

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería en Ciencias de Alimentos

Desarrollo de una harina de aguacate, *Persea americana Mill*, de las variedades Hass y Booth 8, por distintos métodos de deshidratación

María Andrea del Rosario Baca Sandoval

Guatemala

2010

Desarrollo de una harina de aguacate, *Persea americana Mill*, de las variedades Hass y Booth 8, por distintos métodos de deshidratación.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería en Ciencias de Alimentos

Desarrollo de una harina de aguacate, *Persea americana Mill*, de las variedades Hass y Booth 8, por distintos métodos de deshidratación

Trabajo de Graduación presentado por María Andrea del Rosario Baca Sandoval para optar al grado académico de Ingeniera en Ciencias de los Alimentos

Guatemala

2010

Vo. Bo.:

(f) _____
MSc. Patricia Palacios de Palomo

Tribunal Examinador

(f) _____
MSc. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

(f) _____
MSc. Patricia Palacios de Palomo

(f) _____
Doctor Ricardo Bressani Castignoli

Fecha de Aprobación:

25 de Enero de 2010

PREFACIO

El objetivo de este trabajo es desarrollar harina de aguacate, *Persea americana Mill*, de las variedades Hass y Booth 8. En el experimento se utilizó aguacate de las variedades Hass y Booth8 como materia prima y los métodos de secado por liofilización y atomización. El presente trabajo fue realizado durante el año 2009, en la Universidad del Valle de Guatemala.

Agradecimientos

"La gratitud no sólo es la más grande de la virtudes, sino que engendra todas las demás" (M.T. Cicerón)

Agradezco a Dios por el don concedido, la fortaleza recibida, la gracia aprendida y la experiencia vivida.

A la Virgencita por escucharme y hablarle de mí al Padre.

A mis padres por su apoyo incondicional. En especial a mi mamá por su inmenso amor, por sus sabios consejos a veces difíciles de escuchar. Por su perseverancia al enseñarme que si caigo cien veces, cien veces me tengo que levantar. Porque cuando le dije ya no puedo me secó las lágrimas, me abrazó y me alentó a continuar. Me enseñaste bien mamá.

A mis hermanas por su confianza en mi persona y por decirme lo que necesitaba escuchar.

A mis queridas amigas, por su apoyo incondicional en todo momento.

A mi asesora, Licenciada Patricia Palacios de Palomo por su guía y orientación.

A los miembros del Centro de Investigación y del Departamento de Alimentos por su invaluable ayuda

ÍNDICE

	Página
PREFACIO.....	vi
LISTA DE CUADROS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE GRÁFICOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	2
III. ANTECEDENTES.....	18
IV. JUSTIFICACIÓN.....	22
V. OBJETIVOS.....	27
VI. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	28
VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	35
VIII. CONCLUSIONES.....	70
IX. RECOMENDACIONES.....	72
X. BIBLIOGRAFÍA.....	73
XI. APÉNDICE	77

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro No. 1: Variedades de aguacate en el mundo	3
Cuadro No. 2: Características distintivas de las razas de aguacate	4
Cuadro No. 3: Contenido de elementos y nutrientes en pulpa de aguacate	9
Cuadro No. 4: Características de algunas variedades seleccionadas de aguacate	11
Cuadro No. 5: Datos teóricos de análisis químico de la fruta del aguacate	12
Cuadro No. 6: Datos teóricos de contenido promedio de nutrientes	13
Cuadro No 7: Datos teóricos de esteroides en el aguacate	14
Cuadro No. 8: Datos teóricos de vitaminas en el aguacate	15
Cuadro No. 9: Datos teóricos de minerales en el aguacate	16
Cuadro 10: Comportamiento histórico de la producción de aguacate en Guatemala	23
Cuadro 11: Exportaciones de aguacate de Guatemala	24
Cuadro No.12: Características físicas evaluadas en aguacate	35
Cuadro No 13. Proteína en aguacate Hass y Booth8 y harinas de aguacate	38
Cuadro No.14 Grasa en aguacate, variedades Hass y Booth8 y en harinas	39
Cuadro No.15 Cenizas en aguacate Hass y Booth8 y harinas	40
Cuadro No.16 Humedad en aguacate Hass y Booth8 y harinas	41
Cuadro No.17 Actividad de agua en aguacate Hass y Booth8 y harinas	44
Cuadro No.18 Carbohidratos en aguacate Hass y Booth8 y las harinas	46
Cuadro No.19 Fibra dietética total en aguacate Hass y Booth8 y las harinas	47
Cuadro No.20. Actividad antioxidante en aguacate Hass y Booth8 y harinas	49
Cuadro No.21. Resultados obtenidos del análisis por colorimetría	51
Cuadro No.22 Comparación de color entre harinas y pasta de aguacate fresca	52
Cuadro No.23 Comparación total de color entre distintas harinas y pasta aguacate	52
Cuadro No.24 Análisis de Textura	54
Cuadro No.26 Resultado de tamizar las muestras de harina de aguacate	56
Cuadro No.27 Propiedades de rehidratación de las harinas	57

Cuadro No.28 Índice de peróxido durante el almacenamiento de harina de aguacate Hass elaborada por Liofilización	63
Cuadro No.29 Índice de peróxido durante el almacenamiento de Harina de Aguacate Booth8 elaborada por Liofilización	63
Cuadro No.30 Índice de peróxido durante el almacenamiento de harina de aguacate Hass elaborada por Atomización	63
Cuadro No.31 Índice de peróxido durante el almacenamiento de harina de aguacate Booth8 elaborada por Atomización	64
Cuadro No.32 Vida de anaquel para las distintas harinas según parámetro de Aa	65
Cuadro No.33 Vida de anaquel para las distintas harinas según índice de peróxidos	65
Cuadro No.34 Actividad de agua durante el almacenamiento de harina de aguacate Hass elaborada por Liofilización	65
Cuadro No.35 Actividad de agua durante el almacenamiento de harina de aguacate Booth8 elaborada por Liofilización	65
Cuadro No.36 Actividad de agua durante el almacenamiento de harina de aguacate Hass elaborada por Atomización	66
Cuadro No.37 Actividad de agua durante el almacenamiento de harina de aguacate Booth8 elaborada por Atomización	67
Cuadro No. 38. Porcentaje de rendimiento para las distintas harinas elaboradas	68
Cuadro No.39 Costos de harina de aguacate Hass elaborada por Atomización	68
Cuadro No. 40 Costos de harina de aguacate Booth8 elaborada por Atomización	69
Cuadro No. 41 Costos de harina de aguacate Hass elaborada por Atomización	69
Cuadro No. 42 Costos de harina de aguacate Booth8 elaborada por Liofilización	69
Cuadro No. 43 Análisis de varianza de dos factores para harina por Atomización	77
Cuadro No. 44 Actividad antioxidante en harina de aguacate Hass (Liofilización)	78

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Mapa de áreas aptas para el desarrollo del cultivo aguacate "Variedad Hass". Guatemala.	5
Figura 2. Mapa de áreas aptas para el desarrollo del cultivo aguacate "Variedad Booth8". Guatemala	6
Figura 3. Comportamiento histórico de la producción de aguacate en Guatemala	23
Figura 4. Exportaciones de aguacate en Guatemala, años 2001-2006	24
Figura 5: Comportamiento histórico de las exportaciones de aguacate Guatemala	25
Figura No.6 Fotografía de aguacate variedad Hass.	36
Figura No.7 Fotografía de aguacate variedad Booth8	37
Figura No. 8 Cartilla de colores usada para determinar color en cáscara de muestras de aguacate	82

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfica No. 1 Disminución del porcentaje de humedad en aguacate de la variedad Hass por Liofilización y Atomización.	42
Gráfica No.2 Disminución del porcentaje de humedad en aguacate de la variedad Booth8 por Liofilización y Atomización.	43
Gráfica No.3 Disminución en actividad de agua en aguacate de la variedad Hass por Liofilización y Atomización.	45
Gráfica No.4 Disminución en actividad de agua en aguacate de la variedad Booth8 por Liofilización y Atomización	45
Gráfica No.5 Aumento de %FDT en las variedades de aguacate por secado atomización	48
Gráfica No.6 Actividad antioxidante en aguacate Hass y Booth8 y harinas	50
Gráfica No. Evaluación sensorial de harina de aguacate Booth8 por Atomización	65
Gráfica No.9 Evaluación sensorial de harina de aguacate Booth8 por Liofilización	66
Gráfica No.10 Evaluación sensorial de harina de aguacate Hass por Atomización	67
Gráfica No.11 Evaluación sensorial de harina de aguacate Hass por Liofilización	68
Gráfica No.12 Absorbancia en harina de aguacate Hass (DPPH)	78
Gráfica No.13 Absorbancia en aguacate Booth8 (DPPH)	
Gráfica No.14 Absorbancia en harina de aguacate Booth8 (DPPH)	79
Gráfica No. 15 Absorbancia en harina de aguacate Hass (DPPH)	80
Gráfica No. 16. Actividad de agua en harina de aguacate Hass	81
Gráfica No. 17. Gráfica 1/T vs. LN (k) para harina de aguacate Hass	81

RESUMEN

El Aguacate, *Persea americana Mill*, es una fruta altamente perecedera por lo que su manejo y comercialización es muy difícil. Por ello es importante diseñar productos derivados del fruto, que preserven las cualidades nutricionales y sensoriales del aguacate y que a su vez tenga una vida de anaquel lo suficientemente larga para permitir su consumo seguro.

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo era elaborar harinas de aguacate de las variedades Hass y Booth8, utilizando los métodos de secado por atomización y liofilización. Se realizó una caracterización física de las muestras de aguacate de ambas variedades de la que se obtuvo que el aguacate variedad Booth8 es más pesado, más grande y tiene una cáscara más gruesa que la variedad Hass.

La caracterización química mostró que no ocurrieron cambios significativos en el contenido de proteína y grasa, por los métodos de secado, Liofilización y Atomización. Por el contrario, el contenido de cenizas disminuyó en ambos procesos, Liofilización y Atomización, pues las harinas exhibieron un porcentaje significativamente menor de cenizas que el fruto fresco, de ambas variedades.

Todas las harinas exhibieron una actividad de agua por debajo del límite crítico para crecimiento bacteriano 0.6. La actividad antioxidante se vio afectada por el secado por atomización, en ambas variedades de aguacate, sin embargo no fue afectada en las harinas elaboradas por el método de liofilización.

En la caracterización física de las harinas, la harina Booth8 realizada por atomización, exhibió una mayor diferencia de color con respecto a la pasta de aguacate fresco. Seguida por la harina de aguacate Hass elaborada por atomización, luego la harina de aguacate Hass elaborada por liofilización y por último la harina de aguacate Booth8 elaborada por liofilización.

En cuanto a la textura, ésta se vio afectada por los procesos de Liofilización y Atomización, pues se encontraron diferencias en los parámetros de dureza y adhesividad con respecto a las pastas de aguacate frescas, de ambas variedades. Siendo la mayoría de harinas rehidratadas más adhesivas que las muestras frescas.

En general las harinas presentaron una buena capacidad de rehidratación, excepto la harina de aguacate Booth8 elaborada por Liofilización que presentó un valor de coeficiente de rehidratación de 0.28, mientras el resto de harinas presentaron un valor cercano o igual a 1, indicando que se rehidrataron completamente.

El análisis sensorial mostró que los atributos mejores evaluados de las harinas fueron la textura y apariencia en general, pero se percibió un sabor amargo y olor a grasa rancia. Mediante la determinación de índice de peróxidos se encontró que todas las harinas sufrieron de oxidación de lípidos y que éste aumento durante el almacenamiento a 25 y 5 °C.

Por último, se determinó una vida de anaquel en base al contenido de peróxidos, de dos meses para las harinas de aguacate Hass, elaboradas por ambos métodos (Liofilización y Atomización), un mes para la variedad Booth8 elaborada por liofilización y de mes y medio para la harina Booth8 por Atomización.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente se ha observado un incremento en el consumo de frutas y verduras, pues la preocupación por la salud y el bienestar físico adquieren cada vez mayor importancia. En países como Guatemala, el acceso a dichos productos es relativamente fácil, pero su consumo debe ser inmediato por ser altamente perecederos. En otros países donde el clima, suelo y demás recursos no reúnen las propiedades necesarias para la producción de frutas y vegetales, el acceso a productos frescos parece imposible.

Guatemala es un país en el que el 75% de la economía está basada en el Producto Interno Bruto de la agricultura (Cáceres, J., 2002). El aguacate, *Persea americana Mill*, es un fruto de gran importancia en el mercado internacional, en el cual ha dejado de ser una fruta exótica para incorporarse en la dieta de un buen número de países. (Agexpront, 2004)

En ocasiones la producción es mucho más grande que la cantidad de producto que se exporta y se consume en el país, lo que provoca que gran parte del producto perezca y genere grandes pérdidas. Por lo tanto es importante desarrollar nuevos métodos que permitan un mejor aprovechamiento y preservación de los productos, en los cuales las tecnologías utilizadas sean sencillas y se conserven las principales propiedades del fruto fresco, extendiendo su vida de anaquel y ofreciendo al consumidor un producto de calidad y de fácil preparación.

El principal objetivo de este trabajo es elaborar harinas de Aguacate, *Persea americana Mill*, de las variedades Hass y Booth⁸ y así prolongar la vida de anaquel del fruto. Para ello se realizaron harinas de las variedades de aguacate mencionadas utilizando la tecnología de Liofilización y Atomización. Luego se llevó a cabo una caracterización física y proximal de las variedades y de las harinas, así como una evaluación funcional y sensorial de las harinas obtenidas.

Por último, se hizo un estudio de la vida de anaquel de las harinas obtenidas, basándose en análisis de actividad de agua y de índice de peróxidos.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Origen del aguacate

El aguacate, *Persea americana Mill*, pertenece a la familia Lauraceae, única fuente comestible de la familia Laurel. Aparentemente se originó en el área geográfica que abarca desde las tierras del este y centro de México, pasando por Guatemala, hasta toda la costa del Pacífico de Centro América. (Whiley, A., B. Schaffer y B. Wolstenholme, 2003)

Su origen es bastante antiguo, pues investigaciones arqueológicas muestran que la utilización y selección de este cultivo se practicaba en México desde hace más de 10,000 años. (Whiley, A.; B. Schaffer y B. Wolstenholme, 2003) Desde entonces, esta fruta se ha incorporado a la dieta de la población en México y Centroamérica.

Posterior a la colonización el aguacate se distribuyó en otros puntos fuera del continente y en estos últimos años Europa y Asia importan aguacate en forma creciente. (Sánchez, S.; *et al.* 2001)

Existen 3 grupos ecológicos o razas:

1. *Persea americana Mill* var. americana (*P. gratissima Gaertn*) el aguacate de los Indios Occidentales (Antillas)
2. *Persea americana Mill* var. *drymifolia* Blake, el aguacate mexicano
3. *Persea nubigena* var. *guatemalenses*, el aguacate de Guatemala.

(Morton, 1987)

Las dos primeras son originarias de los altiplanos guatemaltecos y mexicano, y la última de las tierras bajas de Centro América. Existen además híbridos antillano guatemaltecos y guatemalteco mexicanos que han dado origen a variedades y cultivares adaptados a diferentes alturas y microclimas que han hecho posible la producción de fruta durante todo el año. (Sánchez, S.; *et al.* 2001)

Puede observarse en el Cuadro No.1, que en el año 1987 existían 23 variedades de la raza de Guatemala, 13 cruces entre las razas Guatemala y Antillas 9 variedades de cruces entre las razas de Guatemala y México.

Es probable que estos números hayan incrementado, pues estudios botánicos han clasificado al menos 500 variedades de aguacate, en las que se incluyen variedades mejoradas. Estos datos indican que los materiales de Guatemala se utilizan con gran frecuencia para crear otras variedades, por lo tanto es importante describir y analizar esta raza.

Cuadro No. 1: Variedades de aguacate en el mundo (1987)

Raza	Número
Antillas	9
Guatemala	23
Antillas + Guatemala	13
México	7
México + Guatemala	9

(Bressani, Colmenares, de Palomo.)

Existen algunas diferencias entre las tres razas de aguacate, entre ellas resalta el olor característico a anís en las hojas de la raza mexicana, las razas de Guatemala son más tardías en la época de floración. Algunas de estas diferencias se presentan en el Cuadro No. 2.

2.2 Distribución de aguacate en Guatemala.

El desarrollo de las industrias de aguacate ha estado basado en materiales genéticos procedentes de su centro de origen (Mesoamérica), especialmente de Guatemala. En Guatemala se cuenta con innumerables especies de aguacate conocidos como criollos, los cuales han sido seleccionados y conservados por los agricultores que desarrollan agricultura tradicional. (Sánchez, S.; *et al.* 2001)

Los tipos que se cultivan en Guatemala pertenecen a las tres razas mencionadas anteriormente, antillana, guatemalteca y mexicana. La más abundante es la raza guatemalteca distribuida en las partes intermedias y altas del país. (Sánchez, S.; *et al.* 2001)

Actualmente se cultiva en forma comercial en los departamentos de Chimaltenango, Sacatepequez, Guatemala, Quetzaltenango, Sololá y San Marcos. Sin embargo, crece en forma natural en todo el territorio nacional. En las siguientes Figuras 1 y 2 se pueden observar las áreas aptas para el cultivo de aguacate, *Persea americana*, variedades Hass y Booth8.

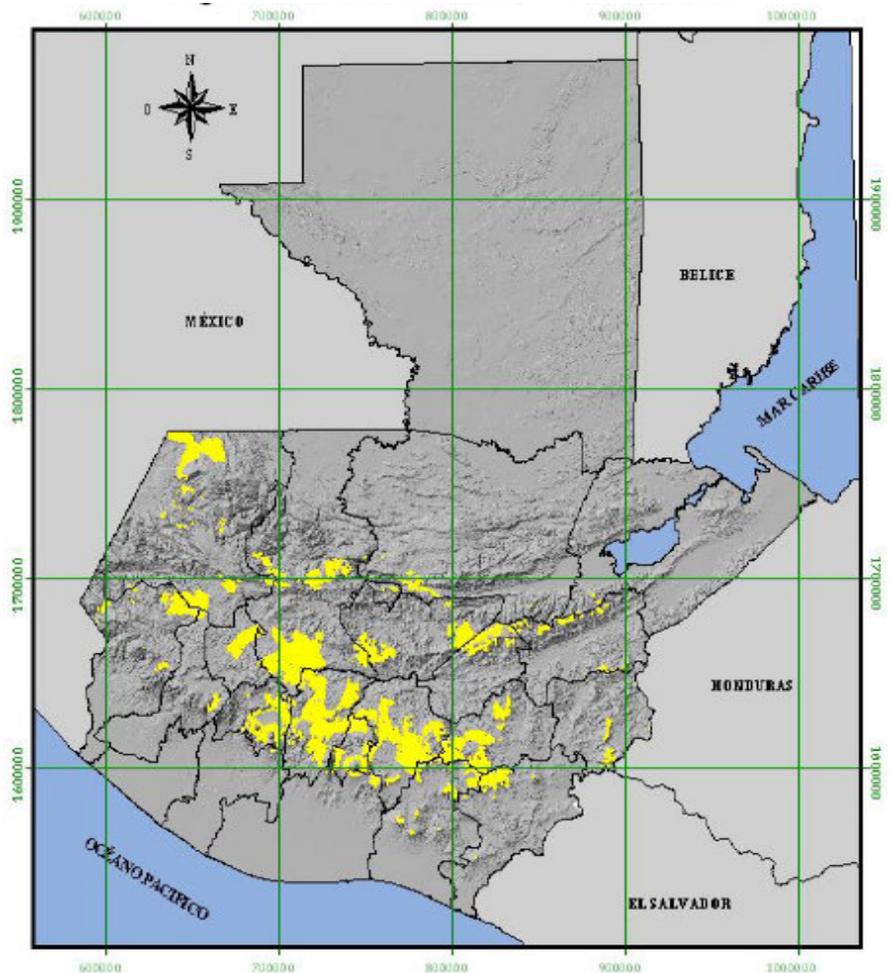
Cuadro No. 2: Características distintivas de las razas de aguacate

Parte	Antillana	Guatemalteca	Mexicana
Hojas	Sin olor especial 20 cm de largo	Sin olor especial 15 – 18 cm de largo	Olor a anís 8 – 10 cm de largo
Época de floración	Febrero – Marzo	Marzo – Abril	Enero – Febrero
Época de recolección	Mayo – Septiembre	Enero – Septiembre	Junio – Octubre
Período floración-recolección	5 – 8 meses	10 – 15 meses	6 – 8 meses
Peso del fruto	0.25-2.5 Kg.	0.125-2.5 Kg.	Menos de 0.25Kg.
Corteza del fruto	Cariácea y Lisa	Gruesa y dura	Delgada y lisa
Contenido de aceite en el fruto	Bajo (10%)	Mediano alto (20%)	Mediano alto (27%)
Resistencia al frío			
Plantas adultas	-4 a -1 °C	-5 a -3 °C	-7 a -4 °C

(Bressani, Colmenares, de Palomo)

Figura 1. Mapa de áreas aptas para el desarrollo del cultivo aguacate (*Persea americana*) "Variedad Hass". Guatemala.

