

**Efecto del tipo de edulcorante y el tiempo de
inmersión en la deshidratación osmótica y por
convección de piña (*Ananas comosus*)**

Elvis Eligio Arauz Álvarez

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2009

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Efecto del tipo de edulcorante y el tiempo de
inmersión en la deshidratación osmótica y por
convección de piña (*Ananas comosus*)**

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

Presentado por

Elvis Eligio Arauz Álvarez

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2009

Efecto del tipo de edulcorante y el tiempo de inmersión en la deshidratación osmótica y por convección de piña (*Ananas comosus*)

Presentado por:

Elvis Eligio Arauz Álvarez

Aprobado:

Blanca Carolina Valladares, M.Sc.
Asesora principal

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

Flor Núñez, M.Sc.
Asesora

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

RESUMEN

Arauz, E. 2009. Efecto del tipo de edulcorante y tiempo de inmersión en la deshidratación osmótica y por convección de piña (*Ananas comosus*). Proyecto de graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 27 p.

La deshidratación osmótica consiste en sumergir pequeños trozos de frutas en una solución hipertónica, comúnmente de sal o azúcar, el agua migra desde la fruta hacia la solución por la influencia de la presión osmótica; y la actividad de agua es reducida. La deshidratación osmótica es utilizada como pre-tratamiento en deshidratación por convección, vacío y por congelación. El objetivo fue determinar el efecto del tipo de edulcorante y el tiempo de inmersión en la deshidratación de piña. Se evaluaron dos edulcorantes (sacarosa y miel de abeja), ambos con una concentración de 70° Brix y dos tiempos de inmersión (8 y 24 horas). En laboratorio se analizó el efecto de estas variables en las propiedades físicas (textura y color), químicas (humedad total y actividad de agua) y sensoriales de la piña deshidratada. Se evaluaron los atributos de color, aroma, sabor, dulzura, textura y aceptación general, mediante un análisis sensorial de aceptación. Se utilizó un Diseño Experimental de Bloques Completos al Azar (BCA), con 4 tratamientos y 3 réplicas, para un total de 12 unidades experimentales. Los tratamientos con mayor aceptación en el análisis sensorial fueron el tratamiento Sacarosa, 8 horas inmersión y el tratamiento Sacarosa, 24 horas inmersión. Los cuatro tratamientos fueron efectivos en reducir la actividad de agua de la piña hasta los niveles recomendados para fruta deshidratada. El costo variable de producción más bajo lo presentó el tratamiento Sacarosa, 8 horas inmersión, L.133.73 por kilogramo.

Palabras clave: actividad de agua, análisis químicos, características sensoriales, solución hipertónica.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
5. CONCLUSIONES.....	18
6. RECOMENDACIONES.....	19
7. LITERATURA CITADA.....	20

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro

1. Diseño Experimental.	10
2. Análisis de color para piña deshidratada.	12
3. Análisis de textura para piña deshidratada.	13
4. Análisis de actividad de agua para piña deshidratada.	14
5. Análisis de humedad total para piña deshidratada.	14
6. Análisis sensorial para el atributo color.	15
7. Análisis sensorial para el atributo aroma.	15
8. Análisis sensorial para el atributo sabor.	15
9. Análisis sensorial para el atributo dulzura.	16
10. Análisis sensorial para el atributo textura.	16
11. Análisis sensorial para el atributo aceptación general.	17
12. Análisis de costos variables para un kilo de piña deshidratada.	17

Figura

13. Flujo de proceso elaboración de piña deshidratada.	8
14. Flujo de proceso elaboración de jarabes.	9

1. INTRODUCCIÓN

La industria de exportación de piña reporta un rechazo que puede fluctuar entre 5 y 26% del total cosechado. Las principales causas de rechazo en la piña para exportación se dan porque la fruta no tiene un tamaño adecuado, tiene forma irregular, está excesivamente madura o presenta daños mecánicos (Saborío y Camacho 1995).

De acuerdo con Pomareda *et. al.* (1997), en Honduras el cultivo de piña está dominado por una empresa transnacional, cuya producción está destinada a la exportación de la fruta fresca, la piña no exportable es industrializada por la misma empresa o vendida a procesadores nacionales. Alrededor de un 20% de la piña destinada para la exportación no cumple con los requisitos exigidos por el mercado internacional, lo cual la convierte en rechazo. La piña rechazada es clasificada de acuerdo al tamaño y características morfológicas en tres categorías: Primera, segunda y tercera, y en la época pico de producción son vendidas en \$9.00, \$5.00 y \$2.50 por carga (50 kilos), respectivamente.

La preservación de alimentos por deshidratación es el método más antiguo y común utilizado por humanos y por la industria de procesamiento de alimentos. El secado reduce la actividad de agua (A_w) del alimento, evitando el crecimiento de microorganismos y el desarrollo de reacciones químicas deterioradoras (Rahman 2003).

El objetivo fue determinar el efecto deshidratador de dos edulcorantes y dos tiempos de inmersión en la deshidratación osmótica y por convección de piña (*Ananas comosus*), esto con el fin de brindar una alternativa para industrializar la fruta de rechazo. También se busca determinar la aceptación de los consumidores por la piña deshidratada mediante un análisis sensorial de aceptación evaluando atributos como: color, aroma, sabor, textura, dulzura y aceptación general.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Honduras es uno de los países centroamericanos con la mayor producción de piña, la mayor parte de la piña se comercializa en forma fresca. La exportación de piña está liderada por una empresa transnacional (Pomareda *et. al.* 1997). Las pérdidas pos-cosecha de la piña para exportación varían entre 5 y 26% del total cosechado, las principales causas de rechazo son por daños mecánicos, exceso de madurez, tamaño y forma irregular (Saborío y Camacho 1995). La piña de rechazo es vendida a precios bajos, lo cual se puede aprovechar para desarrollar un producto que genere utilidades y brinde satisfacción a los clientes.

