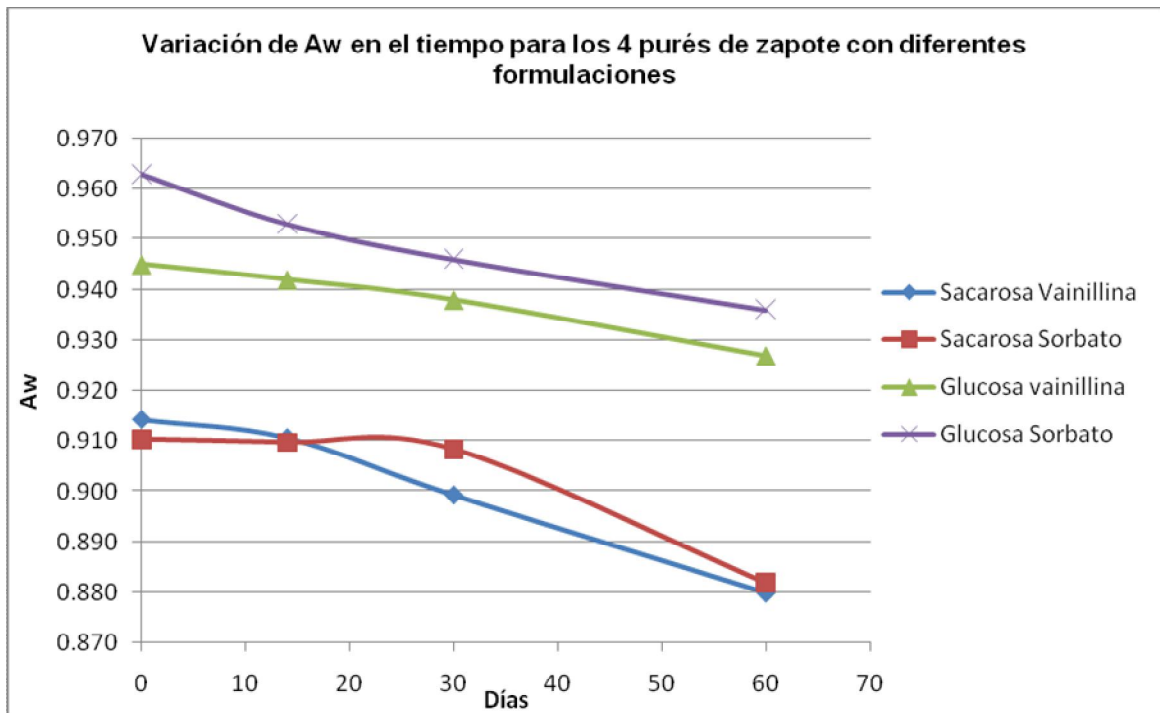
Tabla 10: °Brix, actividad de agua (Aw) y pH de las diferentes formulaciones al inicio (día 0), 2 semanas (14 días), 1 mes (30 días) y 2 meses (60 días) después.

<b>°Brix</b>				
Muestra	Inicio (Día 0)	2 semanas (14 días)	1 mes (30 días)	2 meses (60 días)
	Valor promedio $\pm \sigma$	Valor promedio $\pm \sigma$	Valor promedio $\pm \sigma$	Valor promedio $\pm \sigma$
Sacarosa Vainillina	50.5 $\pm$ 0.1	50.4 $\pm$ 0.2	50.8 $\pm$ 0.2	51.1 $\pm$ 0.1
Sacarosa Sorbato	50.2 $\pm$ 0.1	50.0 $\pm$ 0.2	50.2 $\pm$ 0.2	50.5 $\pm$ 0.1
Glucosa Vainillina	46.5 $\pm$ 0.1	46.2 $\pm$ 0.2	46.3 $\pm$ 0.1	46.5 $\pm$ 0.1
Glucosa Sorbato	42.0 $\pm$ 0.2	42.0 $\pm$ 0.2	42.3 $\pm$ 0.1	42.3 $\pm$ 0.1
<b>Aw</b>				
Muestra	Inicio	2 semanas	1 mes	2 meses (60 días)
	Valor promedio $\pm \sigma$	Valor promedio $\pm \sigma$	Valor promedio $\pm \sigma$	Valor promedio $\pm \sigma$
Sacarosa Vainillina	0.914 $\pm$ 6 x 10 <sup>-4</sup>	0.911 $\pm$ 0.001	0.899 $\pm$ 0.005	0.880 $\pm$ 0.001
Sacarosa Sorbato	0.910 $\pm$ 0.003	0.910 $\pm$ 0.002	0.908 $\pm$ 0.001	0.882 $\pm$ 0.001
Glucosa Vainillina	0.945 $\pm$ 0.003	0.942 $\pm$ 0.007	0.938 $\pm$ 0.012	0.927 $\pm$ 0.001
Glucosa Sorbato	0.963 $\pm$ 0.010	0.953 $\pm$ 0.004	0.946 $\pm$ 0.003	0.936 $\pm$ 0.001
<b>pH</b>				
Muestra	Inicio	2 semanas	1 mes	2 meses (60 días)
	Valor promedio $\pm \sigma$	Valor promedio $\pm \sigma$	Valor promedio $\pm \sigma$	Valor promedio $\pm \sigma$
Sacarosa Vainillina	3.4 $\pm$ 0.1	3.3 $\pm$ 0.1	3.2 $\pm$ 0.0	3.1 $\pm$ 0.1
Sacarosa Sorbato	3.5 $\pm$ 0.1	3.4 $\pm$ 0.0	3.4 $\pm$ 0.0	3.3 $\pm$ 0.1
Glucosa Vainillina	3.4 $\pm$ 0.1	3.4 $\pm$ 0.0	3.4 $\pm$ 0.0	3.2 $\pm$ 0.1
Glucosa Sorbato	3.6 $\pm$ 0.0	3.6 $\pm$ 0.0	3.6 $\pm$ 0.0	3.4 $\pm$ 0.0

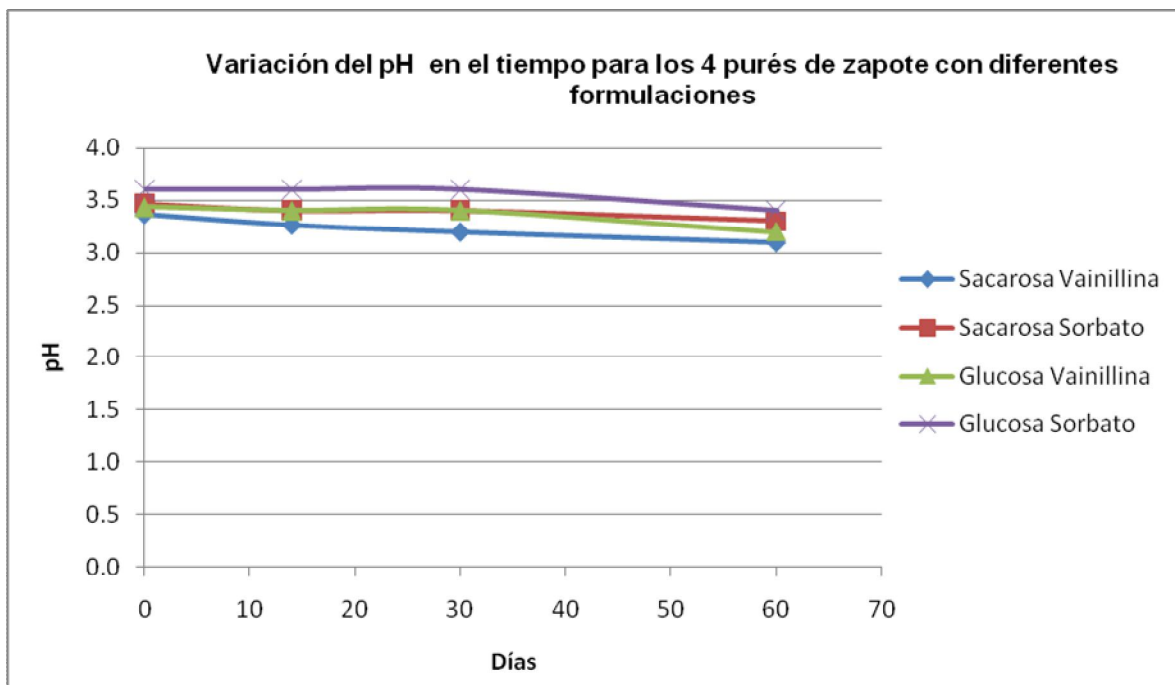
Gráfica 1: Variación de °Brix en el tiempo para los 4 purés de zapote con diferentes formulaciones



Gráfica 2: Variación de Aw en el tiempo para los cuatro purés de zapote con diferentes formulaciones



Gráfica 3: Variación de pH en el tiempo para los 4 purés de zapote con diferentes formulaciones



Con los resultados y Gráficas 1, 2 y 3 se puede observar que en cada una de las 4 formulaciones, se mantuvieron casi constantes los grados Brix, la actividad de agua y el pH al pasar el tiempo, en este caso 60 días. Esto se confirma con los resultados del análisis de varianza (Apéndice 2), que indican que los valores de sólidos solubles, actividad de agua y pH de las muestras no varían significativamente con el tiempo. Esto es lo deseado ya que las condiciones de conservación establecidas desde un inicio se mantuvieron a lo largo del tiempo. Es decir, los purés de zapote conservaron el ambiente hostil que evita o desfavorece la proliferación microbiana.

Al comparar los °Brix de las 4 formulaciones, se puede observar que los dos purés con sacarosa alcanzaron mayor cantidad de sólidos solubles,  $50.5 \pm 0.1$  °Brix para el puré con sacarosa y vainillina y  $50.2 \pm 0.1$  °Brix para el puré con sacarosa y sorbato. Los purés con glucosa obtuvieron los valores de °Brix menores, siendo  $46.5 \pm 0.1$  °Brix para el puré con glucosa y vainillina y  $42.0 \pm 0.2$  °Brix para el puré con glucosa y sorbato. Esta variación se confirma con los resultados del análisis de varianza (Apéndice 2), que indican que los sólidos solubles sí varían significativamente con las

formulaciones aplicadas. Esto se debe a que se agregó mayor cantidad de sacarosa que de glucosa por kilogramo de puré, cantidades que fueron determinadas por la ecuación de Ross y la Gráfica 7 del Apéndice 1. Se necesitó de menor cantidad de glucosa ya que según la Gráfica 7 la glucosa tiene mayor poder de enlazar agua que la sacarosa. Sin embargo, al observar la actividad de agua, los purés con sacarosa presentaron menor  $A_w$  que los purés con glucosa. Esto se debe a que la sacarosa se hidrolizó por estar en un medio ácido, originando glucosa y fructosa. Esta hidrólisis disminuyó la  $A_w$  del puré debido a la mayor capacidad de la glucosa y de la fructosa para reducirla (la glucosa y la fructosa tienen la misma capacidad para disminuir la  $A_w$  y en este caso ambas capacidades actuaron simultáneamente para enlazar agua, aumentando su efecto en la reducción de  $A_w$ ). Esto se confirma nuevamente con el análisis de varianza realizado, que indica que la actividad de agua de los purés sí varía significativamente con las formulaciones aplicadas. En cuanto al pH, el análisis de varianza indica que el pH sí varía significativamente con las formulaciones, sin embargo el pH de cada puré estuvo dentro de un rango que va de  $3.4 \pm 0.1$  a  $3.6 \pm 0.0$ , un pH adecuado para desfavorecer el crecimiento microbiano.

### E. Variación de color en el tiempo

En cuanto al cambio de color de los cuatro purés, se realizaron pruebas analíticas con el colorímetro en los días 0 y 30, en la Tabla 11 se presentan los valores de L, a y b.

Figura 9: Resultados de los valores L, a y b para las cuatro muestras de puré con diferentes formulaciones al inicio (día 0).