Departamento	Area (Ha)
Alta Verapaz	2,686.98
Baja Verapaz	16,714.35
Chimaltenango	51,599.25
Chiquimula	1,990.85
El Progreso	8,195.36
Escuintla	3,168.96
Guatemala	48,206.72
Huehuetenango	38,031.92
Izabal	359.49
Jalapa	26,955.63
Jutiapa	9,514.11
Quetzaltenango	2,972.13
Quiché	65,042.93
Sacatepequez	16,609.31
San Marcos	10,707.61
Santa Rosa	8,901.07
Sololá	15,741.45
Suchitepequez	131.09
Totonicapán	11,982.34
Zacapa	4,237.64
Total	343,749.19

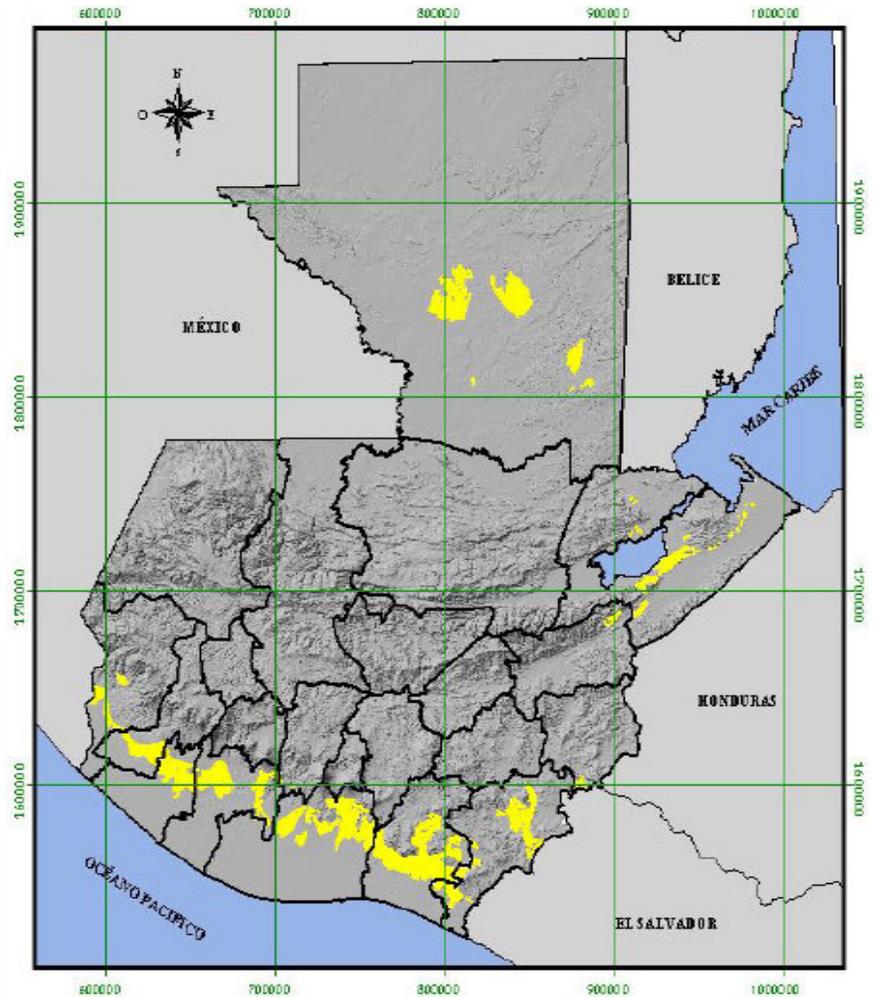


	<p>Áreas aptas según los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> altitud: 1600-2300 msnm precipitación: 1000-2000mm temperatura media: 14-24 °C buen drenaje: medio a muy profundo pH: 5.6-6 pendiente: menor al 32%
--	---

(Procesado en el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica –SIG-MAGA)

Figura 2. Mapa de áreas aptas para el desarrollo del cultivo aguacate (*Persea americana*) "Variedad Booth". Guatemala.

Departamento	Área (Ha)
Alta Verapaz	1.17
Chimaltenango	711.26
Chiquimula	2,401.28
Escuintla	52,166.67
Guatemala	289.21
Izabal	17,075.28
Jutiapa	35,810.23
Peten	69,486.42
Quetzaltenango	17,698.56
Retalhuleu	25,049.91
Sacatepequez	200.83
San Marcos	9,924.22
Santa Rosa	65,207.55
Sololá	1.93
Suchitepequez	31,996.62
Zacapa	1,077.90
Total	329,099.04



	<p>Áreas aptas según los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> altitud: 100-1000 msnm precipitación: 1400-3500mm temperatura media: 21-30 °C buen drenaje: medio a muy profundo pH: 5.6-5 pendiente: menor al 32% <p>Áreas sin cobertura forestal densa y áreas o zonas de usos múltiples. Ubicadas alrededor de 10km de vías asfaltadas, se excluyen centros poblados.</p>
--	--

(Procesado en el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica –SIG-MAGA)

Para la variedad Hass existen 20 departamentos aptos para su cultivo con 343,749 hectáreas y de 329,099 hectáreas para la variedad Booth8 en 16 departamentos (SIG-MAGA 2001).

Con respecto al consumo, se ha indicado que en Guatemala, El Salvador y Costa Rica, es de 2.5 kg/persona/año, Honduras, Belice, Nicaragua y Panamá 1kg. Considerando que Centroamérica tiene 32 millones de habitantes, se necesitan 6000 hectáreas de aguacate para abastecer el mercado Centroamericano. Sin tomar en cuenta las demandas de importación de países como Francia, España, Holanda, La Unión Europea, Canadá y el Caribe. (Anacafé, 2004) Las cifras presentadas en los mapas de áreas aptas para cultivo sugieren el gran potencial que tiene Guatemala para cultivar, producir y exportar aguacate.

En Guatemala la forma de consumo más popular es el guacamol, condimentado con variedades de ingredientes, consumiéndose así en casa como en restaurantes. El guacamole ya se manufactura industrialmente comercializándolo en supermercados. También se usa como componente en rodaja o cubos en ensaladas. (Bressani y col.)

2.3 Fisiología y bioquímica del fruto del aguacate.

Guatemala es un país que se dedica a la agricultura, por lo tanto el crecimiento de frutas es de gran interés económico.

El árbol de aguacate (*Persea americana* Mill) tiene un periodo de floración que frecuentemente se extiende en un largo periodo de tiempo, algunas veces durando hasta seis o más meses. La diferencia de los aguacates con el resto de frutas del grupo al que pertenece, frutas climatéricas, radica en que la mayoría de frutas climatéricas están caracterizadas por un marcado aumento en la velocidad respiratoria en el comienzo de la maduración, seguido de una disminución; mientras que la maduración del aguacate no ocurre sino hasta después del corte. (Bressani y col.). Por lo esto mismo es difícil determinar el tiempo ideal para la cosecha, pues no presenta cambios en su apariencia externa. (Lee, *et al.*, 1983).

Se pueden definir distintos tipos de madurez, siendo la madurez fisiológica el momento en el que el fruto ha alcanzado su mayor crecimiento, mientras que la madurez comercial es aquella en la que el fruto reúne las características adecuadas para que sea consumido. Así también está la madurez horticultural, que es el estado en el que la fruta sigue el curso normal de maduración para proveer un producto de buena calidad. (Bressani, *et al.* 2008)

Por lo anterior la madurez del aguacate se establece en base a su contenido de aceite, pues este parámetro sí varía notablemente durante la maduración. Los aguacates no pueden ser considerados maduros cuando la porción comestible muestra un contenido de aceite menor del 8%. En el caso de la variedad Hass se ha determinado que el contenido mínimo de aceite que confiere un sabor aceptable es de 11.2% (Lee, *et al* 1983), mientras que en otras variedades puede variar desde 19 a 25%, dependiendo del cultivar. (Cáceres, J.; *et al*, 2002)

La calidad del aguacate se define según los siguientes parámetros:

- Tamaño: El peso de la fruta tiene un rango bastante amplio que en las variedades comerciales oscila entre los 120 g y los 400 g.
- Forma
- Color de la piel o cáscara: la corteza va de delgada a gruesa y de arrugada a lisa.
- Ausencia de defectos tales como malformaciones, quemaduras de sol, heridas y manchado (raspaduras, daño por insecto, daño por uñas y cicatrices causadas por el viento),
- Rancidez y pardeamiento de la pulpa
- Ausencia de enfermedades, incluyendo antracnosis y pudrición de la cicatriz del pedúnculo.

(Cáceres, J.; *et al*, 2002)

Además de lo anterior, la calidad nutricional es muy importante también, pues tiene un alto valor nutritivo y contiene todos los elementos nutritivos tales como: hidratos de carbono, proteínas, vitaminas, minerales y lípidos, como se describe en la siguiente tabla.

Cuadro 3: Contenido de elementos y nutrientes en 100g de pulpa de aguacate.

Nutriente	Cantidad (por 100g de pulpa)
Grasa	8-25% (según la variedad)
Calorías	152g
Proteínas	1.6g
Hidratos de Carbono	4.8g
Calcio	24mg
Fósforo	47mg
Hierro	0.53mg
Tiamina	0.09mg
Riboflavina	0.14mg
Niacina	1.9mg
Ácido Ascórbico	14mg

(Cáceres, J.; *et al*, 2002)

Los lípidos constituyen entre un 50 a 75% de la materia seca y entre un 4 a 20% de la materia fresca, siendo fácilmente digeridos por el hombre. Además se ha encontrado que el aceite de la aguacate contiene ácidos grasos insaturados, los cuales son importantes por su acción anticolesterol (Luza, 1981).

La variedad Hass se caracteriza con un fruto de mediano tamaño, de forma ovalada y de excelente calidad, su cáscara gruesa y rugosa, la pulpa carece de fibra y posee un contenido de aceite de 18 a 22%, con la cáscara casi negra cuando está blando (Martínez de Urquidi, 1984). La biosíntesis del aceite se realiza a través de la formación de ácidos grasos, ácido palmítico especialmente. Los lípidos aumentan durante el desarrollo del fruto en forma paralela al incremento de peso, observándose una disminución en el contenido de humedad y un incremento en proteínas. La humedad disminuye a medida que aumenta el nivel de aceite. (Bressani y col.)

2.4 Cosecha y postcosecha del aguacate

Dentro de las consideraciones generales a tomar en cuenta para la cosecha están las siguientes:

- Que el color externo del fruto pierda brillantez.
- Que el fruto haya alcanzado su máximo tamaño, según el tipo o variedad.
- Que la membrana que envuelve la semilla se haya tornado de un color oscuro.

(Bressani, Colmenares y de Palomo)

En caso no se tengan las condiciones de laboratorio al alcance de cada fruticultor, se deben hacer pruebas semanales de madurez, en base a cambios de sabor, color, y textura de la pulpa, cosechando de 4 a 5 frutos y dejando que maduren. Si luego de unos días éstos alcanzan un buen sabor y calidad de la pulpa, es un momento para decidir la cosecha de los frutos del mismo tamaño. (Bressani, Colmenares y de Palomo)

2.5 Características físicas de variedades mejoradas y silvestres del aguacate de Guatemala

Las características de los materiales de aguacate de Guatemala han sido reconocidos internacionalmente (IPGRI) y han dado origen a muchos materiales cultivados hoy día en varias regiones del mundo. En el Cuadro No. 4 se presentan algunas características de distintas variedades de aguacate cultivadas en Guatemala.

En él se puede observar que el peso de la cáscara se encuentra entre 8 y 26%, lo cual varía ampliamente, relacionado con el grosor y textura de la cáscara e independiente de la altura de origen de la fruta. Así mismo se observa una variación en el peso promedio del fruto, 190 a 735g, la cual se debe a la variabilidad de peso de semilla, pulpa y cáscara.

Cuadro No. 4: Características de algunas variedades seleccionadas de aguacate.

Variedad	Origen	Peso promedio (g)	Pulpa (%)	Cáscara (%)	Semilla (%)
Hass	Dueñas, S. Guatemala (1500msnm)	190	63.0	20.0	17.0
Azteca	Dueñas, S. Guatemala (1500msnm)	290	69.0	10.0	21.0
Fuerte	Magdalena Milpas Altas Guatemala (2045msnm)	200	66.0	15.0	19.0
Guatemala	Dueñas, S. Guatemala (1500msnm)	385	60.0	16.0	24.0
Booth 8	San José Pinula Guatemala (1700msnm)	425	73.0	15.0	12.0
Choquette	El Espinazo Guatemala (1800msnm)	525	74.0	11.0	15.0
13525	Magdalena Milpas Altas Guatemala (2045msnm)	225	59.0	13.0	28.0
Obregón	San José Pinula Guatemala (1700msnm)	400	63.0	22.0	15.0
Panchoy	El Espinazo Guatemala (1800msnm)	425	66.0	21.0	13.0
Collinred	San José Pinula Guatemala (1700msnm)	400	68.0	26.0	16.0
Obregón	San José Pinula Guatemala (1700msnm)	400	66.0	20.0	14.0
Panamá	Dueñas, S. Guatemala (1500msnm)	300	71.0	12.0	17.0
Catalina	Estación Experimental del MAGA Cuyuta Escuintla (50msnm)	735	76.0	9.0	15.0
Rango		190 - 735	59 - 76	8.0 - 26	13 - 24

(Menchú y col., 1976)

2.6 Composición química de la pulpa de aguacate

Según algunas investigaciones de distintas variedades guatemaltecas, brasileñas y mexicanas, la composición química proximal se presenta en el Cuadro No. 5.

Cuadro No. 5: Análisis químico de la fruta del aguacate (contenido en g por 100g)

Componente	Mínimo	Máximo	Media
Humedad	64	87.7	77.7
Extracto etéreo	5.13	26.4	13.49
Fibra cruda	1.0	3.73	1.41
Proteína	0.81	2.39	1.62
Cenizas	0.46	1.68	1.0
Carbohidratos	2.94	12.33	4.79

(Jaffa, 1915)

El contenido de proteína, fibra y cenizas es alto en comparación con otras frutas. Así mismo, la porción comestible es rica en ácidos oleico, palmítico, linoléico y palmitoléico. (Bressani y col.)

2.7 Valor nutritivo de la pulpa de aguacate

La parte comestible del aguacate consta de una pulpa con características muy agradables y cuya composición química depende en alto grado de la variedad y época del año de su cultivo. Las proteínas es uno de los nutrientes que más aporta, pues como se puede observar en el Cuadro No. 6 el contenido de proteína es mayor que el de cualquier otra fruta, así como también en el contenido de aceite.

Cuadro No. 6: Contenido promedio de nutrientes de la pulpa del aguacate.

Nutriente	Fuerte	Hass	Anahaim
Agua, g %	71.2	74.4	79.3
Grasa, g %	23.4	20.6	15.5
Proteína, g %	2.0	1.8	1.8
Fibra, g %	1.9	1.4	1.7
Ceniza, g %	1.2	1.2	1.0
Azúcares, g %			
Glucosa	0.1	0.2	0.3
Fructosa	0.1	0.1	0.2
Sucrosa	0.0	0.1	0.1
Almidón, g %	0	0	0.1
Ácido cítrico, g %	0.17	0.32	0.24
Ácido málico, g %	0.13	0.05	0.11
Ácido oxálico, g %	0.0	0.03	0.01
Energía KJ/100 g	980	805	956
Ácido ascórbico, mg %	9	11	14
Tiamina, mg %	0.07	0.07	0.08
Riboflavina, mg %	0.15	0.12	0.21
Ácido pantoténico, mg %	0.9	1.2	1.11
Ácido nicotínico, mg %	1.5	1.9	1.56
Vit. B ₆ , mg %	0.61	0.62	0.39
Ácido fólico, mg %	0.03	0.04	0.018
Biotina, mg %	0.004	0.006	0.0034
α-caroteno, mg %	0.36	0.29	0.24

Continúa en la siguiente página

Continuación Cuadro No. 6: Contenido promedio de nutrientes de la pulpa del aguacate.

Nutriente	Fuerte	Hass	Anahaim
β -caroteno, mg %	0.02	0.03	0.03
Criptoxantina, mg %	0.29	0.16	0.22
Potasio, mg %	460	480	460
Fósforo, mg %	29	27	29
Calcio, mg %	29	14	19
Magnesio, mg %	22	23	22
Sodio, mg %	2	2	2
Hierro, mg %	0.6	0.7	0.6
Zinc, mg %	0.5	0.5	0.5

(Bressani, Colmenares, de Palomo.)

Así mismo se puede observar que el contenido de ácido oleico es bastante alto. La cantidad de saturados totales es del 12% y de insaturados de alrededor del 88%, siendo la relación UFA/SFA de 7.3. (Bressani, Colmenares, de Palomo)

Los fitoesteroles constituyen un grupo interesante de compuestos en la pulpa del aguacate, Cuadro No. 7. Entre ellos, el beta-sitosterol está presente en un nivel de 76.4 mg/100g. La importancia de este compuesto recae en que se ha comprobado que ayuda en la reducción de los niveles de colesterol inhibiendo su absorción intestinal. (Bressani, Colmenares, de Palomo)

Cuadro No 7: Contenido de esteroides en la pulpa del aguacate.

	mg/100 g
Beta-sitosterol	76.4 \pm 12.5
Estigmasterol	< 3 \pm 0

(Bressani, Colmenares, de Palomo)

El contenido de proteína en el aguacate es de alrededor del 2.4% en base fresca (Slater, *et. al.* 1975). Este contenido es inusualmente alto en frutas. El perfil de aminoácidos (Hall. *et. al.*, 1980) muestra que contiene los 9 aminoácidos esenciales, aunque no en las proporciones ideales. Contiene niveles altos de ácido aspártico y glutámico. (Bressani, Colmenares, de Palomo.)

También es rico en vitaminas, especialmente las liposolubles. Es importante mencionar que 100 g de aguacate contiene 12 de las 13 vitaminas requeridas por el hombre. Se cubre el 100 % del requerimiento de la vitamina D. De las vitaminas E, B6 y C, el aguacate cubre más del 20% de la dosis diaria recomendada, lo cual le confiere excelentes propiedades antioxidantes. De la vitamina B2, Niacina, ácido pantoténico, biotina y ácido fólico, el aguacate cubre más del 10 % de los requerimientos. (Bressani, Colmenares, de Palomo.)

Cuadro No. 8: Contenido de vitaminas en el fruto del aguacate

Vitamina	µg/100g	Porcentaje de RDA cubierto por 100g
Caroteno	0.13 – 85 µg/100g	9.4
Tiamina	0.08 - 0.11 µg/100g	7.8
Riboflavina	0.21 - 0.20mg/100g	12.5
Piridoxina	0.45 mg/100g	21.4
Niacina	1.45 – 1.60 mg/100g	10.0
Acido Pantoténico	0.9 - 1.0 mg/100g	18.2
Ácido Fólico	0.18 – 32 µg/100g	16.0
Biotina	0.003 – 10.0 µg/100g	10.0
Acido Ascórbico	13.00 – 14.00 mg/100g	23
Calciferol	0.01 - 8.0 µg/100g	200.0
Tocoferol	3.0 µg/100g	33.0

(“The Biochemistry of Fruits and their Products”, 1971)

Por otro lado, el aguacate provee el doble de proporción de los requerimientos de minerales y además es rico en cobre y hierro que son constituyentes de enzimas antioxidantes. En un estudio se encontró que el aguacate tiene 52 veces más potasio que sodio, lo cual es valioso para balancear el potasio en relación al sodio en las dietas, disminuyendo el riesgo cardíaco. La pulpa del aguacate es también portadora de relativamente altos niveles de cenizas (minerales) en comparación con otras frutas. Tiene altos niveles de potasio, fósforo y calcio así como de hierro y zinc. (Bressani y col.)

Cuadro No. 9: Contenido de minerales en el fruto del aguacate

Mineral	Contenido (mg/100g)
Magnesio	18.0 - 87.0
Hierro	0.5 - 2.7
Fósforo	25.0 - 55.0
Calcio	7.0 - 15.0
Potasio	410.0 - 1010.0
Sodio	6.0 - 8.0
Manganeso	0.08 - 0.9

(Bressani, Colmenares, de Palomo.)

Por último, el aguacate ha sido reconocido como alimento funcional por tener propiedades benéficas a la salud que van más allá de la nutrición básica, entre las que está el contener grasa monoinsaturada, vitaminas antioxidantes. Aunque el cuerpo rompe el glutatión en sus aminoácidos, existe una correlación entre su alto consumo y la disminución de cáncer en la boca y faringe. (Duester, K. 2000)

2.8 Reducción de actividad de agua en frutas.

La actividad de agua puede manipularse de varias maneras.

- Deshidratación térmica. El agua se puede remover parcialmente por un proceso de deshidratación. Además del secado solar tradicional, el secado en aire caliente, por aspersion y el secado por horno de microondas presentan alternativas. (Manual de Capacitación "Conservación De Frutas Y Hortalizas Mediante Tecnologías Combinadas", FAO)

- Deshidratación osmótica. Este proceso consiste en una infusión en la que piezas del alimento se sumergen en una solución de agua y soluto. (Manual de Capacitación "Conservación De Frutas Y Hortalizas Mediante Tecnologías Combinadas", FAO)
- La ventaja de utilizar este tipo de deshidratación, es que el sabor y el color no sufren daños por temperatura. Además de lo anterior, en este método no se da una pérdida de agua mediante un cambio de fase, por lo que esta técnica permite simultáneamente la remoción de agua y la formulación directa del producto sin dañar su integridad estructural, con esto se mejora la textura final. (Schwartz M. *et al.*, 2007).
- Combinación de a - y b -, impregnando las piezas del alimento con los solutos y aditivos y luego realizando un secado parcial. Las ventajas obtenidas con esta combinación comparada con el solo secado son: un incremento de la estabilidad de los pigmentos responsables del color, una intensificación del sabor y del aroma naturales y una mejor textura. Si se compara con la deshidratación osmótica, el aroma y el sabor del producto se modifican en forma menos severa debido a la menor cantidad de solutos y se reduce una mayor proporción de agua. (Manual de Capacitación "Conservación De Frutas Y Hortalizas Mediante Tecnologías Combinadas", FAO)
- Deshidratación por liofilización, la cual consiste en extraer el agua a una sustancia congelada sin pasar por el estado líquido. Utiliza el principio de sublimación, en el cual se congela el alimento y luego se somete a una cámara de vacío que extrae el agua por sublimación. (Madrigal, X. *et al.* 2006)

III. ANTECEDENTES

3.1 Pardeamiento del aguacate

La problemática central de la industrialización del aguacate en forma de pasta o guacamole es que sufre un rápido oscurecimiento enzimático durante el procesamiento y almacenamiento, fenómeno de oxidación bioquímica catalizada por enzimas específicas (fenolasas o polifenoloxidasas) que están presentes en la misma pulpa. Aunque existen gran número de inhibidores de esta enzima por la adición de agentes anti-oscurecimiento, como por ejemplo, los compuestos químicos que actúan primariamente sobre la enzima y/o productos de catálisis enzimática, el efecto de estos agentes anti-oscurecimiento son frecuentemente temporales (8 a 10 días), pero efectivos bajo condiciones de almacenamiento refrigerado. (Flores, J. *et al.* 2007)

Para evitar la oxidación u oscurecimiento enzimático en la pasta de aguacate, se deben agregar agentes antioxidantes y acidulantes durante su elaboración. Se recomienda utilizar 200mg/kg de ácido ascórbico. Además se recomienda utilizar antioxidantes como TBHQ y maltodextrinas como coadyudante de secado. (Schwartz, *et al.*, 2007)

3.2 Deshidratación de aguacate por Liofilización.

Se ha encontrado que la calidad del producto final es mejor que la obtenida en procesos clásicos. Existen algunos estudios sobre aguacate liofilizado en forma de puré o guacamole. (Arriola, E. *et al.*, 2006)

Para hacer uso del aguacate liofilizado es necesario proceder a su reconstitución. La rapidez y facilidad con que pueda desarrollarse esta operación marca la calidad del producto liofilizado. (Arriola, E. *et al.*, 2006)

En este tipo de deshidratación, los factores que afectan la rehidratación del producto son, la temperatura a la que se congele el producto y el tiempo durante el cual se congela.

Para tiempos de congelamiento cortos (menores a diez horas) la velocidad y capacidad de rehidratación son independientes de la temperatura del medio de inmersión, obteniéndose mejores resultados en el producto hidratado, hidratación completa y mejores características.