1.2 ANTECEDENTES

Algunos de los estudios realizados en deshidratación de frutas son:

Hernández (2008), elaboró un producto a base de frutas deshidratadas en donde evaluó la aceptación de los consumidores al utilizar banano (*Musa paradisiaca*) y piña (*Ananas comosus*) en combinación con dos tipos de chocolate de cobertura.

Santillán (2004), utilizó deshidratación osmótica y fritura como métodos de procesamiento para la elaboración tajaditas de mango (*Mangifera indica*).

Fernandes *et. al.* (2006), utilizaron deshidratación osmótica en combinación con deshidratación por convección para la preservación de papaya (*Carica papaya*), concluyeron que al aumentar la concentración del jarabe utilizado, la fruta pierde mayor humedad.

Lombard *et. al.* (2008), desarrollaron un estudio sobre deshidratación osmótica en piña (*Ananas comosus*), como un pre-tratamiento, determinaron que al aumentar la temperatura la pérdida de agua en la fruta aumentó y que al aumentar la concentración del jarabe aumentó la ganancia de sólidos en la misma.

1.3 OBJETIVOS

Los objetivos planteados para este estudio fueron:

1.3.1 Objetivo general

- Determinar el efecto deshidratador de dos edulcorantes y dos tiempos de inmersión en la deshidratación osmótica y por convección de piña (*Ananas comosus*).

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar la aceptación del producto a través de un panel sensorial.
- Determinar el efecto de los dos edulcorantes y los dos tiempos de inmersión en las propiedades físicas, químicas y sensoriales de la piña deshidratada.
- Evaluar el costo variable de los tratamientos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 USOS Y CONSUMO DE PIÑA EN HONDURAS

Las formas más comunes de comercialización de la piña ya sea en estado fresco o procesado incluyen: Piña fresca, piña enlatada, jugo, mermeladas, jaleas, concentrado congelado, pulpa congelada y deshidratada. La región centroamericana tiene participación únicamente en el mercado de piña fresca (Pomareda *et. al.* 1997)

Según datos estadísticos de la FAO (2007), la producción de piña en Honduras, para ese año, fue de 154000 toneladas métricas y se exportaron 52965 toneladas de este producto; cerca del 35%. Esta actividad representó alrededor de \$20.33 millones para la economía hondureña.

2.2 DESHIDRATACIÓN DE ALIMENTOS

La deshidratación es el método de conservación de alimentos más antiguo practicado por el hombre. La razón principal de la deshidratación es extender la vida de anaquel del producto más allá de la que tiene naturalmente, sin la necesidad de refrigerar el producto durante el transporte y almacenamiento. Su propósito es disminuir el agua disponible en el alimento a niveles que inhiban el crecimiento y desarrollo de microorganismos patógenos (Brennan 2006).

La deshidratación es un proceso de eliminación de agua para detener o aminorar el crecimiento de microorganismos patógenos así como de ciertas reacciones químicas. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) define un producto deshidratado como el que no contiene más de 2.5% de agua (base seca), mientras que el alimento seco es todo aquel que ha sido expuesto a un proceso de eliminación de agua y que contiene más de 2.5% de humedad (Barbosa y Vega 2000).

Según Barbosa y Vega (2000), los tipos de deshidratación más comunes son: Atomización, liofilización, deshidratación osmótica, secado solar, secado por convección o aire forzado y secado al vacío.

2.2.1 Deshidratación osmótica

La deshidratación osmótica de alimentos ha ganado mucho interés como una alternativa para la industria de procesamiento de alimentos. La deshidratación osmótica no baja la humedad del producto lo suficiente, como para hacerlo estable en anaquel, por lo que se considera como un pretratamiento. Consecuentemente se utiliza como pretratamiento en deshidratación por aire, congelamiento y vacío para obtener un producto estable en anaquel (Silveira *et. al.* 1996).

Según Brennan (2006), la deshidratación osmótica consiste en la inmersión de trozos pequeños de frutas o vegetales en una solución de azúcar o sal con una concentración osmótica mayor que el alimento, el agua pasa del alimento a la solución por la influencia del gradiente de la presión osmótica; y la actividad de agua es reducida. Un término más acertado para este proceso es concentración osmótica, porque este proceso es un procesamiento intermedio y no garantiza la estabilidad en anaquel del producto. En este proceso la pared celular actúa como una membrana semipermeable, perdiendo agua y reteniendo sólidos.

Estudios realizados por Fernandes *et. al.* (2006), sobre deshidratación osmótica de papaya (*Carica papaya*), demostraron que al aumentar la concentración de sacarosa en la solución osmótica condujo a una mayor pérdida de agua de las frutas hacia la solución osmótica. La influencia de la solución osmótica en la transferencia efectiva de masa es más fuerte que la influencia de la temperatura en el proceso.

Silveira *et. al.* (1996), concluyeron que la pérdida de agua y la ganancia de sólidos por parte de la fruta aumenta a medida que aumenta la concentración de la solución osmótica y la temperatura.

Productos que han sido deshidratados osmóticamente antes de secarlos, tienen algunas ventajas sobre los que han sido secados de la forma tradicional: Mejoran el color y sabor porque los productos no han sido expuestos a altas temperaturas por largo tiempo. Tienen una mayor retención de nutrientes durante una subsecuente deshidratación por aire. Existe un ahorro de energía, porque en el pre- tratamiento se elimina cerca de 50% del contenido de agua, esta reducción en el contenido de agua reduce el uso de energía (Ramaswamy y Marcotte 2005).

Según Barbosa y Vega (2000), la deshidratación osmótica es una tecnología segura y eficiente utilizada en la conservación de frutas y verduras. La deshidratación osmótica es tan rápida como la de aire o la atomización, ya que la eliminación de agua se produce sin un cambio de fase.

La ganancia de sólidos como la pérdida de agua aumenta al hacerlo la relación entre el jarabe y la masa del alimento. En estudios realizados sobre el efecto de la relación entre el jarabe y la masa de frutas sobre el tratamiento osmótico de piña a 21°C, se observó que la pérdida de agua aumentaba hasta que la razón jarabe-fruta llegaba a 4-1 (Rahman2003).