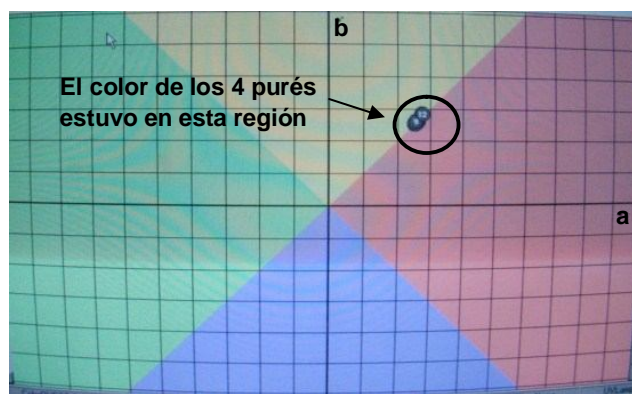
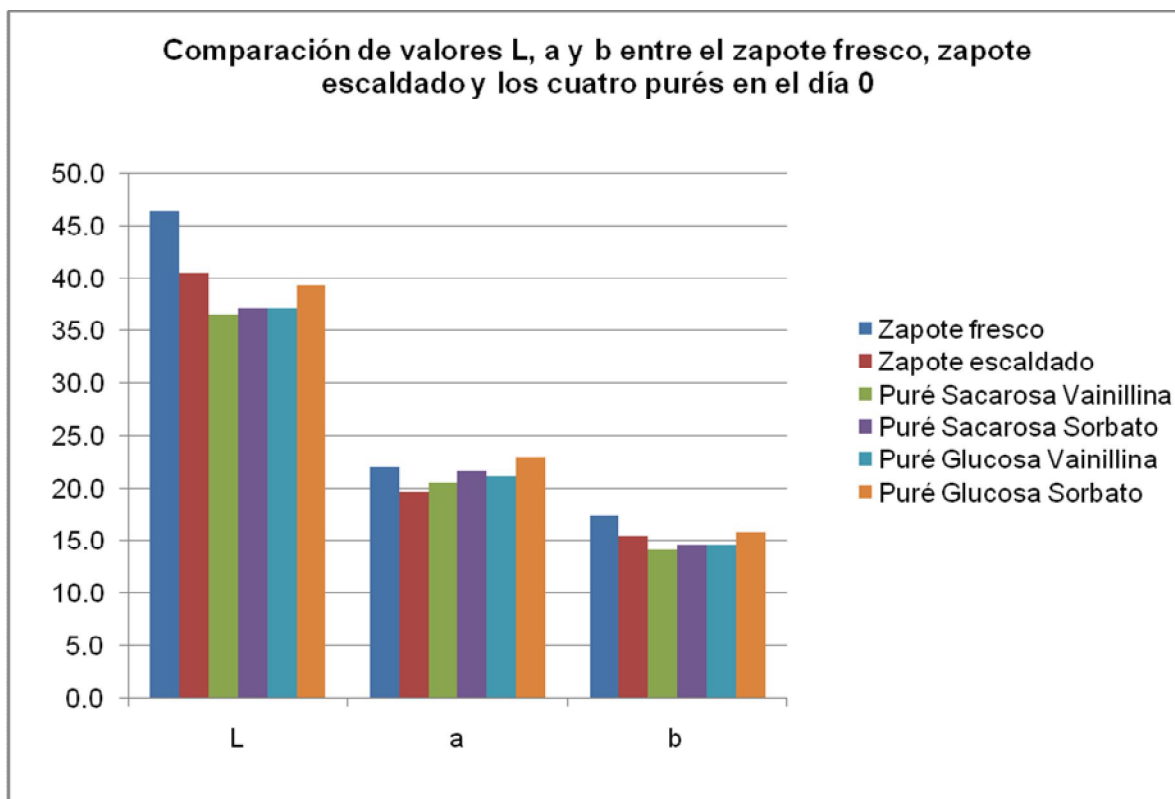


Tabla 11: Variación de los valores de L, a y b en el día 0 y a los 30 días

Muestra	Parámetro	Inicio (0 días)	Después de 1 mes (30 días)
		Valor promedio $\pm \sigma$	Valor promedio $\pm \sigma$
Sacarosa vainillina	Valor L	36.5 $\pm$ 0.2	34.2 $\pm$ 0.1
	Valor a	20.6 $\pm$ 0.1	15.3 $\pm$ 0.5
	Valor b	14.0 $\pm$ 0.1	11.8 $\pm$ 0.2
Sacarosa sorbato	Valor L	37.2 $\pm$ 0.3	37.3 $\pm$ 0.2
	Valor a	21.6 $\pm$ 0.1	19.3 $\pm$ 0.2
	Valor b	14.5 $\pm$ 0.1	13.8 $\pm$ 0.2
Glucosa vainillina	Valor L	37.2 $\pm$ 0.1	35.1 $\pm$ 0.2
	Valor a	21.2 $\pm$ 0.2	16.5 $\pm$ 0.2
	Valor b	14.5 $\pm$ 0.1	12.7 $\pm$ 0.1
Glucosa sorbato	Valor L	39.3 $\pm$ 0.3	37.7 $\pm$ 0.0
	Valor a	23.0 $\pm$ 0.1	18.0 $\pm$ 0.2
	Valor b	15.8 $\pm$ 0.2	13.7 $\pm$ 0.0

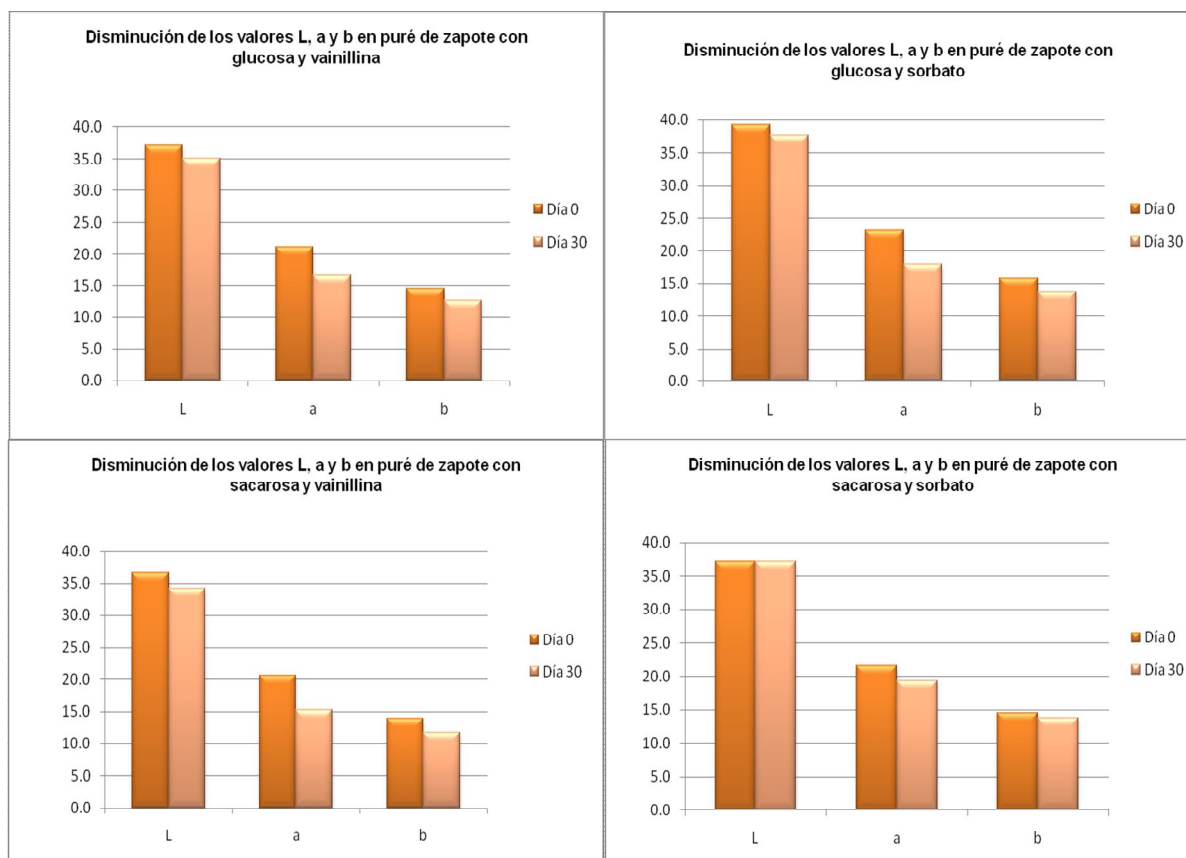
Gráfica 4: Comparación de valores L, a y b entre el zapote fresco, zapote escaldado y los cuatro purés en el día 0



En cuanto a la luminosidad, las cuatro muestras al inicio (0 días) presentaron valores muy similares entre ellas, que están en un rango de  $36.5 \pm 0.2$ , correspondiente a la muestra con sacarosa y vainillina, a  $39.3 \pm 0.3$ , correspondiente a la muestra con glucosa y sorbato, siendo esta última la más brillante. Los resultados de varianza indican que la luminosidad de los purés de zapote no varía significativamente con las diferentes formulaciones. Lo mismo sucedió con los valores de a y b para las cuatro muestras, fueron similares. Los valores de a abarcaron un rango de  $20.6 \pm 0.1$  correspondiente a la muestra con sacarosa y vainillina, a  $23.0 \pm 0.1$  correspondiente a la muestra con glucosa y sorbato, siendo esta última más rojiza. En cuanto a los valores b, abarcaron un rango que va de  $14.0 \pm 0.1$  correspondiente a la muestra con sacarosa y vainillina, a  $15.8 \pm 0.2$  que corresponde a la muestra con glucosa y sorbato. Se observa que la muestra con glucosa y sorbato presentó los valores mayores de L, a y b; por el contrario la muestra con sacarosa y vainillina presentó los valores de L, a y b más bajos. En la cartilla de colores se señala el color de las cuatro muestras en el día 0 con la letra D.

A los 30 días, los cuatro purés con diferentes formulaciones presentaron valores de L, a y b más bajos en comparación con el día 0; esto se puede observar en la Gráfica 5. El puré que presentó los valores de L, a y b menores fue el que contenía sacarosa y vainillina, obteniendo valores de  $34.2 \pm 0.1$ ,  $15.3 \pm 0.5$  y  $11.8 \pm 0.2$  respectivamente. El puré que presentó el valor L mayor fue el que contenía glucosa y sorbato, con  $37.7 \pm 0.0$ . El puré que presentó los valores de a y b mayores fue el que contenía sacarosa y sorbato, con  $19.3 \pm 0.2$  y  $13.8 \pm 0.2$  respectivamente. Los resultados del análisis de varianza indican que la luminosidad de las muestras de zapote no varía significativamente con el tiempo.

Gráfica 5: Disminución de los valores de L, a y b para los cuatro purés de zapote desde el día 0 a los 30 días



Ahora bien, también se realizó un análisis descriptivo de color utilizando una cartilla de colores (Figura 9: Círculo Cromático) cada semana, durante 8 semanas. En la primera semana, el color no varió significativamente, fue similar en las cuatro muestras y no se oscureció, siempre permaneció un color anaranjado rojizo; se señala con la letra E en la Figura. En la segunda semana las cuatro muestras de pulpa se oscurecieron un poco, pero el color siguió siendo aceptable, agradable, siempre un anaranjado rojizo más oscuro; se señala con la letra F. En la tercera semana las cuatro muestras se oscurecieron más, pero con la diferencia de que las dos muestras con sorbato de potasio tendieron a un color anaranjado rojizo oscuro (se señala con la letra G), mientras que las dos muestras con vainillina tendieron a un color anaranjado café (se señalan con la letra H). En la cuarta semana, las cuatro muestras se oscurecieron más, pero al igual que la semana anterior, las muestras con sorbato tendieron a un color anaranjado rojizo (letra I), mientras que las muestras con vainillina presentaron un color

anaranjado café (letra J). En la octava semana, el color de todos los purés fue más oscuro aún, pero se conservaba agradable a la vista, y continuó la tendencia de un color anaranjado-rojizo para los purés con sorbato (letra K en el círculo cromático) y anaranjado-café para los purés con vainillina (letra L).