Sin embargo, para tiempos de congelación superiores se observa una diferencia importante debido a que, los poros son grandes, lo que causa que se debilite la estructura y el desprendimiento de pequeñas porciones debido al exceso de agua presente. (Arriola, E. *et al.*, 2006)

El medio de inmersión es un factor que también debe considerarse, en cuanto a la temperatura y composición. Sin embargo se ha comprobado que la velocidad y la capacidad de rehidratación son independientes de las temperaturas del medio de inmersión. Obteniéndose una mejor rehidratación a una temperatura del medio de inmersión de 25° C. (Arriola, E. *et al.*, 2006)

La condición óptima para el desarrollo de un buen producto de aguacate es una congelación previa a -40°C en un congelador, durante 9h. Con este tiempo se ha estudiado que el aguacate liofilizado tiene el mejor sabor, menor daño estructural y un secado rápido. (Arriola, E. *et al.*, 2006)

3.3 Deshidratación de aguacate por Atomización (Spray Dryer).

Este método permite emplear altas temperaturas por un corto tiempo, permite secar productos termolábiles. Estudios previos muestran que la atomización de la pulpa de palta produce un polvo de color verde intenso, de manera que el fenómeno de pardeamiento enzimático no se pone de manifiesto debido a que la velocidad con que podría ocurrir es menor al tiempo que se requiere para eliminar el agua y transformarse en polvo. (Schwartz, *et al.*, 2007)

Así mismo se ha demostrado que el polvo se caracteriza por su color verde típico y buena reconstitución con agua, además de mantenerse libre de microorganismos. Estas características perduran durante el almacenamiento. (Schwartz, *et al.*, 2007)

3.4 Caracterización de la funcionalidad del las harinas: capacidad de absorción de agua.

Los productos deshidratados presentan varias ventajas como extensión de vida de anaquel y facilidad de transporte y almacenamiento. Pero para obtener un producto de calidad es necesario evaluar también la reconstitución del mismo. Esto se hace estudiando la rapidez y facilidad con que se desarrolla esta operación. (Arriola, E. *et al.*, 2006)

Los alimentos deshidratados deben en lo posible rehidratarse lo mas rápido posible y mostrar las mismas características estructurales y químicas del alimento fresco, como también sus propiedades nutricionales y sensoriales. (Marín E. *et al.*, 2006)

Para ello se han propuesto nuevas tecnologías de rehidratación además de combinaciones de las ya existentes pero de altos costos, no resultando rentables a nivel industrial. Por ejemplo, se han realizado experimentos de rehidratación aplicando vacío y ultrasonidos. No obstante, el aumentar la temperatura de la solución rehidratante sigue siendo el método más utilizado para reducir el tiempo de rehidratación sin incurrir en mayores costos de operación. (Marín E. *et al.*, 2006)

Las operaciones previas a la deshidratación, llamadas pretratamientos, tienen marcada influencia sobre las características y la composición del producto finalmente rehidratado. La deshidratación a altas temperaturas provoca cambios que son irreversibles en el alimento: pérdida de textura, disminución de vitaminas, color y aroma, entre otros. (Marín E. *et al.*, 2006)

La eficacia de la rehidratación depende en gran parte, del tipo de producto y sus características (tamaño, geometría, composición, contenido de humedad y porosidad), así como de factores relativos del medio de deshidratación. (Arriola, E. *et al.*, 2006). Así mismo, depende de los factores propios del proceso de deshidratación (pretratamiento, método de secado, temperatura y velocidad de secado, almacenamiento) y las condiciones de rehidratación a utilizar. (Marín E. *et al.*, 2006)

La madurez del fruto es uno de los factores principales que afecta significativamente a la capacidad de rehidratación del producto. En estudios previos, se ha encontrado que a una madurez mayor, el producto tiene a ser más higroscópico. Esto se debe a que al madurar, las frutas sufren un ablandamiento en su pulpa, lo cual provoca daños en la estructura de los tejidos y por lo tanto poros más grandes. Los poros grandes a su vez, presentan menor resistencia a la absorción de agua que los poros de menor tamaño, permitiendo una rehidratación más rápida y completa. (Arriola, E. *et al.*, 2006)

IV. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad se ha observado un incremento en el consumo de frutas y verduras frescas. El inconveniente principal es que el consumo debe ser inmediato, pues son productos altamente perecederos y los métodos de conservación que se utilizan tradicionalmente no son aplicables a todos los productos y además son de costos muy elevados y fuera del alcance de gran parte de la población.

Guatemala es un país en el que el 75% de la economía está basada en el Producto Interno Bruto de la agricultura y la mayoría de la población se encuentra en situación de pobreza y sus condiciones políticas y sociales no permiten el desarrollo a sus comunidades. (Cáceres, J., 2002)

La importancia del aguacate en el mercado internacional, ha venido creciendo de una manera sostenida, dejando de ser una fruta exótica para incorporarse en la dieta de un buen número de países. (Agexpront, 2004)

Lo anterior se ha visto reforzado por la tendencia que se manifiesta en el gusto del consumidor a nivel mundial, en el sentido de preferir productos sanos y naturales; de esta manera, el aguacate tiene un enorme potencial por las amplias posibilidades de consumo en fresco, además de su utilización en la industria, en particular en la elaboración de aceite, cosméticos, jabones, shampoo; y de sus procesados tales como guacamol, congelados y pasta. (Agexpront, 2004)

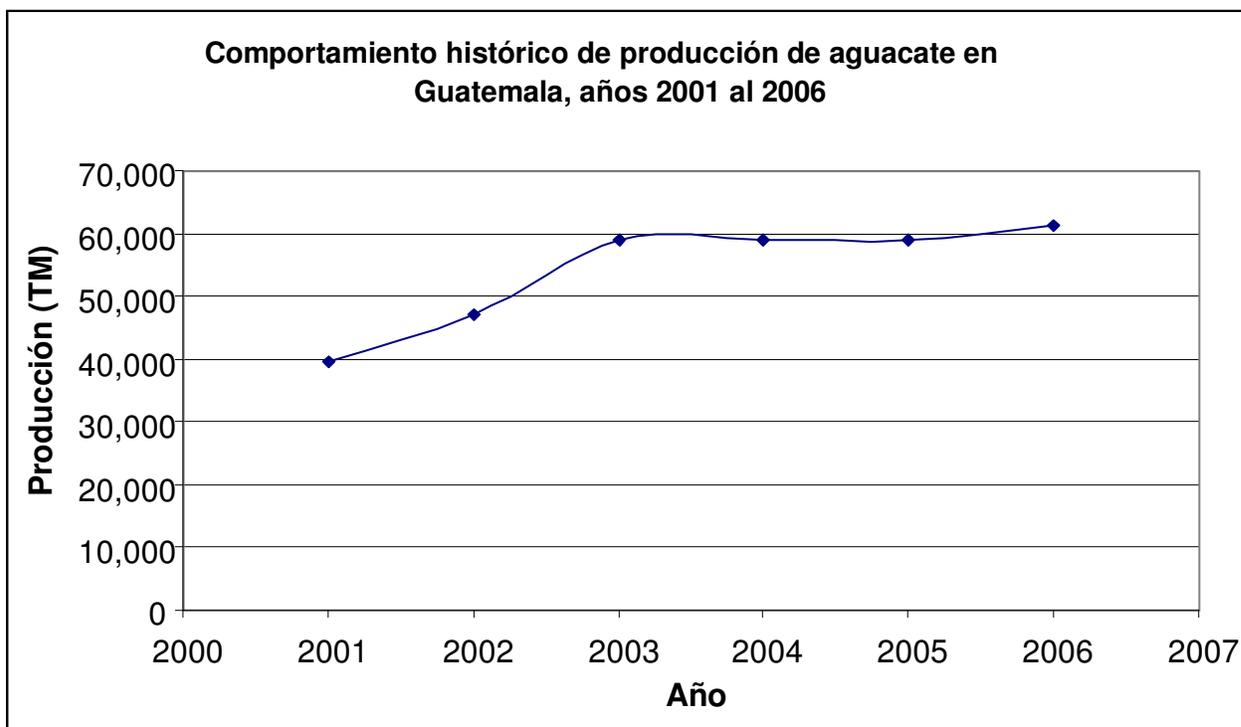
El comportamiento histórico de la producción de aguacate para el período de 2001-2006 presenta una tasa media anual de crecimiento de 10% y una producción promedio anual de 10,899 Toneladas Métricas. A partir del año 2001 se registró un salto cuantitativo significativo de 39,582 Toneladas Métricas. El aumento significativo de la producción en el año 2001 se debió al inicio de las cosechas de las plantaciones promovidas por PROFRUTA-MAGA en años anteriores. En el período 2003-2006 la producción se ha mantenido con un promedio anual de 59,000 Toneladas Métricas. Actualmente se están estableciendo plantaciones más tecnificadas y se estima que las mismas van a mejorar localidad del aguacate nacional en los próximos años. (MAGA, 2006)

Cuadro 10: Comportamiento histórico de la producción de aguacate en Guatemala, años 2001 al 2006.

Año	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Promedio anual	TMAC
Producción (TM)	39,562	47,128	58,913	58,913	58,967	61,235	40,899	10
Area [Ha]	5,521	7,268	7,268	7,268	7,268	7,268	5,216	9

Fuente: BANGUAT.

Figura 3. Comportamiento histórico de la producción de aguacate en Guatemala, años 2001 al 2006.



Para Guatemala, el mercado centroamericano continúa siendo de gran importancia. Actualmente Guatemala exportó a Centroamérica alrededor de unas 4,324 toneladas métricas anuales, durante el período de 1996 a 2006. (MAGA, 2006)

Las exportaciones de aguacate, son básicamente para el mercado hondureño (67%) y salvadoreño (31%) donde existen canales de comercialización definidos que operan desde hace varios años, habiendo encontrado las variedades criollas un nicho de mercado importante. La razón por la que las ventas de aguacate guatemalteco han disminuido considerablemente en El Salvador, es la penetración de aguacate mexicano en ese mercado. (MAGA, 2006)

Cuadro 11: Exportaciones de aguacate de Guatemala en toneladas métricas.

Destino	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Promedio anual	%
Honduras	3294	2801	3885	3217	5027	4723	2,864	67%
El Salvador	1142	1221	689	410	329	526	1,354	31%
Otros	1	28	102	56	84	36	106	2%
Total	4437	4050	4676	3683	5440	5,285	4,324	100%

Fuente: BANGUAT

Figura 4. Exportaciones de aguacate en Guatemala, años 2001-2006

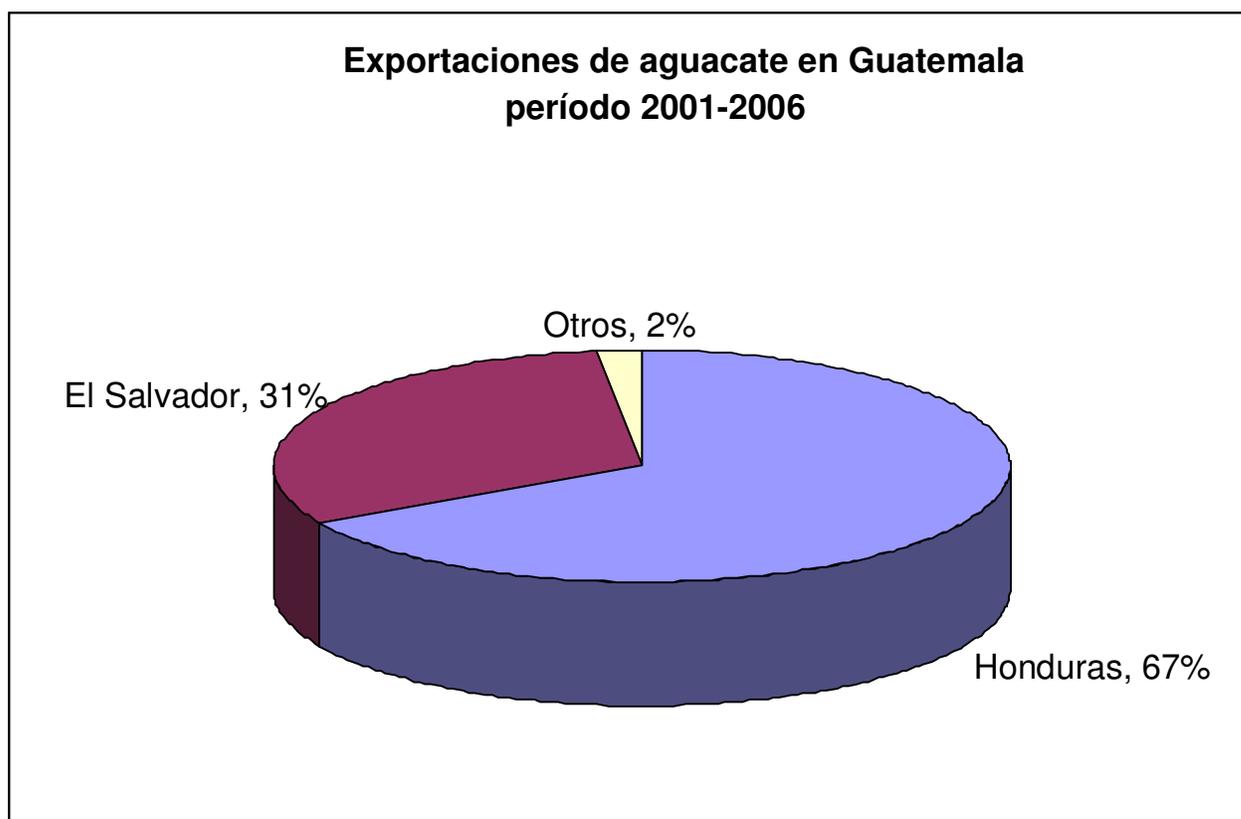
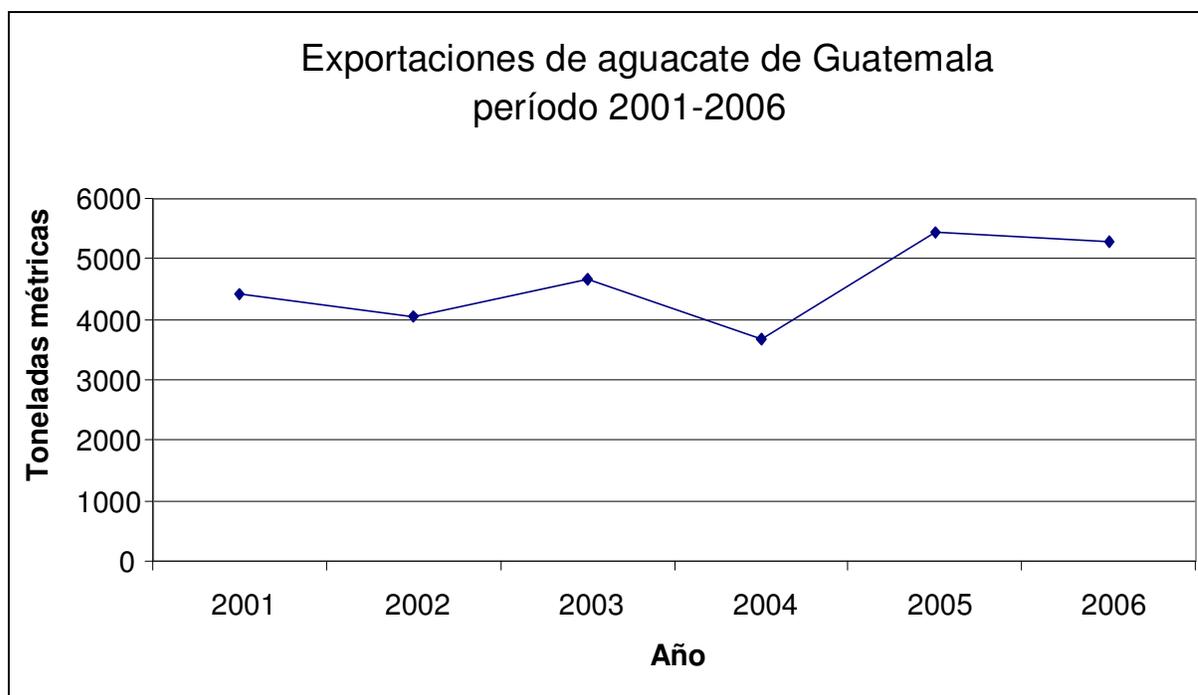


Figura 5: Comportamiento histórico de las exportaciones de aguacate en Guatemala, período 2001-2006.



Con los datos anteriores, puede observarse que la producción anual es de 40,899 toneladas métricas y solamente se exportan 4,324 toneladas métricas, por lo que puede asumirse que el resto es de consumo nacional. En ocasiones la producción es mucho más grande que la cantidad de producto que se exporta y se consume en el país, lo que provoca que gran parte del producto perezca y genere grandes pérdidas.

Lo anterior ha creado la necesidad de búsqueda de métodos nuevos que permitan un mejor aprovechamiento y preservación de los productos, en los cuales las tecnologías utilizadas sean sencillas y de bajos costos de operación. Esto con el objetivo de facilitar la comercialización del aguacate y de prolongar la vida de anaquel para su consumo.

Es importante desarrollar nuevos procesos que permitan ofrecer al consumidor productos a base de aguacate de fácil preparación, con una vida de anaquel prolongada y que presenten un aspecto aceptable. A partir del intercambio comercial de productos alimenticios entre países, existe una tendencia hacia la disminución del uso de conservantes, es decir se prefiere la aplicación de procesos físicos para la conservación. (Agexpront, 2004)

La deshidratación es la mejor opción para resolver los problemas de vida de anaquel, almacenamiento y transporte del aguacate.

Un producto de este tipo aporta diversas ventajas hacia el consumidor, entre las que se destacan:

- Reduce el tiempo de preparación
- Aumenta el acceso a productos más saludables
- Requiere menor espacio de almacenamiento y es fácil de almacenar
- Proporciona una calidad más uniforme y consistente

(Pérez, E. 2003)

V. OBJETIVOS

5.1 General

Desarrollar harina de aguacate, *Persea americana Mill*, de las variedades Hass y Booth8 por métodos de secado por Atomización y Liofilización.

5.2 Específicos

- Caracterizar el perfil físico del aguacate, *Persea americana Mill*, de las variedades Hass y Booth8.
- Caracterizar químicamente (proteína, carbohidratos, grasa, humedad y fibra), la pulpa de aguacate, *Persea americana Mill*, de las variedades Hass y Booth8.
- Desarrollar harina de aguacate, *Persea americana Mill*, de las variedades Hass y Booth8, por medio de métodos de deshidratación por Aspersión y Liofilización.
- Caracterizar químicamente (proteína, carbohidratos, grasa, humedad y fibra) las harinas de aguacate, *Persea americana Mill*, de las variedades Hass y Booth8.
- Caracterizar la funcionalidad de las harinas (capacidad de absorción de agua, color, tamaño de partícula, actividad de agua y actividad antioxidante).
- Determinar y evaluar la vida de anaquel de la harina de aguacate elaborada por los distintos métodos de deshidratación.
- Realizar una evaluación sensorial de las harinas elaboradas.

VI. DISEÑO EXPERIMENTAL

6.1 Muestras.

Se recolectaron muestras de aguacate de la variedad Hass, en la región de Parramos del departamento de Chimaltenango, Guatemala y las muestras de la variedad Booth8, se obtuvieron una región cercana a la aldea San Antonio el Pepinal, del municipio de Amatitlán, departamento de Guatemala.

6.2 Caracterización física del aguacate, variedades Hass y Booth8.

Para evaluar las propiedades de las muestras de aguacate, se caracterizaron determinando los siguientes parámetros:

- 6.2.1 Peso fresco del fruto: El peso de una muestra de aguacates se determinó mediante una balanza, los resultados se expresaron en gramos.
- 6.2.2 Diámetro ecuatorial y polar: Se determinaron utilizando un Vernier, los resultados se expresaron en milímetros.
- 6.2.3 Color de la pulpa: Se utilizó un colorímetro, obteniendo valores para a, b y L.
- 6.2.4 Color de la cáscara: Se determinó el color de la cáscara utilizando una cartilla de colores.
- 6.2.5 Grosor de la cáscara: Se determinó utilizando un Vernier, los resultados se expresaron en milímetros.

6.3 Caracterización química de la pulpa de aguacate, variedades Hass y Booth8.

- 6.3.1 Determinación de proteína: Para la determinación de proteína se utilizó el método Kjeldahl, método oficial de la AOAC: 46, 10 AACC, 2001.
- 6.3.2 Determinación de contenido de aceite: Se utilizó el método Soxhlet, método oficial de determinación de aceites en vegetales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

- 6.3.3 Determinación de humedad: Se extrajo la pulpa y se determinó la humedad utilizando una balanza de humedad. Se expresó en porcentaje.
- 6.3.4 Determinación de actividad de agua: Se utilizó el equipo Aqualab.
- 6.3.5 Perfil de carbohidratos: Se utilizó Cromatografía Líquida de Alta Presión, HPLC.
- 6.3.6 Determinación de fibra dietética total: Se determinó por medio de un kit de ensayo para fibra dietética total, para lo cual se realizó el siguiente procedimiento:
- Se pesó 1g de muestra en un beaker, se realizó en duplicado.
 - Se agregó 50mL de fosfato a pH 6 + α -Amilasa, se calentó a 95° C por 15min.
 - Se enfrió a temperatura ambiente y ajustó el pH a 7.5 agregando NaOH 0.275N o HCl.
 - Se agregó una solución de proteasa 50mg/mL de solución de buffer fosfato.
 - Se cubrió con papel aluminio y se colocó en un baño de agua a 60° C por 30min, manteniendo una agitación constante.
 - Se dejó enfriar a temperatura ambiente y se ajustó el pH a 4 añadiendo 10mL de HCl 0.325M.
 - Se agregó 0.1mL de Amiloglucosidasa, se cubrió con papel aluminio y se colocó en un baño de agua a 60° C.
 - Se realizó una precipitación con etanol al 95%, se dejó la solución a temperatura ambiente durante una noche para completar la precipitación. Se filtró la solución utilizando Celite.
 - Se secó en horno la solución durante una noche a 105° C.
 - Se realizó un análisis de proteína por medio de Kjeldahl especificado en la AOAC.
 - Se realizó un análisis de cenizas, colocando las muestras en una mufla por 5horas a 525° C.