2.2.2 Actividad de agua

La actividad de agua (A_w), es definida por Holdsworth (1998), como la razón entre la presión parcial del vapor de agua sobre una solución en relación a aquella como solvente (agua). El agua pura tiene un valor A_w de 1.00 y un rango típico de A_w para frutas deshidratadas oscila entre 0.60- 0.70.

Los alimentos deshidratados son conservados porque la actividad de agua (A_w) es reducida a un nivel en donde la actividad microbiológica no puede ocurrir y donde la velocidad de las reacciones químicas y biológicas es reducida al mínimo. Reduciendo la A_w por debajo de 0.70 se previene el crecimiento de microorganismos patógenos, pero para preservar la calidad de un producto alimenticio exitosamente se necesita bajar la actividad de agua a valores cercanos a 0.3 (Toledo 2007).

2.2.3 Secadores

El método más simple de secado de un producto es extenderlo en forma de capa fina sobre una bandeja rectangular y hacer pasar aire. El aspecto más importante del diseño de desecadores de bandejas es conseguir la recirculación económica del aire para mantener uniforme la temperatura y controlar la humedad. Los secadores de bandejas más simples consisten en un sistema de rejillas colocadas una sobre otra en una cabina. Cualquiera que sea el diseño del sistema de bandejas, la eficiencia de la operación depende de la uniformidad de la distribución de las partículas del alimento sobre ellas. (Holdsworth 1998).

Barbosa y Vega (2000), clasifican los secadores de alimentos en: discontinuos (secadero de horno, secadero de bandeja y secadero rotatorio), continuos (secadero de túnel y secadero de cinta o correa), secaderos de vapor y bombas de calor.

En este estudio se utilizó un secador discontinuo de bandejas. Este tipo de sacadores son los que más se utilizan en procesamiento de alimentos, su popularidad se debe a que son muy convenientes cuando es para poco material o cuando se secan distintos tipos de materiales (Barbosa y Vega 2000). Los secadores de bandeja son pequeños en escala, son muy utilizados en plantas pilotos y laboratorios para experimentos. Están compuestos por una cámara aislada con bandejas colocadas una sobre otra donde es cargado el alimento. Un ventilador hala o empuja el aire a través de un calentador a la entrada y luego es forzado a pasar sobre el alimento. Los calentadores de aire pueden ser quemadores de gas, serpentines de vapor o calentadores eléctricos (Ramaswamy y Marcotte 2005). En la mayoría de los casos, los secadores de bandejas funcionan como un sistema por tandas y tienen la desventaja de que no secan uniformemente el producto en las diferentes partes del sistema. Normalmente, las bandejas con el producto deben ser rotadas para mejorar la uniformidad del secado (Singh y Heldman 2000).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio se realizó en la Planta Agroindustrial de Investigación y Desarrollo (PAID), en el Laboratorio de Análisis Sensorial y en el Laboratorio de Análisis de Alimentos ubicados en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Valle del Yeguary, departamento de Francisco Morazán a 30 Km al Este de Tegucigalpa, Honduras.

3.2 MATERIALES Y MÉTODOS

3.2.1 Materiales

Los materiales utilizados fueron:

- Piñas
- Miel de abeja
- Sacarosa (azúcar de mesa)
- Cuchillos
- Tabla para cortar
- Mesas de trabajo
- Recipientes plásticos
- Bolsas resellables
- Guantes de látex.

3.2.2 Equipo

Los equipos utilizados fueron:

- Refractómetro Sper Scientific 0-80° Brix.
- Termómetro de bolsillo. Candy Thermometer®
- Balanza Acculab ®. Capacidad 200 g.
- Balanza And FS- 15 K. Capacidad 15 lb.
- Estufa eléctrica Whirlpool ®
- Cortadora de vegetales Robot Coupe CL 30 Serie A
- Colorímetro Colorflex Hunter L*a*b®.
- Medidor de textura INSTRON® 4444.
- Medidor de Actividad de Agua AQUALAB ®. Modelo 3TE.

- Horno deshidratador de bandejas EXCALIBUR FOOD DEHYDRATOR. Modelo # 3900.
- Horno Fisher Scientific ®105°C
- Balanza analítica Ohaus Adventurer®
- Balanza analítica Mettler ® Modelo PM 200.

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 Procedimiento: Para la elaboración de la piña deshidratada se utilizó el procedimiento que se describe a continuación.

1. **Selección:** Se seleccionaron frutas maduras, luego se almacenaron a 4°C, hasta el día que se utilizaron.
2. **Limpieza pre- operatoria:** Se realizó la limpieza de los utensilios y equipo a utilizar, tal como lo establece el Manual General de Limpieza y Sanitización de la Planta (Caballero, 2009).
3. **Pesado de la piña:** Se tomó el peso de la fruta entera para conocer el rendimiento al final del proceso.
4. **Lavado y desinfección:** Las frutas son lavadas con agua limpia para remover cualquier tipo de impureza que trajera del campo, luego se sumergieron en una solución de Cloro a 50 ppm (partes por millón), por un tiempo aproximado de dos minutos.
5. **Pelado:** Se retira la cáscara dejando solamente la parte comestible de la fruta.
6. **Troceado:** Se corta la piña en trozos longitudinales, aproximadamente en cuatro pedazos.
7. **Rebanado:** Se introdujo cada trozo de piña en la cortadora de vegetales, este equipo cortó la piña en rebanadas de aproximadamente 8 – 10 mm de grosor por 5 cm de largo por 3 cm de ancho.
8. **Pesado:** Se pesaron 250 g. de piña para cada tratamiento. Se utilizó una relación de 1:2 (fruta: jarabe).
9. **Inmersión:** Se sumergieron los trozos de piña previamente pesados en los diferentes jarabes (Figura 2). Se utilizaron dos tiempos de inmersión: ocho y veinticuatro horas.
10. **Ecurrido:** Se retiraron los trozos de piña de los diferentes jarabes y se les quitó el exceso de jarabe con papel absorbente.
11. **Deshidratación:** Se colocaron los trozos de piña sobre las bandejas del horno, el tiempo que se utilizó fue de ocho horas para todos los tratamientos.
12. **Empacado:** Una vez secada la fruta se colocaron en bolsas resellables para evitar el contacto con la humedad del ambiente.
13. **Almacenamiento:** La fruta deshidratada fue almacenada a temperatura ambiente, aproximadamente 25°C para simular la temperatura de almacenamiento y exhibición en anaqueles.