Figura 10: Círculo Cromático utilizado para análisis descriptivo de color

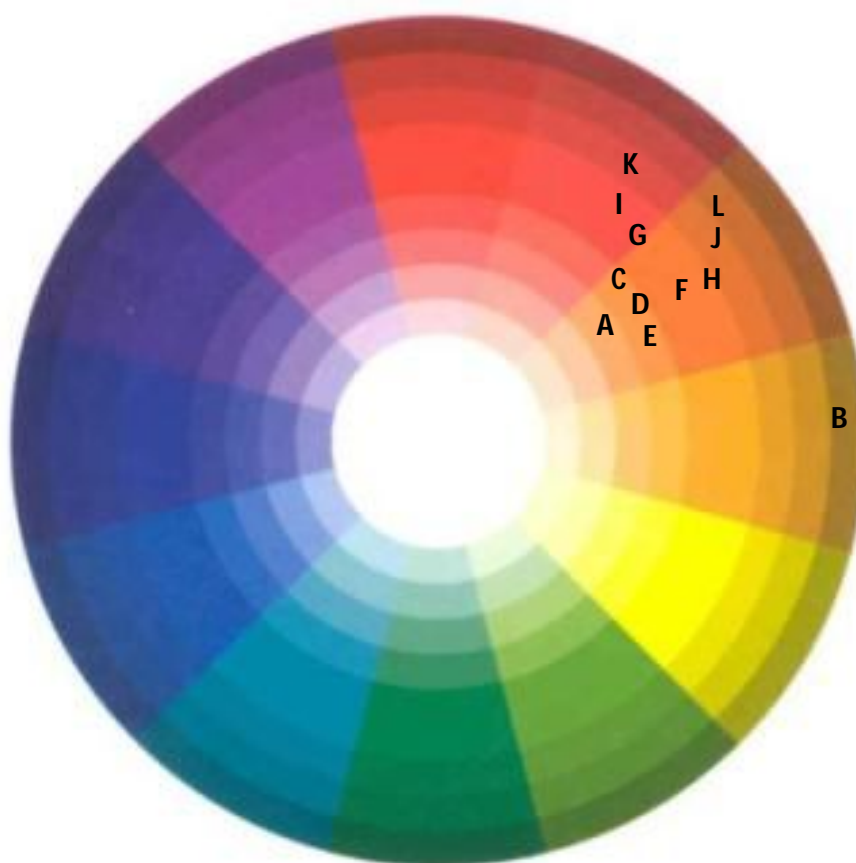


Tabla 12: Análisis descriptivo del color

Objeto de análisis de color		Letra correspondiente
Pulpa de zapote fresca		A
Cáscara de zapote		B
Zapote escaldado		C
Pulpa de zapote preservada, día 0	Sacarosa Vainillina	D
	Sacarosa Sorbato	
	Glucosa Vainillina	
	Glucosa Sorbato	

Continuación Tabla 12: Análisis descriptivo del color

Objeto de análisis de color		Letra correspondiente
Pulpa de zapote preservada, 1 semana	Sacarosa Vainillina	E
	Sacarosa Sorbato	
	Glucosa Vainillina	
	Glucosa Sorbato	
Pulpa de zapote preservada, 2 semanas	Sacarosa Vainillina	F
	Sacarosa Sorbato	
	Glucosa Vainillina	
	Glucosa Sorbato	
Pulpa de zapote preservada, 3 semanas	Sacarosa Sorbato	G
	Glucosa Sorbato	
	Sacarosa Vainillina	H
	Glucosa Vainillina	
Pulpa de zapote preservada, 4 semanas	Sacarosa Sorbato	I
	Glucosa Sorbato	
	Sacarosa Vainillina	J
	Glucosa Vainillina	
Pulpa de zapote preservada, 8 semanas	Sacarosa Sorbato	K
	Glucosa Sorbato	
	Sacarosa Vainillina	L
	Glucosa Vainillina	

Como se mencionó anteriormente, se utilizó el escaldado para inactivar enzimas responsables del pardeamiento enzimático. Sin embargo los agentes antimicrobianos también influyeron en la preservación del color. Compuestos como el sorbato de potasio y bisulfito de sodio se usan principalmente para inhibir el crecimiento de hongos y levaduras. La acción de estos conservantes depende fuertemente del pH del medio, siendo más activos contra los microorganismos en los alimentos ácidos. (Alzamora, S., *et. al.* 2004) Es por esto que se agregó ácido cítrico al puré, para crear un ambiente hostil que disminuya el crecimiento microbiano y para potenciar la acción de los conservantes. En el caso específico del sulfito de sodio, además de actuar como antibacteriano y antimicótico, este previene tanto las reacciones de oxidación como las reacciones de pardeamiento enzimático y como estabilizantes de color. Sin embargo, la concentración de sulfito disminuye durante el almacenamiento de estos productos, más rápido y más completamente que los sorbatos. (Alzamora, S., *et. al.* 2004) Ésta es una de las razones por la que el puré se oscureció al pasar el tiempo. Sin embargo, como se muestra en el círculo cromático, en la octava semana el color todavía fue aceptable y agradable en los cuatro purés.

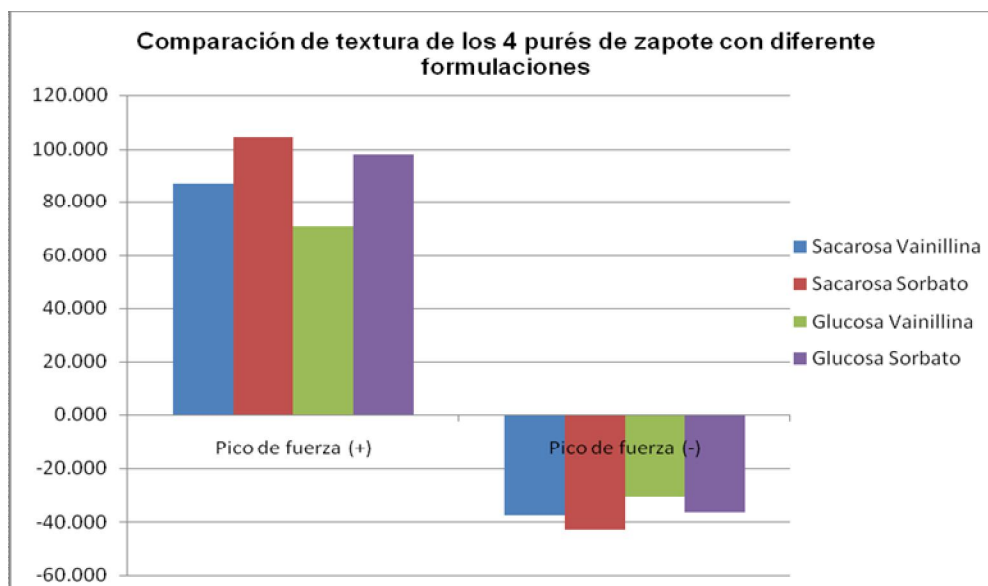
## F. Comparación de textura entre los 4 purés preparados

En cuanto a la textura de las cuatro muestras de purés con diferentes formulaciones, a continuación se presenta los resultados de los picos de fuerza (+) y picos de fuerza (-).

Tabla 13: Picos de fuerza (+) y picos de fuerza (-) promedios determinados para cada muestra de puré de zapote.

Muestra	Parámetro	Valor promedio $\pm \sigma$
Sacarosa vainillina	Pico de fuerza (+) (g)	86.7 $\pm$ 5.9
	Pico de fuerza (-) (g)	-37.5 $\pm$ 0.4
Sacarosa sorbato	Pico de fuerza (+) (g)	104.3 $\pm$ 4.3
	Pico de fuerza (-) (g)	-42.9 $\pm$ 3.7
Glucosa vainillina	Pico de fuerza (+) (g)	70.6 $\pm$ 2.5
	Pico de fuerza (-) (g)	-30.3 $\pm$ 1.8
Glucosa sorbato	Pico de fuerza (+) (g)	97.9 $\pm$ 3.8
	Pico de fuerza (-) (g)	-36.5 $\pm$ 1.5

Gráfica 6: Comparación de la textura de los cuatro purés de zapote con diferentes formulaciones



Como se mencionó anteriormente, los valores de pico de fuerza (+) indican la fuerza de penetración con una punta cilíndrica. Los valores de pico de fuerza (-) indican la resistencia de la punta a ser removida de la muestra en el regreso, debido a la consistencia de la muestra. En estos resultados se puede observar que el puré de zapote con sacarosa y sorbato tuvo una textura más dura, ya que necesitó de  $104.3 \pm 4.3$  g de fuerza de penetración. También fue la muestra más adhesiva, ya que presentó una fuerza de  $-42.9 \pm 3.7$  g necesaria para remover la punta cilíndrica. La muestra que presentó una textura más suave y menos adhesiva fue el puré con glucosa y vainillina, con una fuerza necesaria de penetración igual a  $70.6 \pm 2.5$  g y una fuerza de  $-30.3 \pm 1.8$  g requerida para remover la punta cilíndrica. Según la textura de cada puré, así puede ser la aplicación que tendrá cada uno. Por ejemplo, el puré con sacarosa y sorbato, al tener la textura más dura se puede utilizar en la elaboración de helados ya que sensorialmente se desea que los pedacitos de zapote sean detectables, por ser el helado un producto semisólido si es cremoso, o sólido si es de hielo. Ahora bien, el puré con glucosa y vainillina, se puede utilizar en la elaboración de yogurt ya que éste tiene una textura más líquida y suave que el helado.

## **G. Empaque**

Según la teoría, fruta conservada por medio de métodos combinados se puede envasar en frascos de vidrio o de polietileno de alta densidad o en bolsas flexibles. En este estudio se almacenó puré de zapote en los tres tipos de empaque y todos funcionaron adecuadamente para conservar el producto.

Sin embargo, se dio prioridad a recipientes de polietileno de alta densidad con tapadera, con la idea de que el producto puede ser comercializado a granel y no en presentaciones individuales. Se escogió este tipo de empaque pues fue fácil de manejar y transportar, al ser un material relativamente duro se evitó problemas como el rompimiento de bolsas flexibles o frascos de vidrio, que son más fáciles de romper y necesitan mayor cuidado durante la manipulación. Además se pueden encontrar envases de polietileno de alta densidad de mayor tamaño que los frascos de vidrio o bolsas flexibles, por lo que se tiene la ventaja que se puede almacenar mayor cantidad de producto por envase, en comparación con los frascos de vidrio o las bolsas flexibles;

de este modo se requiere de menor espacio para almacenar y/o transportar mayor cantidad de producto, lo cual resulta en un ahorro económico.

Por otro lado, con la posibilidad de comercializar el producto en presentaciones individuales, se pueden utilizar bolsas de polietileno de alta densidad o frascos de vidrios. Como se mencionó anteriormente, ambos empaques funcionan adecuadamente.

Las bolsas de polietileno de alta densidad tienen la ventaja de que son económicas, pueden ser transparentes o de colores y permiten impresiones de colores, a modo de obtener una bonita presentación del producto. Sin embargo la desventaja es que requieren de especial cuidado durante la manipulación para evitar el rompimiento.