Con los datos obtenidos se calculó el contenido total de fibra dietética utilizando la siguiente fórmula:

$$B = R_{\text{blanco}} - P_{\text{blanco}} - A_{\text{blanco}}$$

$$\%TDF = [(R_{\text{muestra}} - P_{\text{muestra}} - A_{\text{muestra}} - B) / SW] \times 100$$

Donde:

TDF = Fibra Dietética Total

R = Promedio peso de muestra (mg)

P = Promedio peso de proteína (mg)

A = Promedio peso de cenizas (mg)

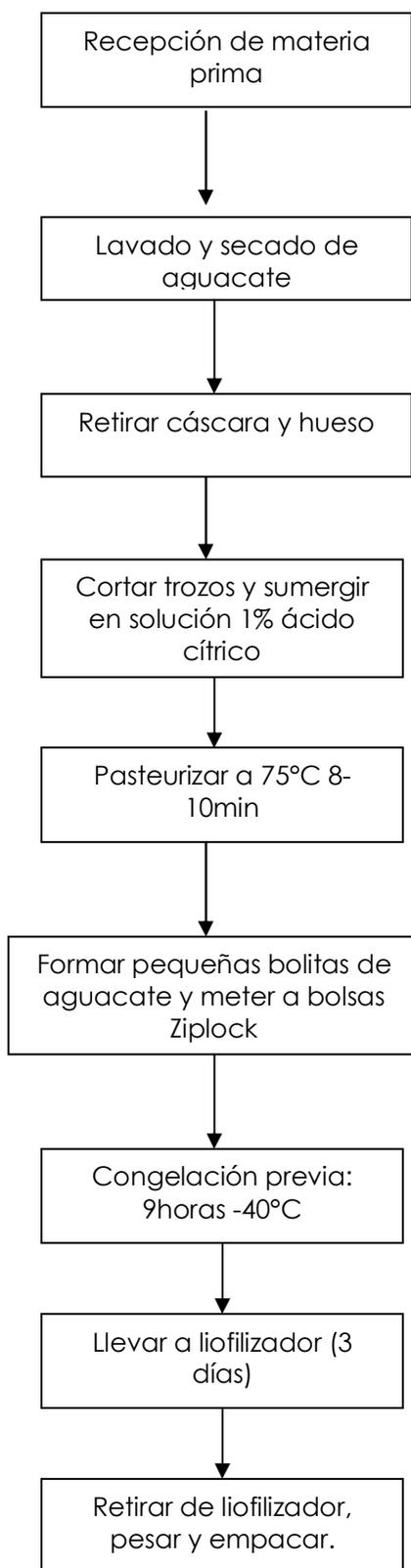
SW = Promedio peso de muestras (mg)

6.3.7 Determinación de cenizas: Se utilizó el método gravimétrico, método oficial AOAC para determinación de cenizas 1980.

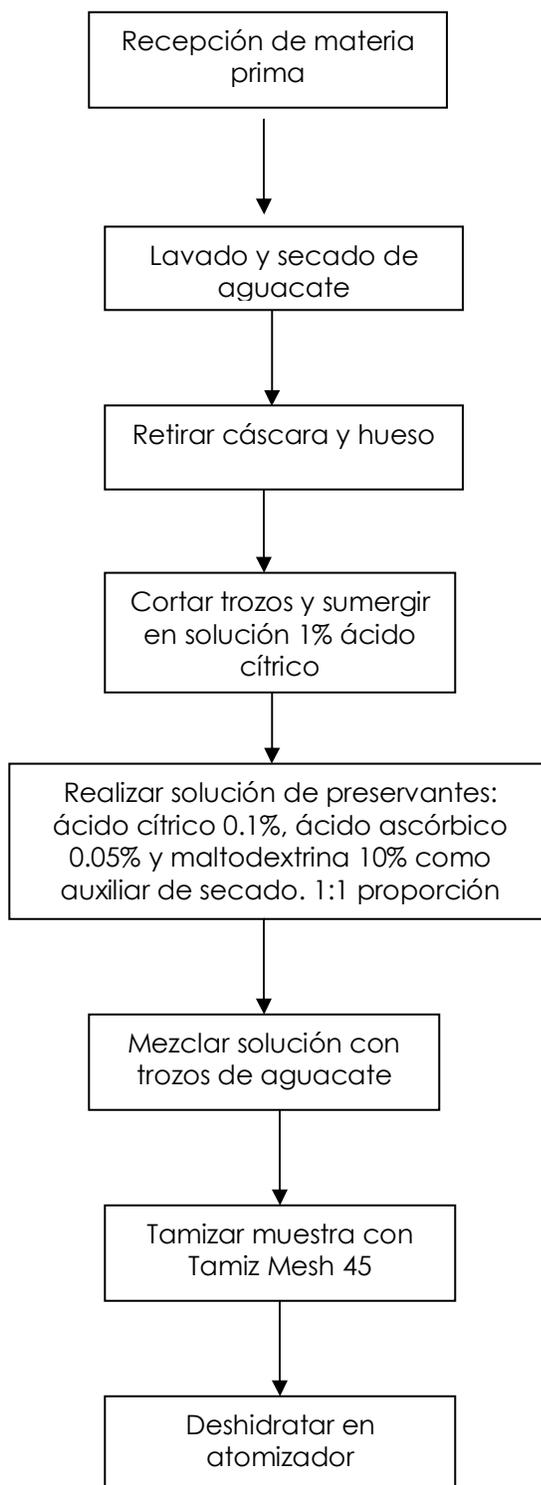
6.4 Desarrollo de las harinas de aguacate, variedades Hass y Booth8 por los métodos de Liofilización y Atomización.

Para el desarrollo de las harinas se utilizaron los métodos de Atomización y Liofilización. El procedimiento se muestra en los siguientes diagramas.

6.4.1 Desarrollo de harina de aguacate por método de Liofilización



6.4.2 Desarrollo de harina de aguacate por método de Atomización.



6.5 Caracterización química de la harina de Aguacate

- 6.5.1 Determinación de proteína: Se utilizó el método Kjeldahl, método oficial de la AOAC: 46, 10 AACC, 2001.
- 6.5.2 Determinación de grasa: Se utilizó el método Soxhlet, método oficial de determinación de aceites en vegetales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.
- 6.5.3 Determinación de humedad: Se utilizó una balanza de humedad, expresado como porcentaje.
- 6.5.4 Determinación de fibra: Se utilizó el kit de fibra dietética total mencionado arriba (Ver inciso 6.3.6)
- 6.5.5 Determinación de cenizas: Se utilizó un método gravimétrico, método oficial AOAC para determinación de cenizas 1980.
- 6.5.6 Actividad antioxidante: Se utilizó el método DPPH.
- 6.5.7 Actividad de agua: Se utilizó el equipo Aqualab.

6.6 Funcionalidad de la harina de aguacate

- 6.6.1 Capacidad de rehidratación: Primero se determinó el peso de la materia seca deshidratada, luego el contenido de agua retenida. La capacidad de rehidratación (CR) se calculó por medio de la siguiente fórmula.

$$CR = \frac{\text{Contenido de agua retenida}}{\text{Materia seca de la muestra deshidratada}}$$

- 6.6.2 Tamaño y distribución de partícula: Se determinó por medio de un tamizado de la harina, relacionando valores teóricos de No. Mesh y Taylor con el tamaño de partícula.
- 6.6.3 Actividad de agua: se utilizó el equipo Aqualab.

6.7 Caracterización física de la harina de aguacate

- 6.7.1 Determinación de color: Se utilizó un colorímetro, determinando valores para a^* , b^* y L^* .
- 6.7.2 Determinación de textura: Se utilizó el equipo Texture Analyzer.
- 6.7.3 Análisis sensorial: Se evaluó con un grupo de jueces entrenados, los cuales evaluaron las distintas harinas de aguacate rehidratadas, en forma de guacamol. Se evaluó el sabor, textura olor, color, y aspecto general. En el Apéndice E se presenta un ejemplo de la boleta utilizada en la prueba sensorial.

6.8 Determinación y evaluación de la vida de anaquel de las harinas de aguacate.

Se empacaron las harinas en bolsas laminadas y se almacenarán en dos condiciones:

- Temperatura controlada en refrigeración: 5 °C
- Temperatura ambiente: 25 °C

A las distintas muestras se les midió:

- 6.8.1 Actividad de agua: se utilizó el equipo Aqualab.
- 6.8.2 Humedad: se utilizó una balanza de humedad.
- 6.8.3 Índice de peróxidos: se utilizó una titulación con tiosulfato de sodio.
- 6.8.4 Determinación de vida de anaquel: Se utilizó la Ecuación de Arrhenius de Vida Acelerada.

6.9 Análisis estadístico

Para el análisis de resultados se utilizó el software Excel, con el que se realizó un análisis de varianza.

VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las variedades de aguacate utilizadas en este estudio, Hass y Booth8, son variedades perteneciente a la raza guatemalteca. Se realizó una caracterización física de las muestras.

Entre las pruebas de caracterización física, se determinó el peso del fruto, tamaño (diámetro ecuatorial y polar), grosor de la cáscara y color de la cáscara. Los resultados se muestran en el Cuadro No.12.

Cuadro No.12: Características físicas evaluadas en aguacate, variedades Hass y Booth8.

	Aguacate Hass	Aguacate Booth8
Prueba realizada	Media de valores $\pm\sigma$	Media de valores $\pm\sigma$
Peso del fruto (g)	133 \pm 6	354 \pm 9
Diámetro ecuatorial (cm)	19.0 \pm 0.7	28 \pm 1
Diámetro polar (cm)	22.0 \pm 0.9	29 \pm 1
* Color de cáscara	80% P1 20% V1	65% V0 35% C0
Grosor de cáscara (cm)	0.020 \pm 0.005	0.08 \pm 0.07

* Para el color de la cáscara se asignaron valores en una cartilla de color que se muestra en la sección 4 de Apéndice.

En cuanto al peso del fruto, después de un análisis estadístico ANOVA, se determinó que el peso del aguacate de la variedad Booth8 es significativamente mayor que el peso del aguacate Hass, lo mismo se determinó con ambos diámetros, polar y ecuatorial. Esto significa que la variedad Booth8 es más pesado y más grande que la variedad Hass.

Así mismo, se determinó, estadísticamente, que la cáscara del aguacate Booth8 es más gruesa que la del aguacate Hass, con valores de 0.08 ± 0.07 cm y 0.020 ± 0.005 cm, respectivamente.

Lo anterior podía percibirse al partir las muestras de aguacate, pues la cáscara del aguacate Booth8 además de ser más gruesa era más dura. Esto debería reflejarse en un efecto protector hacia el fruto, en cuanto a golpes y heridas. Pues una cáscara más gruesa protegería al fruto de una mejor forma. Sin embargo la mayoría de muestras obtenidas presentaban daños físicos. Probablemente esto sugiera que el método de recolección y cosecha aún no ha sido definido y no se le da la importancia necesaria.

Por último, en cuanto al color de la cáscara, en el Apéndice se muestra la cartilla de color utilizada con los códigos asignados. Se determinó que la media de color para el aguacate Hass era un 80% P1 que es un tono morado negruzco y 20% V1 que es un tono verde (ver figura No 3). Esto indica que las muestras de aguacate Hass estaban maduras, pues la cáscara de esta variedad se torna negra cuando está blando. (Martínez de Urquidi, 1984). En el caso de la variedad Booth8, se determinó que la media de color era en un 65% V0 una tonalidad verde y en un 35% C0 que es el color negro. Este 35% de color negro no era uniforme, si no se presentó como pequeñas manchas negras distribuidas en la cáscara del fruto. (Ver Figura No. 4)

Figura No.6 Fotografía de aguacate variedad Hass.



Figura No.7 Fotografía de aguacate variedad Booth8.



Con el fin de comparar el contenido de proteína, grasa, humedad, actividad de agua, actividad antioxidante, carbohidratos, cenizas y fibra dietética entre las dos variedades de aguacate estudiadas, se realizó un análisis químico proximal. El contenido de proteína, fibra y cenizas, en el aguacate, es alto comparado con otras frutas (Bressani y col), pero en realidad la composición química de este depende de la variedad y localidad donde éste se desarrolla.

Este análisis se realizó también en las harinas obtenidas, para observar si éstas conservaban las propiedades del aguacate, pues al elaborar un producto deshidratado se requiere que éste conserve las propiedades y contenido de nutrientes del producto original, en este caso del aguacate en fresco.

Los resultados del análisis se pueden observar en el Cuadro No. 13 para ambas variedades de aguacate y de las distintas harinas elaboradas por los dos métodos ya mencionados.

Con un análisis de varianza se determinó que no había una diferencia significativa de contenido de proteína entre la variedad de Aguacate Hass y la variedad Booth8.

No se encontró una diferencia significativa de contenido de proteína entre las harinas de aguacate, de ambas variedades (Hass y Booth8) por ambos métodos (Atomización y Liofilización) comparado con la muestra control, es decir el aguacate en fresco. Lo cual indica que ambos métodos son apropiados para obtener una harina de aguacate, de las variedades Hass y Booth8, que conserva el aporte proteico original del fruto en fresco.

Cuadro No 13. Media de los porcentajes de proteína en aguacate Hass y Booth8 y harinas de aguacate de estas variedades elaboradas por Liofilización y Atomización.

	Porcentaje de proteína $\pm\sigma$ (%)	
	Hass	Booth8
Control (fresco)	7.0 \pm 0.5	10.50 \pm 0.03
Harina por Liofilización	5.93 \pm 0.01	8.0 \pm 0.2
Harina por Atomización	4.65 \pm 0.05	6.35 \pm 0.02

* *Porcentajes en base seca*

Por otro lado, del análisis de contenido de grasa se obtuvieron los resultados que se muestran en el Cuadro No.14. El contenido de grasa en el aguacate es muy importante debido a que se considera que es un fruto que proporciona una excelente fuente de grasa vegetal fácilmente digerible (Jaffa, 1912). El alto contenido de grasa le proporciona al fruto una característica textura y palatabilidad, buscada también en el producto de harina, al rehidratarse.

Cuadro No.14 Porcentaje de grasa en aguacate, Hass y Booth8, y en harinas de aguacate de las mismas variedades, elaboradas por Liofilización y Atomización

	Porcentaje de grasa $\pm\sigma$ (%)	
	Hass	Booth8
Control (fresco)	60.0 \pm 0.4	58.0 \pm 0.6
Harina por Liofilización	66.60 \pm 0.02	46 \pm 2
Harina por Atomización	67 \pm 1	46 \pm 1

**Porcentajes en base seca.*

Al realizar análisis de varianza para comparar el porcentaje de grasa en los distintos productos, se observó que no existe una diferencia significativa entre el contenido de grasa en el aguacate en fresco Booth8 y Hass.

Lo mismo se observó al comparar las harinas obtenidas por los distintos métodos con el aguacate fresco de cada variedad. Esto significa que tampoco ocurrieron variaciones en cuanto al contenido de grasa en la deshidratación del aguacate por los dos métodos, liofilización y atomización.

Un análisis de cenizas muestra a grandes rasgos, la cantidad de minerales en un alimento. En el caso del aguacate, los minerales principales son el calcio, potasio, fósforo, hierro y zinc (Bressani y col.) Los resultados obtenidos del análisis de ceniza a las muestras, se presentan en el Cuadro No 15.

Se puede observar que el aguacate Hass contiene un mayor porcentaje de cenizas (minerales) que la variedad Booth8. Esto mismo se cumple para las harinas, en la que la harina de aguacate Hass, tanto por Liofilización como por Atomización, contiene un mayor porcentaje de cenizas que la harina Booth8. Así mismo, se puede observar que el contenido de cenizas disminuyó en ambos procesos, Liofilización y Atomización, pues las harinas exhibieron un porcentaje significativamente menor de cenizas que el aguacate, de ambas variedades.

Por el contrario, el análisis estadístico mostró que no hay diferencia significativa entre los métodos de deshidratación, para ambas variedades. Esto indica que ambos métodos reducen en la misma proporción el contenido de cenizas en el aguacate, al elaborar las harinas.

Cuadro No.15 Media de los porcentajes de cenizas en aguacate Hass y Booth8 y harinas de aguacate de estas variedades elaboradas por Liofilización y Atomización.

	Porcentaje de cenizas $\pm \sigma$ (%)	
	Hass	Booth8
Control (fresco)	7.5 \pm 0.1	6.78 \pm 0.06
Harina por Liofilización	6.20 \pm 0.01	3.63 \pm 0.01
Harina por Atomización	6.73 \pm 0.01	3.7 \pm 0.2

**Porcentajes en base seca.*

En cuanto a la humedad, en las variedades de aguacate, se encontró (estadísticamente) que no hay una diferencia significativa en el porcentaje de humedad entre la variedad de aguacate Hass y la variedad Booth8.

La humedad en una harina es muy importante pues es uno de los principales factores que determinan su vida de anaquel. Por ello una disminución en la humedad asegura que se prolongue su vida útil. Según las especificaciones del Reglamento Técnico Centroamericano, NSO RTCA 67.01.15:06 Harinas de Trigo, una harina no debe tener una humedad mayor a 14% (m/m). Esto se debe a que a una humedad superior, los microorganismos encuentran un ambiente viable para proliferar. Del mismo modo, pueden ocurrir cambios en la calidad y propiedades de la harina, tales como oxidación de lípidos, cambios en textura, color, olor y sabor, entre otros.

Puede observarse en el Cuadro No.16 que el porcentaje de humedad en todas las harinas obtenidas fue menor a lo especificado por la Norma mencionada arriba, asegurando, mediante un empaque adecuado, una harina con humedad lo suficientemente baja para prolongar la vida útil del aguacate.

Al realizar el análisis de varianza se obtuvo que no existe una diferencia significativa en cuanto a porcentaje de humedad de los métodos utilizados para la obtención de la harina. Esto indica que ambos métodos son eficientes para obtener una harina de baja humedad, que cumpla con los parámetros establecidos por el Reglamento Técnico Centroamericano, en cuanto a porcentaje de humedad se refiere.

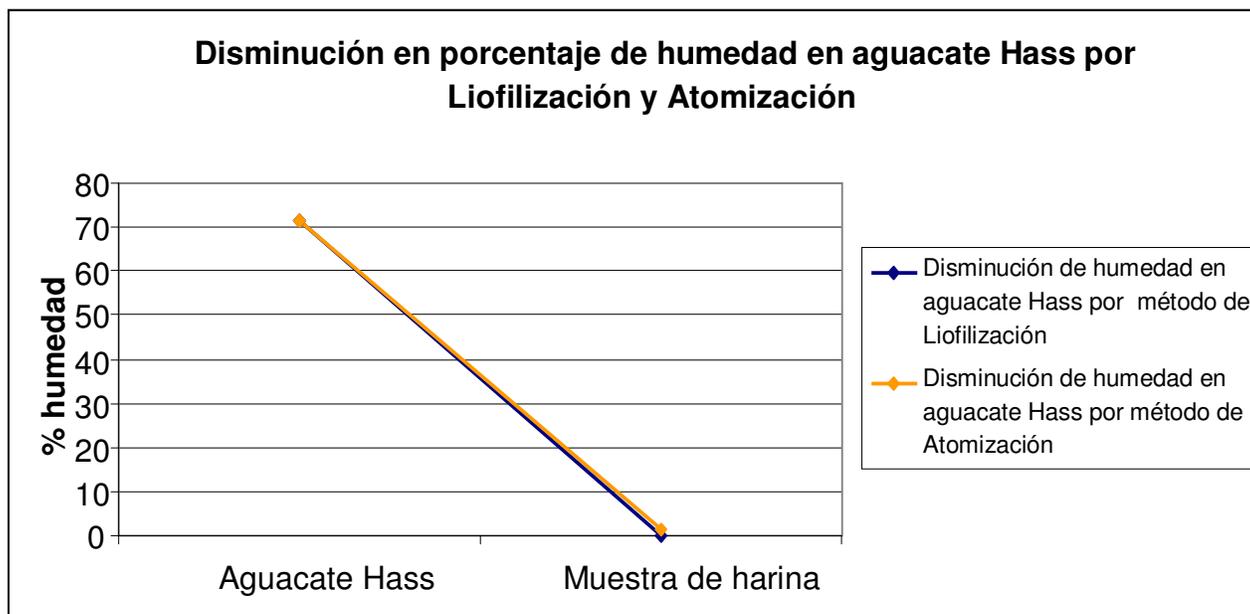
Cuadro No.16 Media de los porcentajes de humedad en aguacate Hass y Booth8 y harinas de aguacate de estas variedades elaboradas por Liofilización y Atomización.

	Porcentaje de humedad $\pm \sigma$ (%)	
	Hass	Booth8
Control (fresco)	72 \pm 2	76 \pm 7
Harina por Atomización	1.0 \pm 0.8	3 \pm 2
Harina por Liofilización	0	0

En el caso del aguacate Hass, se logró reducir el porcentaje de humedad de una humedad inicial de 72 \pm 2%, a 1.0 \pm 0.8% y 0% para Atomización y Liofilización respectivamente. Esto puede apreciarse de forma comparativa en la Gráfica No. 1 en donde se muestra la disminución de porcentaje de humedad por ambos métodos.

A pesar que una baja humedad es deseable, por las razones ya mencionadas, puede observarse que las harinas elaboradas por liofilización llegaron a valores de 0%. Esto no es del todo bueno, pues en este caso era deseable que se mantuviera una monocapa de agua en el producto para que protegiera a las grasas de una oxidación. Al reducir totalmente la humedad, el efecto protector proporcionado por el agua, desapareció.

Gráfica No. 1 Disminución del porcentaje de humedad en aguacate de la variedad Hass por Liofilización y Atomización.



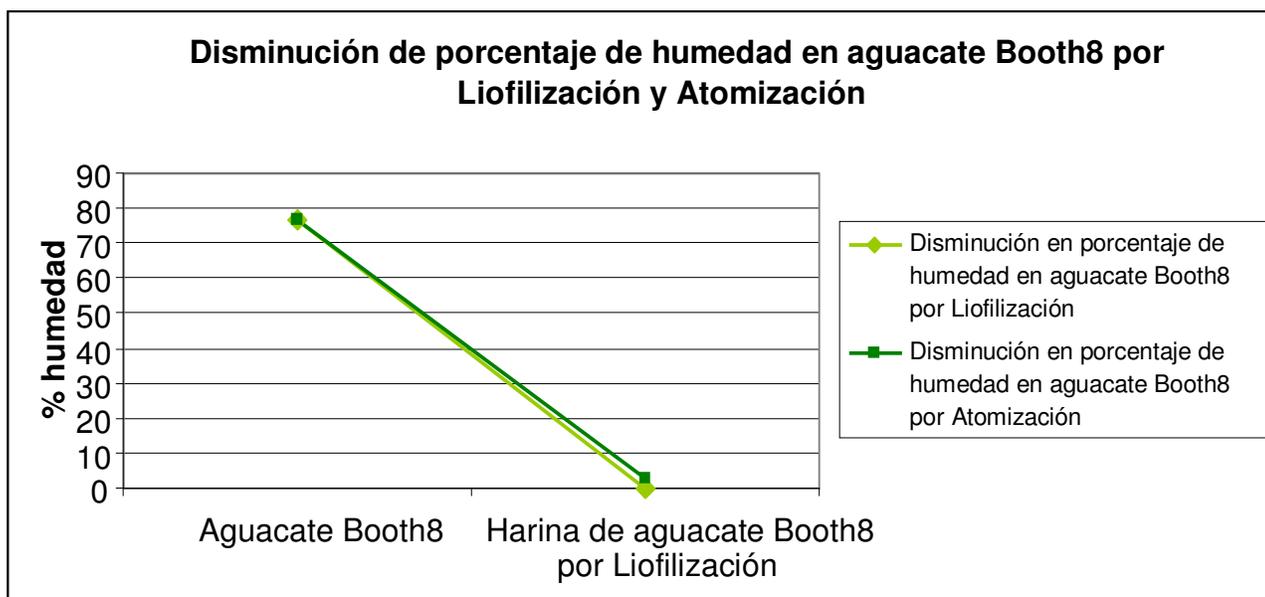
Así mismo, se redujo el porcentaje de humedad en el aguacate Booth8, de $76 \pm 7\%$ de humedad inicial, a $3 \pm 2\%$ y 0% para Atomización y Liofilización respectivamente, lo cual puede observarse en la Gráfica No. 2

Al igual que en el caso de la harina de aguacate Hass por Liofilización, debe disminuirse el tiempo de secado para no llevar a 0% la humedad y permitir que se conserve una monocapa de agua.