3.3.2 Flujo de proceso para la elaboración de piña deshidratada

Para la preparación de todos los tratamientos se siguió el mismo procedimiento (Figura 1), cambiando únicamente el tiempo de inmersión y el edulcorante.

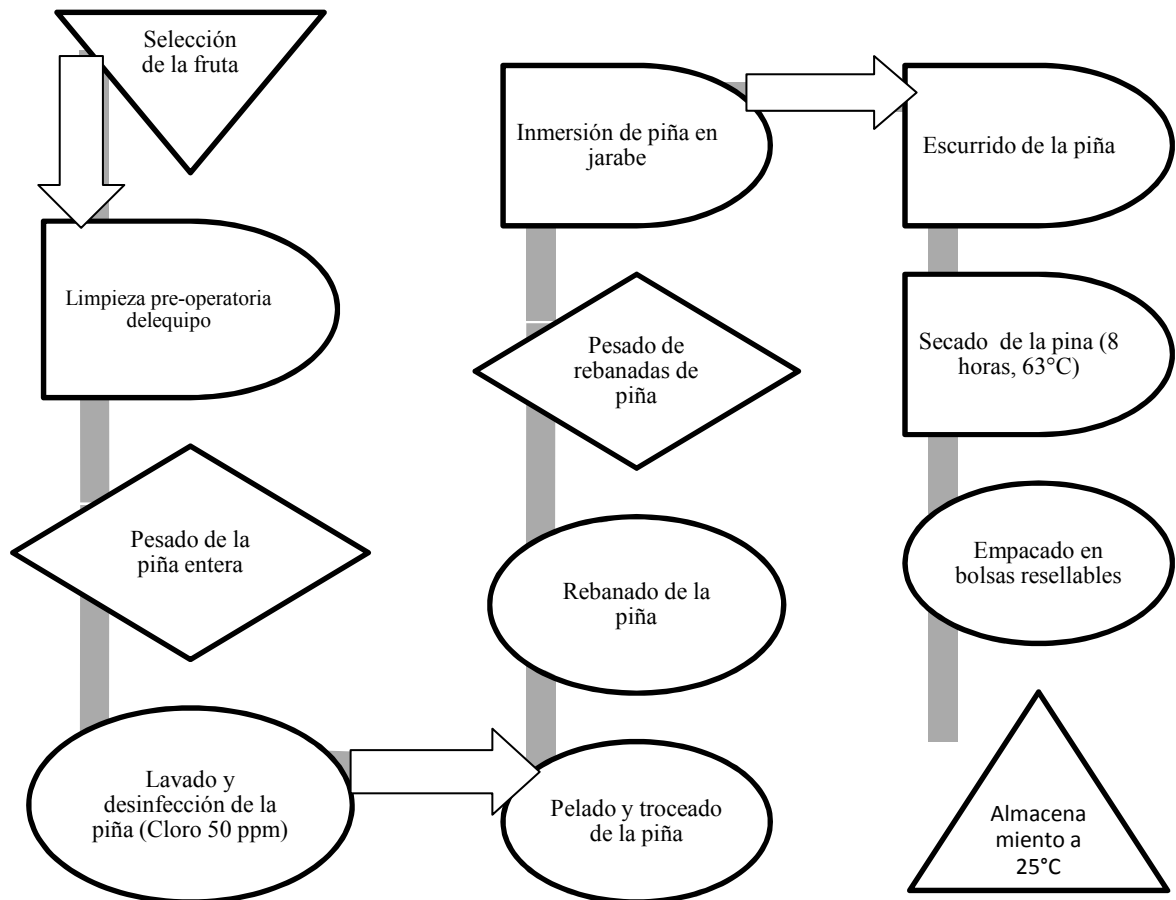


Figura 1. Flujo de proceso elaboración de piña deshidratada.

3.3.3 Procedimiento: Para la elaboración de los jarabes se siguió el procedimiento que se describe a continuación.

1. **Limpieza pre-operatoria:** Se realizó la limpieza de los utensilios y equipo a utilizar de acuerdo con lo establecido en el Manual General de Limpieza y Sanitización de la Planta (Caballero, 2009).
2. **Pesado de edulcorantes:** Se pesaron los dos edulcorantes utilizados Sacarosa (350 g) y Miel de abeja (433 g).

3. **Pesado de agua:** La cantidad de agua utilizada fue de 150 g para el jarabe de sacarosa y 67 g para el jarabe de miel de abeja. La cantidad de jarabe para cada tratamiento fue de 500 g.
4. **Mezclado:** Se mezclaron los ingredientes hasta obtener una mezcla homogénea.
5. **Calentar solución de sacarosa:** La solución de sacarosa se calentó hasta que alcanzó 50°C, esto para evitar la formación de cristales.
6. **Medir concentración:** Se midió la concentración utilizando un refractómetro, la concentración utilizada en ambos jarabes fue de 70° Brix.
7. **Colocar en recipientes:** Los jarabes fueron colocados en recipientes de plásticos, previamente desinfectados.
8. **Almacenamiento:** Los recipientes con los jarabes se almacenaron a temperatura ambiente aproximadamente a 25°C.

3.3.4 Flujo de proceso elaboración de jarabes

Se prepararon dos jarabes (miel y sacarosa) con la misma concentración (70°Brix). Para la elaboración de los jarabes se sigue el mismo procedimiento (Figura 2), cambiando solamente el edulcorante.