Los frascos de vidrio también permiten una bonita presentación del producto, es inerte al contacto con los alimentos, no se oxida, es impermeable a los gases y, en particular, el vidrio no presenta el fenómeno conocido como “migraciones” de monómeros y aditivos hacia el producto, hecho común al envasar en plásticos. Sin embargo el precio es mayor al de las bolsas, en la fase de distribución los envases de vidrio tiene un alto costo energético de transporte, pues estos envases son de los más pesados, demandando una importante fuerza motriz, su manipulación acarrea cierta peligrosidad porque se corren riesgos de rotura que pueden generar cortes y lastimaduras a distintas personas, además de que se pierde tanto el envase como el producto.

#### **H. Análisis sensorial: Foccus Group**

Un Foccus Group consiste en un grupo de personas con intereses comunes, reunidas para discutir las características sensoriales de un producto, bajo la dirección de un moderador, quien asegura que la información fluya de manera clara. Este tipo de análisis provee información detallada sobre la percepción, actitudes, opiniones y recomendaciones que tiene este grupo de personas sobre el producto. Por estas razones, se consideró muy útil un análisis de Foccus Group ya que con la percepción, actitudes, opiniones y recomendaciones se obtendrá una idea de los posibles usos que

se le puede dar al puré de zapote conservado por métodos combinados, a modo de dar referencias para futuras aplicaciones.

En este estudio se trabajó con un grupo de 5 Chefs bajo la dirección de un moderador y con la colaboración de una persona más que fue documentando los comentarios realizados durante la sesión. Se analizaron dos formulaciones de purés, uno preparado con sacarosa y sorbato de potasio y otro preparado con sacarosa y vainillina. Para esto a cada persona se le proveyó de una muestra de cada puré y un vaso con agua pura. Al tener ya las muestras, el moderador fue haciendo las siguientes preguntas:

- ¿Qué opina del sabor?
- ¿Qué opina del color?
- ¿Qué opina del olor?
- ¿Qué opina de la consistencia?
- ¿Qué aplicaciones o qué usos le daría usted a este tipo de puré?

A continuación se presentan los resultados obtenidos con el Foccus Group, los cuales proporcionan una idea de las aplicaciones que puede tener este producto.

#### Puré de zapote con sacarosa y sorbato de potasio:

Sabor, olor y color:

- Sabor, olor y color agradable. Hubo preferencia por esta formulación debido a que predomina el olor y sabor característico a zapote. Está ácido, pero tolerable.

Usos:

- Para una salsa agridulce, se combina con crema y se puede usar como relleno o agregar sobre pollo o pavo (similar a las salsas agridulces de pasas o albaricoques).
- Pasteles.
- En pie, con masa salada.
- Mousse de zapote.
- Té de zapote.

- Yogurt.
- Helado.
- Topping de helados.

Recomendaciones: Balancear sabor dulce agregando azúcar al producto que se va a elaborar, por ejemplo:

- Agregar un poquito de azúcar al pan.
- Si el pastel está muy dulce, no se le agrega azúcar.
- Si es mousse, echar crema batida dulce.
- Para hacer la salsa agridulce, agregar crema, zapote y un poquito de vino.
- Caramelizar azúcar y agregarle un poquito de puré de zapote, le da color y sabor; agregar poco para que no quede espeso. Esto se le puede usar con pavo también.
- Agregar azúcar al puré para hacer topping de helado, pie o torta.
- Se puede agregar a yogurt.

#### Puré de zapote con sacarosa y vainillina:

Sabor, olor, color y consistencia:

- Sabor, olor y color agradables. Sabor ácido tolerable, predomina olor y sabor a vainilla, no a zapote; por esto mismo, se percibe o se asocia con un sabor dulce. Sería de su preferencia usar un poco menos de vainilla.
- Consistencia adecuada, no se ve desagradable, se ve como jalea, se esparce bien.

Usos:

- Postre relleno
- Pastel relleno
- Mousse de zapote con crema batida encima
- En galletas
- En helados
- Milkshake
- En yogurt natural.

#### Recomendaciones:

- Agregar 1 cucharadita de vainilla para 1 frasco de puré.
- No es necesario echar azúcar.
- Yogurt natural.
- Agregar almendra o nuez moscada.
- Si se agrega almendra o nuez moscada en vez de vainillina, la mezcla se puede utilizar para hacer salsas.

### I. Vida de anaquel

Este análisis se realizó únicamente con los purés cuya formulación llevaba sacarosa; es decir, se trabajó con dos purés, uno que contenía sacarosa y sorbato de potasio y otro que contenía sacarosa y vainillina. Se escogieron las formulaciones con sacarosa ya que es un soluto económico, de fácil acceso y fácil manipulación, considerando que los para los pequeños productores es el soluto de mayor disponibilidad. En el Apéndice 5 se describe el procedimiento realizado para determinar la vida de anaquel del producto, basado en la representación de Arrhenius, y a continuación se presentan los resultados.

Tabla 14: Resultados de vida de anaquel

<b>Puré de zapote</b>	<b>Vida de anaquel (a 25°C)</b>
Sacarosa – Sorbato de potasio	4.6 meses = 4 meses y 18 días
Sacarosa – Vainillina	3.5 meses = 3 meses y 15 días

Este rango de tiempo está dentro del teórico establecido en otros estudios, que va de 3 a 8 meses (2). La vida de anaquel depende del tipo de fruta conservada y de aditivos agregados como los conservantes. Se puede observar que se obtuvo una vida de anaquel mayor con el puré que contenía sorbato de potasio.

Sin embargo, no se pueden hacer a un lado las fuentes de error en este análisis, que en este caso se atribuyen al ambiente en donde se realizaron los recuentos microbiológicos, pues también se realizó un recuento de mohos y levaduras en el ambiente del laboratorio de microbiología y se obtuvieron resultados relativamente altos

(aproximadamente  $27 \times 10^3$  UFC por exposición al ambiente durante 15 minutos). La alta contaminación en el ambiente pudo haber afectado los resultados de los recuentos microbiológicos.

También es importante mencionar que durante la elaboración del puré son indispensables las buenas prácticas de manufactura (BPM). Es decir, se debe contar con prácticas, infraestructura y ambiente higiénicos para evitar, prevenir o reducir la contaminación del producto durante su elaboración.

## **J. Análisis económico y rendimientos**

En este estudio se llevó a cabo un análisis económico para determinar un aproximado del costo de elaboración de puré de zapote conservado por métodos combinados. Se consideraron dos presentaciones del producto, una es en un recipiente de polietileno de alta densidad y otra es en bolsas de polietileno de alta densidad. Estas presentaciones se pueden distribuir a restaurantes u otras empresas (por ejemplo panaderías) que necesiten de este puré como ingrediente en algunos de sus productos.

En el Apéndice 6 se presentan tablas detalladas de cómo se obtuvo el costo aproximado de elaboración. Para cada precio se tomó en cuenta:

- Fruta utilizada
- Aditivos (acidulantes, conservantes y azúcares)
- Mano de obra
- Servicio de agua
- Gas
- Empaque

No fue necesario tomar en cuenta energía eléctrica, pues en ningún momento durante la elaboración se necesitó de la misma, todo el proceso fue manual, incluyendo el despulpador. De igual forma, el calentamiento de agua para generar vapor saturado se realizó con gas, no con energía eléctrica.

A continuación se presenta el costo de elaboración para cada puré y empaque.

Tabla 15: Costos de elaboración de puré con diferentes empaques

Puré de zapote	Recipiente de polietileno de alta densidad (Peso neto: 2 kg)	Bolsa de polietileno de alta densidad (Peso neto: 400 g)
Sacarosa – Sorbato de potasio	Q.125.34	Q.38.99
Sacarosa – Vainillina	Q.124.99	Q.38.91
Glucosa – Sorbato de potasio	Q.124.78	Q.36.80
Glucosa – Vainillina	Q.124.47	Q.36.74

Estos precios aún no están sujetos a IVA. Como se puede observar, el costo de elaboración varía relativamente poco si se desea agregar uno u otro aditivo; en este caso se puede escoger sacarosa o glucosa, vainillina o sorbato de potasio, y el costo es muy parecido para cada formulación, únicamente varía en máximo Q.2.25.

La presentación de 2 kg puede ser utilizada por empresas que producen a nivel industrial y que varios de sus productos tienen como ingrediente puré de zapote. La presentación de 400 g puede ser utilizada por medianas o pequeñas empresas, o incluso en hogares, donde se elaboren productos que contengan puré de zapote, pero no a escala industrial. En el caso de la presentación de 2 kg es la fruta, la mano de obra y el empaque (recipiente de polietileno de alta densidad) los materiales de mayor costo. En la presentación de 400 g son la fruta y la mano de obra. El costo puede parecer elevado, pero debido a que la cantidad del puré de zapote que se utilizaría en la fabricación de distintos productos o platillos, como los que se mencionaron anteriormente con el análisis sensorial, es mínima, por ser un ingrediente secundario (una base). Es por esto que 2 kg, o incluso los 400 g, se utilizarían en la elaboración varios productos y no uno solo; esto justifica el precio. Además el puré tiene un valor agregado al conservarse por aproximadamente 4 meses y 18 días, por lo que el cliente lo puede ir almacenando hasta utilizarlo todo, siempre y cuando esté dentro del rango de vida útil.

Es necesario mencionar que uno de los problemas con esta fruta es que se pierden cantidades significativas por mal manejo post-cosecha, el cual provoca que la cáscara de la fruta se rompa, permitiendo la entrada de microorganismos que pueden ser tanto alteradores como patógenos. A continuación se presentan los porcentajes de

zapotes utilizados y zapotes perdidos por fermentación o putrefacción durante la realización de este estudio.

Tabla 16: Porcentajes de zapote utilizado y zapote perdido

Porcentaje de zapotes utilizados	Porcentaje de zapotes perdidos
71%	29%

Además, el mal manejo post-cosecha puede provocar golpes, causando un oscurecimiento en las partes de la fruta donde fue golpeada; es necesario desechar las partes que están sumamente oscuras cuando se elabora puré de zapote, pues de no hacerlo se obtendrá un sabor, olor y color indeseable en el producto final. A continuación se presenta el rendimiento que se obtuvo durante la realización de este estudio, al eliminar las partes oscuras.

Tabla 17: Ejemplo de rendimiento de pulpa de zapote después de eliminar partes oscuras de la fruta durante la elaboración de este estudio

Peso de pulpa (ya eliminadas cáscara y semillas)	2,016 g
Peso de desperdicios (partes oscuras)	970 g
Peso de pulpa utilizada	1,046 g
Rendimiento	51.9 %

Es importante informar a los pequeños productores que cosechan zapote sobre estos datos de pérdida de fruta por fermentación o putrefacción y bajo rendimiento de pulpa por eliminación de partes oscuras, causados por mal manejo post-cosecha, a modo de hacer conciencia de la necesidad de un buen manejo post-cosecha para reducir pérdidas, optimizar la producción y transformación del zapote, aumentar su mercadeo y, por consiguiente, generar ganancias.