Además de determinar el porcentaje de humedad, era importante determinar la actividad de agua A_a de los productos, pues la A_a predice de una mejor forma la estabilidad de un alimento.

Para su crecimiento, los microorganismos necesitan condiciones propicias de pH, nutrientes, oxígeno, presión, temperatura y agua disponible. Por cada 0.1 unidades de aumento de A_a el crecimiento microbiano puede incrementarse en un 100%. La mayoría de microorganismos necesita una actividad de agua mayor a 0.6. (Badui, 2006)

Gráfica No.2 Disminución del porcentaje de humedad en aguacate de la variedad Booth8 por Liofilización y Atomización.



Los resultados obtenidos de las mediciones de actividad de agua en las muestras, se exhiben en el Cuadro No.17. Mediante el análisis de varianza se comprobó que no existe una diferencia significativa en la Actividad de Agua entre las variedades de aguacate Hass y Booth8.

Puede observarse que la A_a en todas las muestras de harina de las distintas variedades de aguacate por ambos métodos, está por debajo de 0.6, límite crítico para crecimiento microbiano. Lo cual muestra que ambos métodos, son eficientes para disminuir la A_a del aguacate a un nivel microbiológicamente seguro.

Si se observa la Gráfica No.3 puede compararse la actividad de agua en el aguacate Hass en fresco con la actividad de agua en las harinas, elaboradas por ambos métodos. Nótese una disminución representativa, inicial de 0.99 ± 0.004 en el aguacate a un 0.52 ± 0.016 y 0.51 ± 0.004 para Liofilización y Atomización, respectivamente.

Cuadro No.17 Media de la actividad de agua en aguacate Hass y Booth8 y harinas de aguacate de estas variedades elaboradas por Liofilización y Atomización.

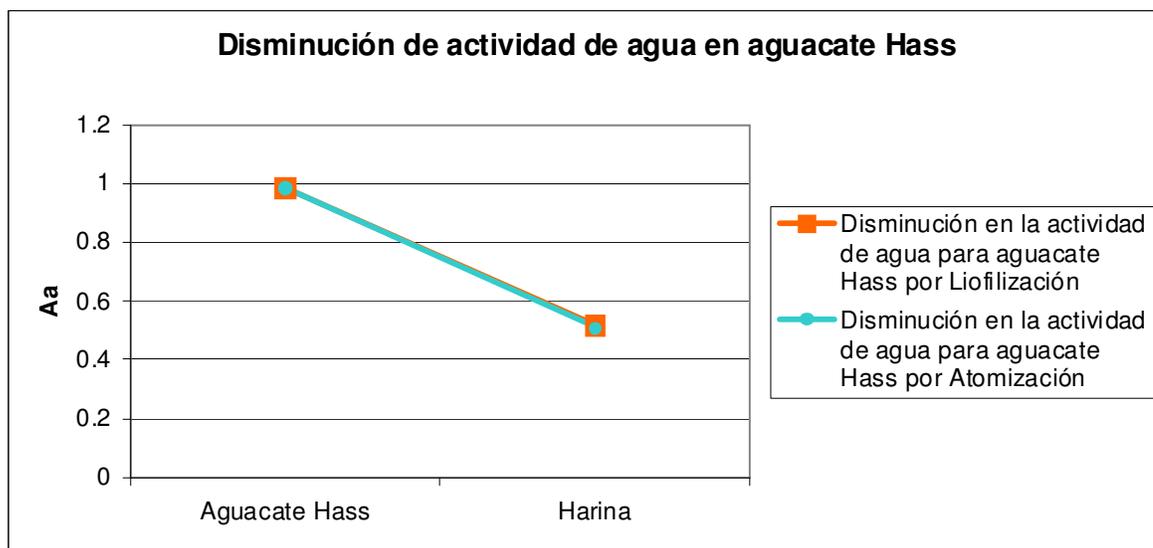
	Actividad de agua (Aa) \pm σ	
	Hass	Booth8
Control (fresco)	0.985 \pm 0.004	0.960 \pm 0.003
Harina por Liofilización	0.518 \pm 0.016	0.464 \pm 0.056
Harina por Atomización	0.509 \pm 0.004	0.522 \pm 0.030

Al comparar el Cuadro No. 17 de Actividad de agua, con el Cuadro No. 16 Porcentaje de humedad, las baja humedad de las harinas no concuerda con la actividad de agua, especialmente en el caso de las harinas por Liofilización, pues tienen 0% de humedad, pero una actividad de agua de 0.518 ± 0.016 y 0.464 ± 0.056 , para Hass y Booth8 respectivamente. Esto puede deberse a que las harinas son rehidratadas fácilmente (ver sección de funcionalidad y rehidratación de las harinas), por lo tanto es posible que las muestras hayan ganado humedad al transferir la muestra al equipo Aqualab y por ello la actividad de agua aumentó.

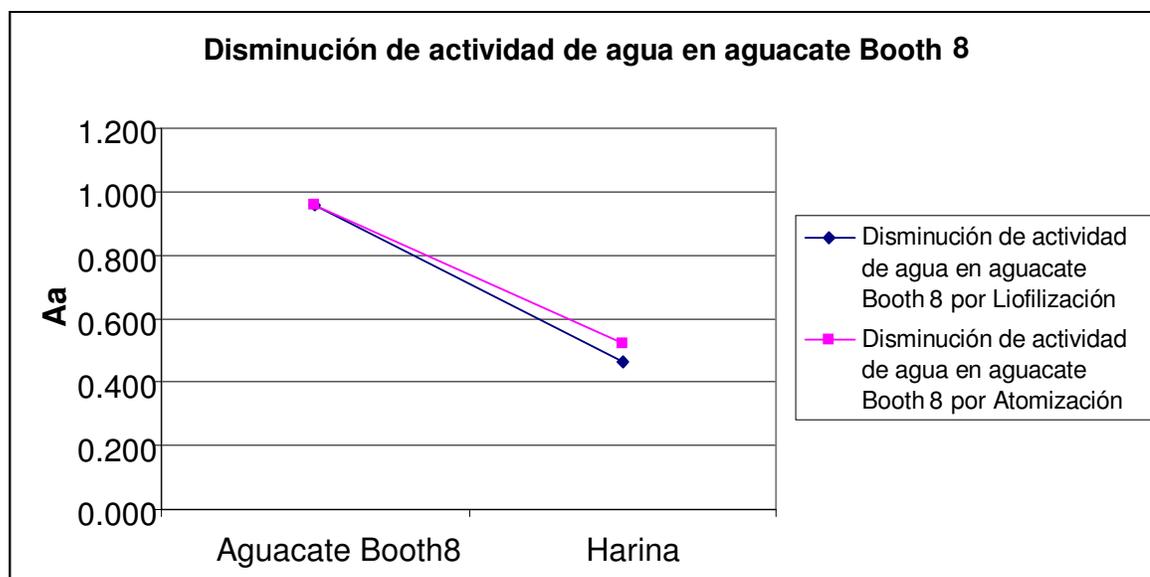
Así mismo, se redujo la actividad de agua en el aguacate Booth8, de un 0.96 ± 0.003 de A_a inicial a un 0.464 ± 0.056 y 0.522 ± 0.030 para los métodos de Liofilización y Atomización respectivamente, lo cual puede observarse en la Gráfica No.4

Por otro lado, el contenido de carbohidratos para las muestras se encuentra en el Cuadro No.18. Se puede observar que el porcentaje en las muestras no es mayor a 5%. Esto era de esperarse, pues estudios muestran que la cantidad de azúcares presentes en el aguacate es relativamente baja, comparada con otras frutas (2-5%) (Fichet, 1991). Además de esto, el nivel de azúcar en el aguacate disminuye rápidamente a medida que avanza la madurez después de la cosecha, pues los carbohidratos son un sustrato activo para la respiración del fruto (Davenport y Ellis, 1959).

Gráfica No.3 Disminución en actividad de agua en aguacate de la variedad Hass por Liofilización y Atomización.



Gráfica No.4 Disminución en actividad de agua en aguacate de la variedad Booth8 por Liofilización y Atomización.



Después de aplicar el análisis estadístico se encontró una diferencia significativa en el contenido de carbohidratos entre las muestras de aguacate fresco de la variedad Hass y Booth8, teniendo mayor porcentaje de carbohidratos la variedad Hass.

Esto podría explicarse si se considera que la variedad Hass se cultiva en tierras de clima frío y la variedad Booth8 en clima cálido, al aumentar la temperatura se ocasiona un mayor estrés en el fruto y aumenta la tasa de respiración, lo cual a su vez disminuye el contenido de carbohidratos.

No se mostraron diferencias significativas (estadísticamente) en ninguna de las harinas, comparadas con el control (aguacate fresco), lo cual indica que ambos métodos mantienen el contenido de carbohidratos.

Cuadro No.18 Media de los porcentajes de carbohidratos en aguacate variedad Hass y Booth8 y las harinas elaboradas, por Liofilización y Atomización.

	Porcentaje de carbohidratos $\pm \sigma$ (%)	
	Hass	Booth8
Control (fresco)	4.51 \pm 0.01	3.82 \pm 0.03
Harina por Liofilización	4.2 \pm 0.1	3.65 \pm 0.05
Harina por Atomización	4.32 \pm 0.02	3.51 \pm 0.04

**Porcentajes en base seca.*

Adicionalmente se realizó un perfil de carbohidratos, con el objeto de determinar cuáles azúcares estaban presentes y su cantidad. La identificación y cuantificación de los carbohidratos en las muestras no fue posible debido a que los picos obtenidos mediante el análisis de HPLC no eran claros, difícilmente identificables y no podían diferenciarse de los picos de ruido del equipo. (Ver Apéndice, sección 5)

El método utilizado para la extracción de los carbohidratos podría modificarse, aumentando la muestra de carbohidratos extraídos, de 5g utilizados originalmente a 100g, para obtener una muestra significativa para la lectura en el equipo, pero esto implica un gran gasto de muestra (aguacate y harina) y de reactivos, que al final se traducen en un aumento de costos incluidos costos ambientales ocasionados la generación de desechos de los reactivos usados. Por lo anterior se decidió no repetir el análisis, pues la presencia de carbohidratos no es significativa.

Para la determinación de fibra, se obtuvieron los resultados que se muestran en el Cuadro No.19. Se observó una diferencia estadísticamente significativa entre el contenido de Fibra Dietética Total (FDT) entre la variedad de aguacate Hass y la variedad Booth8, teniendo una mayor cantidad de fibra la variedad Booth8.

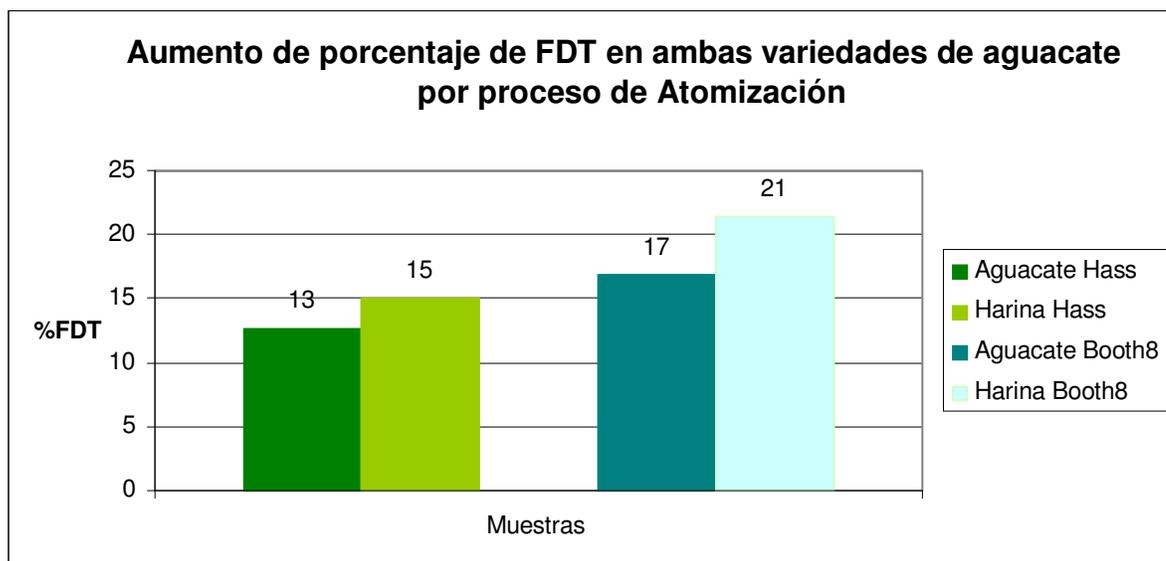
Cuadro No.19 Media de porcentaje de fibra dietética total en aguacate variedad Hass y Booth8 y las harinas elaboradas, de estas mismas variedades, por Liofilización y Atomización.

	Fibra dietética total $\pm\sigma$ (%)	
	Hass	Booth8
Control (fresco)	13 \pm 1	17 \pm 1
Harina por Liofilización	11.6 \pm 0.9	15 \pm 1
Harina por Atomización	15 \pm 1	21 \pm 2

**Porcentaje en base seca*

En el caso de las harinas, se observó que no hubo un cambio estadísticamente significativo de porcentaje FDT, en las muestras elaboradas por liofilización, comparado con el contenido en el aguacate fresco, de ambas variedades. Por el contrario, en el caso de las harinas elaboradas por atomización, el contenido de FDT aumentó comparado con el contenido en el aguacate fresco. El incremento en el contenido de FDT en vegetales tratados térmicamente, ha sido descrito en otros estudios (Ranhontra y cols., 1989). Esta variación se debe a transformaciones y/o aleaciones químicas específicas que ocurren entre los componentes del aguacate capaces de aumentar la FDT en las harinas elaboradas por atomización. (González, A. y C. Gisell, 2000). Esto se aprecia de mejor forma en las Gráficas No.5 y No.6

Gráfica No.5 Aumento de porcentaje de FDT en las variedades de aguacate por el secado por Atomización.



Lo anterior es favorable desde el punto de vista nutricional, pues en el caso de la liofilización, el contenido de fibra no es afectado y en el caso de las harinas por atomización, el aumentar el contenido de fibra proporcionaría una mayor contribución de la fracción de FDT recomendada 20g/día (Vásquez C. 1959).

Por último, los antioxidantes son sustancias existentes en algunos alimentos que les confieren propiedades protectoras, como la protección del organismo de la acción de radicales libres causantes de procesos de envejecimiento y otras enfermedades. Algunas de estas sustancias son la vitamina E, vitamina C, carotenoides, flavonoides, entre otros. En el aguacate resalta el contenido de vitamina E, vitamina C, carotenoides y ácidos fenólicos. (Vásquez, *et al.* 2007)

La determinación de actividad antioxidante en las muestras se hizo por medio del método DPPH, con el objetivo de determinar el efecto del procesamiento, liofilización y atomización, en la actividad antioxidante del aguacate. Los resultados se exponen en el Cuadro No. 20, expresados en mg de aguacate/mL etanol, que representa la cantidad de mg de aguacate que reduce la absorbancia de la solución de DPPH en un 50%, por lo que un valor menor de mg de aguacate representa una mayor actividad antioxidante.

En este cuadro puede observarse una diferencia entre la actividad antioxidante del aguacate Hass y el Booth8, teniendo una mayor actividad, estadísticamente significativa, la variedad Booth8.

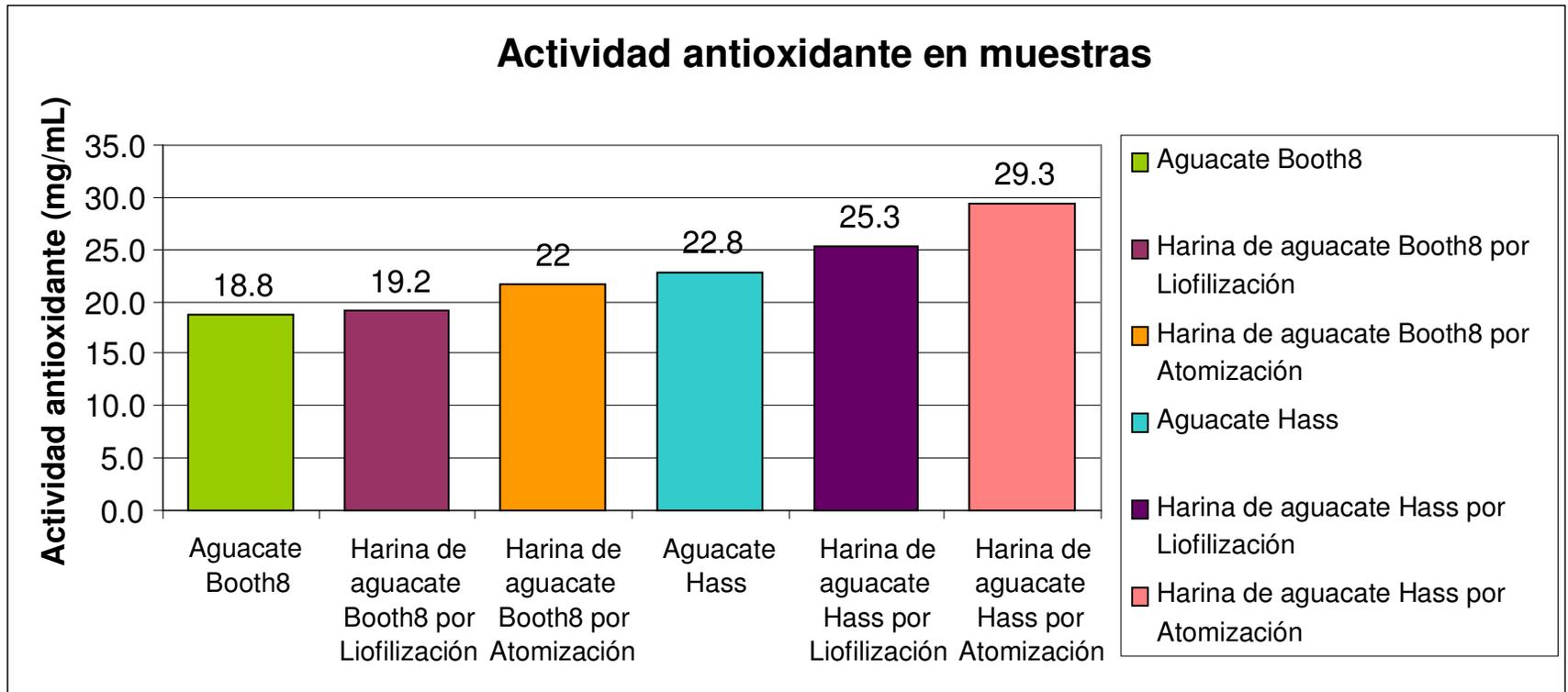
Cuadro No.20. Media de la actividad antioxidante en aguacate Hass y Booth8 y harinas de aguacate de estas variedades elaboradas por Liofilización y Atomización.

	Actividad antioxidante $\pm\sigma$ (mg muestra/ mL)	
	Hass	Booth8
Control (fresco)	22.8 \pm 0.7	18.8 \pm 0.2
Harina por Liofilización	25.3 \pm 0.9	19.2 \pm 0.2
Harina por Atomización	29.3 \pm 0.5	22 \pm 1

El análisis de varianza mostró que no hay diferencia significativa entre la actividad antioxidante del aguacate en fresco y las harinas elaboradas por liofilización, de ambas variedades. Esto muestra que este método es efectivo en cuanto a preservar la actividad antioxidante del fruto.

Los constituyentes antioxidantes son muy susceptibles a degradación cuando se exponen a oxígeno, luz y altas temperaturas. Se ha estudiado que a elevadas temperaturas no solamente se afectan los antioxidantes, sino que también se pueden formar algunos compuestos con actividad prooxidativa. (Klein, 1987; Huxsoll *et al* 1989 y Bode *et al* 1990). En el caso de la vitamina E, antioxidante presente en el aguacate, es altamente susceptible al calor, pues se deteriora y se reduce su concentración hasta un 70% (Badui, 2006). Esto explica porqué la actividad antioxidante de ambas variedades disminuyó en las harinas elaboradas por atomización, pues al someter al aguacate a una elevada temperatura, se modificó su actividad antioxidante, disminuyéndola.

Gráfica No.7 Actividad antioxidante en aguacate de las variedades Hass y Booth8 y harinas de aguacate, de las mismas variedades, elaboradas por Liofilización y Atomización.



El aspecto de un producto es muy importante debido a que el consumidor la utiliza como un parámetro de calidad que influye fundamentalmente en su decisión de compra. Para llevar a cabo la caracterización física y funcional de las harinas, se evaluaron distintos parámetros de color, textura, tamaño de partícula y un análisis sensorial, en cuanto a aspectos físicos y en cuanto a la funcionalidad se evaluó la capacidad de rehidratación y la capacidad de retención de agua de las distintas harinas.

En el caso del color, se evaluó el color de las harinas secas y rehidratadas. Los valores obtenidos de las harinas rehidratadas se compararon con un puré de aguacate en fresco, de ambas variedades, con el objeto de observar la cercanía de color de la harina al de un puré original fresco, producto al que se desea se asemejen las harinas rehidratadas. Los resultados se muestran en el Cuadro No. 21.

Cuadro No.21. Resultados obtenidos del análisis por colorimetría.

			Deshidratación por Liofilización		Deshidratación por Atomización	
	Aguacate Hass	Aguacate Booth8	Harina Hass	Harina Booth8	Harina Hass	Harina Booth8
L	56.41	60.53	50.80	52.43	46.87	50.43
a	-4.66	-2.06	-4.62	-2.34	-3.95	-1.50
b	20.53	20.81	22.49	34.54	20.49	20.54

El análisis estadístico muestra que no hay una diferencia significativa en el parámetro L^* de color, entre las variedades de aguacate, Hass y Booth8. Pero mostraron que sí hay una diferencia significativa entre los valores de L^* en las harinas. Se puede observar que la harina de aguacate Booth8, elaborada por Liofilización, es más clara (valor L^* mayor) que la de la variedad Hass también elaborada por Liofilización. Lo mismo para las harinas elaboradas por Atomización.

En cuanto a los valores a^* y b^* , significativamente diferentes, muestran que la harina Booth8 elaborada por Liofilización y Atomización es menos verde y más amarilla que la harina de aguacate Hass elaborada por ambos métodos.