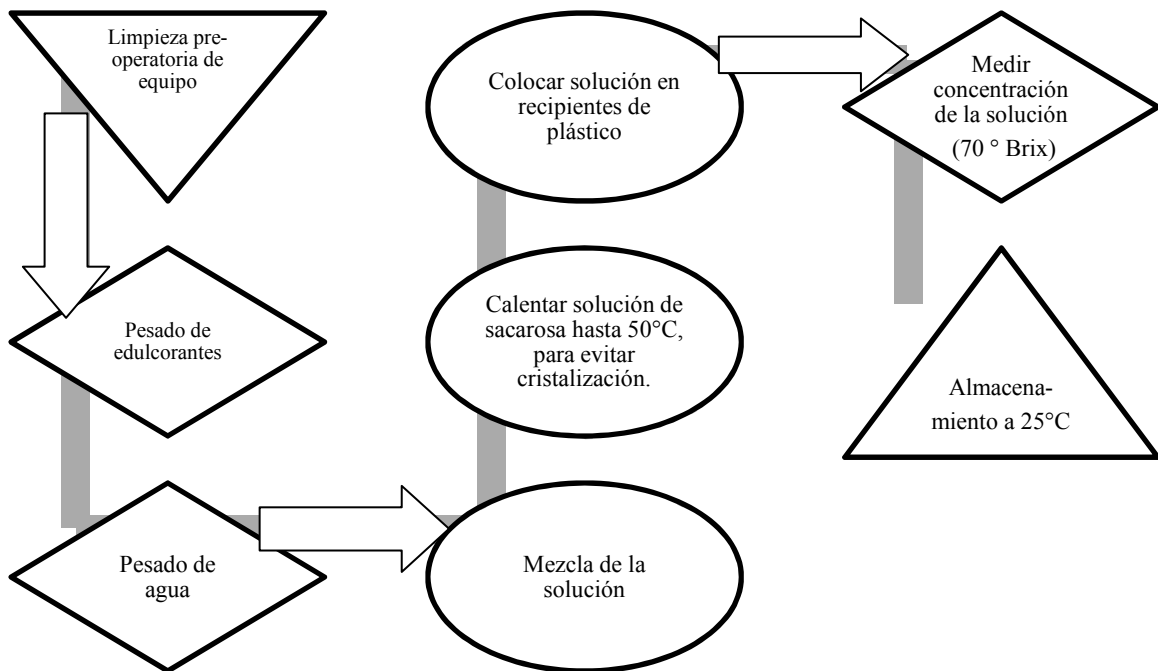


Figura 2. Flujo de proceso elaboración de jarabes.

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el estudio se elaboró un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), en el cual se evaluaron 4 tratamientos con 3 repeticiones para un total de 12 unidades experimentales (Cuadro 1). Las variables evaluadas fueron: dos edulcorantes (Sacarosa y Miel de abeja) y dos tiempos de inmersión (8 y 24 horas).

Cuadro 1. Diseño Experimental.

Edulcorante	Tiempo de Inmersión (h)	
	8	24
Sacarosa	Sac8	Sac24
Miel de abeja	M8	M24

3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico del estudio se realizó utilizando el programa “Statistical Analysis System” (SAS® 9.1), llevando a cabo un análisis de varianza (ANDEVA), con una separación de medias Tukey y un nivel de significancia $P < 0.05$.

3.6 ANÁLISIS SENSORIAL

Se realizó un análisis sensorial de aceptación, compuesto de doce panelistas no entrenados. Se realizaron tres repeticiones y se analizaron los atributos de: color, aroma, sabor, dulzura, textura y aceptación general. Se utilizó una escala hedónica de cinco puntos para calificar cada atributo, siendo 1= Extremadamente desagradable, 2= Me disgusta poco, 3= Ni me gusta, ni me disgusta, 4= Me gusta poco, 5= Extremadamente agradable. Cada muestra fue rotulada con un número de tres dígitos al azar, cada panelista recibió una muestra de cada tratamiento con una galleta de soda y un vaso con agua para limpiar el paladar entre cada muestra.

3.7 ANÁLISIS FÍSICOS

3.7.1 Color

Para el análisis de color se utilizó el colorímetro Colorflex Hunter L*a*b®. Este análisis se realizó a cada una de las muestras en cada repetición. El colorímetro presenta los datos en una escala de triple estímulo, en el eje L* nos denota la claridad y el brillo, en una escala de 0 -100 (0 = oscuro y 100= blanco). El valor a* indica la coloración de verde a rojo, este valor se maneja en una escala de -60 a 60(-60 verde y 60 rojo) y b* de amarillo

a azul, en una escala de -60 a 60 (-60 azul y 60 amarillo). Se realizaron tres repeticiones por cada tratamiento.

3.7.2 Textura

El análisis de textura se realizó en el medidor de textura INSTRON 4444®, se utilizó el acople de Compression Warner Bratzed Crosshead Speed, para conocer la fuerza necesaria para cortar una muestra de cada tratamiento utilizado. Se realizaron tres repeticiones por cada tratamiento.

3.8 ANÁLISIS QUÍMICOS

Los análisis químicos realizados fueron: actividad de agua y humedad total.

3.8.1 Actividad de agua

Para el análisis de actividad de agua (A_w) se utilizó el medidor de actividad de agua AQUA LAB® Modelo 3 TE (AOAC 978.186). Se realizaron tres repeticiones por cada tratamiento.

3.8.2 Humedad total

Se analizó la humedad total de cada uno de los tratamientos utilizando el método oficial de la AOAC 925.09. Se deshidrataron las muestras por 24 horas en el horno Fisher Scientific® a 105°C.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS FÍSICOS

4.1.1 Análisis de color

Los tratamientos con Sacarosa presentaron la media más alta para el valor L* (Cuadro 2), lo que demuestra que son más claros y presentaron diferencia estadística con las muestras tratadas con miel de abeja. La miel de abeja presenta una coloración más oscura que la sacarosa, lo cual explica claramente los resultados obtenidos.