## VIII. CONCLUSIONES

1. La técnica de Métodos Combinados sí conservó adecuadamente los cuatro purés de zapote preparados con diferentes formulaciones de solutos, antimicrobianos y acidulantes, durante 60 días de observación.
2. El tiempo de escaldado óptimo para inactivar enzimas responsables de pardeamiento enzimático fue de 2 minutos con vapor saturado.
3. Para establecer las condiciones ácidas, los cuatro purés se llevaron a un pH dentro del rango de  $3.4 \pm 0.1$  a  $3.6 \pm 0.0$ , mediante la adición de ácido cítrico. Estas condiciones ácidas previnieron y dificultaron el crecimiento microbiano, pues no se observó el crecimiento de mohos o fermentación durante los 60 días de observación.
4. Los dos purés con sacarosa alcanzaron mayor cantidad de sólidos solubles, entre  $50.5 \pm 0.1$  y  $50.2 \pm 0.1$  °Brix. Los purés con glucosa obtuvieron valores menores de °Brix, entre  $46.5 \pm 0.1$  y  $42.0 \pm 0.2$  °Brix. Los sólidos solubles de los purés sí variaron significativamente con las formulaciones aplicadas debido a que se agregó mayor cantidad de sacarosa que de glucosa por kilogramo de puré, pues la glucosa tiene mayor poder que la sacarosa para enlazar agua y se necesita de menor cantidad para alcanzar una  $A_w$  determinada.
5. Los purés con sacarosa presentaron menor  $A_w$ , entre  $0.914 \pm 6 \times 10^{-4}$  y  $0.910 \pm 0.003$ , que los purés con glucosa con una  $A_w$  entre  $0.945 \pm 0.003$  y  $0.963 \pm 0.010$ . Esto ocurrió debido a que la sacarosa se hidrolizó por estar en un medio ácido, originando glucosa y fructosa. Esta hidrólisis disminuyó la  $A_w$  del puré debido a la mayor capacidad de la glucosa y de la fructosa para reducirla.
6. En cada una de las 4 formulaciones se mantuvieron casi constantes los °Brix, la  $A_w$  y el pH al pasar el tiempo, en este caso 60 días. Esto se confirma con los resultados del análisis de varianza, que indican que los valores de sólidos

solubles, Aw y pH de las muestras no varían significativamente con el tiempo. Esto es lo deseado ya que las condiciones de conservación establecidas desde un inicio se mantuvieron a lo largo del tiempo.

7. El costo para una presentación de 2 kg de puré en un recipiente de polietileno de alta densidad varía de Q.124.47 a Q.125.34 según la formulación. El costo de una presentación de 400 g de puré en una bolsa de polietileno de alta densidad varía de Q.36.74 a Q.38.99 según la formulación. Tanto el recipiente como la bolsa de polietileno de alta densidad funcionan adecuadamente para conservar el producto.
8. Según el estudio realizado, el puré de zapote con sacarosa y sorbato de potasio tiene una vida de anaquel de 4 meses y 18 días, mientras que el puré con sacarosa y vainillina tiene una vida de anaquel de 3 meses y 15 días.

## IX. RECOMENDACIONES

1. Durante la elaboración del puré de zapote, se recomienda trabajar en condiciones higiénicas, ya que de no hacerlo la vida útil del producto disminuirá debido a la contaminación con microorganismos y a que la carga microbiana inicial sería mayor.
2. Se recomienda no destapar el envase de polietileno de alta densidad conteniendo el puré de zapote después que éste alcance el equilibrio con todos los solutos, antimicrobianos y acidulantes, a modo de evitar el ingreso de microorganismos presentes en el ambiente.
3. Se recomienda realizar otros estudios con diferentes azúcares capaces de enlazar agua, utilizando por ejemplo azúcar morena por ser un producto económico y de fácil disposición.
4. Se recomienda realizar, en un futuro, pruebas sensoriales con este producto, no como tal (puré de zapote conservado por métodos combinados), sino como ingrediente de cierto producto, por ejemplo helados o yogurt, con el objetivo de determinar si es agradable al consumidor, o si es necesario modificar alguna formulación de tal forma que además de conservar el puré también sea agradable al paladar del consumidor.

## X. BIBLIOGRAFÍA

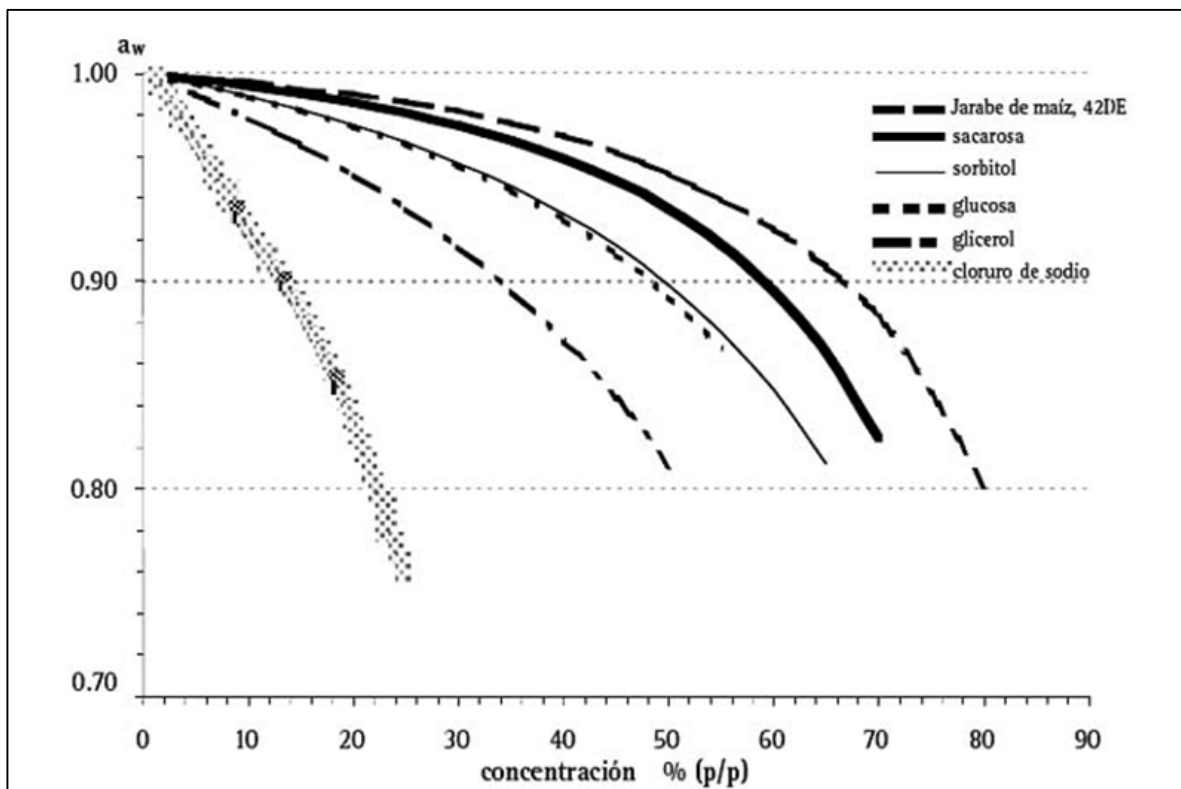
1. Aguayo, Y., Cajti, R., Galindo, A., et. al. 2009. *Cadena Agroproductiva del Zapote*. PROFRUTA. Guatemala.
2. Alzamora, S., Guerrero, S., Nieto, A., Vidales, S. 2004. *Conservación de Frutas y Hortalizas Mediante Tecnologías Combinadas. Manual de Capacitación*. FAO. Págs. 72
3. Cerrutti, P., Alzamora, S., 1996. *Inhibitory effects of vanillin on some food spoilage yeasts in laboratory media and fruit purees*. International Journal of Food Microbioly 29, Págs. 379– 386.
4. De Cáceres, E. 2007. *Zapote. Pouteria sapota*. Área de Apoyo a la Promoción y Mercadeo. PROFRUTA. Guatemala. Págs. 9
5. Fitzgerald, D., Stratford, M., Narbad, A. 2003. *Analysis of the inhibition of food spoilage yeasts by vanillin*. International Journal of Food Microbiology 86. Págs. 113 - 122
6. Guerrero, S., Alzamora, S. 1997. *Effect of pH, Temperature and Glucose Addition on Flow Behaviour of Fruit Purées I. Banana Purée*. Journal of Food Engineering. Vol. 33. Elsevier. Págs. 239 – 256
7. Guerrero, S., Alzamora, S., Gerschenson, L. 1996. *Optimization of a Combined Factors Technology for Preserving Banana Purée to Minimize Color Changes Using the Response Surface Methodology*. Journal of Food Engineering. Vol. 28. Elsevier. Págs. 307-322
8. Leitsner, L., Gould, G. 2002. *Hurdle technologies. Combination treatments for food stability, safety and quality*. Estados Unidos. Kluwer Academic/Plenum Publishers.
9. Linares, H. 2006. *Zapote. Apoyo a MYCES. Promoción de Inversiones e intercambios comerciales. Apoyo al Sector de la Micro y Pequeña Empresa en Guatemala*. Guatemala. Págs. 4

10. López, A., Palon, E. 2008. *Storage stability of pineapple slices preserved by combined methods*. International Journal of Food Science and Technology. 43. Págs. 289-295
11. Monteiro, H., Silva, F., Santos, D., *et. al.* 2003. *Evaluation of Stability of Alginate-coated Mango Cubes Preserved by the Combined Methods Technology*. Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. 47. Págs. 203 - 205
12. Ortiz, A., Guicoy, T., Quelex, M. y Gramajo, F. 2009. Estudio de mercado de productos transformados de la pulpa de zapote (*Pouteria sapota*). Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Proyecto Desarrollo de la Fruticultura y Agricultura (PROFUTA). Guatemala. Págs. 2
13. Ortiz, A., Rodríguez, F., Cuellar, B., *et. al.* 2000. *Caracterización de la Cadena Productiva del Zapote (Pouteria sapota) con Énfasis en la Transformación Agroindustrial*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. Págs. 86
14. Fennema, O. 2000. *Química de los Alimentos*. 2ª. ed. en lengua española. Editorial ACRIBIA S. A. España. Págs. 1,258.

## XI. APÉNDICE

### APÉNDICE 1

**Gráfica 7: Actividad de agua en función de la concentración de soluciones de solutos comúnmente utilizados en la formulación de alimentos de alta humedad y de humedad intermedia**



(Alzamora, S., *et. al.* 2004)

## APÉNDICE 2: ANÁLISIS DE VARIANZA

El análisis de varianza se determinó mediante Excel.

Tabla 18: Análisis de varianza para el cambio de luminosidad (valor L) de la pulpa de zapote cuando es sometido a un proceso de escaldado

Datos originales		
Valor L		
Muestra	Zapote crudo	Zapote escaldado
1	46.47	40.5
2	46.37	40.34
3	46.7	40.97

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad P</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestras	0.246533333	2	0.123266667	9.783068783	0.092737978	19
Tratamiento	52.39215	1	52.39215	4158.107143	0.000240407	18.51282051
Error	0.0252	2	0.0126			
Total	52.66388333	5				

$P=0.0002404 < 0.05$

**Conclusión:** Escaldar el zapote influye significativamente en la luminosidad del zapote debido a que la probabilidad es menor a 0.05.

Tabla 19: Análisis de varianza para el cambio del valor a de la pulpa de zapote cuando es sometido a un proceso de escaldado

Datos originales		
Valor a		
Muestra	Zapote crudo	Zapote escaldado
1	21.68	19.78
2	22.32	19.79
3	21.88	19.39

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	0.194033333	2	0.097016667	1.559335655	0.390726397	19
Columnas	7.981066667	1	7.981066667	128.2785963	0.007705546	18.51282051
Error	0.124433333	2	0.062216667			
Total	8.299533333	5				

$P = 0.007705 < 0.05$

**Conclusión:** Escaldar el zapote influye significativamente en el valor a del zapote debido a que la probabilidad es menor a 0.05.

Tabla 20: Análisis de varianza para el cambio del valor b de la pulpa de zapote cuando es sometido a un proceso de escaldado

Datos originales		
Valor b		
Muestra	Zapote crudo	Zapote escaldado
1	17.31	15.36
2	17.36	15.34
3	17.54	15.41

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	0.023633333	2	0.011816667	2.870445344	0.258368201	19
Columnas	6.201666667	1	6.201666667	1506.477733	0.00066314	18.51282051
Error	0.008233333	2	0.004116667			
Total	6.233533333	5				

$P = 0.0006631 < 0.05$

**Conclusión:** Escaldar el zapote influye significativamente en el factor b del zapote debido a que la probabilidad es menor a 0.05.