Se realizaron cálculos de los valores ΔL^* , Δa^* , Δb^* , los cuales se utilizan para determinar qué tanto se alejan los valores de una muestra con un estándar. En este caso, se utilizó como estándar los valores medidos en la pasta de aguacate fresco de las distintas variedades y se compararon con cada una de las muestras rehidratada de las distintas harinas. Los resultados se muestran en el Cuadro No.22

Cuadro No.22 Comparación de color entre distintas harinas rehidratadas y pasta de aguacate fresca.

		ΔL^*	Δa^*	Δb^*
Liofilización	Harina Hass	-5.6	-0.04	1.96
	Harina Booth8	-8.0	0.27	13.73
Atomización	Harina Hass	-9.5	0.71	-0.04
	Harina Booth8	-10.0	0.56	-0.27

Los valores de ΔL^* muestran que todas las harinas rehidratadas son más oscuras que la pasta de aguacate en fresco. Los valores de Δa^* muestran que solamente la harina de aguacate Hass elaborada por Liofilización era más verde que la pasta fresca. Por último, los valores para Δb^* muestran que solamente la harina de aguacate Booth8 elaborada por Liofilización era más amarilla que la pasta fresca.

La comparación anterior se llevó a cabo porque las harinas rehidratadas se pretende igualen a un puré de aguacate fresco.

Debido a lo anterior se deseaba saber la diferencia de color total o TCD (ΔE^*) entre las harinas rehidratadas y la pasta de aguacate fresco. Este valor toma en cuenta los valores de L^* , a^* y b^* . Se obtuvieron los valores que se muestran en el Cuadro No.23.

Cuadro No.23 Comparación total de color entre distintas harinas rehidratada y pasta de aguacate fresca.

		ΔE
Liofilización	Harina Hass	8 E-05
	Harina Booth8	1 E-05
Atomización	Harina Hass	10 E-05
	Harina Booth8	90 E-05

Se puede observar que el valor ΔE fue mayor para la harina Booth8 realizada por Atomización, mostrando que existe una mayor diferencia de color entre esta harina y la pasta de aguacate Booth8 fresco. Le sigue en orden decreciente, la harina de aguacate Hass elaborada por Atomización, luego la harina de aguacate Hass elaborada por Liofilización y por último la harina de aguacate Booth8 elaborada por Liofilización. Las harinas de aguacate Hass elaboradas por ambos métodos se compararon con el aguacate Hass fresco y las harinas de aguacate Booth8 por ambos métodos se compararon con el aguacate Booth8 fresco.

Lo anterior indica que en cuanto a color, la harina Booth8 presentó los mejores resultados, asemejándose al color estándar, es decir al color de una pasta de aguacate Booth8.

Los cambios de color en las harinas, principalmente en las harinas elaboradas por Atomización, se deben a que los principales pigmentos en el aguacate, como la clorofila y carotenoides, son sensibles a tratamientos térmicos. En el caso de la clorofila, una elevada temperatura ocasiona la feofitización, en la cual el magnesio es reemplazado por hidrógeno y se forman feofitinas a y b que tiene un color café y olivo, respectivamente. (Badui, 2006) Estos colores se observaron en ambas harinas elaboradas por Atomización. En el caso de las harinas elaboradas por Liofilización, se ha estudiado que al someter a bajas temperaturas (congelación), la clorofila sufre un cambio de estructura y lo cual a su vez ocasiona cambios de color. (Badui, 2006) En el caso de los carotenoides, éstos son sensibles a elevadas temperaturas, lo cual también ocasiona cambios en la coloración.

Adicional al color, la textura de un producto es de suma importancia. En el caso de las harinas, se desea que al rehidratarse posean una textura similar a la de la pasta del fruto en fresco. Para determinar si lo anterior se cumplía, se realizó un análisis de textura, tanto en la pasta de aguacate como en las harinas rehidratada. Estos resultados se exponen en el Cuadro No 24.

Cuadro No.24 Análisis de textura de pasta de aguacate Hass y Booth8 fresco y pasta de harinas rehidratada, elaboradas por método de Liofilización y Atomización.

	Parámetro: *pico de fuerza positiva	Parámetro: *pico de fuerza negativa	Parámetro: pico de fuerza positiva	Parámetro: pico de fuerza negativa
	Hass		Booth8	
Control (fresco)	62	-28	56	-30
Pasta de harina por Liofilización	65	-30	65	-33
Pasta de harina por Atomización	67	-32	68	-32

* *Pico de fuerza positiva: Indica la fuerza de penetración con una punta cilíndrica*

** *Pico de fuerza negativa: Indica la resistencia de la punta cilíndrica a ser removida de la muestra en el regreso, debido a la consistencia de la muestra.*

Después de un análisis de varianza se determinó que sí hay diferencia en la textura entre la pasta de aguacate de ambas variedades, en ambos parámetros. Si se observa el Cuadro No.24 puede determinarse que la variedad Hass necesita una mayor fuerza de penetración (pico fuerza positiva) y tiene una mayor pegajosidad, pues mostró mayor resistencia al retirar la punta cilíndrica (pico fuerza negativa). Lo anterior puede traducirse a palabras técnicas, en que el aguacate Hass es hasta cierto punto más consistente que la variedad Booth8, sobresaliendo en las características de pegajosidad o adhesividad y dureza.

La característica de textura es fuertemente influenciada por el contenido de agua y de grasa. A pesar que el análisis proximal de grasa y humedad mostró que no había diferencia significativa entre las variedades sensorialmente se podía percibir que la variedad Booth8 tiene una apariencia más acuosa que la variedad Hass, teniendo esta última una consistencia similar a la mantequilla.

Por otro lado, se comparó la textura de la pasta de aguacate fresco Hass con las harinas de la misma variedad obtenidas por Liofilización y Atomización, lo mismo para la variedad Booth8.

Primero, en el caso de la harina de aguacate Hass elaborada por Liofilización, los resultados mostraron que no había diferencia estadísticamente significativa en cuanto al parámetro de penetración (pico positivo) pero sí una diferencia en el parámetro del pico negativo, lo cual significa que la harina rehidratada es más adhesiva que la pasta en fresco.

Luego, al comparar la harina de aguacate Hass, elaborada por Atomización, con la pasta de aguacate Hass fresca, el análisis estadístico nuevamente muestra que no hay una diferencia significativa en cuanto al parámetro de penetración, pero sí en cuanto a adhesividad, siendo más adhesiva la harina.

En ambos casos, las variaciones son indeseables, ya que se pretende que el producto elaborado se asemeje en la manera de lo posible al original (pasta de aguacate fresca) y la característica de pegajosidad aumentada no es agradable.

En el caso de la harina de aguacate Booth8, elaborada por Liofilización, se encontró una diferencia estadísticamente significativa en ambos parámetros al compararlos con los parámetros de la pasta fresca de aguacate Booth8, indicando que la harina es más adhesiva y dura para penetrar que la pasta en fresco. Tampoco estas diferencias entre el producto y la pasta fresca son deseables, pues dureza y adhesividad no son características buscadas en una pasta de aguacate.

Por último, el análisis estadístico mostró que si había una diferencia significativa en el parámetro de pico positivo, penetración, entre la harina de aguacate Booth8 por atomización y la pasta de aguacate Booth8 fresca, teniendo un mayor valor de fuerza de penetración la harina. Al contrario, no hubo una diferencia significativa de adhesividad entre las muestras.

Los cambios de textura observados en las harinas se deben a que, al remover agua del fruto, las células y tejido son dañados estructuralmente lo cual cambia la textura del producto rehidratado. En el caso de la Liofilización, los daños se deben a que el congelado es lento y hace que las células del fruto se deformen por los cristales de hielo grandes que se forman. En el caso de la atomización, las elevadas temperaturas ocasionan los daños estructurales.

Al comparar las harinas de la misma variedad de aguacate, elaboradas por distinto método, se encontró que no hay diferencias significativas en ninguno de los dos parámetros evaluados. Lo cual implica que los dos métodos afectaron indistintamente la textura de las harinas

Parte de la caracterización física de las harinas, es el tamaño de partícula. Para determinar el tamaño de partícula, las harinas fueron tamizadas en un juego de tamices No. 20, 30 y 45. Los resultados se muestran en el Cuadro No.26

Cuadro No.26 Resultado de tamizar las muestras de harina de aguacate, variedades Hass y Booth8, elaboradas por Liofilización y Atomización.

Muestra	No. Tamiz	No. de Mesh	Peso de fracción retenida (g)	Porcentaje de fracción retenida (%)
Harina de aguacate Hass por Liofilización	20	20	2	12
	30	28	17	85
	45	42	1	3
Harina de aguacate Booth8 por Liofilización	20	20	2	10
	30	28	16	80
	45	42	2	10
Harina de aguacate Hass por Atomización	20	20	2	9
	30	28	17	84
	45	42	1	7
Harina de aguacate Booth8 por Atomización	20	20	2	10
	30	28	17	85
	45	42	1	5

**Se tamizaron 20g de cada muestra*

El diámetro de partícula se determinó a partir de la tabla de Escala de tamices estándar de Tyler ubicada en el apéndice 5 del libro "Operaciones Unitarias en Ingeniería Química" McCabe, W. *et al* 2002; tomando como referencia la malla en donde se retuvo una mayor cantidad de material. Si se observa el Cuadro No.26, en todos los casos el número de malla o Mesh que retuvo el mayor porcentaje de muestra fue la de No. Mesh 28, que en la tabla de Escala de tamices corresponde a un diámetro de partícula de 0.589mm.

El tamaño de partícula es importante, porque además de formar parte de la caracterización del producto, influye en las propiedades del producto rehidratado, tal como lo es la capacidad de rehidratación la harina. Puede observarse en los resultados de rehidratación (ver Cuadro No. 27) que la rehidratación en la mayoría de los casos es completa, lo cual indica que el tamaño de partícula obtenido es adecuado.

La evaluación del producto rehidratado es importante debido a que uno de sus principales usos se proyecta como guacamole rehidratado. La rapidez y efectividad con que la rehidratación suceda determina la calidad del producto. (Bello, 2000). Para evaluar la rehidratación de las harinas, se calcularon los valores de coeficiente de rehidratación y la capacidad de retención de agua.

Cuadro No.27 Propiedades de rehidratación de las harinas.

Muestra	Coefficiente de rehidratación (kg agua/kg harina)	Capacidad de retención de agua (kg agua retenida/kg harina)
Harina de aguacate Hass por Liofilización	0.6	1
Harina de aguacate Hass por Atomización	1	1
Harina de aguacate Booth8 por Liofilización	0.28	1
Harina de aguacate Booth8 por Atomización	1	1

Los valores de capacidad de retención de agua muestran que todas las muestras retuvieron el agua que se agregó para rehidatarlas. Por otro lado, los valores del coeficiente de rehidratación de las harinas de aguacate Hass por Liofilización y Atomización y de la harina de aguacate Booth8 por Atomización son cercanos o iguales a la unidad lo cual indica una buena y completa rehidratación de las harinas. En el caso de la harina de aguacate Booth8 elaborada por Liofilización, la rehidratación fue menor (ver Cuadro No. 27).

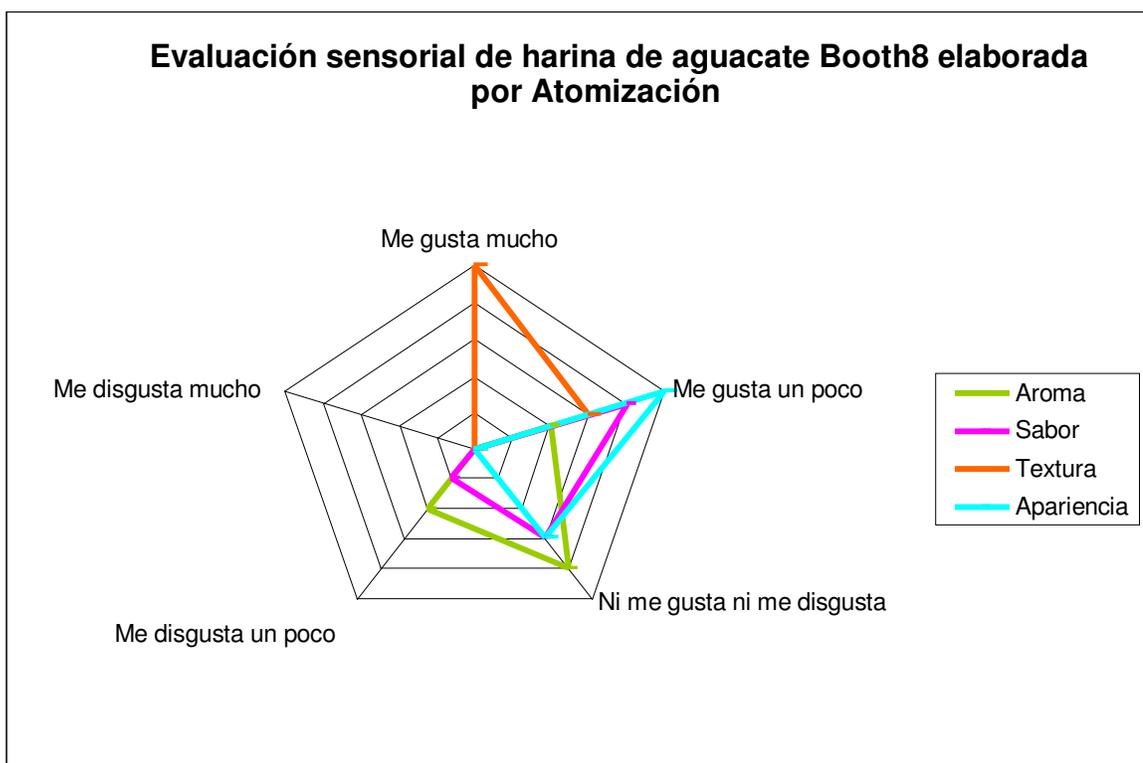
Es posible que en esta variedad los daños estructurales causados por los cristales formados durante la congelación lenta, hayan sido mayores y por ello la rehidratación fue más lenta y menos efectiva.

Durante la prueba de rehidratación se observó que los tiempos de rehidratación fueron, en forma creciente, como sigue Harina Hass Atomización (4s) Harina Hass Liofilización (6s), Harina Booth8 Atomización (13s) y Harina Booth8 Liofilización (45s). Se ha observado que altas temperaturas ocasionan un aumento en la velocidad de rehidratación debido a que en el secado los espacios intercelulares aumentan, haciendo que la rehidratación sea más rápida. (Marín, E. *et al*; 2006)

Otro aspecto importante observado, es que al rehidratar las harinas, éstas rápidamente iban adquiriendo una coloración parda, indicando una mayor inestabilidad, en cuanto a pardeamiento comparado con una pasta de aguacate fresco. Estudios muestran un aumento en la actividad enzimática de 1.5 a 1.8 veces debido a tratamientos aplicados a la pulpa de aguacate tales como liofilización y uso de altas temperaturas para secado. Probablemente una o varias membranas celulares pierden su integridad durante el proceso de sublimación dejando expuesto el sitio activo de la enzima, que al rehidratarse el guacamole, el agua proporciona a la polifenoloxidasa el oxígeno necesario como punto inicial para el oscurecimiento enzimático. (Martínez y Whitaker, 1995, Lehninger 1972)

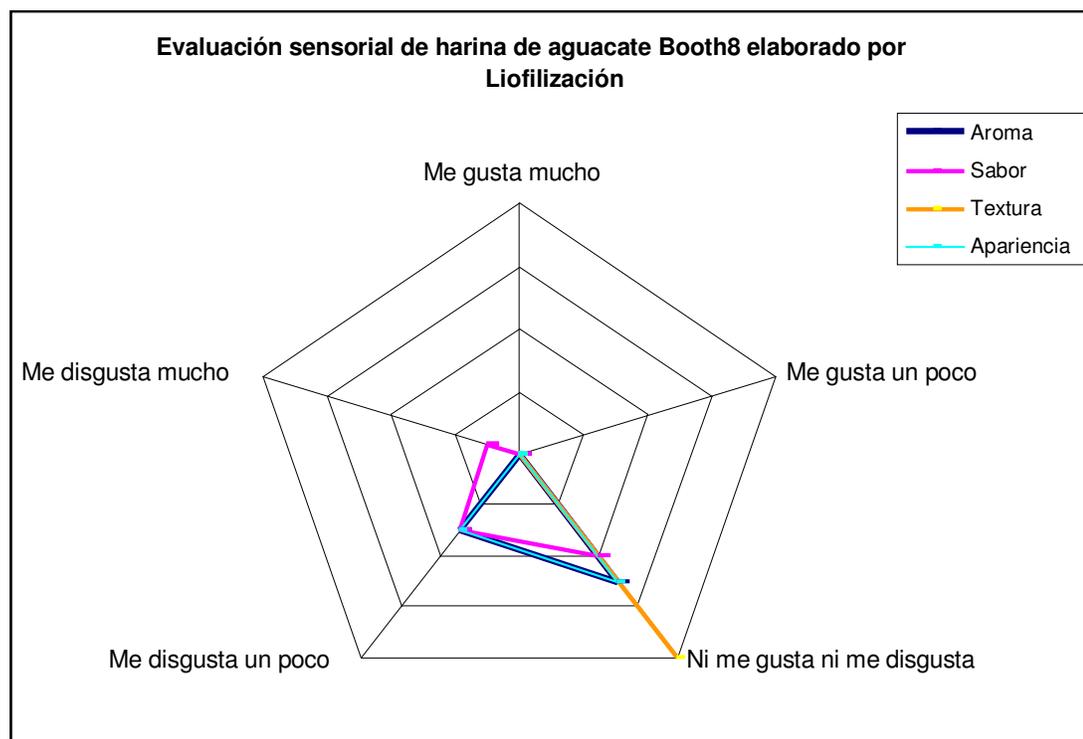
Para la evaluación sensorial se utilizó la boleta que se muestra en el Apéndice F, de los resultados se obtuvieron las gráficas que se muestran a continuación.

Gráfica No.8 Evaluación sensorial de harina de aguacate Booth8 elaborada por Atomización



La evaluación de la harina de aguacate Booth8 elaborada por Atomización, mostró que el atributo mejor evaluado fue la textura, pues el mayor porcentaje de panelistas la evaluó como "Me gusta mucho", luego la apariencia general fue evaluada como "Me gusta un poco" pero el sabor y aroma recibieron puntajes menores, catalogándolos como "Ni me gusta ni me disgusta". En los comentarios analizados, se encontró que la mayoría de panelistas percibió un sabor residual levemente amargo, como a "aceite rancio".

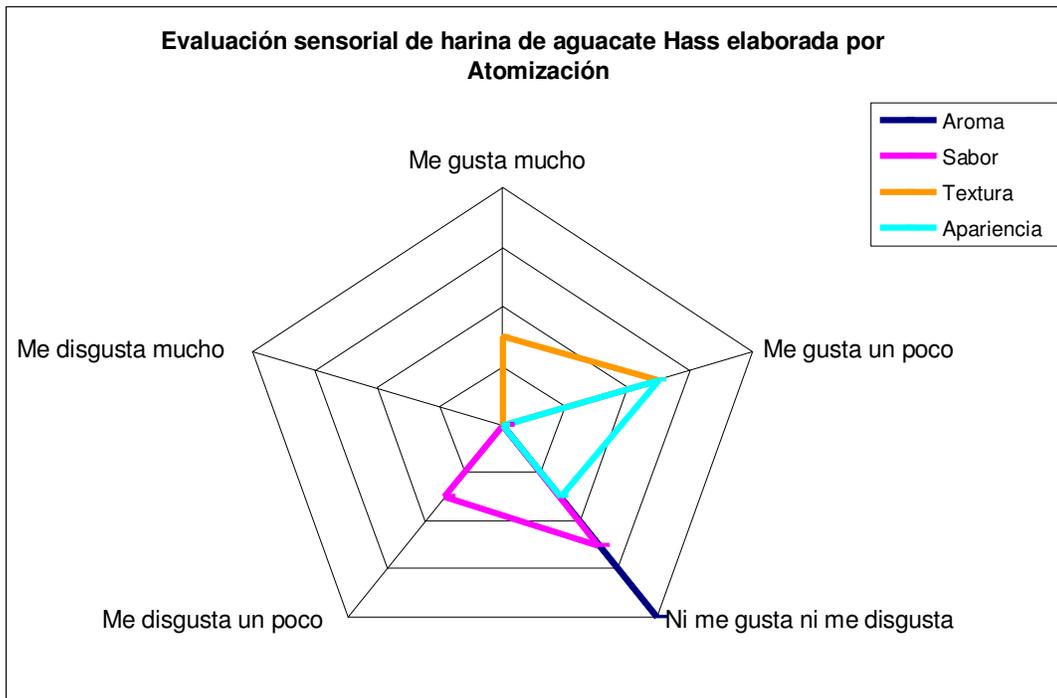
Gráfica No.9 Evaluación sensorial de harina de aguacate Booth8 elaborada por Liofilización



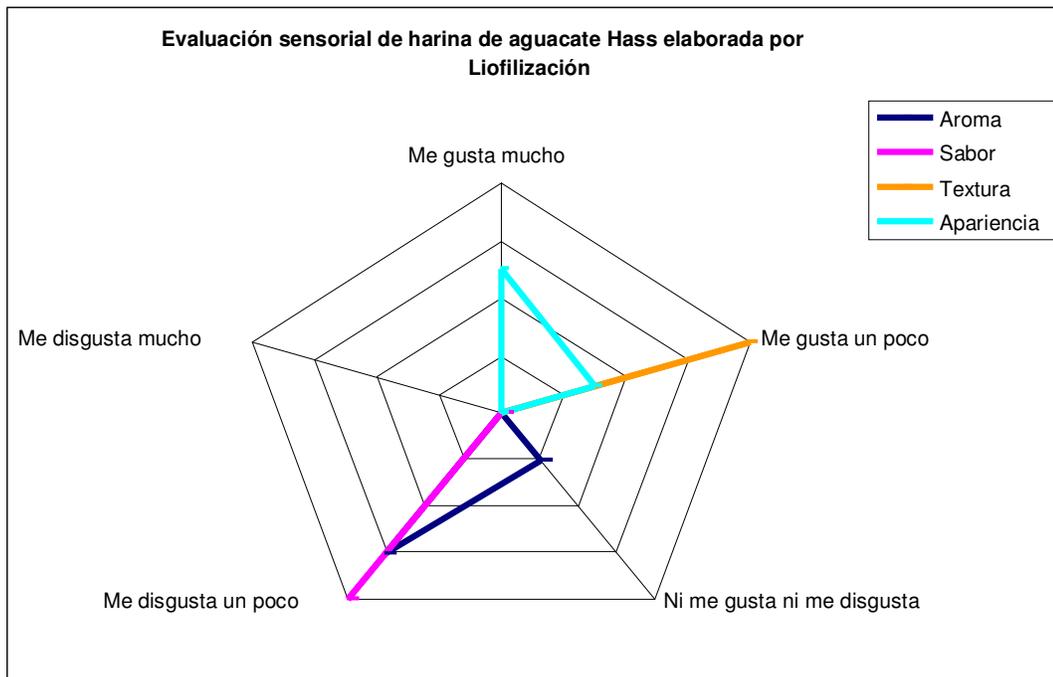
En el caso de la evaluación de la harina Booth8 elaborada por Liofilización, todos los atributos fueron proyectados hacia "Ni me gusta ni me disgusta". Los comentarios de los panelistas indicaron que la apariencia general de la muestra no era atractiva, pues no tenía un tono verde similar al aguacate sino un tono muy pálido y además la textura no era agradable por tener grumos.