Para el valor a* no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, de igual forma para el valor b*, tampoco se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

Se realizó un análisis de correlación entre los resultados de color del análisis sensorial y los obtenidos en el laboratorio, se obtuvo una correlación positiva media (0.67) para el valor L*, lo cual indica que las frutas que presentaron mayor claridad fueron más aceptadas por el panel sensorial, podemos decir entonces que los panelistas prefirieron una piña deshidratada con una coloración similar a la fruta fresca. Para el valor a* se observó una correlación negativa baja (-0.47), lo que indica que el panel sensorial prefirió las muestras con una menor coloración roja. Para el valor b* se encontró una correlación negativa baja (-0.03), lo que nos indica que los panelistas prefirieron muestras con una tonalidad amarilla baja.

Cuadro 2. Análisis de color para piña deshidratada.

Tratamiento	Descripción	Media L*±D.E.**	Media a*±D.E.**	Media b*±D.E.**
Sac 24	Sacarosa, 24 horas inmersión	64.83±0.13 ^a	5.30±1.47 ^a	46.18±1.47 ^a
Sac8	Sacarosa, 8 horas inmersión	63.96±0.49 ^a	3.94±0.97 ^a	46.40±1.83 ^a
M24	Miel de abeja, 24 horas inmersión	60.05±1.15 ^b	7.37±1.30 ^a	39.57±4.73 ^a
M8	Miel de abeja, 8 horas inmersión	60.05±1.20 ^b	7.37±1.30 ^a	42.15±0.36 ^a

*Medias seguidas con diferente letra en la misma columna son significativamente diferentes (P<0.05).

**Desviación estándar.

4.1.2 Análisis de textura

Los tratamientos con Sacarosa, no presentaron diferencia estadística significativa en la fuerza de corte (Cuadro 3). Relacionando estos resultados, con los obtenidos en el análisis sensorial, se observó que los panelistas prefirieron la piña deshidratada con la textura más dura, con una fuerza de corte entre 0.022-0.024 kN. Estos resultados se debieron a la composición de los edulcorantes utilizados, ya que la miel contiene gran cantidad de glucosa, no permite que ocurra el fenómeno de cristalización y por su parte el azúcar de mesa si se cristaliza, formando un glaseado sobre el producto lo que le confiere una textura más firme.

Se realizó una correlación entre los datos obtenidos en el análisis sensorial y los obtenidos en el INSTRON®, se obtuvo una correlación positiva media (0.6) con una probabilidad (0.04), lo que nos indica que a medida que aumentó la textura de la piña deshidratada, aumentó la aceptación de los panelistas.

Cuadro 3. Análisis de textura para piña deshidratada.

Tratamiento	Descripción	Media Fuerza (kN)* ±D.E.**
Sac24	Sacarosa, 24 horas inmersión	0.024±0.01 ^a
Sac8	Sacarosa, 8 horas inmersión	0.022±0.01 ^a
M8	Miel de abeja, 8 horas inmersión	0.017±0.01 ^b
M24	Miel de abeja, 24 horas inmersión	0.017±0.01 ^b

*Medias seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05)

**Desviación estándar.

4.2 ANÁLISIS QUÍMICOS

Los resultados obtenidos en los análisis químicos se muestran a continuación.

4.2.1 Análisis de actividad de agua

Los tratamientos en los que se utilizó jarabe de miel presentaron la actividad de agua más baja (Cuadro 4), existe diferencia significativa entre los edulcorantes utilizados. La miel de abeja redujo más la actividad de agua que las piñas tratadas con sacarosa, esto nos indica que la presión osmótica que ejerce la solución de miel de abeja es mayor que la de la sacarosa. La miel de abeja está compuesta por sales, ácidos orgánicos de cadena corta, monosacáridos reductores como la fructosa y glucosa, esto hace que tenga una presión osmótica mayor y que ayude a reducir la actividad de agua en mayor proporción que la sacarosa (Ríos *et. al.* 2005). Si hacemos una comparación de los resultados obtenidos en el análisis sensorial se puede concluir que los panelistas prefirieron los tratamientos con Sacarosa, que fueron los que presentaron la mayor actividad de agua.

Cuadro 4. Análisis de actividad de agua para piña deshidratada.

Tratamiento	Descripción	Media actividad de agua*±D.E.**
M24	Miel de abeja, 24 horas inmersión	0.62±0.02 ^a
M8	Miel de abeja, 8 horas inmersión	0.63±0.03 ^a
Sac24	Sacarosa, 24 horas inmersión	0.72±0.03 ^b
Sac8	Sacarosa, 8 horas inmersión	0.73±0.03 ^b

*Medias seguidas con diferente letra son significativamente diferentes ($P < 0.05$)

**Desviación estándar.

4.2.2 Análisis de humedad total

No existieron diferencias significativas en cuanto a la humedad total de la piña deshidratada (Cuadro 5). En este caso el tipo de edulcorante y el tiempo de inmersión no influyeron en el contenido final de humedad en la piña deshidratada. Este resultado se puede deber a la naturaleza de la piña, por su estructura rígida; ya que Ríos *et. al.* (2005), encontraron diferencias significativas en la humedad total de papaya hawaiana (*Carica papaya L.*), utilizando diferentes edulcorantes como agentes osmóticos.

Cuadro 5. Análisis de humedad total para piña deshidratada.

Tratamiento	Descripción	Media humedad total*±D.E.*
Sac24	Sacarosa, 24 horas inmersión	20.34±0.99 ^a
M24	Miel de abeja, 24 horas inmersión	21.41±2.26 ^a
M8	Miel de abeja, 8 horas inmersión	21.53±3.28 ^a
Sac8	Sacarosa, 8 horas inmersión	22.26±2.16 ^a

*Medias seguidas con letra igual, no son significativamente diferentes ($P \geq 0.05$).

**Desviación estándar.

4.3 ANÁLISIS SENSORIAL

Los resultados del análisis sensorial se detallan a continuación.

4.3.1 Color

Los tratamientos con sacarosa fueron los más aceptados (Cuadro 6), el tiempo no influyó en la aceptación del color de las muestras. Esto se puede deber a que los panelistas prefieren una fruta deshidratada que sea muy similar a la fruta en forma natural, la sacarosa no cambió mucho el color de las piñas deshidratadas; mientras que la miel translocó algo de pigmentación lo que hizo que las piñas se tornaran de un tono más marrón y dieran la apariencia a la piña de haber sido procesada.

Cuadro 6. Análisis sensorial para el atributo color.

Tratamiento	Descripción	Media color* ± D.E.**
Sac8	Sacarosa, 8 horas inmersión	3.86 ± 0.20 ^a
Sac24	Sacarosa, 24 horas inmersión	3.80 ± 0.10 ^a
M24	Miel, 24 horas de inmersión	3.06 ± 0.10 ^b
M8	Miel, 8 horas de inmersión	3.00 ± 0.30 ^b

*Medias seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05)

**Desviación estándar.

4.3.2 Aroma

Los panelistas mostraron una mayor aceptación para los tratamientos con Sacarosa (Cuadro 7). Los panelistas prefirieron las muestras tratadas con sacarosa, sobre las muestras tratadas con miel. Estos resultados se debieron a que tal vez las muestras en las que se utilizó miel de abeja presentaron algún grado de fermentación, la miel está compuesta de azúcares simples en los cuales es más fácil que ocurra fermentación que en los azúcares compuestos, como el caso de la sacarosa.

Cuadro 7. Análisis sensorial para el atributo aroma.

Tratamiento	Descripción	Media aroma* ± D.E.**
Sac8	Sacarosa, 8 horas inmersión	3.73± 0.05 ^a
Sac24	Sacarosa, 24 horas inmersión	3.30±0.30 ^{ab}
M24	Miel de abeja, 24 horas inmersión	2.86±0.11 ^b
M8	Miel de abeja, 8 horas inmersión	2.73±0.37 ^b

*Medias seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05)

**Desviación estándar.

4.3.3 Sabor

Para este atributo no se observaron diferencias entre los tratamientos con Sacarosa y Miel de abeja, 24 horas (Cuadro 8). Los panelistas no encontraron diferencias significativas en el sabor de estos tres tratamientos. En general no hubo diferencias significativas por tiempo de inmersión.

Cuadro 8. Análisis sensorial para el atributo sabor.

Tratamiento	Descripción	Media sabor* ±D.E.**
Sac8	Sacarosa, 8 horas inmersión	4.16±0.15 ^a
Sac24	Sacarosa, 24 horas inmersión	3.93±0.32 ^a
M24	Miel de abeja, 24 horas inmersión	3.57±0.15 ^{ab}
M8	Miel de abeja, 8 horas inmersión	3.20±0.17 ^b

*Medias seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05)

**Desviación estándar.

4.3.4 Dulzura

Los tratamientos que presentaron mayores medias fueron los que emplearon Sacarosa (Cuadro 9). El poder edulcorante de la miel de abeja es alrededor de 20 a 30 veces mayor que el de la sacarosa (Mataix 2005), este factor tal vez influyó en la preferencia de los panelistas, los panelistas prefirieron una fruta deshidratada que no acentuara mucho la dulzura, si no que tuviera un grado de dulzura muy similar a la fruta fresca.

Cuadro 9. Análisis sensorial para el atributo dulzura.

Tratamiento	Descripción	Dulzura \pm D.E.*
Sac8	Sacarosa, 8 horas inmersión	4.10 \pm 0.20 ^a
Sac24	Sacarosa, 24 horas inmersión	3.96 \pm 0.20 ^a
M24	Miel de abeja, 24 horas inmersión	3.23 \pm 0.11 ^b
M8	Miel de abeja, 8 horas inmersión	3.33 \pm 0.11 ^b

*Medias seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05)

**Desviación estándar.

4.3.5 Textura

Los panelistas mostraron una mayor aceptación de textura para los tratamientos con Sacarosa (Cuadro 10). El tipo de edulcorante influyó la aceptación de los panelistas por la piña deshidratada. Los resultados indican que los panelistas prefirieron las muestras que presentaron una textura más firme.

Cuadro 10. Análisis sensorial para el atributo textura.

Tratamiento	Descripción	Media textura* \pm D.E.**
Sac8	Sacarosa, 8 horas inmersión	4.00 \pm 0.26 ^a
Sac24	Sacarosa, 24 horas inmersión	3.76 \pm 0.15 ^a
M24	Miel de abeja, 8 horas inmersión	3.50 \pm 0.17 ^b
M8	Miel de abeja, 24 horas inmersión	3.10 \pm 0.26 ^b

*Medias seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05)

**Desviación estándar.

4.3.6 Aceptación general

Los tratamientos con Sacarosa presentaron la mayor media en aceptación general (Cuadro 11), no presentaron diferencia significativa entre ellos, pero sí con los demás tratamientos. Si hacemos una comparación se puede observar que los atributos sensoriales que más influyeron en la aceptación general fueron el color, sabor, textura y dulzura. La variable que más influyó en la aceptación general de los panelistas fue el tipo de edulcorante utilizado, independiente del tiempo de inmersión.

Cuadro 11. Análisis sensorial para el atributo aceptación general.

Tratamiento	Descripción	Media acept. Gral.*±D.E.**
Sac24	Sacarosa, 24 horas inmersión	3.96±0.20 ^a
Sac8	Sacarosa, 8 horas inmersión	3.90±0.05 ^a
M24	Miel de abeja, 24horas inmersión	3.26±0.17 ^b
M8	Miel de abeja, 8 horas inmersión	2.90±0.26 ^b

*Medias seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05)

**Desviación estándar.

4.4 ANÁLISIS DE COSTOS VARIABLES

Para el análisis de costos variables se tomó como base la producción de 1 kg de producto para cada tratamiento. Para obtener estos resultados se tomó el rendimiento que tuvo la piña por cada tratamiento durante el estudio (Cuadro 12).

Cuadro 12. Análisis de costos variables para un kilo de piña deshidratada.

Tratamiento	Descripción	*Costo (L)
Sac8	Sacarosa, 8 horas inmersión	133.75
Sac 24	Sacarosa, 24 horas inmersión	140.95
M8	Miel de abeja, 8 horas inmersión	168.93
M24	Miel de abeja, 24 horas inmersión	211.00

*Se utilizó una tasa de cambio L.18.895= 1USD.