Tabla 21: Análisis de varianza para el cambio de la luminosidad en los cuatro purés y al pasar el tiempo (30 días)

Datos originales				
Luminosidad				
Día	Sacarosa Vainillina	Sacarosa Sorbato	Glucosa Vainillina	Glucosa Sorbato
0	36.50	37.20	37.15	39.30
30	34.18	37.27	35.12	37.71

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Tiempo	4.3218	1	4.3218	7.621276346	0.070113251	10.12796448
Tratamiento	11.33187778	3	3.777292593	6.661064993	0.076847794	9.276628154
Error	1.701211111	3	0.56707037			
Total	17.35488889	7				

P tiempo > 0.05

P tratamiento > 0.05

**Conclusión:**

El tiempo no varía significativamente la luminosidad de las muestras de puré de zapote.

Los tratamientos aplicados no varían significativamente la luminosidad del puré de zapote.

Tabla 22: Análisis de varianza para el cambio de °Brix en los cuatro purés y al pasar el tiempo (30 días)

Datos originales				
Brix				
Día	Sacarosa Vainillina	Sacarosa Sorbato	Glucosa Vainillina	Glucosa Sorbato
0	50.53333333	50.16666667	46.53333333	41.96666667
14	50.4	50	46.23333333	42
30	50.8	50.2	46.26666667	42.26666667

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Tiempo	0.103518519	2	0.051759259	2.809045226	0.137736642	5.14325285
Tratamiento	140.6758333	3	46.89194444	2544.889447	1.05896E-09	4.757062664
Error	0.110555556	6	0.018425926			
Total	140.8899074	11				

P tiempo > 0.05

P tratamiento > 0.05

### **Conclusión**

El tiempo no varía significativamente el valor de sólidos solubles del puré de zapote.

Los tratamientos aplicados si varían significativamente los sólidos solubles en el puré de zapote.

Tabla 23: Análisis de varianza para el cambio de actividad de agua en los cuatro purés y al pasar el tiempo (30 días)

Datos originales				
Actividad de agua				
Día	Sacarosa Vainillina	Sacarosa Sorbato	Glucosa Vainillina	Glucosa Sorbato
0	0.914333333	0.910333333	0.945	0.963
14	0.910666667	0.909666667	0.942	0.953
30	0.899333333	0.908333333	0.956	0.975666667

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Tiempo	7.67407E-05	2	3.83704E-05	0.555595281	0.600657357	5.14325285
Tratamiento	0.007024407	3	0.002341469	33.90400429	0.000370114	4.757062664
Error	0.00041437	6	6.90617E-05			
Total	0.007515519	11				

P tiempo > 0.05

P tratamiento < 0.05

### Conclusión

El tiempo no varía significativamente la actividad de agua de las muestras.

Los tratamientos aplicados varían significativamente la actividad de agua de las muestras.

Tabla 24: Análisis de varianza para el cambio de pH en los cuatro purés y al pasar el tiempo (30 días)

Datos originales				
pH				
Día	Sacarosa Vainillina	Sacarosa Sorbato	Glucosa Vainillina	Glucosa Sorbato
0	3.366666667	3.466666667	3.433333333	3.6
14	3.266666667	3.4	3.4	3.6
30	3.2	3.4	3.4	3.6

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Tiempo	0.00962963	2	0.004814815	3.545454545	0.096281829	5.14325285
Tratamiento	0.157407407	3	0.052469136	38.63636364	0.00025593	4.757062664
Error	0.008148148	6	0.001358025			
Total	0.175185185	11				

P tiempo > 0.05

P tratamiento < 0.05

**Conclusión:**

El tiempo no varía significativamente el pH de las muestras.

Los tratamientos si varían significativamente el pH de la muestra.

### APÉNDICE 3: DATOS ORIGINALES

Tabla 25: Determinación de °Brix, Porcentaje de Humedad, Actividad de agua (Aw) y pH en triplicado de la pulpa de zapote

No. de muestra	°Brix (± 0.05)	Humedad (%) ( ± 0.00005)	Aw (± 0.0005)	pH (± 0.05)
1	23.4	68.4096	0.964	6.8
2	23.2	63.0047	0.968	6.8
3	23.3	62.2291	0.970	6.7

Tabla 26: Largo, diámetro, peso de zapote entero, peso de semilla y peso de cáscara medido en 10 muestras

No. De muestra	Largo (± 0.05cm)	Diámetro (± 0.05 cm)	Peso zapote entero (± 0.05g)	Peso semilla (± 0.05g)	Peso cáscara (± 0.05g)
1	13.5	8.0	587.6	22.3	89.1
2	10.6	7.7	375.3	32.7	56.6
3	12.9	8.2	497.5	46.6	59.9
4	13.6	7.8	444.6	39.8	59.4
5	11.6	8.0	347.0	35.5	43.6
6	13.6	8.1	496.2	50.8	54.2
7	12.0	7.9	460.0	35.0	47.0
8	12.0	8.1	442.2	41.4	76.1
9	12.2	7.7	340.3	40.4	93.2
10	13.2	8.3	445.1	37.4	81.4

Tabla 27: Valores de L, a y b determinados por el colorímetro para el zapote fresco y zapote escaldado, en triplicado

Muestra	No. de muestra	Valor L	Valor a	Valor b
Zapote fresco	1	46.47	21.68	17.31
	2	46.37	22.32	17.36
	3	46.7	21.88	17.54
Zapote escaldado	1	40.5	19.78	15.36
	2	40.34	19.79	15.34
	3	40.97	19.39	15.41

Tabla 28: Pico de fuerza (+) y Pico de fuerza (-) determinados en triplicado por el texturómetro para el zapote crudo y para el zapote escaldado

Muestra	No. de muestra	Pico de fuerza (+) (g)	Pico de fuerza (-) (g)
Zapote crudo	1	102.0	-28.7
	2	104.5	-27.8
	3	107.9	-30.1
Zapote escaldado	1	92.2	-19.8
	2	97.5	-26.2
	3	97.0	-26.4

Tabla 29: Pico de fuerza (+) y Pico de fuerza (-) determinados en triplicado por el texturómetro para los cuatro purés preparados

Muestra	No. de muestra	Pico de fuerza (+) (g)	Pico de fuerza (-) (g)
Sacarosa vainillina	1	81.6	-37.2
	2	93.2	-37.3
	3	85.3	-38.0
Sacarosa sorbato	1	99.3	-40.3
	2	107.0	-47.2
	3	106.6	-41.3
Glucosa vainillina	1	73.4	-28.7
	2	69.5	-30.1
	3	68.8	-32.2
Glucosa sorbato	1	93.6	-35.8
	2	100.5	-35.5
	3	99.7	-38.2

Tabla 30: Determinación en triplicado de °Brix, Actividad de agua y pH para cada puré preparado, en el día 0

Muestra	No. de muestra	°Brix (± 0.05)	Aw (± 0.0005)	pH (± 0.05)
Sacarosa vainillina	1	50.4	0.914	3.4
	2	50.6	0.915	3.4
	3	50.6	0.914	3.3
Sacarosa sorbato	1	50.2	0.910	3.4
	2	50.2	0.913	3.5
	3	50.1	0.908	3.5
Glucosa vainillina	1	46.6	0.943	3.5
	2	46.6	0.944	3.4
	3	46.4	0.948	3.4
Glucosa sorbato	1	41.8	0.968	3.6
	2	42.0	0.969	3.6
	3	42.1	0.952	3.6

Tabla 31: Determinación en triplicado de °Brix, Actividad de agua y pH para cada puré preparado, en el día 14

Muestra	No. de muestra	°Brix (± 0.05)	Aw (± 0.0005)	pH (± 0.05)
Sacarosa vainillina	1	50.4	0.910	3.2
	2	50.2	0.912	3.3
	3	50.6	0.910	3.3
Sacarosa sorbato	1	50.0	0.912	3.4
	2	49.8	0.909	3.4
	3	50.2	0.908	3.4
Glucosa vainillina	1	46.2	0.934	3.4
	2	46.1	0.946	3.4
	3	46.4	0.946	3.4
Glucosa sorbato	1	42.0	0.953	3.6
	2	41.8	0.949	3.6
	3	42.2	0.957	3.6

Tabla 32: Determinación en triplicado de °Brix, Actividad de agua y pH para cada puré preparado, en el día 30

Muestra	No. de muestra	°Brix (± 0.05)	Aw (± 0.0005)	pH (± 0.05)
Sacarosa vainillina	1	50.6	0.894	3.2
	2	50.8	0.904	3.2
	3	51.0	0.900	3.2
Sacarosa sorbato	1	50.0	0.909	3.4
	2	50.4	0.909	3.4
	3	50.2	0.907	3.4
Glucosa vainillina	1	46.2	0.930	3.4
	2	46.4	0.941	3.4
	3	46.2	0.943	3.4
Glucosa sorbato	1	42.2	0.942	3.6
	2	42.2	0.947	3.6
	3	42.4	0.949	3.6

Tabla 33: Valores de L, a y b determinados en triplicado por el colorímetro para los cuatro purés preparados, en el día 0

Muestra	No. de muestra	Valor L	Valor a	Valor b
Sacarosa vainillina	1	36.41	20.53	13.94
	2	36.37	20.69	13.96
	3	36.73	20.46	14.16
Sacarosa sorbato	1	37.52	21.54	14.70
	2	37.02	21.78	14.48
	3	37.07	21.55	14.45
Glucosa vainillina	1	37.24	21.37	14.56
	2	37.15	21.17	14.48
	3	37.06	20.97	14.43
Glucosa sorbato	1	39.30	22.96	15.79
	2	39.58	22.99	16.00
	3	39.03	23.18	15.68

Tabla 34: Valores de L, a y b determinados en triplicado por el colorímetro para los cuatro purés preparados, en el día 30

Muestra	No. de muestra	Valor L	Valor a	Valor b
Sacarosa vainillina	1	34.13	15.01	11.68
	2	34.30	15.83	11.96
	3	34.12	15.03	11.69
Sacarosa sorbato	1	37.44	19.38	13.97
	2	37.30	19.52	13.91
	3	37.06	19.04	13.57
Glucosa vainillina	1	35.33	16.63	12.81
	2	35.14	16.35	12.62
	3	34.89	16.58	12.57
Glucosa sorbato	1	37.71	18.13	13.70
	2	37.72	18.14	13.71
	3	37.70	17.71	13.63

#### APÉNDICE 4: CÁLCULO DE AZÚCARES, ANTIMICROBIANOS Y ACIDULANTES A SER AGREGADOS AL PURÉ DE ZAPOTE

Ejemplo del cálculo para las formulaciones con sacarosa:

- Infusión seca (los solutos se agregan directamente al puré de zapote)
- Base: 1 kg de puré de zapote
- %Humedad de puré de zapote = 64.5478%
- Aw deseada en el puré = 0.96
- 1000 ppm de sorbato de potasio
- 150 ppm de bisulfito de sodio

Balance de masa para el agua:

$$WF = 0.645478 \frac{g \text{ agua}}{g \text{ fruta}} * 1000g \text{ fruta} = 645.478 g \text{ agua} \text{ (Ecuación 8)}$$

Determinación de las concentraciones de azúcares a agregar:

$$0.96 = Aw \text{ fruta conservada} = Aw^0 \text{ fruta} * Aw^0 \text{ glucosa} \text{ (Ecuación 9)}$$

$$Aw^0 \text{ fruta} \approx 1, \text{ entonces}$$

$$0.96 = Aw \text{ fruta conservada} = Aw^0 \text{ glucosa} \text{ (Ecuación 10)}$$

A partir de la Gráfica 7 del Apéndice 1 se determinaron las concentraciones de glucosa y sacarosa a agregar, tomando la Aw = 0.96 para la fruta conservada:

- Glucosa = 28% (p/p)
- Sacarosa = 40% (p/p)