Luego, para la harina de aguacate Hass elaborada por Atomización, tanto la textura como la apariencia recibieron valores de "Me gusta un poco" y el resto de atributos "Ni me gusta ni me disgusta", con comentarios que la textura era similar a la de una pasta de aguacate y la textura agradable. En cuanto al sabor y aroma, los panelistas percibieron levemente el olor y sabor a "grasa rancia" que percibieron en las otras harinas.

Gráfica No.10 Evaluación sensorial de harina de aguacate Hass elaborada por Atomización



Gráfica No.11 Evaluación sensorial de harina de aguacate Hass elaborada por Liofilización



Por último, en la harina de aguacate Hass elaborada por Liofilización, el sabor y aroma fueron calificados como "Me disgusta un poco". Esto porque los panelistas percibieron un sabor fuerte amargo y un sabor leve y residual ácido, lo cual no les pareció agradable. Por el contrario, la textura y apariencia era muy buena y fue de su agrado.

En la prueba de preferencia, la mayor parte de panelistas prefirió la harina de aguacate Booth8 elaborada por Atomización, indicando que era la que más les agradaba por su olor y sabor residual como "a nueces o pistacho".

El sabor amargo residual y el olor y sabor a "grasa rancia" percibida por los panelistas se atribuye a la oxidación de las grasas en las muestras. Por ello se realizó un análisis de índice de peróxidos.

Los peróxidos son productos formados por la oxidación de los enlaces dobles de las grasas insaturadas. El aguacate tiene un contenido lipídico muy bajo en ácidos grasos saturados y es muy rico en monoinsaturados (96%). Por lo tanto es bastante susceptible a sufrir una oxidación lipídica. La rancidez oxidativa resulta en la liberación de productos olorosos del desdoblamiento de ácidos grasos insaturados, los cuales suelen incluir compuestos como aldehídos, cetonas y ácidos grasos de cadena más corta. Esto afecta evidentemente las propiedades organolépticas del producto.

Es por esto que se midió el índice de peróxidos durante el almacenamiento de las harinas elaboradas. De acuerdo a los resultados obtenidos (Ver Cuadros No.28 al 31) se observó que en todas las harinas el valor de índice de peróxidos fue aumentando a lo largo del tiempo, en ambas temperaturas. En la Norma CODEX, para control de calidad de grasas y aceites, se establece como límite crítico de índice de peróxido, 10meq/kg. Se ha estudiado que en valores de 10 a 20 meq/kg las características organolépticas de una oxidación lipídica se ponen de manifiesto detectándose sensorialmente. Se observa que los valores iniciales de índice de peróxido en todas las muestras, es bastante cercano a 10meq/kg, y que estos valores se incrementan durante el almacenamiento, lo cual explica el sabor amargo detectado por los panelistas en la prueba sensorial.

Cuadro No.28 Índice de peróxido durante el almacenamiento a 25 y 5°C de harina de aguacate Hass elaborada por Liofilización.

	25 °C	5 °C
Tiempo	Índice peróxidos $\pm\sigma$ (meq/mg)	Índice peróxidos $\pm\sigma$ (meq/mg)
0	9.0 \pm 0.5	9.2 \pm 0.9
5	10.0 \pm 0.03	10.5 \pm 0.4
10	12 \pm 1	12 \pm 1
15	13 \pm 1	13 \pm 1
25	13 \pm 2	14 \pm 1

Cuadro No.29 Índice de peróxido durante el almacenamiento a 25 y 5°C de harina de aguacate Booth8 elaborada por Liofilización.

	25 °C	5 °C
Tiempo	Índice peróxidos $\pm\sigma$ (meq/mg)	Índice peróxidos $\pm\sigma$ (meq/mg)
0	9.3 \pm 0.3	9.4 \pm 0.1
5	11.5 \pm 0.5	11.9 \pm 0.05
10	12.5 \pm 0.2	12.7 \pm 0.01
15	14.6 \pm 0.1	14 \pm 1
25	15 \pm 1	16.2 \pm 0.1

Cuadro No.30 Índice de peróxido durante el almacenamiento a 25 y 5°C de harina de aguacate Hass elaborada por Atomización.

	25 °C	5 °C
Tiempo	Índice peróxidos $\pm\sigma$ (meq/mg)	Índice Peróxidos $\pm\sigma$ (meq/mg)
0	9.0 \pm 0.6	9.3 \pm 0.1
5	11.5 \pm 0.3	13.7 \pm 0.8
10	11.9 \pm 0.3	14.2 \pm 1.3
15	13 \pm 1	15.3 \pm 0.7
25	14.5 \pm 0.6	17.3 \pm 0.2

Cuadro No.31 Índice de peróxido durante el almacenamiento a 25 y 5°C de harina de aguacate Booth8 elaborada por Atomización.

	25°C	5°C
Tiempo	Índice peróxidos $\pm\sigma$ (meq/mg)	Índice peróxidos $\pm\sigma$ (meq/mg)
0	8.80 \pm 0.03	8.7 \pm 0.6
5	10 \pm 1	10.8 \pm 0.4
10	12.6 \pm 0.3	13.10 \pm 0.07
15	14 \pm 1	14 \pm 1
25	15.1 \pm 0.8	16 \pm 1

Después de un análisis de varianza, se determinó que no existe una diferencia significativa en el índice de peróxidos entre las temperaturas de almacenamiento 5 y 25°C, de ninguna de las muestras.

La oxidación de los lípidos pudo deberse a que cuando el agua es removida del producto, no hay ningún filtro de oxígeno y las grasas se encuentran propensas a oxidación fácilmente. A pesar de que las harinas se encontraban empacadas en un empaque laminado, sellado, es posible que la oxidación se haya iniciado antes de empacar las harinas y los peróxidos de grasas ya oxidadas actuaron como promotores de la oxidación lipídica durante el almacenamiento.

En el caso de las harinas liofilizadas, los bajos niveles de humedad a los que lleva el producto durante el secado producen problemas de oxidación de lípidos. En el caso de la Atomización, un proceso térmico es problemático ya que las temperaturas altas son también promotores de la oxidación lipídica.

La actividad de agua es uno de los parámetros más importantes que definen la vida de anaquel de una harina. Los resultados obtenidos de las mediciones de actividad de agua en las harinas durante su almacenamiento a 5 y 25°C se muestran en los Cuadros No.34 al 37, donde se observa un incremento de la Aa en todos los productos a ambas temperaturas, sin embargo nunca ninguno de los productos sobrepasó el límite crítico de Aa de 0.6, evitando así la proliferación bacteriana.

Cuadro No.34 Actividad de agua durante el almacenamiento a 25 y 5 °C de harina de aguacate Hass elaborada por Liofilización.

	25 °C	5 °C
Tiempo	Actividad de agua $\pm \sigma$	Actividad de agua $\pm \sigma$
0	0.504 \pm 0.002	0.526 \pm 0.011
5	0.507 \pm 0.012	0.530 \pm 0.056
10	0.538 \pm 0.010	0.563 \pm 0.102
15	0.569 \pm 0.003	0.588 \pm 0.130
25	0.602 \pm 0.001	0.621 \pm 0.054

Cuadro No.35 Actividad de agua durante el almacenamiento a 25 y 5 °C de harina de aguacate Booth8 elaborada por Liofilización.

	25 °C	5 °C
Tiempo	Actividad de agua $\pm \sigma$	Actividad de agua $\pm \sigma$
0	0.420 \pm 0.015	0.487 \pm 0.008
5	0.425 \pm 0.004	0.496 \pm 0.181
10	0.45 \pm 0.060	0.504 \pm 0.051
15	0.486 \pm 0.012	0.522 \pm 0.022
25	0.519 \pm 0.003	0.582 \pm 0.020

Cuadro No.36 Actividad de agua durante el almacenamiento a 25 y 5 °C de harina de aguacate Hass elaborada por Atomización.

	25 °C	5 °C
Tiempo	Actividad de agua $\pm \sigma$	Actividad de agua $\pm \sigma$
0	0.504 \pm 0.001	0.507 \pm 0.034
5	0.512 \pm 0.015	0.522 \pm 0.046
10	0.526 \pm 0.031	0.574 \pm 0.102
15	0.574 \pm 0.001	0.594 \pm 0.005
25	0.581 \pm 0.072	0.607 \pm 0.040

Cuadro No.37 Actividad de agua durante el almacenamiento a 25 y 5 °C de harina de aguacate Booth8 elaborada por Atomización.

	25 °C	5 °C
Tiempo	Actividad de agua ± σ	Actividad de agua ± σ
0	0.513 ± 0.004	0.495 ± 0.050
5	0.521 ± 0.028	0.500 ± 0.024
10	0.544 ± 0.160	0.517 ± 0.330
15	0.567 ± 0.030	0.525 ± 0.005
25	0.604 ± 0.190	0.547 ± 0.003

Por último, en cuanto a la vida de anaquel de las harinas, debido a que todos los valores del porcentaje de humedad fueron iguales durante el almacenamiento, no se utilizó como parámetro para calcular la vida de anaquel de las harinas, solamente Aa e índice de peróxidos (ver Cuadro No 32 y No.33 respectivamente).

Cuadro No.32 Vida de anaquel para las distintas harinas según parámetro de Aa.

Producto	Aac *	Aao**	k***	Vida útil (días)	Vida útil (meses)
Harina aguacate Hass elaborada por Liofilización	0.6	0.504	0.00053	181	6
Harina aguacate Hass elaborada por Atomización	0.6	0.504	0.0005	192	6
Harina aguacate Booth8 elaborada por Liofilización	0.6	0.502	0.00045	218	7
Harina aguacate Booth8 elaborada por Atomización	0.6	0.513	0.00048	181	6

* Aac = Actividad de agua crítica (valor microbiológicamente no aceptable, Badui 2006)

** Aao= Actividad de agua inicial

*** k= constante velocidad de reacción

Cuadro No.33 Vida de anaquel para las distintas harinas según parámetro de índice de peróxidos

Producto	IPc *	IPO **	k ***	Vida útil (días)	Vida útil (meses)
Harina aguacate Hass elaborada por Liofilización	10	9	0.019541	51	2
Harina aguacate Hass elaborada por Atomización	10	9	0.019970	50	2
Harina aguacate Booth8 elaborada por Liofilización	10	8.8	0.022560	31	1
Harina aguacate Booth8 elaborada por Atomización	10	9.3	0.026540	45	1.5

* IPc = Índice de peróxidos crítico (valor inaceptable según Norma Codex para grasas y aceites)

** IPO= Índice de peróxidos inicial

*** k= constante velocidad de reacción

Si se observan los resultados, según el parámetro de Aa la vida útil de las harinas se encuentra entre seis y siete meses, pero al analizar los datos de índice de peróxido, se proyecta una vida de anaquel entre uno y dos meses. Se tomó este tiempo como la vida de anaquel porque afecta rápidamente la calidad del producto. En realidad uno o dos meses es una vida muy corta para una harina, pero la oxidación de lípidos afectó considerablemente su durabilidad. Esto es importante porque los peróxidos además de ser indeseables, generan sabores y olores desagradables que influyen fuertemente sobre la calidad del producto. Por lo tanto para poder extender la vida útil se debe buscar una forma de proteger los lípidos y evitar la oxidación de éstos.

Porcentaje de rendimiento y análisis económico.

Cuadro No. 38. Porcentaje de rendimiento para las distintas harinas elaboradas.

		Peso inicial	Peso obtenido	% rendimiento
Hass	Liofilización	718	300	42
	Atomización	958	144	15
Booth8	Liofilización	1220	427	35
	Atomización	1068	152	14

Puede observarse que las harinas elaboradas por Liofilización tienen un porcentaje de rendimiento mayor que las harinas elaboradas por Atomización. A pesar de esto, al realizar el análisis de costos se observó que el costo de la deshidratación por liofilización es mucho mayor que los costos de la deshidratación por Atomización. Esto se debe a que el tiempo de elaboración de las harinas es mayor en el equipo de Liofilización lo cual eleva los costos.

Cuadro No.39 Costos en Quetzales por 100g de harina de aguacate Hass elaborada por Atomización

	Precio unitario	Cantidad utilizada	Total
Aguacate Hass	3.33	15	49.95
Mano de obra (1 persona por 3horas)	11.31	3	33.93
Gas propano (hora uso)	15.75	1	15.75
Bolsas laminadas (unidad)	2	3	6
Ácido ascórbico (gramos)	0.08	17.25	1.38
Maltodextrinas (gramos)	0.15	15	0.005
Ácido cítrico (gramos)	0.08	17.25	1.38
Costo energía eléctrica (hora)	3.23	1	3.23
		152 g harina=	111.62
		100 g harina=	Q73.38

Cuadro No. 40 Costos en Quetzales por 100g de harina de aguacate Booth8 elaborada por Atomización

	Precio unitario	Cantidad utilizada	Total
Aguacate Booth8	2	15	30
Mano de obra por hora	11.31	3	33.93
Gas propano (horas uso)	15.75	1	15.75
Bolsas laminadas (unidades)	2	3	6
Acido ascórbico (gramos)	0.08	17.25	1.38
Maltodextrinas (gramos)	0.15	15	0.005
Ácido cítrico (gramos)	0.08	17.25	1.38
Costo energía eléctrica (hora)	3.23	1	3.23

152g harina= 92

100g harina= Q 60

Cuadro No. 41 Costos en Quetzales por 100g de harina de aguacate Hass elaborada por Atomización

	Precio unitario	Cantidad utilizada	Total
Aguacate Hass	3.33	15	50
Mano de obra (1 persona trabajando 8h por 3 días)	11.31	24	271
Costo por día uso Liofilizador (vacío y energía eléctrica)	3.23	233	233
Bolsas laminadas (unidades)	2	3	6
Ácido cítrico (gramos)	0.08	11.5	0.92
Costo energía eléctrica por congelador	3.23	9 horas	29

300g harina = 474

100g harina = Q158

Cuadro No. 42 Costos en Quetzales por 100g de harina de aguacate Booth8 elaborada por Liofilización

	Precio unitario	Cantidad utilizada	Total
Aguacate Booth8	2	15	30
Mano de obra por hora	11.31	24	271.44
Costo por día uso Liofilizador (vacío y energía eléctrica)	3.23	233	233
Bolsas laminadas (unidad)	2	3	6
Ácido cítrico (gramos)	0.08	11.5	0.92
Costo energía eléctrica por congelador	3.23	9 horas	29

300g harina 454

100g harina = Q151

VIII. CONCLUSIONES

1. Se encontraron diferencias en la caracterización física de las variedades de aguacate, siendo el aguacate variedad Booth8 más pesado, más grande y con una cáscara más gruesa que la variedad Hass.
2. En el análisis proximal no se encontró una diferencia significativa en el contenido de proteína, grasa, actividad de agua y humedad entre las variedades de aguacate Hass y Booth8, pero sí una diferencia de porcentaje de cenizas, teniendo un mayor porcentaje la variedad Booth8.
3. En el análisis proximal de las harinas se observó que el aporte proteico y contenido de grasa, en ambas variedades del fruto, no fueron afectados por ninguno de los dos métodos de secado, liofilización y atomización, pero el contenido de cenizas disminuyó por ambos procesos. En el caso de la fibra dietética, ésta aumentó en las harinas elaboradas por atomización, de ambas variedades.
4. El análisis funcional mostró que la variedad de aguacate Booth8 tiene una mayor actividad antioxidante que la variedad Hass y que esta actividad se vio afectada por el secado por atomización, en ambas variedades de aguacate, sin embargo no fue afectada por el método de liofilización.
5. En el aspecto físico, la diferencia de color con la muestra control, fue mayor en el caso de la harina Booth8 realizada por atomización, le siguió la harina de aguacate Hass elaborada por atomización, luego la harina de aguacate Hass elaborada por liofilización y por último la harina de aguacate Booth8 elaborada por liofilización. La textura también se vio afectada, pues se obtuvieron harinas rehidratadas más adhesivas que las muestras frescas.
6. Todas las harinas elaboradas presentaron un diámetro de partícula de 0.59mm, lo cual influyó en obtener harinas con una buena capacidad de rehidratación y retención de agua.

7. El análisis sensorial mostró que los atributos mejores evaluados de las harinas fueron la textura y apariencia en general, pero se percibió un sabor amargo y olor a grasa rancia, debido a que las harinas sufrieron de oxidación de lípidos por la baja humedad alcanzada.
8. Se determinó una vida de anaquel en base al contenido de peróxidos, de 2 meses para las harinas de aguacate Hass, elaboradas por ambos métodos (Liofilización y Atomización), al igual que para la variedad Booth8 elaborada por Liofilización y de 1 mes para la harina Booth8 por Atomización.

IX. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda reformular la solución de preservantes y antioxidantes utilizados, para mejorar la capacidad antioxidante del aguacate y que no se vea afectado significativamente por los tratamientos de elaboración de las harinas.
2. Así mismo se recomienda proteger en la manera de lo posible, las grasas, pues la oxidación de éstas influyó considerablemente en la vida de anaquel de los productos, así como en sus propiedades sensoriales. Esto puede lograrse reformulando la solución de antioxidantes, como se menciona arriba o creando condiciones de almacenamiento controladas, en las que no se tenga contacto con oxígeno, como empacando al vacío o con un gas inerte.
3. Se recomienda realizar estudios sobre los minerales presentes en las harinas para determinar la causa de la reducción del contenido de cenizas en las muestras y la forma de disminuir las pérdidas.
4. Por último, se recomienda incluir algún factor de conservación adicional a las muestras antes de los tratamientos para prevenir los efectos negativos de éstos en la activación enzimática y pardeamiento en la rehidratación de las harinas.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. Alzamora, S.; *et al.* 2004. *Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas: manual de capacitación*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO. 67págs.
2. Arriola, E. *et al.* 2006. <<Comportamiento del aguacate Hass liofilizado durante la operación de rehidratación>>. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. Universidad Autónoma Metropolitana de México. 5 (5): 51-56
3. Badui, Salvador. 2006. *Química de los alimentos*. 4ta Edición. México. 736 págs.
4. Bressani, Ricardo; P. de Palomo y A. Colmenares. *Potencial agroindustrial del aguacate para la exportación y su utilización*. Centro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Instituto de Investigaciones. Universidad del Valle de Guatemala. 144págs.
5. Cáceres, Javier, *et al.* 2002. *Siembra del aguacate Hass*. Proyecto Económico. Facultad de Administración y Escuela de Mercadotecnia Universidad Mariano Gálvez. Guatemala. 132 págs.
6. *Cultivo de aguacate (Persea americana Mill)*. Programa de diversificación de ingresos en la empresa cafetalera. 2004. ANACAFE. Guatemala. 25 págs.
7. Fersini, Antonio. 1978. *El cultivo del aguacate*. México, Diana. 132 págs.
8. Flores, Juan, *et al.* 2007. *Tecnología antiobscurecimiento en una formulación de pasta de aguacate (guacamole)*. Normatividad Nuevas Tecnologías. Universidad de Guanajuato. México. 1pág. www.respyn.uanl.mx

9. González, Alfonso. y C. Gisell. 2000. <<Efecto del tratamiento térmico sobre el contenido de fibra dietética total, soluble e insoluble en algunas leguminosas>>. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. [Venezuela]. 50 (3): 281-285.
10. Guzmán, R. y L. Dorantes. 2008. <<Cambios en el perfil de ácidos grasos y microestructura de aguacate Hass tratado con microondas>>. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. [México]. 58 (3):298-302
11. Lancaster, J., *et al.* 1997. <<Influence of pigment composition on skin color wide range of fruit and vegetables>>. *Journal of American Society for Horticultural Science*. 122: 594-598.
12. Lee, S., *et al.* 1983. <<Maturity studies of avocado fruit based on picking dates and dry weight>> *Journal of American Society for Horticultural Science* [California, EEUU]. 108(3):390 - 394.
13. Luza, J. H. Berger y A. Lizana. 1981. *Almacenaje en frío de paltas (Persea americana Mill) cvs. Negra la Cruz, Ampolleta Grande y Fuerte*. Tesis Universidad de Chile. Santiago de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 49 (34): 42-47.
14. Madrigal, X. *et al.* 2006. <<Comportamiento de la humedad en la Liofilización del Aguacate Hass>>. Segundo foro académico nacional de Ingenierías y Arquitectura [Michoacán, México]. 339-344.
15. *Mapa final: áreas aptas cercanas a vías asfaltadas para el desarrollo del cultivo del aguacate (Persea americana) variedad Hass y variedad Booth8*. 2001. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) y Sistema de Información Geográfica (SIG). Guatemala.
16. Marín, E. *et al.* 2006. *La rehidratación de alimentos deshidratados*. *Revista Chilena de Nutrición* [Santiago, Chile]. 33 (3).

17. Martínez, Oscar. 1984. *Variación estacional en el contenido de aceite y de humedad, tamaño y palatabilidad en frutos de palto (Persea americana Mill) cvs. Negra de la Cruz, Bacon, Zutano, Fuerte, Edranol y Hass*. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Chile. 55 págs.
18. Menchú J.F., *et al.* 1979. *Aguacate*. Seminario sobre procesamiento de frutas tropicales. SGIS P/II México.
19. Morton J. 1987. <<Avocado. *Persea americana Mill*>> En *Fruits of warm climates* de Julia F. Mortin. Miami, FI EEUU. págs. 91 – 103.
20. Ornelas, J. y E. Yahia. 2003. <<Effects of prestorage dry and humid hot air treatments on the quality, triglycerides and tocopherol contents in Hass avocado fruit>>. *Journal of Food Quality* [México]. 27 (2): 115-126.
21. Pérez, E. 2003. *Aplicación de métodos combinados para el control del desarrollo del pardeamiento enzimático en pera (variedad Blanquilla) mínimamente procesada*. Tesis Universidad politécnica de Valencia. España.
22. Schwartz, M.; *et al.* 2003. *Estabilidad del aguacate osmodeshidratado durante el almacenamiento*. Actas V Congreso Mundial del Aguacate. Chile. págs. 755-760.
23. Schwartz, M.; *et al.* 2007. *Nuevo producto de aguacate (Persea americana Mill): pasta y trozos obtenidos por secado osmótico*. Actas VI Congreso Mundial del Aguacate. Chile.
24. Schwartz, M. *et al.* 2007. *Obtención y Almacenamiento de Palta (Aguacate) En Polvo*. Actas VI Congreso Mundial del Aguacate. Chile. 8 págs.
25. Soliva-Fortuny, R.; *et al.* 2004. <<Effect of combined methods of preservation on the naturally occurring microflora of avocado purée>>. *Journal of Food Control* [EEUU] 15(1): 11-17.