Los tratamientos en los que se utilizó sacarosa presentaron un costo variable menor. El tratamiento Sacarosa, 8 horas inmersión presentó el costo variable de producción más bajo, L.133.75, para producir un kilogramo de producto; mientras que el tratamiento Miel de abeja, 24 horas inmersión, presentó el costo variable de producción más alto, L.211, para producir un kilogramo de producto. De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis sensorial, los panelistas prefirieron las muestras tratadas con sacarosa, los cuales presentaron el costo variable más bajo.

5. CONCLUSIONES

- Los tratamientos en los que se utilizó jarabe de sacarosa, como agente osmótico, presentaron mayor aceptación general, independiente del tiempo de inmersión.
- En el análisis de actividad de agua se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$), entre los edulcorantes utilizados. La menor actividad de agua la presentaron los tratamientos en los que se utilizó jarabe de miel de abeja como agente osmótico.
- El rango de actividad de agua de la piña deshidratada se mantuvo entre 0.62 a 0.73, lo cual es aceptable para frutas deshidratadas, según la literatura consultada el rango óptimo de actividad de agua para frutas deshidratadas se encuentra entre 0.6 - 0.7.
- En el análisis de color no se observaron diferencias para el valor L^* en los tratamientos que se utilizó el mismo edulcorante. Los tratamientos que presentaron la mayor media para el valor L^* fueron en los que se utilizó jarabe de sacarosa como agente osmótico. Para los valores a^* y b^* no se observaron diferencias significativas entre los cuatro tratamientos.
- La variable con mayor influencia en los resultados, tanto en el análisis sensorial como en los análisis físicos y químicos fue el tipo de edulcorante utilizado y no el tiempo de inmersión.
- El tratamiento con el costo variable de producción menor fue Sacarosa, 8 horas inmersión, con un costo de L.133.75 por kilogramo.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio para evaluar el tipo de empaque apropiado para el producto.
- Evaluar otras variables como diferentes concentraciones de edulcorantes, temperaturas y velocidad de agitación y observar su efecto en la deshidratación osmótica de cualquier tipo de fruta.
- Realizar un estudio de mercado completo para este producto.
- Aumentar el presupuesto que se destina para tesis, para realizar más análisis químicos y mayor número de repeticiones en los experimentos.
- Realizar mayor número de análisis químicos para conocer las diferencias que existen entre la deshidratación convencional y la deshidratación osmótica de fruta.

7. LITERATURA CITADA

Barbosa-Cánovas, G; Vega-Mercado, H. 2000. Deshidratación de Alimentos. Zaragoza, España. Editorial Acribia. 297 p.

Brennan, J. 2006. Food Processing Handbook. Alemania. Editorial Wiley- VCH. p. 102-104.

Caballero, I. 2009. Manual general de limpieza y sanitización para la Planta Agroindustrial de Investigación y Desarrollo. Zamorano, Honduras.

FAO (Organización para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2007. Base de datos estadísticos por país (en línea). Consultado 3 oct. 2009. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>

Fernandes, FAN; Rodríguez, S; Gaspareto, OCT; Oliveira, EL. 2006. Optimization of osmotic dehydration of papaya followed by air- drying. Food Research International. Elsevier, 39(4), p. 492-498.

Hernández, J. 2008. Desarrollo de un bocadillo a base de banano (*Musa paradisiaca*) y piña (*Ananas comosus*) deshidratada cubierta con chocolate. Proyecto de Tesis de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el grado académico de Licenciatura. Tegucigalpa, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 25 p.

Holdsworth, SD. 1998. Conservación de frutas y hortalizas. Zaragoza, España. Editorial Acribia. 186 p.

Lombard, GE; Oliveira, JC; Fito P; Andrés, A. 2008. Osmotic dehydration of pineapple as a pre-treatment for further drying. Journal of Food Engineering. Elsevier, 85(2), p. 277- 284.

Mataix, J. 2005. Nutrición y alimentación humana. Barcelona, España. Editorial Océano. V. 1. 700 p.p.

Pomareda, C; Brenes, E; Figueroa, L. 1997. La industria de la piña en Honduras: Condiciones de competitividad (en línea). Consultado 29 sep. 2009. Disponible en: <http://www.incae.edu/EN/elacds/nuestras-investigaciones/pdf/cen532.pdf>

Rahman, MS. 2003. Manual de conservación de los alimentos. Zaragoza, España. Editorial Acirbia. 863 p.

Ramaswamy, H; Marcotte, M. 2005. Food Processing: Principles and Applications. New York. USA. Editorial Taylor & Francis. 420p.

Ríos, M; Márquez, C; Ciro, H. 2005. Deshidratación osmótica de papaya hawaiana (*Carica papaya L.*) Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias (en línea). Consultado 29 sep. 2009. Disponible en: <http://www.agro.unalmed.edu.co/publicaciones/revista/docs/art.%2013.%20deshidratacion.pdf>

Saborío, D; Camacho, O. 1995. Descripción del manejo pos-cosecha y factores de rechazo de piña (variedad Cayena Lisa y clon Champaka) para exportación en la zona norte de Costa Rica. Agronomía Costarricense. 20(1): 67-73.

Santillán, C. 2004. Procesamiento de tajaditas de mango (*Mangifera indica*) variedad Tommy Atkins por deshidratación osmótica y fritura. Proyecto de Tesis de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el grado académico de Licenciatura. Tegucigalpa, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 45 p.

Silveira, ETF; Rahman, MS; Buckle K. 1996. Osmotic Dehydration of pineapple: kinetics and product quality. Food Research International, 29(3-4), p. 227-233.

Singh, RP; Heldman, DR. 2000. Introduction to Food Engineering. 3 ed. USA. Editorial Academic Press. 659 p.

Toledo, RT. 2007. Fundamentals of Food Process Engineering. 3 ed. USA. Editorial Springer. 579 p.