Balance de masa para el azúcar (glucosa):

$$\frac{0.28 g \text{ glucosa}}{g \text{ glucosa} + g \text{ agua}} \text{ corresponde a } \frac{28 g \text{ glucosa}}{72 g \text{ agua}} = 0.3889 \frac{g \text{ glucosa}}{g \text{ agua}} \text{ (Ecuación 11)}$$

$$CE = 0.3889 \frac{g \text{ glucosa}}{g \text{ agua}} \text{ (Ecuación 12)}$$

$$MS = 0.3889 \frac{g \text{ glucosa}}{g \text{ agua}} * 645.478 g \text{ agua} = 251.01923 g \text{ glucosa} \text{ (Ecuación 13)}$$

Masa de sorbato de potasio:

$$\begin{aligned} MKS &= \frac{0.001 g \text{ sorbato de potasio}}{g \text{ masa total}} * (1000 g \text{ fruta} + 251.01923 g \text{ glucosa}) \\ &= 1.2510 g \text{ sorbato de potasio} \text{ (Ecuación 14)} \end{aligned}$$

Masa de bisulfito de sodio:

$$\begin{aligned} MSB &= 0.00015 \frac{g \text{ bisulfito de sodio}}{g \text{ masa total}} * (1000 g \text{ fruta} + 251.01923 g \text{ glucosa}) \\ &= 0.1876 g \text{ bisulfito de sodio} \text{ (Ecuación 15)} \end{aligned}$$

Masa de ácido cítrico:

$$\begin{aligned} MAC &= 0.01 \frac{g \text{ ácido cítrico}}{g \text{ masa total}} * (1000 g \text{ fruta} + 251.01923 g \text{ glucosa}) \\ &= 12.5102 g \text{ ácido cítrico} \text{ (Ecuación 16)} \end{aligned}$$

Masa de vainillina:

$$\begin{aligned} MV &= 0.003 \frac{g \text{ vainillina}}{g \text{ masa total}} * (1000 g \text{ fruta} + 251.01923 g \text{ glucosa}) \\ &= 3.7530 g \text{ vainillina} \text{ (Ecuación 17)} \end{aligned}$$

*Nota: las cantidades a utilizar con sacarosa se determinaron de la misma forma.*

### APÉNDICE 5: DETERMINACIÓN DE VIDA DE ANAQUEL

#### A. Ejemplo para el puré de zapote conservado por métodos combinados, cuya formulación contiene sacarosa y sorbato de potasio

Tabla 35: Conteos de mohos y levaduras a 25°C en los días 0, 7, 14 y 21 y Función de calidad F(A) utilizado para graficar.

Tiempo	Recuento mohos y levaduras (UFC/g)	F= Ao - A
0	1666	0
7	1000	666
14	4000	-2334
21	9000	-7334

Tabla 36: Conteos de mohos y levaduras a 30°C en los días 0, 7, 14 y 21 y Función de calidad F(A) utilizado para graficar

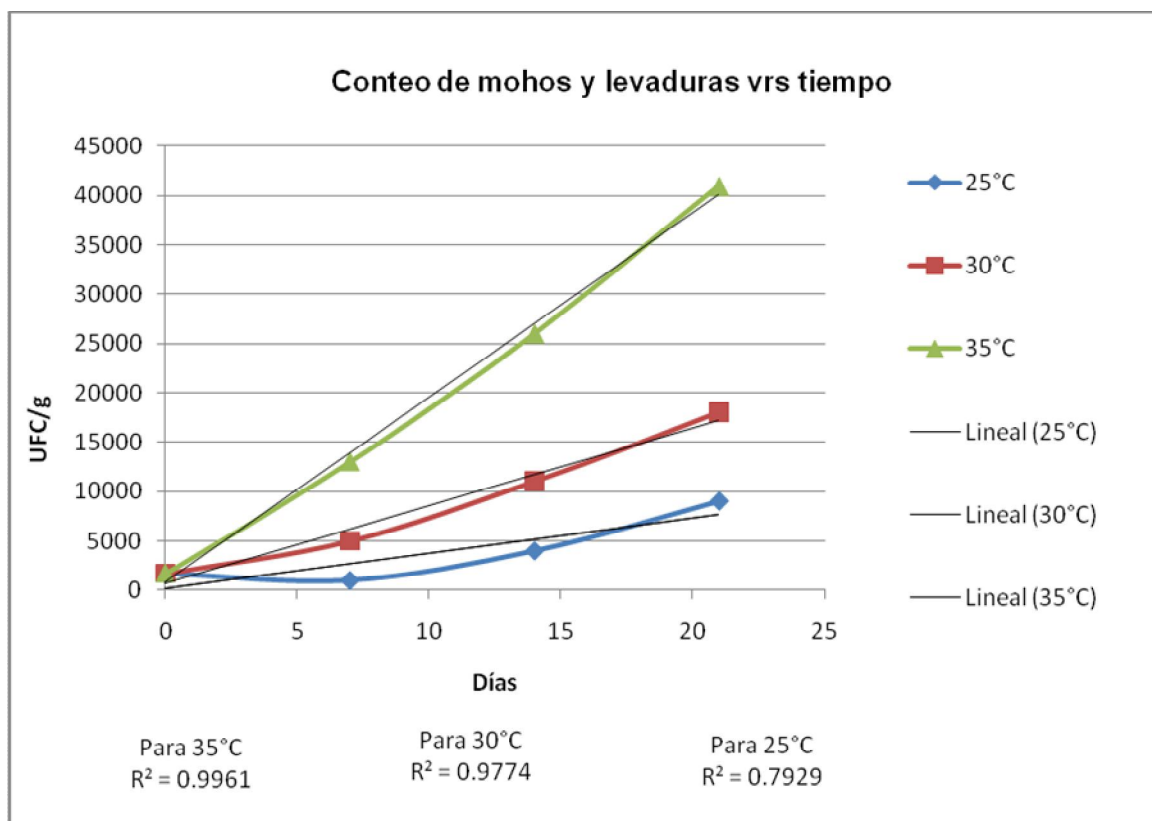
Tiempo	Recuento mohos y levaduras (UFC/g)	F= Ao - A
0	1666	0
7	5000	-3334
14	11000	-9334
21	18000	-16334

Tabla 37: Conteos de mohos y levaduras a 35°C en los días 0, 7, 14 y 21 y Función de calidad F(A) utilizado para graficar

Tiempo	Recuento mohos y levaduras (UFC/g)	F= Ao - A
0	1666	0
7	13000	-11334
14	26000	-24334
21	41000	-39334

Paso 1: Se realizó una gráfica de los conteos de mohos y levaduras a diferentes temperaturas

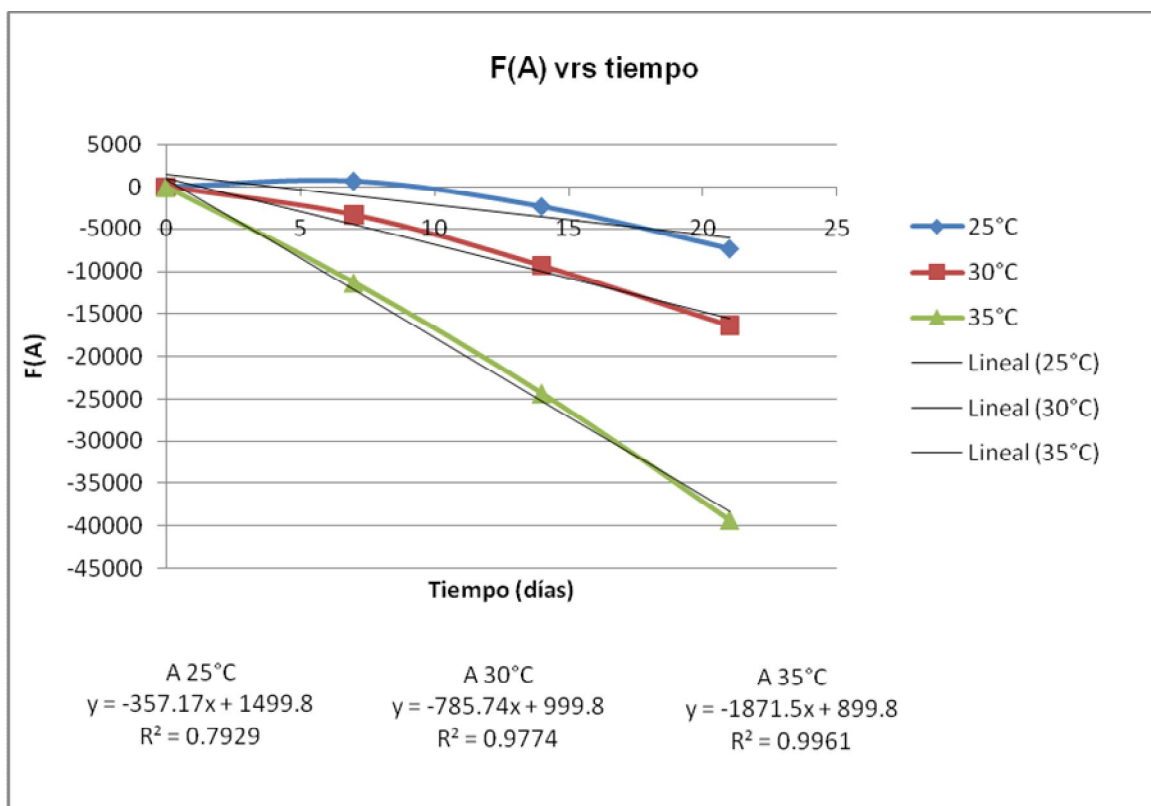
Gráfica 8: Conteo de mohos y levaduras vrs tiempo a diferentes temperaturas



Con estas gráficas se obtuvieron líneas de tendencia lineal con los respectivos  $R^2$  (cuyo valor se muestra en la gráfica anterior), que resultaron ser mayores a 0.96 para las gráficas de 30°C y 35°C y menor a 0.96 para la gráfica de 25°C. Debido a que la mayoría de  $R^2$  son aceptables (mayores a 0.96) para una tendencia lineal, se asume que el orden de reacción es  $n=0$ . Para este orden de reacción se tiene una Función de Calidad  $F(A) = A_0 - A$ , donde  $A$  es la característica de calidad (en este caso recuento de mohos y levaduras) y  $A_0$  es el recuento de mohos y levaduras inicial (día 0). (Fennema, O. 2000)

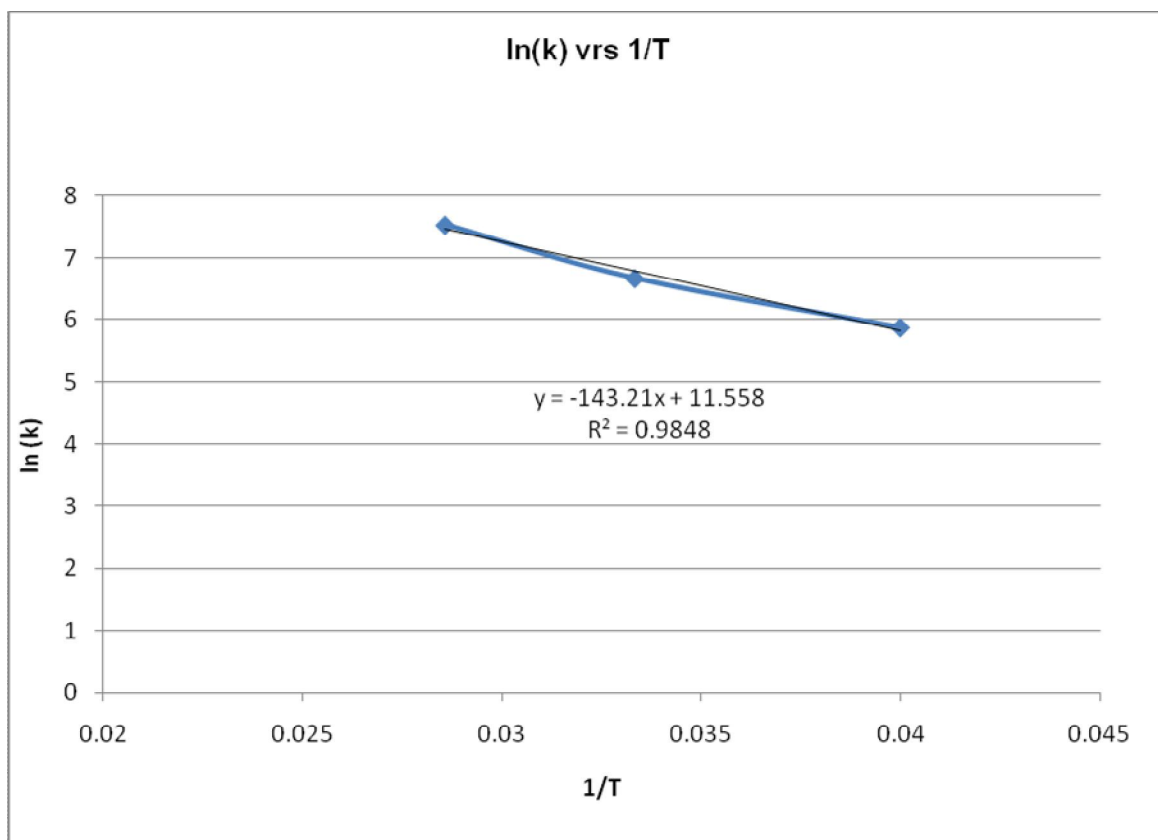
Paso 2: Se realizó una gráfica de la Función de calidad  $F(A)$  a diferentes temperaturas.

Gráfica 9: Función de calidad  $F(A)$  vrs tiempo, a diferentes temperaturas



Con esta gráfica se vuelven a obtener líneas de tendencia lineal, en donde la pendiente de cada línea representa la constante de velocidad de reacción  $k$ .

Paso 3: Se realiza una representación de Arrhenius, que consiste en una gráfica de  $\ln k$  versus  $1/T$ , donde  $T$  es temperatura.

Gráfica 10:  $\ln(k)$  vrs  $1/T$ 

Con esta gráfica se obtiene la siguiente función:

$$\ln(k) = -143.21(1/T) + 11.558 \text{ (Ecuación 18)}$$

El principal valor de la representación de Arrhenius es que pueden recogerse datos a altas temperaturas (en este estudio fueron 30°C y 35°C) y a continuación extrapolar para hallar la constante de velocidad a alguna temperatura más baja (en este estudio 25°C). Con la Ecuación 18 se determina la constante de velocidad a 25°C, siendo  $k = 340$ .

Paso 4: Con la función de calidad de orden  $n=0$ ,  $F(A) = A_0 - A$ , y sabiendo que  $F = kt$  ( $t =$  tiempo), se tiene que

$$A = A_0 - kt \text{ (Ecuación 19)}$$

donde

A = recuento de mohos y levaduras no aceptable (en esta caso es  $10^2$  UFC/g, dato basado en el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.50:08: Alimentos, Criterios Microbiológicos para inocuidad de alimentos)

$A_0$  = recuento de mohos y levaduras inicial

Al despejar t (tiempo) y sustituyendo valores, se obtiene un tiempo estimado de vida útil igual a 4.6 meses, es decir 4 meses y 18 días, a 25°C.

#### **B. Recuentos obtenidos con el puré de zapote conservado por métodos combinados, cuya formulación contiene sacarosa y vainillina**

Tabla 38: Conteos de mohos y levaduras a 25°C en los días 0, 7, 14 y 21 y Función de calidad F(A) utilizado para graficar.

Tiempo	Recuento de mohos y levaduras (UFC/g)	F= $A_0 - A$
0	1500	0
7	1000	666
14	5000	-3334
21	10000	-8334

Tabla 39: Conteos de mohos y levaduras a 30°C en los días 0, 7, 14 y 21 y Función de calidad F(A) utilizado para graficar

Tiempo	Recuento de mohos y levaduras (UFC/g)	F= $A_0 - A$
0	1666	0
7	6000	-4334
14	13000	-11334
21	21000	-19334

Tabla 40: Conteos de mohos y levaduras a 35°C en los días 0, 7, 14 y 21 y Función de calidad F(A) utilizado para graficar

Tiempo	Recuento de mohos y levaduras (UFC/g)	F= Ao - A
0	1666	0
7	15000	-13334
14	27000	-25334
21	43000	-41334

Para determinar la vida de anaquel del puré de zapote con sacarosa y vainillina, se realizó el mismo procedimiento. Los recuentos de mohos y levaduras fueron relativamente más altos en el puré con vainillina que en el puré con sorbato de potasio. Se obtuvo un estimado de vida útil de 3.5 meses, es decir 3 meses y 15 días, a 25°C.

**APÉNDICE 6: ANÁLISIS DE COSTO DE ELABORACIÓN DE PURÉ DE ZAPOTE  
CONSERVADO POR MÉTODOS COMBINADOS**

**A. Para la presentación de 2 kg en un recipiente de polietileno de alta densidad**

Tabla 41: Costo de elaboración de puré de zapote conservado por métodos combinados, utilizando en la formulación sacarosa y sorbato de potasio

SACAROSA – SORBATO DE POTASIO			
	Precio unitario (Q.)	Cantidad utilizada	Total (Q.)
Zapotes utilizados	5	10	50.00
Ácido cítrico (por gramo)	0.08	29	2.42
Sorbato de potasio (por gramo)	0.33	3	0.95
Bisulfito de sodio (por gramo)	0.06	0.4	0.02
Sacarosa (por gramo)	0.01	861	5.69
Mano de obra (por hora)	8.33	3	24.99
Gas (costo por libra)	4.48	0.8	3.58
Agua (costo por consumo al día)	1.33	1	1.33
Recipientes de polietileno	20	1	20.00
Costo total			Q.108.99
Precio (con 15% de ganancia)			Q.125.34

Tabla 42: Costo de elaboración de puré de zapote conservado por métodos combinados, utilizando en la formulación sacarosa y vainillina

SACAROSA – VAINILLINA			
	Precio unitario (Q.)	Cantidad utilizada	Total (Q.)
Zapotes utilizados	5	10	50.00
Ácido cítrico (por gramo)	0.08	29	2.42
Vainillina (por gramo)	0.08	9	0.65
Bisulfito de sodio (por gramo)	0.06	0.4	0.02
Sacarosa (por gramo)	0.01	861	5.69
Mano de obra (por hora)	8.33	3	24.99
Gas (costo por libra)	4.48	0.8	3.58
Agua (costo por consumo al día)	1.33	1	1.33
Recipientes de polietileno	20	1	20.00
Costo total			Q.108.69
Precio (con 15% de ganancia)			Q.124.99

Tabla 43: Costo de elaboración de puré de zapote conservado por métodos combinados, utilizando en la formulación glucosa y sorbato de potasio

GLUCOSA - SORBATO DE POTASIO			
	Precio unitario (Q.)	Cantidad utilizada	Total (Q.)
Zapotes utilizados	5	10	50.00
Ácido cítrico (por gramo)	0.08	25	2.11
Sorbato de potasio (por gramo)	0.33	3	0.83
Bisulfito de sodio (por gramo)	0.06	0.4	0.02
Glucosa (por gramo)	0.01	502	5.63
Mano de obra (por hora)	8.33	3	24.99
Gas (costo por libra)	4.48	0.8	3.58
Agua (costo por consumo al día)	1.33	1	1.33
Recipientes de polietileno	20	1	20.00
Costo total	Q.108.50		
Precio (con 15% de ganancia)	Q.124.78		

Tabla 44: Costo de elaboración de puré de zapote conservado por métodos combinados, utilizando en la formulación glucosa y vainillina

GLUCOSA - VAINILLINA			
	Precio unitario (Q.)	Cantidad utilizada	Total (Q.)
Zapotes utilizados	5	10	50.00
Ácido cítrico (por gramo)	0.08	25	2.11
Vainillina (por gramo)	0.08	8	0.56
Bisulfito de sodio (por gramo)	0.06	0.4	0.02
Glucosa (por gramo)	0.01	502	5.63
Mano de obra (por hora)	8.33	3	24.99
Gas (costo por libra)	4.48	0.8	3.58
Agua (costo por consumo al día)	1.33	1	1.33
Recipientes de polietileno	20	1	20.00
Costo total	Q.108.23		
Precio (con 15% de ganancia)	Q.124.47		

**B. Para la presentación de 400 g en una bolsa de polietileno de alta densidad**

Tabla 45: Costo de elaboración de puré de zapote conservado por métodos combinados, utilizando en la formulación sacarosa y sorbato de potasio

SACAROSA - SORBATO DE POTASIO			
	Precio unitario (Q.)	Cantidad utilizada	Total (Q.)
Zapotes utilizados	5	2	10.00
Ácido cítrico (por gramo)	0.08	6	0.48
Sorbato de potasio (por gramo)	0.33	0.6	0.20
Bisulfito de sodio (por gramo)	0.06	0.1	0.01
Sacarosa (por gramo)	0.01	172	1.14
Mano de obra (por hora)	8.33	2	16.66
Gas (costo por libra)	4.48	0.8	3.58
Agua (costo por consumo al día)	1.33	1	1.33
Bolsas de polietileno de alta densidad	0.5	1	0.50
Costo total			Q.33.90
Precio (con 15% de ganancia)			Q.38.99

Tabla 46: Costo de elaboración de puré de zapote conservado por métodos combinados, utilizando en la formulación sacarosa y vainillina

SACAROSA – VAINILLINA			
	Precio unitario (Q.)	Cantidad utilizada	Total (Q.)
Zapotes utilizados	5	2	10.00
Ácido cítrico (por gramo)	0.08	6	0.48
Vainillina (por gramo)	0.08	2	0.13
Bisulfito de sodio (por gramo)	0.06	0.1	0.01
Sacarosa (por gramo)	0.01	172	1.14
Mano de obra (por hora)	8.33	2	16.66
Gas (costo por libra)	4.48	0.8	3.58
Agua (costo por consumo al día)	1.33	1	1.33
Bolsas de polietileno de alta densidad	0.5	1	0.50
Costo total			Q.33.83
Precio (con 15% de ganancia)			Q.38.91

Tabla 47: Costo de elaboración de puré de zapote conservado por métodos combinados, utilizando en la formulación glucosa y sorbato de potasio

GLUCOSA - SORBATO DE POTASIO			
	Precio unitario (Q.)	Cantidad utilizada	Total (Q.)
Zapotes utilizados	5	2	10.00
Ácido cítrico (por gramo)	0.08	5	0.42
Sorbato de potasio (por gramo)	0.33	0.5	0.17
Bisulfito de sodio (por gramo)	0.06	0.1	0.00
Glucosa (por gramo)	0.01	100	1.13
Mano de obra (por hora)	8.33	2	16.66
Gas (costo por libra)	4.48	0.4	1.79
Agua (costo por consumo al día)	1.33	1	1.33
Bolsas de polietileno de alta densidad	0.5	1	0.50
Costo total			Q.32.00
Precio (con 15% de ganancia)			Q.36.80

Tabla 48: Costo de elaboración de puré de zapote conservado por métodos combinados, utilizando en la formulación glucosa y vainillina

GLUCOSA – VAINILLINA			
	Precio unitario (Q.)	Cantidad utilizada	Total (Q.)
Zapotes utilizados	5	2	10.00
Ácido cítrico (por gramo)	0.08	5	0.42
Vainillina (por gramo)	0.08	1.5	0.11
Bisulfito de sodio (por gramo)	0.06	0.1	0.00
Glucosa (por gramo)	0.01	100	1.13
Mano de obra (por hora)	8.33	2	16.66
Gas (costo por libra)	4.48	0.4	1.79
Agua (costo por consumo al día)	1.33	1	1.33
Bolsas de polietileno de alta densidad	0.5	1	0.50
Costo total			Q.31.95
Precio (con 15% de ganancia)			Q.36.74