26. Vásquez, C.; *et al.* 2004. *Capacidad antioxidante y contenido de polifenoles en diferentes variedades de paltas en Chile*. Chile
27. Zauberman, G. y Fuchs. 1973. Effect of ethylene on respiration rate and softening of avocado fruit at various stages of development. Intern. Inst. Of Refrig. Commis.C2:107-109
28. Guatemala. 2006. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, MAGA. *Comportamiento Histórico De Comercio De Aguacate*. MAGA
29. Guatemala. 2006. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Ecuador. *Estudio De Mercado Del Aguacate*. <http://www.sica.gov.ec>
30. Guatemala. 2004. Axexpront. *Estudio De Oportunidad De Negocios Sobre El Aguacate*.

XI. APÉNDICE

A. Análisis estadístico realizado en los resultados obtenidos.

Se utilizó un software de Excel, para realizar un análisis ANOVA de significancia. Cuando el valor de la probabilidad es menor que 0.05 se dice que hay una diferencia significativa.

- a. Análisis estadístico de varianza para porcentaje de proteína en harina de aguacate Atomización, comparado con aguacate fresco.

Cuadro No. 43 Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>			
Hass	2	11.67458111	5.837290553	2.803675403			
Booth8	2	16.85022229	8.425111145	8.627642866			
Harina Spray Dryer	2	11.00143532	5.50071766	1.436239211			
Fresco	2	17.52336808	8.761684038	6.057992761			
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</i>	<i>Valor crítico para F</i>	
Filas	6.696815419	1	6.696815419	8.398139457	0.211534105	161.4476387	
Columnas	10.63390172	1	10.63390172	13.3354414	0.170160257	161.4476387	
Error	0.797416553	1	0.797416553				
Total	18.12813369	3					

* Se realizó lo mismo con todas las muestras y distintos análisis.

Debido a que el valor de $P > 0.05$, no hay diferencia significativa entre el porcentaje de proteína entre las muestras.

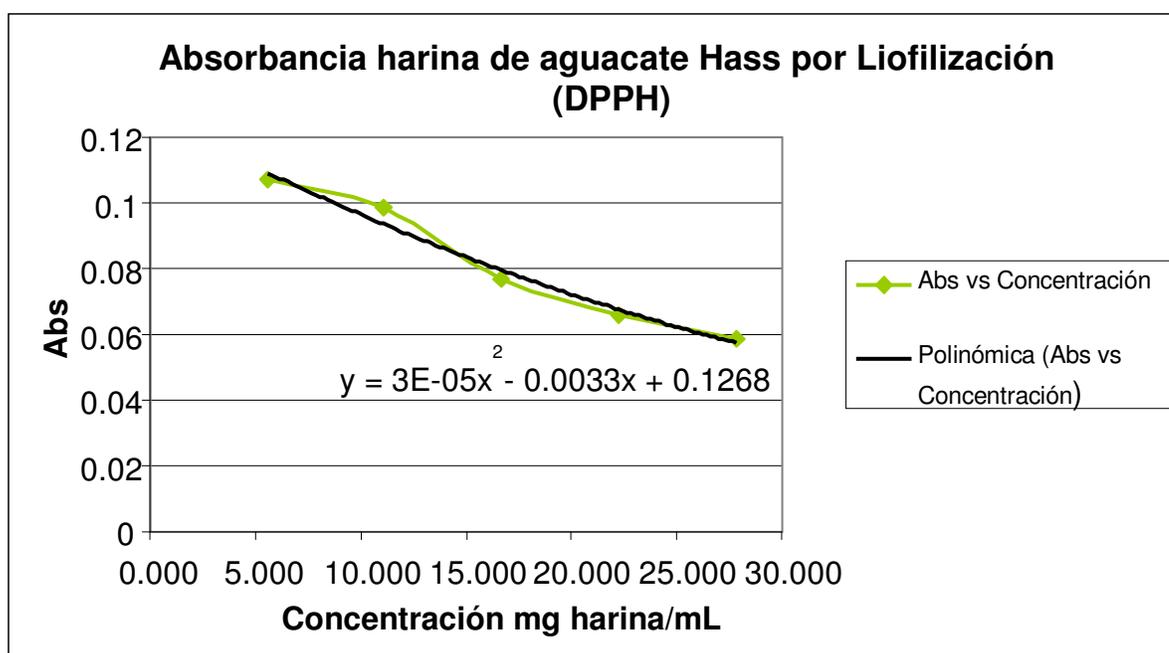
B. Actividad antioxidante.

Para el cálculo de la actividad antioxidante de las muestras, se construyó una gráfica de la absorbancia contra la concentración de cada tubo, de la cual se obtuvo la ecuación de la recta y se calculó la actividad antioxidante de la muestra capaz de reducir un 50% la absorbancia del reactivo.

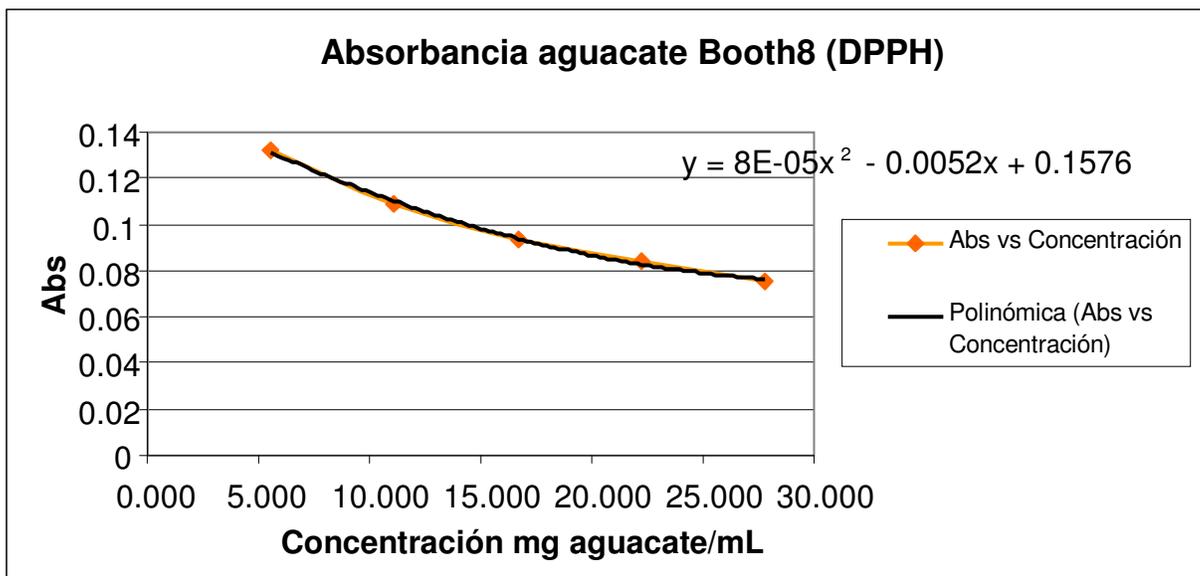
Cuadro No. 44. Actividad antioxidante en harina de aguacate Hass (Liofilización)

Tubo	Extracción	Concentración	Concentración por tubo mg/mL	Absorbancia
1	0.1	166.666667	5.556	0.107
2	0.2		11.111	0.099
3	0.3		16.667	0.077
4	0.4		22.222	0.066
5	0.5		27.778	0.059
6	0.6		33.333	0.059
7	0.7		38.889	0.049
8	0.8		44.444	0.047
9	0.9		50.000	0.142
10	1		55.556	0.045
Reactivo				0.134

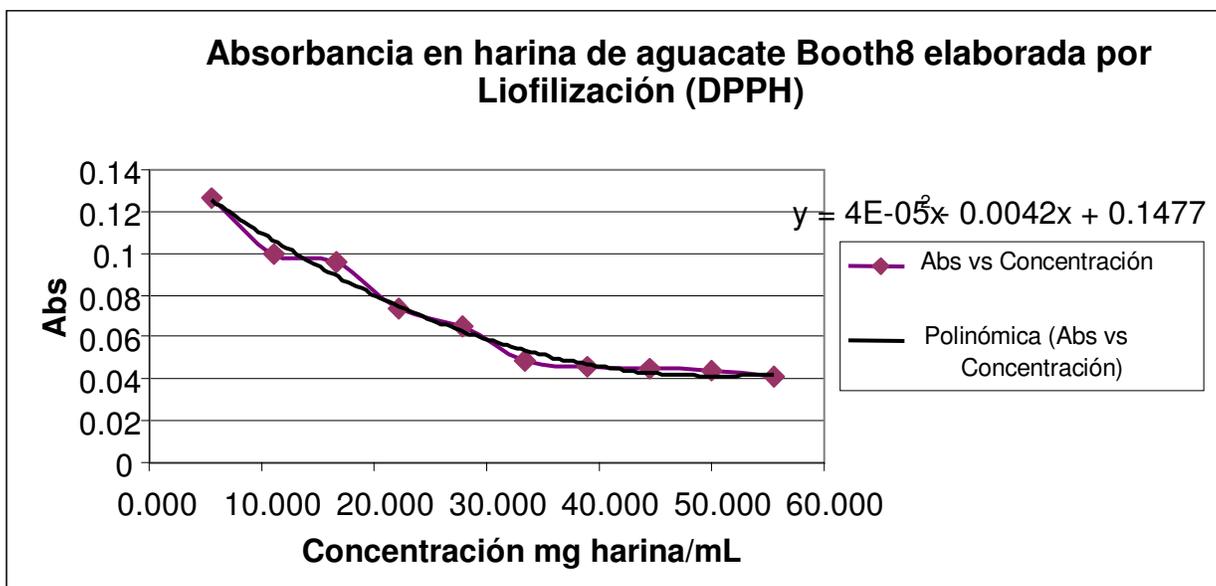
Gráfica No.12 Absorbancia en harina de aguacate Hass (Liofilización) y análisis de actividad antioxidante DPPH.



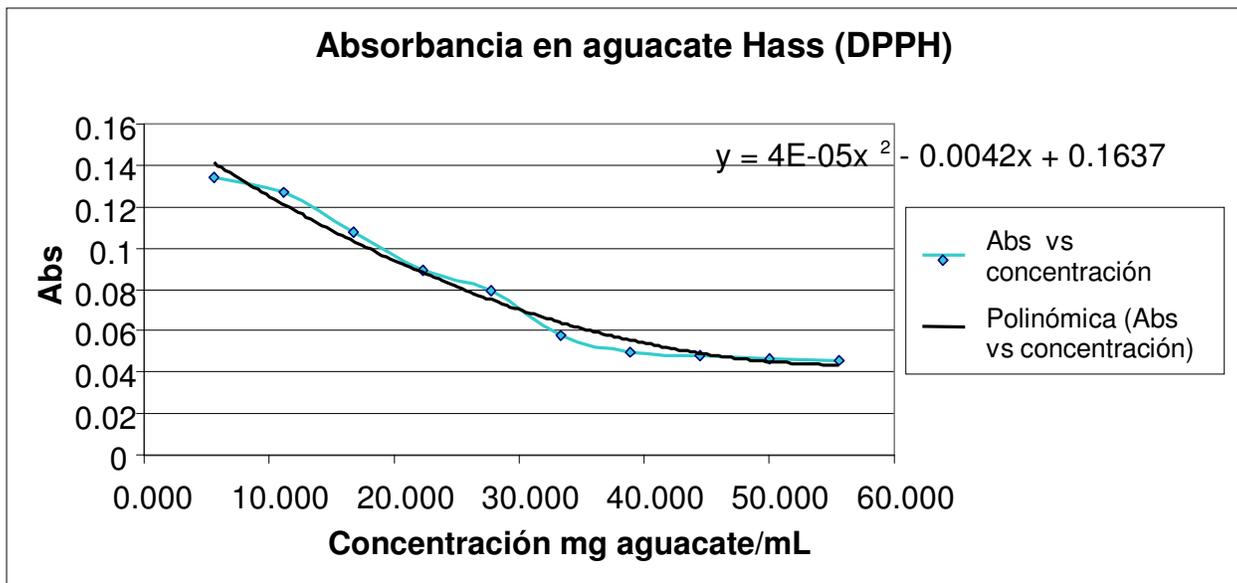
Gráfica No.13 Absorbancia en aguacate Booth8 y análisis de actividad antioxidante DPPH.



Gráfica No.14 Absorbancia en harina de aguacate Booth8 (Liofilización) y análisis de actividad antioxidante DPPH.



Gráfica No.15 Absorbancia en aguacate Hass y análisis de actividad antioxidante DPPH.



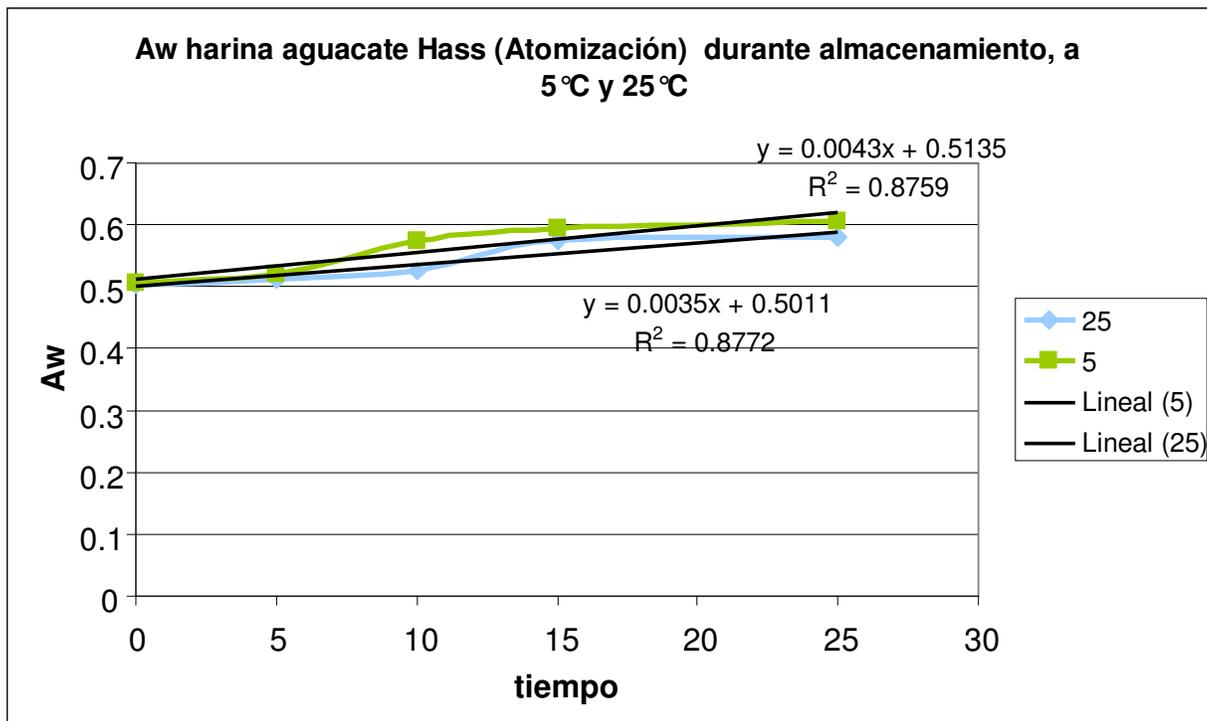
C. Vida de anaquel.

En la determinación de la vida de anaquel de los productos se utilizó el Modelo de vida Acelerada de Arrhenius.

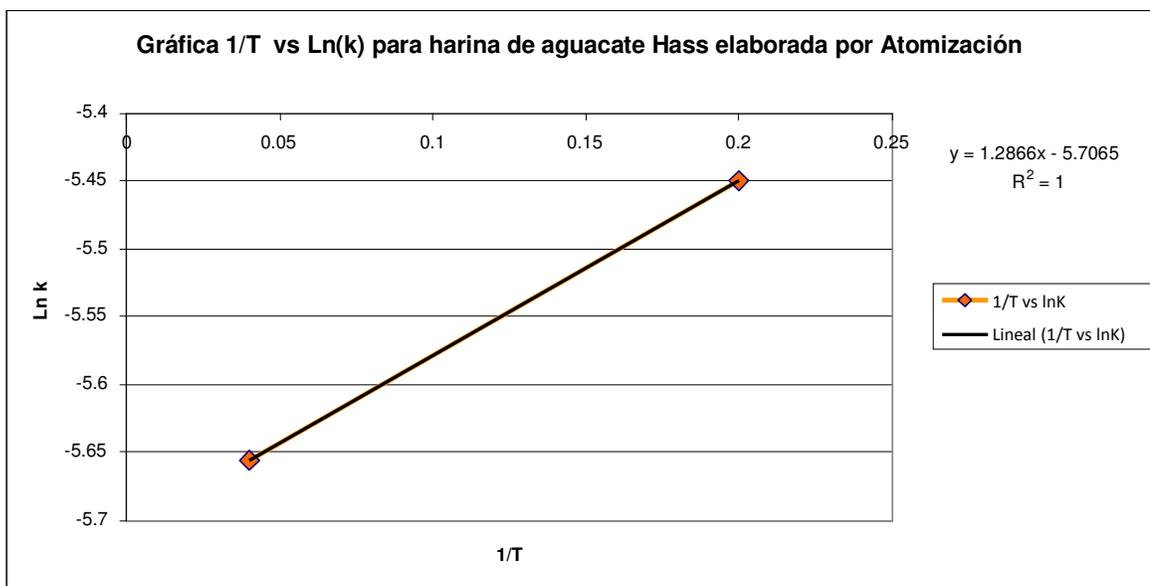
$$\ln k = \ln A - \frac{Ea}{R} \left(\frac{1}{T} \right)$$

Donde k es la velocidad de reacción; A es un factor exponencial que se obtiene de la gráfica de $\ln k$ vs $1/T$, R es la constante de los gases ideales, T es la temperatura absoluta y Ea es la energía de activación de la reacción.

Gráfica No. 16. Actividad de agua en harina de aguacate Hass (Atomización) durante el almacenamiento a 5 y 25 °C

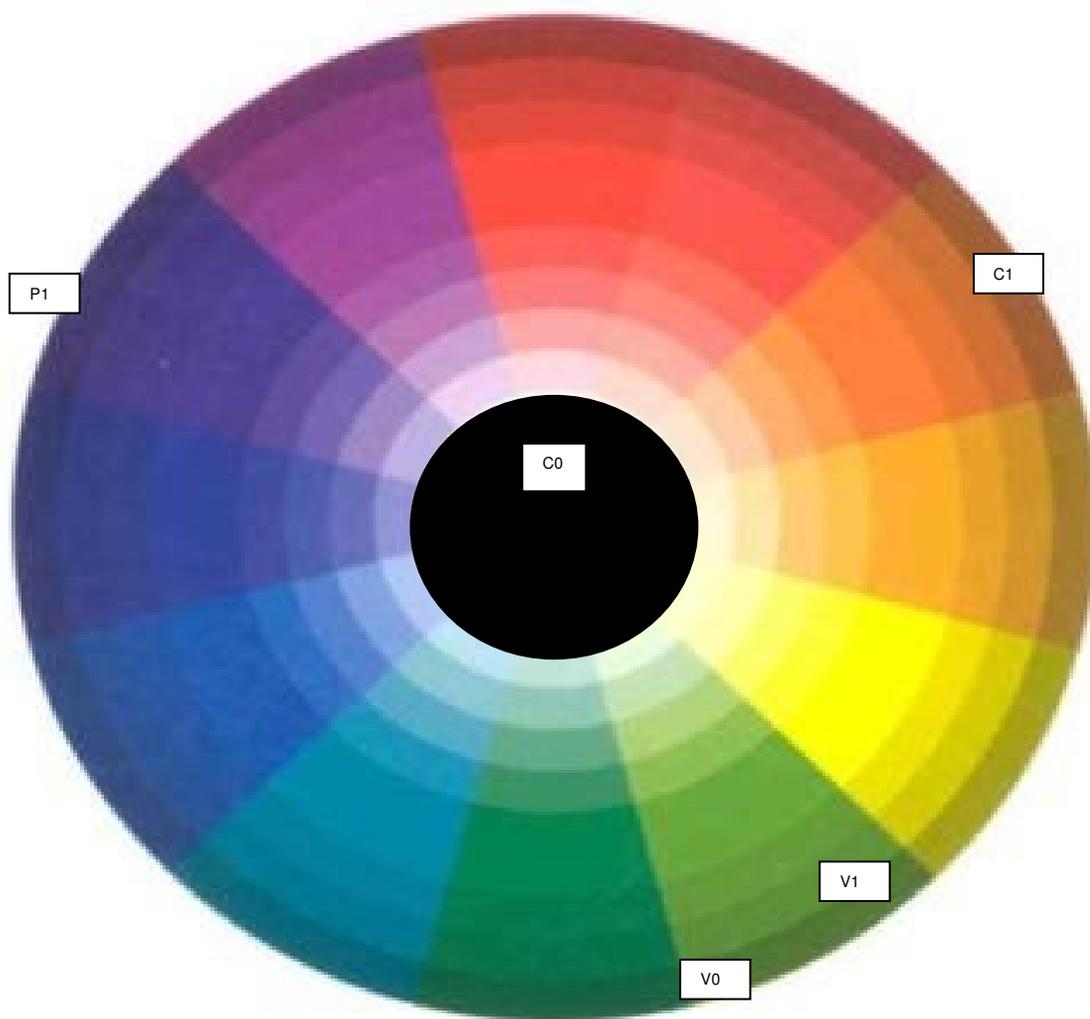


Gráfica No. 17. Gráfica 1/T vs Ln(k) para Harina de Aguacate Hass



*Se realizó el mismo procedimiento con todas las muestras, para Aa e Índice de Peróxidos.

D. Cartilla de colores usada para determinar color en cáscara de muestras de aguacate.



E. Boleta utilizada en el análisis sensorial

Edad: _____

Sexo: F M

Fecha: _____

EVALUACIÓN SENSORIAL: Prueba hedónica y de preferencia

Instrucciones: A continuación se le presentan 4 muestras de guacamol. Sírvase probar cada una de las muestras e indicar el grado que le gusta o disgusta cada uno de los atributos de la muestra otorgando un puntaje según el Cuadro No. 1. Al finalizar indique cuál es la muestra que prefiere y la razón por la que la prefiere.

Cuadro No. 1: Puntaje para cada descripción según agrado o desagrado.

Puntaje	Descripción
1	Me gusta mucho
2	Me gusta un poco
3	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta un poco
5	Me disgusta mucho

Atributo Evaluado	Código de muestra	Código de muestra	Código de muestra	Código de muestra
Aroma				
Sabor				
Textura				
Apariencia general				

Código de la muestra que prefiere: _____

Comentarios:
