

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA
UNAN- LEON
FACULTAD CIENCIAS QUIMICAS
ESCUELA INGENIERIA EN ALIMENTOS**



Tema:

“PULPA DE PITAHAYA (*Hylocereus sp.*) CONSERVADA POR MÉTODOS COMBINADOS.”

Tesis para optar al título de:

Ingeniero en Alimentos

Autores:

- ❖ **Br. Argel de los Ángeles Delgado Arbizú.**
- ❖ **Br. Eva Mercedes Reyes Morán.**

Tutor:

Ing. *Freddys Antonio Moreno González.*

Asesora:

Msc. María Elena Vargas.

León, Agosto del 2008.



DEDICATORIA

Ante todo a mi **Dios** por mi existencia y llenarme de fé y fortaleza para seguir adelante.

A la persona que me tendió la mano sin ningún interés, mi segunda madre y amiga y a quien le debo ser una profesional. **Sra. María Elena Altamirano**, le debo tanto, Gracias por todo lo que me brindaste y enseñaste en el transcurso de mis estudios, sin eso no sería mejor hoy en día, gracias por toda la comprensión que me diste, mil gracias.

A mi madre **Sra. Blanca Arbizú** por haber dado el mayor regalo, la vida ya que sino fuera por eso no estuviera culminando una etapa más de mi vida.

A la señora **Olimpia Parajón**, gran mujer, persona y amiga; gracias por toda la ayuda, apoyo y cariño incondicional que me ha brindado.

A mí querido y amado maestro **Ing. Sergio Lugo Mayorga**, te debo mucho viejo, gracias por haber creído siempre en mí, por tu apoyo y por impulsarme a ser mejor cada día, de todo corazón te lo agradezco y te lo agradeceré el resto de mi vida.

Argel de los Ángeles Delgado Arbizú.



DEDICATORIA

A mi familia, en especial a mi madre **“Paula Morán”** por haberme sacado adelante sola por mucho tiempo, por preocuparse por mis estudios, mi futuro, por haberme apoyado en los momentos difíciles, además de tratar siempre de entenderme y de poner sus expectativas como una persona de criterio y profesional en mí.

Eva Mercedes Reyes Morán.



AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradecemos a **Dios** y a la **Virgen Santísima**, quienes nos dió nuestra existencia y nos han guiado no sólo a lo largo de nuestros estudios, sino a lo largo de nuestras vidas, por darnos sabiduría y fortaleza y fé, sin lo cual no hubiera sido posible cumplir con nuestras metas.

A nuestras **Madres** que con amor, voluntad y sacrificio nos ayudaron a culminar nuestros estudios.

A nuestro tutor **Ing. Freddys Antonio Moreno González**, por haber confiado en nosotras y que con voluntad y paciencia nos brindó su valioso tiempo y conocimientos para la realización de esta tesis.

A nuestra **Asesora Msc. María Elena Vargas** Por su apoyo a lo largo de la elaboración de la tesis.

A todos nuestros **Maestros** que a lo largo de estos años nos han brindado sus conocimientos y su experiencia para forjarnos como profesionales.

A **FAO** por habernos brindado el financiamiento para la realización de este proyecto.



ÍNDICE

CONTENIDOS	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. MARCO TEÓRICO.....	4
Características generales de la pitahaya (<i>Hylocereus s.p</i>).....	4
Composición Química de la pitahaya.....	7
Alteración de los alimentos.....	12
Conservación de alimentos por métodos combinados.....	15
Factores de conservación empleados en métodos combinad.....	18
Mecanismos de acción de la conservación por métodos combinados.....	20
Importancia de la utilización de los métodos combinados.....	22
Frutas conservadas por métodos combinados.....	23
Principales Técnicas para la aplicación de métodos combinados.....	24
Barreras utilizadas en el desarrollo de productos frutícolas.....	25
4. METODOLOGÍA.....	34
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
6. CONCLUSIÓN.....	48
7. RECOMENDACIONES.....	49
8. BIBLIOGRAFÍA.....	50
9. GLOSARIO.....	53
10. ANEXOS.....	55



RESUMEN

Nicaragua se caracteriza por presentar grandes extensiones de tierras fértiles en las que se encuentran diversas especies que crecen y proliferan de manera silvestre. Tal es el caso de la pitahaya (*Hylocereus sp.*) perteneciente a la familia de las cactáceas cuyo periodo de producción oscila entre los meses de mayo a Octubre por lo que hay época en la que no se cuenta con este fruto.

La obtención de pulpas a partir de frutas es un proceso ventajoso por la versatilidad de usos a los que se pueden someter sin embargo deben considerarse las condiciones que permitan conservar la pulpa por mayor tiempo posible.

La tecnología de métodos combinados ofrece varias ventajas como son: el empleo de tecnología, equipo sencillo y no costoso, conserva las propiedades del producto fresco, es aplicable en zonas rurales en donde se pueden conservar las frutas “in situ” y por medio de este método de conservación se han obtenido productos estables a temperatura ambiente, siendo el objetivo del presente trabajo aplicar la tecnología de métodos combinados para conservar la pulpa de pitahaya.

Los análisis que se llevaron a cabo para la caracterización de la fruta presentaron los siguientes resultados; actividad agua 0,998, Brix 13,4 y pH 4.18. En la aplicación de la tecnología de métodos combinados se tomaron como factores actividad de agua (aw), la concentración de sorbato (Sk), pH, Brix y el tratamiento térmico, evaluando el efecto de estos factores sobre las características físico-química del producto.

El método combinado que mantuvo la estabilidad de la pulpa, tanto en sus características físico-químicas (aw, pH, °Brix) organolépticas (olor, sabor, color y textura), fue el que dió como resultado una aw de 0,96 y pH en un rango de 3,5 – 4,0, concordando con los rangos de los principales factores usados en frutas por métodos combinados, siendo la infusión seca el método más estable, ya que es el que mejor conserva las características propias.



INTRODUCCIÓN

Nicaragua se caracteriza por tener grandes extensiones de tierras fértiles en las que se encuentran diversas especies vegetales que crecen y que proliferan de manera silvestre, tal es el caso de la pitahaya (*Hylocereus sp.*), la cual es una fruta del grupo de las cactáceas consideradas exóticas por su llamativo aspecto. Su producción se da durante las épocas de mayo a octubre no contándose con esta fruta por más tiempo durante el año. (Mandujano, 2006).

El interés por el cultivo de esta planta se ha incrementado durante los últimos años debido a una creciente demanda en el mercado internacional principalmente Europa y los Estados Unidos. (Dávila, 2005)

En el periodo 2004 y 2005 las exportaciones Nicaragüenses de pitahaya alcanzaban un valor de US \$ 45,397.68 y US \$ 56,071.55 respectivamente. Siendo que para el 2004 el 68 % de las exportaciones correspondió a fruta fresca y un 32 % a pulpa congelada mientras que en el 2005 la proporción fué de 65 % para fruta fresca y un 35 % para pulpa congelada, aumentándose las exportaciones. (Dávila, 2005).

Es importante señalar que los estudios realizados en Nicaragua con pitahaya han estado enfocados principalmente al cultivo para la exportación como fruta fresca, pero el interés por su industrialización es muy pobre y es hasta hace poco tiempo que la Alianza comercial agropecuaria Lafise, la asociación de productores no tradicionales (APRONOT R.L) y pequeños productores de Carazo unieron esfuerzos e hicieron posible la exportación de pulpa congelada siendo este el único medio de conservación de la pitahaya para mercado internacional. Existe un estudio de clarificación del jugo de pitahaya aplicando tecnologías innovadoras como tratamiento enzimático y microfiltración enfocado a la diversificación del uso de la pitahaya.

Por lo antes expuesto son necesarios esfuerzos y recursos para implementar nuevos métodos de conservación en pitahaya que resulten accesibles y sencillos garantizando la estabilidad del producto.

Para reducir pérdidas post-cosecha han surgido tecnologías menos costosas como la de métodos combinados que pretenden evitar los cambios físicos-químicos no deseables y el desarrollo microbiano. (FAO, 2006)



Esta tecnología ofrece ventajas notables como: el empleo de tecnología sencilla, menos costosa, energéticamente eficiente, conserva las propiedades del producto fresco, aplicable en zonas rurales donde se pueden conservar las frutas “ in situ”, no requiere de equipo sofisticado y además ofrece la posibilidad de obtener productos estables a temperatura ambiente. (FAO, 2006).

El propósito de la presente investigación es conservar la pulpa de pitahaya aplicando la tecnología de métodos combinados.



OBJETIVOS

GENERAL

- Aplicar la tecnología de métodos combinados para la conservación de la pulpa de pitahaya (*Hylocereus sp.*) de la variedad cebrá.

ESPECIFICOS

- Caracterizar la pulpa de la fruta de pitahaya a través de los siguientes análisis: pH, Brix, Aw y características organolépticas.
- Aplicar la tecnología de métodos combinados (Infusión húmeda e Infusión seca) en la pulpa de pitahaya.
- Identificar el efecto de la conservación por métodos combinados en la pitahaya considerando el Escaldado, reducción de actividad de agua y pH, utilización de acidulantes y agentes antimicrobianos como barreras.
- Seleccionar el método (infusión seca-infusión húmeda) que conserven las características físico-químicas y organolépticas de la pulpa de pitahaya procesada.



MARCO TEÓRICO

1. Características generales de la pitahaya.

La pitahaya se conoce desde antes de la conquista: El conquistador Gonzalo de Oviedo fué el primero en hacer una descripción completa de la pitahaya en Nicaragua en el año de 1527. Es una planta perenne que requiere de soporte, pues su arquitectura le impide sostenerse así misma. Las plantas cultivadas son terrestres trepadoras, independientemente de que parte de sus raíces adventistas aéreas se dirijan al suelo. Tradicionalmente se cultivó en las faldas del volcán Masaya a orillas del cráter humeante del Santiago; actualmente la producción se ha extendido en todo el pacifico de Nicaragua y en la región central y norte del país. (Dávila, 2005)

El nombre de la planta “Pitahaya” o “pitaya” son palabras de origen antillano que significan fruta escamosa; existe muchas variaciones entre las denominadas pitahayas que se cultivan en México, Colombia y Nicaragua en cuanto al fruto, colores del fruto y de la pulpa, periodos de fructificación, tamaño, forma y consistencia de los esquejes, todo lo cual indica, además de la influencia ambiental, la existencia de importantes diferencias genéticas entre las plantas. (Dávila, 2005)

El nombre científico de la pitahaya es *Hylocereus* pertenece a la familia de la cactáceas la cual comprende entre 1500 a 2000 especies. Se desarrollaron en habidad muy variados, especialmente en regiones desérticas. Los frutos a menudo poseen formas globosas, esféricas o de clavo, pueden presentar diversos colores como púrpura y escarlata, los hay lisos o con brácteas escamosas y glabas (sin pelos), con areolas provistas de gloquídeos, de agujones o de mechones de pelo, además de poseer una sustancia mucilaginoso. En Nicaragua se han identificado tres tipos de pitahaya de *Hylocereus trigonus* con tallos de tres aristas, *Hylocereus tetragonus* con tallos de cuatro aristas e *Hylocereus pentagonus* con tallos de cinco aristas pero el tipo más conocido y cultivado es el de tres aristas. (Dávila, 2005)

La pitahaya puede crecer en diferentes tipos de suelos y es resistente a las sequías y suelos pobres, con hábito epífita, hemiepífita o parásita. Tiene una vida postcosecha alrededor de 10 días, dependiendo de la variedad y manejo.



Es una planta propia de zonas calientes; posee características que la hacen resistente a la sequía. Se desarrolla bien en todas las zonas de Centroamérica, aún donde las lluvias no sean abundantes. La temperatura óptima para su desarrollo es de 26 °C; aunque puede sembrarse con éxito donde la temperatura varía de 21 a 35 °C. (Dávila, 2005)

En Nicaragua la producción de esta fruta está a cargo de pequeños productores, que poseen plantaciones pequeñas. Aunque existen productores que tienen áreas comerciales mayores y que actualmente están exportando al mercado centroamericano. (OIRSA 2005)

En Nicaragua el cultivo de pitahaya se ha venido incrementando considerablemente en los últimos años ya que representa una buena opción para la agricultura debido a su alto potencial productivo y económico y al interés por su exportación. (Rosales, 2006)

La pitahaya roja tiene una pulpa de color violáceo y contiene un sin número de semillas de forma elíptica con dos diámetros distintos de aproximadamente 3 y 1.7 mm y con un grosor de aproximadamente 1 mm. El tamaño de la semilla y la cantidad presente por unidad de pulpa hace que la separación de la semilla y pulpa sea una tarea difícil, además de estar recubiertas por un mucílago que hace que adquiera una alta viscosidad.

Esta variedad ha captado la preferencia del mercado europeo, básicamente por el atractivo color en su cáscara y pulpa y en ciertos meses, el mercado español ha reconocido un precio mayor por la pitahaya roja que por la amarilla. (Dávila, 2005)

1.1 Variedades.

En Nicaragua hay algunas variedades que se diferencian por las características de los tallos, en la forma, color, tamaño de los frutos, espesor de la cáscara y el grado de desarrollo de las brácteas. Con base en estas características, se describen las cuatro variedades de cáscara roja más comunes y productivas actualmente bajo cultivo, que son:



1.1.1 Variedad Lisa:

Esta variedad es considerada por los productores muy poco resistente a las enfermedades. Las características de su tallo y fruta son las siguientes:

- Tallo: vainas largas y muy delgadas y de color verde pálido.
- Fruto: es redondo, alcanza un peso de 383 gramos aproximadamente y su cáscara de color rojo oscuro. Tiene pocas brácteas. La cáscara es gruesa y resistente a las condiciones de transporte. (Anónimo, 2005)

1.1.2 Variedad Orejona:

- Tallo: vainas delgadas, alargadas, de color verde oscuro y miden hasta una vara y media de largo, algunas veces en los entrenudos, las vainas presentan cuatro aristas o costillas.
- Fruto: El fruto es ovalado. Cuando está completamente maduro pesa uno 482 gramos aproximadamente y la cáscara es de color rojo púrpura. También presenta una gran cantidad de brácteas, un promedio de 37, que son alargadas, duras y resistentes a quebrarse. Esta variedad se considera buena para el mercado externo. (Anónimo, 2005)

1.1.3 Variedad Rosa:

- Tallo: las vainas son de color verde claro, gruesas y alargadas.
- Fruto: redondo, alcanza un peso de 533 gramos aproximadamente. Su cáscara es rosada, con brácteas muy separadas. Además, la cáscara es delgada y a veces se raja cuando el fruto está maduro. Esta variedad tiene buen rendimiento de pulpa, lo que la hace ventajosa para la comercialización como pulpa congelada. (Anónimo, 2005)

1.1.4 Variedad Cebra:

- Las vainas de esta variedad son gruesas y cortas. Presentan rayas blancas en superficie y por eso se le da el nombre de cebra.
- Fruto: el fruto es ovalado, de color rojo intenso al madurar y alcanza un peso de 315 gramos aproximadamente. La cáscara es gruesa.



La tonalidad de las frutas en el caso de Nicaragua varía desde rosa a rojo intenso, morado claro y amarillo claro. El largo de la fruta varía desde 8 a 12 cm y su peso va desde 150 hasta 450 g. al corte transversal la fruta presenta desde afuera hacia adentro una cáscara rígida y fibrosa de unos 5 mm de espesor medio, inmediatamente después se encuentra una capa interior mucilaginoso pero firme de color rojo. (Anónimo, 2005). La parte central de la fruta esta conformada por la pulpa propiamente dicha, la que es de color rojo púrpura intenso y contiene un sin número de semillas pequeñas negras en forma de pera de 3 a 4 mm de largo. (Anónimo, 2005)

1.1.5 Producción de las variedades.

La mayor producción de frutos por planta cultivadas la tiene la variedad cebrá y el mayor rendimiento en la peso la variedad lisa. La producción de pitahaya inicia a finales del mes de mayo y finaliza a mediados del mes de Octubre.

1.2 Composición de la pitahaya.

La pulpa presenta la siguiente composición:

- a) Humedad 86. %
- b) Proteína 1,4 %
- c) Carbohidratos 13.2 %
- d) Fibra cruda 0.65
- e) Acido ascórbico 9 mg/ 100g

1.3 Composición química.

Las cactáceas producen una gama muy amplia de metabolitos secundarios, dentro de los metabolitos secundarios que se han observado en esta familia tenemos a los pigmentos, alcaloides, triterpenos, esteroides, mucílago, látex, proteínas de inclusión, cristales, entre otros. (Mandujano, 2006)



1.3.1. Pigmentos.

Los principales pigmentos en las cactáceas son las clorofilas, los carotenoides y las betalaínas. Se ha encontrado que el color de las flores, frutos y en ocasiones el del interior de los tallos de las cactáceas, se debe a la presencia de pigmentos nitrogenados del grupo llamados betalaínas, que cuando tienen color rojo violáceo se les nombra betacianinas y si son amarillas betaxantinas. (Acosta, 2000)

La pitahaya y el puré de pitahaya son intensamente coloreados, por lo que pueden ser utilizados como ingredientes en algunos productos con el objeto de obtener un cierto color en el producto final.

El color de la pulpa (rojo o violeta) de las frutas *Hylocereus*, es debido a la presencia de betalaína, las que son estables en un rango de pH de 3 a 7. Al igual que las antocianinas las betalaínas son pigmentos rojos solubles en agua, pero químicamente diferentes y menos abundantes en el reino animal. Las betalaínas se degradan por un proceso térmico, pero se encuentran en cantidades altas que queda suficiente pigmento para la coloración; son relativamente estables comparadas con otros pigmentos rojos naturales.

Las betalaínas no tienen un efecto tóxico en el cuerpo humano, esto puede ser deducido del hecho de que ellas están presentes en cantidades considerablemente grandes en ciertos alimentos. (Mandujano, 2006)

1.3.1.1 Betalaínas.

Son un grupo de alrededor de 70 pigmentos hidrosolubles, se encuentran compartimentalizadas dentro de las células en las vacuolas con estructura de glucósidos. (Fennema Owen, 1993) Se dividen en betacianinas (violáceas) y betaxantinas (amarillas). Se encuentran en varios géneros de las cactáceas. Pierden coloración bajo influencia de pH, luz, altas temperaturas, oxígeno y actividad de agua (Badui, 1993).

La fórmula general de las betalaínas representa la condensación de una amina primaria o secundaria con ácido betalámico. Estos pigmentos son estables en el intervalo de pH 3 – 7 y se ven afectados al igual que la mayoría de los



pigmentos naturales por los metales, la temperatura, la presencia de aire y por las radiaciones ultravioletas. (Acosta, 2000).

1.3.2 Degradación de betalaínas.

1.3.2.1 Efecto de oxígeno y del pH.

La presencia de oxígeno atmosférico en productos con pigmentos de betalaína es largamente conocida por acelerar la pérdida de color del pigmento. En solución, conteniendo un exceso molar de oxígeno sobre betanina, la pérdida de betanina sigue aparentemente una cinética de reacción de primer orden. Esta degradación se desvía de la cinética de primer orden cuando la concentración molar de oxígeno se aproxima a la concentración de betanina. En ausencia de oxígeno la estabilidad se incrementa, ya que el oxígeno molecular está implicado como el agente activo en la degradación oxidativa de betanina. Se ha comprobado que especies de oxígeno activo como oxígeno simple y aniones superoxidados no causan oxidación, aunque bajos niveles de peróxido de hidrógeno y radical hidroxilo pueden presentarse durante la degradación oxidativa, pero no es posible que estas especies activas sean requeridas por la betanina para oxidarse. (Mandujano, 2006)

La adición de estas especies, sin embargo, aumenta la degradación de betanina (Lugo, 1998). El efecto del pH en la degradación de betalaínas está fundamentado teóricamente en que dentro de un rango de pH de 4 a 6, la menor cantidad de oxígeno fue observado; fuera de este rango de pH, el número de moles de oxígeno excede el número de moles de betanina en solución. (Mandujano, 2006).

Esto sugiere que más de una molécula de oxígeno puede interactuar con cada molécula de betanina. Esto puede ser explicado por el hecho de que fuera del rango de pH de 4 a 6, la betanina es más fácilmente degradada a CDG y BA y ambas especies son susceptibles a degradación oxidativa. Esto también sostiene que la degradación de betanina en presencia de oxígeno es más pH dependiente que en ausencia de oxígeno. (Mandujano, 2006) La cantidad de betanina degradada a 65 °C, cuando la regeneración del pigmento es permitida, en ausencia de oxígeno a valores de pH de 3 y 5, es igual; en presencia de oxígeno la cantidad de betanina degradada fue mayor a pH 3 y menor a pH 5. (Lugo, 1998).



1.3.2.2 Efecto de actividad de agua.

La betanina se vuelve más inestable a medida que aumenta la actividad de agua y el contenido de humedad del alimento. La degradación de betanina requiere la hidrólisis de la molécula de betanina a CDG y BA. Esta reacción es altamente dependiente de la disponibilidad de agua, por consiguiente, un decremento en la actividad de agua corresponde a una menor degradación de betanina. Fue especulado que junto con el decremento de agua disponible, se reduce la movilidad de reactantes y la solubilidad de oxígeno molecular. (Badui, 1993).

1.3.2.3 Efecto de antioxidantes.

La inestabilidad de betalaínas al oxígeno es una de las limitantes de su uso como colorante alimenticio. La adición de antioxidantes debe por lo tanto resultar en mejoramiento de la estabilidad. La adición de ácido ascórbico a jugo de betabel concentrado o polvo de extracto de betabel resulta en mejoramiento de la estabilidad del color, el ácido ascórbico protege el color rojo aún cuando es expuesto a tratamientos drásticos como esterilización. El ácido ascórbico ha sido reportado como el mejor estabilizante para garmbullo [*Myrtillocactus geometrizans*]. Resultados en la literatura reportan marcadas diferencias entre ácido ascórbico e isoascórbico como estabilizadores del pigmento de betabel. (Mandujano, 2006)

1.3.2.4 Efecto de la luz.

La exposición a la luz visible reduce la estabilidad de betalaínas. Generalmente es reconocido que bajo luz fluorescente, y en presencia de oxígeno, las betaxantinas son más lábiles que las betacianinas. (Badui, 1993).

1.4 Alcaloides.

La mezcalina es un potente alcaloide alucinógeno presente en el peyote (*Lophophora williamsii*). Sin embargo, se encuentra en otras especies y géneros de cactáceas, como *Opuntia* y *Pereskia*, *Stenocereus* y *Trichocereus*. En muchas especies, la mezcalina se presenta solamente en cantidades traza, cuando en el peyote, la mezcalina constituye el 1% de su peso fresco. Ninguna de las cactáceas similares a *Lophophora* contiene



compuestos alucinógenos (Hernández, 1996). También se han descubierto alcaloides del tipo de las tetrahidroisoquinolinas en las cactáceas columnares de México, específicamente en las especies conocidas de la *subtribu Pachycereae*. (Badui, 1993)

1.4.1. Triterpenos y esteroides.

Los triterpenos y los esteroides son moléculas complejas que tienen un sistema de anillos en cadenas largas de carbonos. En México ciertas cactáceas tienen compuestos saponínicos (saponinas).

La diversidad de triterpenos en las cactáceas es poco conocida, porque hay muchas especies que aún no han sido examinadas. Algunos triterpenos detectados en las cactáceas son ácido oleanólico y el queretaroico. (López, 1993). Los pocos esteroides que se han logrado aislar, especialmente de cactáceas columnares, son los dihidrosteroides que comienzan su nombre con el de las cactáceas de donde provienen como son el peniocerol, stenocerol, thurberol y ciclosterol (*Peniocereus, fosterianus* y *Stenocereus thurberi*). (Hernández, 1996)

1.4.1.2 Mucílago y látex.

Al hacer un corte a un cactus éste secreta una sustancia de naturaleza mucilaginoso. El mucílago es un polisacárido fibroso y contiene diversos tipos de azúcares. Es una molécula muy larga y muy compleja, por lo que los fitoquímicos muestran poco interés en ella. Látex es el nombre común que se utiliza para denominar al fluido viscoso exudado al cortar la superficie de una planta, es generalmente blanco, puede ser transparente, amarillo, naranja o tal vez rojo. (Badui, 1993)

1.4.1.3 Proteínas de inclusión en elementos tubulares.

Las células elongadas del floema que transportan los azúcares de los sitios de producción en las células del clorénquima a regiones donde son usados o almacenados, son conocidos como elementos tubulares, dentro de estos aparecen plástidos incoloros que tienen gránulos de almidón y/o depósitos de proteína. Los elementos tubulares de los cactus tienen un conspicuo anillo



periférico de proteína que es una fibra de proteína que está presente en forma de glóbulos proteicos centrales. (Mandujano, 2006)

1.4.1.4 Cristales.

Los cristales de las cactáceas son similares al de todas las familias de las dicotiledóneas (Mandujano, 2006) y estos cristales pueden aparecer en varias partes de un cactus. El oxalato de calcio es relativamente insoluble en agua y se puede encontrar en forma cristalina, usualmente en vacuolas ya sea en forma individual y no en forma de agregados; tienen forma romboidal o poliédrica también se han encontrado cuerpos de sílice en todas las especies de *Stenocereus*, género del centro de México. (Hernández, 1996)

2. Alteración de los alimentos.

Los alimentos, ya sean procesados o no, sufren alteraciones en su composición lo cual se traduce en cambios deteriorativos, que finalmente producen la descomposición del alimento. El deterioro de los alimentos es diferente, dependiendo del tipo de cambios que intervengan: cambios de origen no microbiano o cambios producidos por microorganismos. (Villanueva, 2006)

2.1 Cambios de origen no microbiano

En los alimentos se producen cambios de naturaleza bioquímica (enzimática), por reacciones químicas o bien por modificaciones físicas. Tales cambios pueden producirse durante el procesamiento o el almacenamiento y pueden conllevar a una disminución en la calidad sensorial. (Villanueva, 2006) Los cambios que pueden ser percibidos sensorialmente por el consumidor incluyen la alteración del color, aroma y consistencia.

La alteración del color se pone de manifiesto por oscurecimientos no deseables o decoloraciones. El sabor y aroma pueden alterarse, ya que las temperaturas elevadas favorecen a la desaparición de sustancias volátiles y componentes aromáticos característicos de los alimentos. Las reacciones donde participan las proteínas y la oxidación de los lípidos son la causa de la aparición de olores y sabores extraños. (Casp, 1998).

Los cambios de naturaleza bioquímica, pueden afectar el valor nutricional del alimento, tales cambios incluyen la pérdida de azúcares, variaciones en el



contenido y composición de sustancias nitrogenadas, gradual oxidación y pérdida de vitaminas. Estos cambios se producen por ejemplo, en la respiración poscosecha de frutas y hortalizas. (Casp, 1998).

2.2 Cambios producidos por microorganismos

Los microorganismos (de varios tipos) producen los cambios indeseables más graves en los alimentos perecederos, ya que generan pérdidas substanciales de los nutrientes y cambios considerables en las características externas de los alimentos.

Los microorganismos representan el agente más temible de la alteración de los alimentos y el más activo, debido a su elevada velocidad de reproducción en condiciones adecuadas.

Los microorganismos están dotados de una carga enzimática notablemente desarrollada, de forma que se puede decir, que no existe en los alimentos compuesto que no sea atacado y degradado por al menos por una especie microbiana. (Casp, 1998)

Los microorganismos normalmente implicados son las bacterias y hongos, aunque también son importantes los virus y los parásitos. Se puede decir que es posible que casi cualquier microorganismo pueda encontrarse en una fruta u hortaliza en circunstancias específicas. Sin embargo, las frutas y hortalizas a veces difieren en las características físicas y bioquímicas.

Estas diferencias causan además diversidad en la microflora normalmente relacionada con los tipos específicos de productos. Las hortalizas frescas, tienen como características una elevada cantidad de agua y nutrientes y un pH neutro. Estas características hacen que en ellas pueda crecer casi cualquier tipo de microorganismo. En general, las hortalizas se encuentran aproximadamente contaminadas de igual forma con bacterias que con hongos. (Wiley, 1997).

Las frutas difieren principalmente de las hortalizas en que normalmente contienen mayores cantidades de azúcar y un pH más ácido (4.6 o inferior). Este bajo pH junto con la naturaleza de los ácidos orgánicos que contienen hace que normalmente se inhiba el crecimiento de las bacterias excepto las



ácido lácticas. Por consiguiente, los hongos y las levaduras son los microorganismos predominantes en las frutas. (Wiley, 1997)

Las superficies expuestas de la fruta se contaminan a través del suelo, agua, aire, animales, insectos, excrementos, entre otros y luego a través del contacto con el equipo de procesamiento. Algunos hongos son capaces de penetrar la cutícula intacta de los frutos. (FAO, 2004)

Otros organismos de deterioro entran en la fruta a través de heridas mecánicas producidas durante la cosecha, el manipuleo y el envasado, o a través de aberturas naturales de la cutícula, atacando los tejidos internos. (FAO, 2004)

Entre los deterioros pueden citarse: crecimiento superficial de hongos, ennegrecimiento de los tejidos, podredumbre marrón, azul, rosada y gris causada por hongos o podredumbre por levaduras. La ocurrencia de podredumbre se asocia a la producción microbiana de enzimas que degradan las paredes celulares. A medida que la fruta madura, la susceptibilidad a los microorganismos de deterioro aumenta, por una parte, debido a que la producción de componentes antifúngicos de la fruta disminuye, y por otra parte debido a la degradación de las paredes celulares. El deterioro también se favorece en condiciones de alta temperatura y alta humedad después de la cosecha. (FAO, 2006)

2.3 Factores de influencia sobre el crecimiento microbiano

La habilidad de los microorganismos (excepto los virus) para crecer en un alimento, lo determina el ambiente interno del alimento, así como las condiciones ambientales en las cuales se almacena. Estos dos aspectos son designados parámetros intrínsecos y extrínsecos de un alimento. (Ray, 1996)

Los parámetros intrínsecos incluyen tipo y cantidad de nutrimentos, actividad de agua (a_w), pH, potencial redox (Eh) y sustancias inhibitorias presentes de manera natural, mientras que los parámetros extrínsecos son: temperatura, humedad relativa y transferencia de gases. (FAO, 2006)

2.3.1 Nutrimentos para el crecimiento microbiano

Los microorganismos normalmente encuentran en un alimento gran variedad de nutrimentos. El crecimiento microbiano se lleva a cabo por la síntesis de



componentes celulares y de energía. Los nutrientes necesarios para este propósito son obtenidos del alimento por la célula microbiana, estos nutrientes incluyen carbohidratos, proteínas, lípidos, minerales y vitaminas. Todos los alimentos contienen estos cinco grupos de nutrientes, de forma natural o adicionada y, la cantidad de cada nutriente varía según el tipo de alimento. (FAO, 2006)

3. Conservación de alimentos por métodos combinados.

La conservación de alimentos se basa, en primer lugar y empleando conceptos ecológicos, en la aplicación de factores de estrés, conducentes a la inhibición de crecimiento y/o la muerte de la comunidad microbiana, así como a la prevención del establecimiento de otras comunidades. Por lo tanto, la conservación de alimentos implica poner a los microorganismos en un ambiente hostil para inhibir su crecimiento, reducir su supervivencia o causar su muerte. Es así que, la conservación de alimentos se basa principalmente en el retraso o prevención del crecimiento de microorganismos deteriorativos o patógenos, por el uso de factores de influencia en el crecimiento y supervivencia microbiana (Wolti-Chanes et al., 1996).

La mayoría de las técnicas de conservación de alimentos se basan en el retraso o prevención del crecimiento microbiano, utilizando los factores que más influyen en el crecimiento y supervivencia de los microorganismos, tales como temperatura, actividad acuosa (a_w), potencial redox (Eh), pH, sustratos disponibles, presencia o ausencia de oxígeno, concentración de los solutos mayoritarios presentes y sustancias inhibitorias. (Barbosa-Cánovas, 1999)

Por definición, la tecnología de métodos combinados consiste en la aplicación conjunta de dos o más factores de inhibición del crecimiento microbiano, aprovechando el efecto sinérgico de los mismos. El objetivo es utilizar simultáneamente diferentes barreras para retrasar o prevenir el crecimiento microbiano, en el producto.

La mayoría de los métodos tradicionales de conservación de alimentos, se basan en la aplicación de un solo factor, para superar un dado mecanismo homeostático de la célula, por ejemplo, la esterilización permite conservar el alimento aplicando suficiente calor, como para inactivar las esporas y células vegetativas bacterianas; la deshidratación disminuye la a_w hasta un valor suficientemente bajo, como para extender la fase lag de crecimiento hasta un



valor infinito; la conservación por acidificación, reduce el pH hasta valores menores de dos unidades, y se impide el crecimiento de bacterias, hongos y levaduras. (Alzamora, 1997)

El método de factores combinados, por el contrario, no aplica un solo factor en forma severa, sino que supera los mecanismos homeostáticos de los microorganismos mediante una combinación de factores que actúan aditiva o sinérgicamente, cada uno de ellos utilizado en dosis leves. Es decir, si se considera la aplicación de ellos en forma individual, no producirían ni la muerte, ni la inhibición del crecimiento microbiano. (Alzamora, 1997)

La conservación por métodos combinados ayuda a disminuir la contaminación microbiana inicial, prolonga la fase lag y reduce la velocidad de crecimiento exponencial. Su fundamento está en inhibir el desarrollo bacteriano, de hongos y levaduras, por la interacción combinada de distintos factores de “estrés”. (Villanueva, 2006)

En realidad, el concepto de “métodos combinados” tiene un significado más amplio, ya que involucra también la utilización de factores que actúan sobre algún microorganismo específico del medio y no sobre los restantes, por ejemplo, puede efectuarse una ligera reducción de la actividad de agua para evitar el crecimiento de *C. Botulinum*, sensible a la reducción de actividad de agua y un ligero tratamiento térmico para inactivar levaduras y células de *Staphylococcus* sensible al calor. (Alzamora, 1997)

3.1 Efecto barrera

La manipulación de los parámetros intrínsecos o extrínsecos del alimento, afectarán marcadamente la respuesta de los microorganismos presentes en o sobre el alimento.

El uso de un solo factor, como la disminución de la actividad acuosa por debajo de 0.85, podrá inhibir el crecimiento, pero tal cambio en el producto alimenticio puede ser inaceptable por el consumidor.

Reduciendo la actividad acuosa a 0.90 y utilizando un segundo factor, como el almacenamiento a baja temperatura, puede tener el efecto deseado de conservación. (Villanueva, 2006)



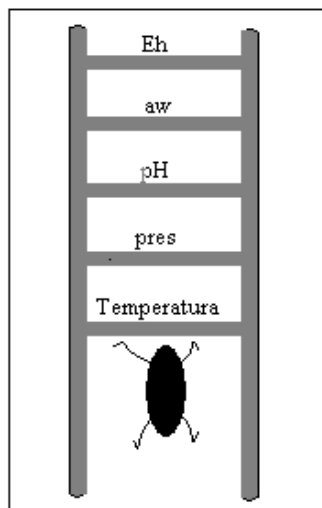
Este concepto de utilizar varios métodos subletales de conservación ha sido llamado “efecto barrera”. Teóricamente los microorganismos son estresados por cada uno de los factores y deben superar cada una de las barreras antes de iniciar su crecimiento. (Villanueva, 2006)

Cada tratamiento subletal puede ser considerado como un peldaño de una escalera, en donde el microorganismo debe superar cada peldaño antes de iniciar su crecimiento (Figura 2.1).

Una escalera con cinco peldaños, cada peldaño representa un método de conservación: temperatura, conservador (pres), pH, actividad acuosa (aw) y potencial redox (Eh). El microorganismo estresado debe subir cada escalón (superar cada barrera), antes de que su crecimiento sea posible.

Si el sistema es diseñado adecuadamente, el microorganismo es incapaz de alcanzar la meta (fin de la escalera), antes de que la vida de anaquel del producto llegue a su fin (Villanueva, 2006).

Figura nº 1. Ejemplo de efecto barrera.



Fuente: Villanueva, 2006



3.2 Principales factores de conservación empleados en métodos combinados.

El concepto barrera ilustra que las interacciones complejas de temperatura, aw, pH, y otros son significativos en la estabilidad microbiana de los alimentos (Barbosa-Cánovas, 1999), así a los factores usados en la conservación de alimentos se les ha llamado “barreras” y hay numerosas barreras que han sido aplicadas para la conservación de alimentos. (Villanueva, 2006)

Las más importantes barreras usadas en la conservación de alimentos son temperatura (alta o baja), aw, pH, Eh, conservadores (nitrato, sorbato, sulfito) y competencia microbiana (bacterias ácido lácticas) [Cuadro 2.1]. Sin embargo hay más de 60 barreras potenciales para alimentos [Cuadro2.2]. (Villanueva, 2006)

Del entendimiento del efecto barrera, derivó la conservación por métodos combinados y, partir de este método de conservación surgió los llamados alimentos mínimamente procesados, dentro de los cuales están los productos de alta humedad (productos derivados de frutas). A partir de ello se establecieron los intervalos de los factores involucrados en la conservación por métodos combinados en frutas de alta humedad. (Cuadro 2.3)

Cuadro n° 1. Barreras empleadas para la conservación de alimentos.

Barrera	Aplicación
Temperatura alta	Calentamiento
Temperatura baja	Congelación
Reducción de Aw	Secado,curado,concentración
Incremento de la acidez	Adición de ácidos
Reducción de Eh	Remoción de oxígeno o adición de ascorbato.
Conservadores	Sorbato,sulfitos,nitritos
Competencia microbiana	Fermentaciones microbiológicas

Fuente: Villanueva, 2006



Cuadro n° 2. Barreras potenciales en conservación de alimentos.

Tipo de barrera	Ejemplos
Barreras Físicas	Envasado aséptico, energía electromagnética (microondas, radio frecuencias, pulsos magnéticos, campos de alta electricidad), altas temperaturas (escaldado, pasterización, evaporación, extrusión, cocción, freído), radiación iónica, baja temperatura (refrigeración, congelación), atmósferas modificadas, películas, inactivación fotodinámica, altas presiones, ultrasonidos, radiación ultravioleta.
Barreras Físico-Químicas	Dióxido de carbono, etanol, ácido láctico, lactoperoxidasa, bajo PH, bajo Eh, baja aw, productos de reacciones de Maillard, ácidos orgánicos, oxígeno, ozono, fenoles, fosfatos, sal ahumado, nitrito/ nitrato de sodio, sulfito de sodio/ potasio, especias y hierbas, agentes surfactantes.
Barreras Microbiológicas	Antibióticos, bactericidas, flora competitiva, cultivos protectores

Fuente: Villanueva, 2006

Cuadro2.3 Principales factores usados en frutas de alta humedad, conservadas por métodos combinados.

Factor	Intervalo del factor
Actividad acuosa (Adicionando o por inmersión en sacarosa, glucosa, maltodextrinas, etc.)	0.94-0.98
PH, (ajustado con acido cítrico o fosfórico)	3.0-4.1
Tratamiento térmico Escaldado Llenado en caliente	Vapor saturado 100 °C Agua en ebullición
Agentes antimicrobianos Sorbato de potasio Benzoato de sodio	0-1500 ppm 0-1500 ppm
Agentes que evitan el pardeamiento sulfitos	0-150 ppm

Fuente: Villanueva, 2006



3.3 Mecanismos de acción de la conservación por métodos combinados

Los mecanismos de acción sobre los que se fundamenta la conservación por métodos combinados más conocidos son: homeostasis, agotamiento metabólico, reacciones ante el estrés y mecanismo multitarget. (Villanueva, 2006)

3.3.1 Homeostasis

Es la tendencia a la uniformidad o estabilidad en el estado normal (ambiente interno) de los organismos. En la conservación de alimentos la homeostasis microbiana es un fenómeno clave que merece mucha atención, pues si la homeostasis de los microorganismos presentes en un alimento es alterada por los factores de conservación (barreras), estos no podrán multiplicarse, se quedarán en fase lag o bien morirán antes de que la homeostasis se haya restablecido. Por lo tanto a conservación del alimento se consigue por la alteración temporal o permanente de la homeostasis de los microorganismos presentes en el alimento. (Villanueva, 2006)

3.3.2 Agotamiento metabólico

Otro fenómeno de importancia es el agotamiento metabólico de los microorganismos, el cual puede conducir a una autoesterilización de los alimentos.

Una explicación general de este comportamiento, en donde los microorganismos que no pueden crecer morirán y ellos mueren más rápidamente si la estabilidad está muy cerca al umbral de su crecimiento, en donde el almacenamiento se lleva a cabo a altas temperaturas, donde hay presencia de agentes antimicrobianos y donde los microorganismos presentes en el alimento, hacen todo lo posible para reparar el mecanismo de su homeostasis, para superar el ambiente hostil, por hacer esto usan completamente su energía y mueren si empiezan a quedar agotados metabólicamente lo cual conduce a una auto-esterilización. (Villanueva, 2006)

El agotamiento metabólico se acelera, si están presentes varios factores de conservación (barreras) y esto puede causar un incremento en la demanda energética para mantener la homeostasis bajo condiciones de estrés. (Villanueva, 2006)



3.3.3 Reacciones ante el estrés

Algunas bacterias se vuelven más resistentes o son más virulentas bajo estrés, ya que generan proteínas protectoras producidas por choque. La síntesis de proteínas protectoras producidas por choque, son inducidas por calor, PH, aw, etanol, compuestos oxidantes entre otros así como por inanición.

Las diferentes respuestas de los microorganismos ante el estrés obstaculizan la conservación de los alimentos y pueden volverse un problema para la aplicación de métodos combinados. Por otra parte, la activación de genes para la síntesis de proteínas protectoras producidas por choque, las cuales ayudan a los microorganismos a superar las situaciones de estrés, debe ser más difícil, si diferentes tipos de estrés son recibidos al mismo tiempo.

La exposición simultánea a diferentes tipos de estrés requerirá consumir energía para la síntesis de varias o pocas, pero mucho más efectivas proteínas protectoras producidas por choque, lo cual podrá ser la causa de que los microorganismos empiecen a agotarse metabólicamente. (Villanueva, 2006)

3.3.4 Mecanismo Multitarget.

El mecanismo multitarget tiene la meta ambiciosa de una moderada pero efectiva conservación de los alimentos. Se ha sospechado por algún tiempo, que diferentes barreras en un alimento pueden no solamente tener un efecto aditivo en la estabilidad microbiana sino que pueden actuar sinérgicamente. Un efecto sinérgico se puede llevar a cabo si las barreras en un alimento golpean, al mismo tiempo diferentes objetivos (membrana celular, ADN, sistemas enzimáticos, pH, Aw, Eh) en la célula microbiana y estas (barreras) alteran la homeostasis del microorganismo presente en varios aspectos. Si es así, la reparación de la homeostasis también como la activación de las proteínas protectoras inducidas por choque empieza a ser más difícil. (Villanueva, 2006)

Por lo tanto, el empleo simultáneo de diferentes barreras en la conservación de un alimento en particular, debe conllevar a una óptima estabilidad microbiológica de dicho alimento. En términos prácticos, esto puede significar que es más efectivo el uso de diferentes factores de conservación de intensidades bajas, que un solo factor de conservación con alta intensidad, ya que diferentes factores de conservación pueden tener un efecto sinérgico. Se



presupone que los objetivos sobre los microorganismos de los diferentes factores de conservación de alimentos serán definidos y que las barreras puedan agruparse en clases de acuerdo a sus objetivos. Una moderada y efectiva conservación de alimentos, esto es un efecto sinérgico de las barreras, es probable si las medidas de conservación se basaron en una selección y combinación inteligente de barreras provenientes de diferentes clases de objetivos. (Villanueva, 2006)

4. Importancia de la utilización de los métodos combinados

Las limitantes más importantes para incrementar el consumo fresco y/o el procesamiento de frutas son la estacionalidad de la producción y su perecibilidad. Una forma parcial de remediar esta situación es la de procesar localmente el excedente no consumido en fresco, pero básicamente se ve muy limitado por la tecnología convencional que se requiere y no se dispone con facilidad en lugares de producción de los frutos. Ante esta problemática surge como opción el empleo de tecnologías alternativas más sencillas y de menor costo, es así que una técnica que se puede emplear es la de métodos combinados, por la ventaja de ser un método conveniente de elaboración en zonas rurales en donde se puedan conservar las frutas “*in situ*”.

La conservación por métodos combinados (tecnología de barreras) es provechosamente utilizada tanto en países industrializados como en países en vías de desarrollo, por su suave pero efectiva conservación de los alimentos. La conservación por métodos combinados ha demostrado ser una técnica efectiva y en general se emplea prioritariamente en regiones apartadas de los centros urbanos donde no se cuenta con tecnología de punta ni se dispone de suficiente energía. La carencia de técnicas convenientes para la distribución, el transporte, el almacenamiento y también la alta perecibilidad conduce a las grandes pérdidas que podrían ser reducidas procesando por métodos combinados. (Nassu et al., 2001)

Los factores utilizados por esta tecnología se han seleccionado para obtener productos de alta calidad y de características similares a las frutas frescas (Villanueva, 2006); ya que evitan la aplicación de un solo factor de conservación en forma severa con la consiguiente mejora en la calidad organoléptica y nutricional del alimento (Alzamora, 1997), no requiere de un equipamiento especializado, el empleo de energía es mínimo para su



procesamiento y no se necesita energía para su almacenamiento, pues los productos son estables a temperatura ambiente. (Villanueva, 2006)

El proceso aplicado a frutas se basa en la combinación de un tratamiento térmico suave, una ligera reducción de la aw, descenso de pH y adición de niveles permitidos de agentes antimicrobianos, en un proceso de estabilización por equilibrio de trozos de fruta en el sistema jarabe-ácido-conservador en el caso de conservación en trozos de fruta y, en sistemas pulpa-conservador-soluto-ácido en el caso de pulpas. (Villanueva, 2006)

Las frutas procesadas por métodos combinados pueden ser consumidas como si fueran postres frescos o empleados en la formulación de otros alimentos, tales como jugos, néctares, ates, mermeladas, helados, yogurt etc. Tal es la importancia de la problemática como de las opciones de solución, los aspectos considerados para desarrollar tecnologías regionales, deben:

- a. Ser simple y no cara (independiente de la cadena de frío)
- b. Ser energéticamente eficiente
- c. Ser conveniente para el procesamiento “*in situ*”
- d. Evitar las pérdidas de las producciones estacionales
- e. Contribuir a la diversificación de las industrias locales
- f. Ayudar a reducir las pérdidas postcosecha
- g. Conservar las propiedades del producto fresco.

5. Frutas conservadas por métodos combinados.

Existe una amplia información acerca de frutas conservadas por métodos combinados, resultado de un proyecto multinacional que inició en 1991, llamado CYTED (ciencia y tecnología para el desarrollo) con el subprograma “***Bulk Preservation of Fruits by Combined Methods Technology***”. Donde se desarrollaron trabajos tanto con piezas como con pulpas de frutas. Los procesos de conservación se realizan combinando factores de inhibición y consiste en un escaldado de la fruta es decir, la exposición de las piezas de fruta a altas temperaturas durante unos pocos minutos, tiene como función principal destruir las enzimas que podrían deteriorar las hortalizas y las frutas, pero el escaldado tiene también el importante rol de reducir la carga microbiana inicial mediante la inactivación de microorganismos sensibles al calor (FAO, 2006).



Así se ha encontrado que el escaldado reduce la carga microbiana entre un 60 y un 99 por ciento (Villanueva, 2006), seguido de una depresión de la a_w ya sea por deshidratación osmótica o por adición de solutos en un intervalo de 0.94 a 0.98, pH de 3.0 a 4.1 (ajustado con ácido cítrico o fosfórico), 400 a 1000 ppm de sorbato de potasio o benzoato de sodio y generalmente 150 ppm de bisulfito de sodio. El procesamiento de algunas frutas (como pulpa de plátano) incluye un suave tratamiento térmico, después del empacado o un llenado en caliente (Villanueva, 2006).

6. Principales técnicas para la aplicación de métodos combinados.

La a_w puede manipularse al menos de tres maneras durante la preparación de FAH (frutas de alta humedad) y FHI (frutas de humedad intermedia)

- a) El agua se puede remover parcialmente por un proceso de deshidratación. Además del secado solar tradicional, el método más empleado por razones económicas y de simplicidad es el secado en aire caliente. (FAO, 2004)
- b) **Agregando soluto(s) adicional(es).** La impregnación de un soluto puede llevarse a cabo por infusión húmeda o por infusión seca. En la infusión húmeda las piezas de alimento se sumergen en una solución de agua y soluto de baja a_w mientras que en la infusión seca las piezas de alimento se mezclan directamente con el soluto en las proporciones requeridas.

Cuando productos sólidos ricos en agua, tales como frutas y hortalizas, se someten a infusión seca o húmeda, ocurren tres flujos simultáneamente:

- Un flujo de agua desde el producto al medio
- Un flujo de soluto desde el medio al producto
- Un flujo de los solutos propios del producto hacia el medio.

Este proceso es llamado «deshidratación osmótica» y permite impregnar no sólo el soluto usado para controlar la a_w sino también los agentes antimicrobianos y antipardecimiento deseados o cualquier otro soluto para mejorar la calidad nutricional y sensorial. Así, esta técnica permite simultáneamente la remoción de agua y la formulación directa del producto sin dañar su integridad estructural. (FAO, 2004)



Controlando los intercambios citados anteriormente, es posible lograr diferentes combinaciones de pérdida de agua y de ganancia de soluto, desde un simple proceso de deshidratación (con una pérdida de agua importante y sólo una ganancia de azúcares marginal) hasta un proceso de salado o de confitado (en el cual la penetración de soluto está favorecida y la remoción de agua es limitada). (FAO, 2004)

c) Por una 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 (le los pigmentos responsables del color.
- Una intensificación del sabor y del aroma naturales,
- Una mejor textura y una carga mayor del secadero.

Debido a la reducción de volumen y de peso. 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. (FAO, 2004)

7. Barreras utilizadas en el desarrollo de productos frutícolas autoestables

7.1 Escaldado

Los diferentes pasos preparatorios a los cuales las frutas frescas se someten en los procesos de producción de FAH y FHI tienen un claro impacto en la flora de la fruta fresca, ya que algunos procedimientos remueven o inactivan muchos de los microorganismos presentes, mientras que Otros podrían tener un efecto opuesto. Así, mientras que el lavado puede remover muchos de los organismos superficiales, algunas operaciones tales como pelado y cortado pueden causar daño en la célula exponiendo los fluidos tisulares internos al ambiente externo, proveyendo nuevas puertas de entrada de microorganismos y otros contaminantes. (FAO, 2004)

El escaldado, o sea la exposición de las piezas de fruta a altas temperaturas durante unos pocos minutos, es una operación de control crítica en el procesamiento de frutas autoestables. En métodos tradicionales de conservación, la función principal de este tratamiento es destruir las enzimas que podrían deteriorar las hortalizas y las frutas. Pero en estas técnicas de procesamiento mínimo, el escaldado tiene también el importante rol de reducir



la carga microbiana inicial mediante la inactivación de microorganismos sensibles al calor. (FAO, 2004)

Las temperaturas utilizadas son letales para las levaduras, la mayoría de los hongos y los microorganismos aeróbicos. Así se ha encontrado que el escaldado reduce la carga microbiana entre un 60 y un 99 por ciento. Además este tratamiento tiene un efecto sensibilizante sobre los microorganismos sobrevivientes, los que sí vuelven menos resistentes a los estreses impuestos por la reducción del pH y de a_w y por la presencia de sorbatos, sulfitos y otros antimicrobianos. (FAO, 2004)

7.2 Humectantes

La a_w disminuye cuando se aumenta la concentración de compuestos disueltos o solutos (denominados «humectantes»). La elección del humectante depende (de varios factores tales como capacidad para reducir la a_w , costo, solubilidad y características organolépticas del producto final. En la formulación de AHI se han utilizado tradicionalmente como humectantes soluciones de sal y de sacarosa. (FAO, 2004)

Más recientemente, los nuevos AHI utilizan otros solutos, como glicerol, fructosa, glucosa, jarabes de maíz, sorbitol, dextrosa, lactosa, etc. En el caso de frutas, la posibilidad de elección se reduce principalmente a azúcares, tales como glucosa, fructosa y sacarosa, y a algunos polioles como glicerol. También puede utilizarse un jugo de fruta concentrado como solución osmótica, obteniéndose un producto de origen totalmente frutícola. (FAO, 2004)

La clase y la concentración del humectante afectan significativamente los intercambios de agua y soluto durante la ósmosis, influenciando por lo tanto las características producto Final. Los azúcares de bajo peso molecular (glucosa, fructosa, sorbitol, etc.) favorecen la ganancia de azúcar debido a la fácil penetración de las moléculas; así el principal efecto del proceso va a ser un enriquecimiento en sólidos en lugar de una deshidratación. Por el contrario, solutos de alto peso molecular favorecen la pérdida de agua frente a la ganancia de sólidos, resultando en un producto con bajo contenido de soluto. (Villanueva, 2006)

7.3 Antimicrobianos

El ácido sórbico, el ácido benzoico y los compuestos sulfitados son los antimicrobianos más comunes utilizados en la formulación de las FAH y FHI.



Se usan principalmente para inhibir el crecimiento de hongos y levaduras. La acción de estos conservadores depende fuertemente del pH, siendo más activos contra los microorganismos en los alimentos ácidos. (Villanueva, 2006)

En particular, el efecto antimicrobiano de los ácidos débiles se debe parcialmente a su influencia en el pH del alimento y parcialmente al efecto del ácido mismo atribuido a la forma no dissociada del ácido. Este permea la membrana celular actuando como transportador de protones. (Villanueva, 2006)

El ácido sórbico se degrada apreciablemente en función del tiempo, la temperatura y el pH durante el almacenamiento de las frutas conservadas, perdiendo su efectividad como obstáculo. (FAO, 2006)

Por ejemplo, después de cuatro meses de almacenamiento a 27 °C, la destrucción del ácido sórbico es de aproximadamente 40 por ciento en ananá y en durazno de alta humedad. (FAO, 2006) Los sulfitos (dióxido de azufre, metabisulfito de sodio, sulfito de sodio y de potasio, bisulfito de potasio o de sodio y metabisulfito de potasio) tienen varias funciones.

Previenen las reacciones de oxidación como así también las reacciones de pardeamiento enzimático y no enzimático; actúan como agentes blanqueadores y estabilizantes de color; estabilizan el ácido ascórbico y actúan como antibacterianos y antimicóticos.

En las FAH y FHI, los sulfitos se usan en cantidades muy bajas principalmente para inhibir el pardeamiento no enzimático y para prevenir el crecimiento de hongos y levaduras, ya que el crecimiento bacteriano está inhibido por la interacción a_w - pH y las enzimas son inactivadas por el escaldado.

La concentración de sulfito disminuye durante el almacenamiento de estos productos, aún más rápido y más completamente que los sorbatos, disminuyendo su efectividad como barrera para el crecimiento fúngico y para el pardeamiento no enzimático. (FAO, 2004)



7.4 Acidulantes

El pH es uno de los más importantes factores de estrés en las FHI y FAH, ya que determina el tipo de organismo que puede proliferar y su velocidad de crecimiento, la actividad de los conservadores y la estabilidad (de muchas vitaminas). En general el pH de la fruta conservada debe ser tan bajo como su palatabilidad lo permita. Afortunadamente, las Frutas pueden tolerar reducciones significativas de pH sin alteración de su gusto y aroma. (FAO, 2004)

El pH de las FAH y FHI se controla a un valor cercano al de la fruta fresca o, en caso de frutas con mayor pH, éste se ajusta a valores menores (requeridos para lograr la estabilidad microbiológica) mediante el agregado de un acidulante a la solución osmótica o directamente a la fruta. (FAO, 2004)

La elección de un acidulante depende principalmente del tipo de fruta, costo, balance azúcar/acidez, etc. Los ácidos más utilizados para ajustar la acidez de las frutas conservadas por métodos combinados son el cítrico y el Fosfórico, debido a su bajo precio y a su compatibilidad sensorial.

El ácido cítrico también previene el pardeamiento enzimático, ya que inhibe la polifenoloxidasas reduciendo el pH y secuestrando el cobre en el sitio activo de la enzima. (FAO, 2004)



8. METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación es de tipo experimental a nivel de planta piloto.

La parte experimental para el estudio de la conservación de la pitahaya por métodos combinados se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio “Mauricio Díaz Muller” FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS, UNAN-León.

Caracterización de la pulpa

Para caracterizar la materia prima se contó con una muestra de 255 unidades de pitahaya (*hylocereus sp.*) que totalizaron 15 ensayos, correspondiendo 17 unidades a cada uno. La caracterización consistió en la determinación de PH, actividad acuosa, porcentaje de sólidos solubles y características organolépticas.

El pH se midió utilizando un potenciómetro calibrado marca Hanna instrument (modelo pH ept H198108).

La determinación de sólidos solubles se realizó utilizando un refractómetro digital marca Vista (modelo MTD- 045 nD) a 25 ° C.

La actividad de agua (aw) se determinó empleando un medidor de actividad de agua Decagon modelo Paw Kit y siguiendo el manual del equipo.

La determinación de las características organolépticas (color, olor, textura, sabor) se realizó por método visual, olfativo, táctil y gustativo.

Aplicación de métodos combinados (infusión Húmeda e Infusión seca) en la pulpa de pitahaya (*Hylocereus sp.*)

Para la aplicación de los métodos combinados se utilizaron dos técnicas: infusión húmeda; la cual consistió en la inmersión de trozos de pulpa en una solución acuosa concentrada (sacarosa y aditivos) e infusión seca la cual se realizó de dos maneras: la pulpa en trozos y en puré mezclados de manera directa con azúcar y aditivos.



Para ambas técnicas de aplicación de métodos combinados se seleccionaron obstáculos o barreras de conservación los cuales fueron: un tratamiento térmico suave (Escaldado), una leve reducción de la actividad de aw (adición de soluto), control de pH a un valor bajo y la utilización de agentes antimicrobianos y antipardeamientos; la concentración de las tres últimas barreras se varió tomando en cuenta los resultados de cada ensayo. Las operaciones unitarias necesarias para la aplicación de los métodos combinados fueron las siguientes.

1. Selección de la materia prima

La materia prima utilizada fué fruta de pitahaya (*Hylocereus sp.*) de la variedad cebrá la cual fué adquirida en el mercado La Terminal de la ciudad de León- Nicaragua y trasladado a la planta piloto Mauricio Díaz Müller de la Unan-León. Las frutas fueron seleccionadas en el lugar de compra de acuerdo a las características físicas: grado de madurez y apariencia; realizando una inspección de manera manual y visual para asegurarse de que la materia prima se encontrara en las condiciones adecuadas para su posterior utilización.

2. Lavado y pelado

Con la finalidad de eliminar materia extraña (tierra, basura, hojas u otros) las frutas fueron lavadas por inmersión en agua y luego se pelaron con el objetivo de separar la cáscara de la pulpa.

3. Pesado y cortado

Esta operación se llevó a cabo con el objetivo de conocer la cantidad de pulpa que entra a proceso y formular en base al peso obtenido. El cortado de la fruta se realizó en cuadros de 3 x 3 cm. (ancho y largo) aproximadamente.

4. Escaldado

El escaldado se realizó de dos maneras por inmersión en agua en ebullición (100 °C) y por vapor saturado ambos por un minuto.



5. Formulación

Para la formulación se utilizaron ecuaciones sugeridas por la FAO en su manual técnico de capacitación “conservación de frutas y Hortalizas mediante tecnologías combinadas las cuales son las siguientes:

$$(1) A_w \text{ azúcar} = a_w \text{ fruta conservada} \times a_w \text{ fruta.}$$

$$(2) W_F = MCF * MF$$

$$(3) CE = \text{g glucosa/g agua}$$

Infusión Húmeda

$$(4) CS = \text{g de azúcar / g agua}$$

$$(5) WSO = CE/CS * CE * WF$$

$$(6) MS = CS * WSO$$

$$(7) MKS = CKS (MF * MS * WSO)$$

$$(8) MSB = CSB (MF * MS)$$

Infusión Seca

$$(4) MS = CE * WF$$

$$(5) MKS = CKS (MF + MS)$$

$$(6) MSB = CSB (MF * MS)$$

En la infusión húmeda se utiliza agua para la preparación del jarabe a una concentración de 40 % de sólidos soluble.

8. Preparación de las infusiones.

Para la preparación de las infusiones húmedas la pulpa se utilizó en trozos y para las infusiones secas en trozos y puré. Posteriormente, se pesó la cantidad de insumos a formular según cálculos (agua, azúcar, sorbato de potasio, bisulfito de sodio, ácido cítrico y ácido ascórbico). Para la infusión húmeda se colocaron los trozos de frutas en una solución acuosa concentrada de azúcar y aditivos.

En la infusión seca se realizó una mezcla de trozos de frutas con el azúcar y aditivos de manera directa en las proporciones requeridas. Así mismo se preparó puré de pitahaya (fruta licuada) que se mezcló con azúcar y aditivos.

9. Envasado y Almacenado

Una vez preparadas las infusiones se procedió a su almacenamiento en recipientes de acero inoxidable y alcanzado el equilibrio osmótico se envasó



en frascos translúcidos de polietileno de alta densidad y se guardaron a temperatura ambiente.

Identificación del efecto de la conservación por métodos combinados tomando en consideración las barreras aplicadas.

Se identificó el efecto de la conservación de la pulpa de pitahaya por métodos combinados a través de la realización de análisis en el producto final para conocer el comportamiento que presentaba durante su almacenamiento. Se tomaron como parámetros las características físico-químicas (pH, °Brix, aw) y características organolépticas (sabor, olor, color, textura). Los análisis se realizaron con la siguiente frecuencia: a los primeros tres ensayos a los 4, 5,6 y 7 días de estar almacenados, al cuarto, quinto y sexto ensayo se analizaron durante los primeros cuatro días de almacenamiento, los posteriores ensayos se analizaron a los 8 y 12 días de procesado el producto. El producto de los quince ensayos realizados se analizó a los cien días de almacenamiento.

Seleccionar el método (infusión seca-infusión húmeda) que conserven las características físico-químicas y organolépticas de la pulpa de pitahaya procesada.

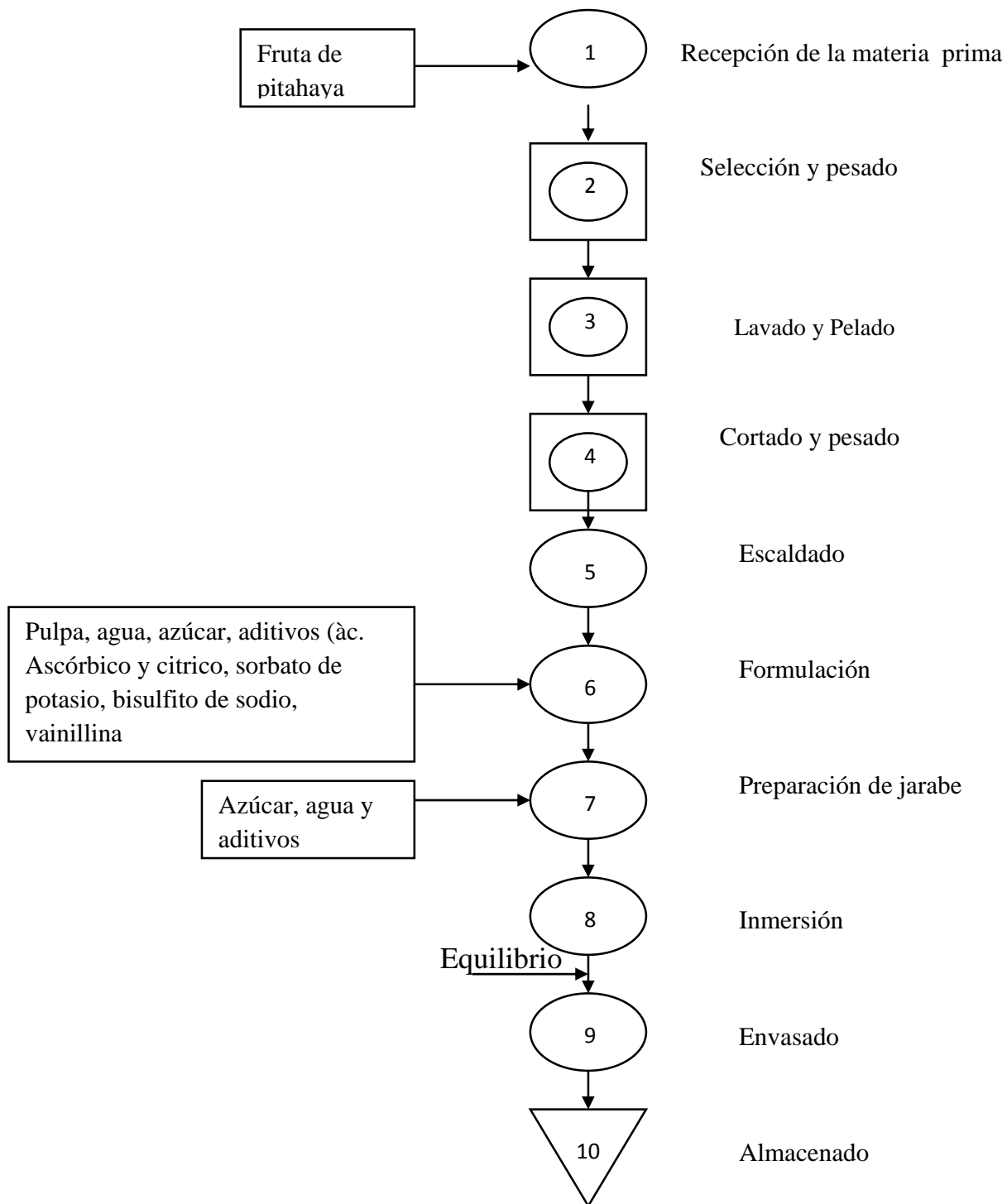
Los criterios para seleccionar el método con mejores resultados para la conservación de la pulpa de pitahaya fueron: la estabilidad de las características físico-químicas y organolépticas. Los resultados obtenidos de los análisis físico-químico del producto final y el comportamiento que presentó el producto envasado y almacenado se comparó con los valores que se pretendían alcanzar antes de realizar el estudio los cuales fueron: características físico-químicas (aw= 0.96; pH= 3.5-4.1; °Brix=30-35) características organolépticas estables referente a la fruta fresca.

Procesamiento de Datos

Los resultados obtenidos de la realización de análisis físico-químico de la materia prima (aw, brix, pH) y producto final (infusión húmeda e infusión seca) durante los primeros doce y cien días de almacenamiento fueron procesados en el programa Excel realizando gráficos de líneas a fin de favorecer el análisis de los resultados.

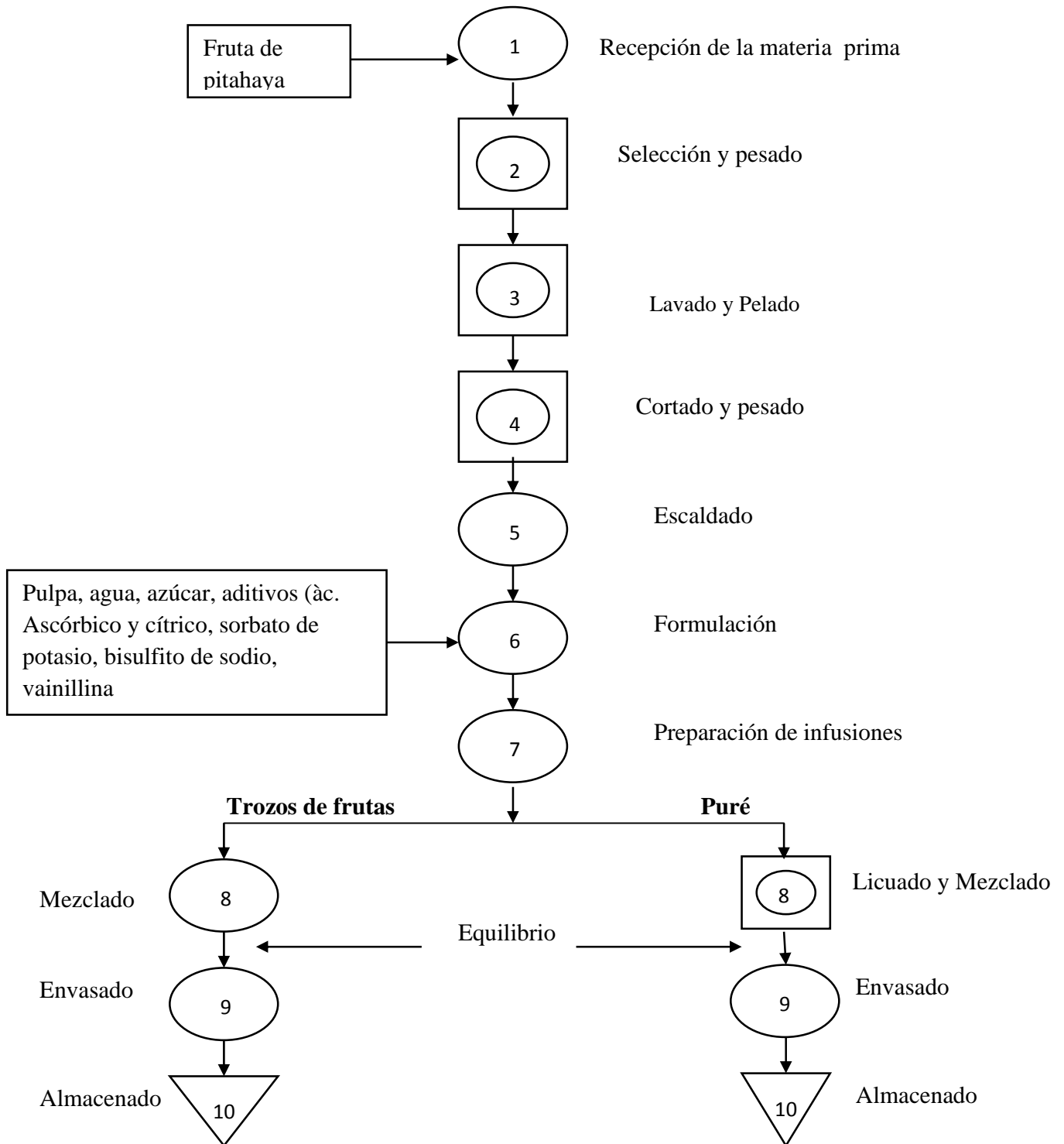


Flujograma de proceso para la aplicación de métodos combinados en la pulpa de pitahaya. (Infusión Húmeda).




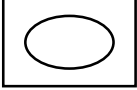
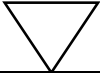



Flujograma de proceso para la aplicación de métodos combinados en la pulpa de pitahaya. (Infusión seca).





LEYENDA.

	Operación
	Realización simultánea de dos operaciones
	Almacenamiento
	Indicación de flujo de proceso



La operacionalización de las variables para la aplicación de métodos combinados (infusión húmeda e infusión seca) a la pulpa de pitahaya (Hylocereus sp.) que se siguió fue la siguiente.

Operación	Variable	Concepto	Tipo de variable	Unidades de medida	Instrumento de medida	Valor de la variable
Caracterización de la materia prima	Concentración de sólidos soluble.	Es el contenido de sólidos solubles que se determina con el índice de refracción	Numérica discontinua	° Brix	Refractómetro digital	10-13
	Actividad de agua	Es una medida de la cantidad de agua disponible de un alimento.	Numérica discontinua	aw	Paw kit	0.99-1.0
	Concentración de iones hidrogeno	Es el logaritmo natural del recíproco o inverso de la concentración de iones hidrogeno.	Numérica discontinua	pH	pH metro digital	4.0-4.3
Operaciones unitarias	Temperatura	Estado térmico del proceso de escaldado	Numérica continua	°C	Termómetro	100
	Tiempo	Es lo que dura el fenómeno para conservar las características durante: Escaldado	Numérica continua	min.	Cronometro manual	1
Producto final	Concentración de sólidos soluble	Es el contenido de sólidos solubles que se determina con el índice de refracción	Numérica discontinua	° Brix	Refractómetro digital	30-33
		Es una medida	Numérica			



(caracterización físico-química)	Actividad de agua	de la cantidad de agua disponible de un alimento.	discontinua	aw	Paw kit	0.96-0.97
	Concentración de iones hidrogeno	Es el logaritmo natural del recíproco o inverso de la concentración de iones hidrogeno.	Numérica discontinua	pH	pH metro digital	3.3-3.5
Producto final (caracterización organoléptica)	Olor	Es la percepción de las sustancias volátiles del producto.	Nominal	-----	Método olfativo	Característico a la fruta
	Sabor	Son las sustancias percibidas por el gusto.	Nominal	-----	Método gustativo	Dulce
	Color	Son los pigmentos que caracterizan cada producto.	Nominal	-----	Método visual	Rojo vino
	Textura	Es la consistencia de un producto.	Nominal	-----	Pruebas de degustación	Viscosa



9. DISCUSION DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la caracterización de pulpa fresca de pitahaya (*Hylocereus sp.*) de la especie cebrá fueron los siguientes:

Características físico-químicas.

En los 15 ensayos realizados, la actividad de agua (a_w) se mantuvo en un rango de 0,99-1,0. (Ver anexo 1, Tabla 1; anexo 2, grafico 1). Estos resultados permiten colocar a la pulpa de pitahaya en el grupo de frutas con actividad de agua (a_w) mayor que 0,98; susceptible al deterioro causados por microorganismos y reacciones bioquímicas. Así mismo la pulpa registró un rango de pH entre 4,0 – 4,4 obteniendo un promedio de 4,18 (ver anexo 1, tabla 4; anexo 2, grafico 1.1).

En el anexo 1 tabla 3 se presentan valores de pH de frutas tropicales y subtropicales que sirven de referencia para ubicar a la pulpa de pitahaya entre los intervalos de pH de la papaya y chicozapote que son frutas no ácidas.

La concentración de sólidos solubles (°brix) presentados por la pulpa se mantuvo en 10,4 a 13,4 con un promedio de 13,4 (ver anexo 1, tabla 4; anexo 2, gráfico 1.2). Se conoce que la pitahaya no es una fruta dulce sino que requiere de otros medios para acentuar su sabor.

La pulpa presentó un olor, un sabor (simple) y textura (firme) característico a la fruta, en tanto el color varió de rojo púrpura a rojo vino, estas características sirven de referencia para observar los cambios que sufre la pulpa durante el proceso de conservación.

Las diferencias encontradas en los resultados de los análisis realizados en la fruta en los distintos ensayos se deben al grado de madurez de las pitahayas utilizadas.

Aplicación de métodos combinados para la conservación de la pulpa de pitahaya (*Hylocereus sp.*).

Este proceso es una aplicación de los procedimientos estipulados por la FAO en su manual técnico de capacitación acerca de la “**Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas**”.



En los 15 ensayos realizados empleando las mismas técnicas de conservación: infusión húmeda e infusión seca resultó ser de fácil aplicación, accesible y una técnica sencilla. Para dichas técnicas los obstáculos de conservación (escaldado, reducción de la actividad agua y pH, utilización de agentes antimicrobianos y antipardeamiento) se emplearon con el objeto de crear un ambiente hostil para los microorganismos y así mismo evitar cambios bioquímicos indeseables; el escaldado de la pulpa se realizó con el objetivo principal de reducir carga microbiana inicial mediante la inactivación de microorganismos sensibles al calor, la reducción de la actividad de agua hasta 0,96 tiene la finalidad de inhibir el crecimiento de la bacterias de deterioro mas comunes, ya que la actividad de agua óptima para el crecimiento de la mayor parte de microorganismos es de 0,98-0,99. La reducción del pH hasta 3.5 se llevó a cabo con el fin de evitar el crecimiento de bacterias patógenas aunque otros tipos de microorganismos como mohos y levaduras crecen a estos rangos de pH ya que tienen una gran habilidad para tolerar actividad de agua y pH reducidos, por lo que se requiere la incorporación de antifúngicos o conservantes como sorbato de potasio en cantidades moderadas (400-1000 ppm) dicha cantidad varió a medida que se realizaban los ensayos. (**Ver anexo 1, Tabla N° 5**)

La acción conjunta del sorbato de potasio con la adición de ácido ascórbico garantiza al producto un medio de conservación. A fines de inhibir o retardar las reacciones de pardeamiento no enzimático se utilizaron sulfitos en muy baja concentración (150 ppm), el cual fue eliminado por los efectos provocados en la pulpa. (**Ver anexo 1, Tabla N° 5**)

Se utilizaron simultáneamente diferentes barreras para retrasar o prevenir el crecimiento microbiano en el producto y las reacciones de deterioro.

Durante los procedimientos y formulaciones utilizados para la preparación de las infusiones de los 15 ensayos no se varió la cantidad de materia prima e insumos a utilizar, no así la aplicación del tratamiento térmico y las concentraciones de los aditivos empleados para la conservación del producto cuyas cantidades variaron a fin de identificar la menor concentración de aditivo a adicionar para conservar el producto.

En los primeros seis ensayos el escaldado se realizó con vapor saturado y en los nueve ensayos restantes se realizó por inmersión en agua en ebullición ambos procesos duraron el mismo tiempo (1 minuto). Cabe mencionar que por falta de vapor en la tubería al momento de los ensayos se tuvo que trabajar por inmersión en ebullición.



La concentración de aditivos fue la siguiente: en los primeros 3 ensayos la concentración de sorbato de potasio, bisulfito de sodio utilizada para la infusión húmeda y seca (trozos de frutas) fue la misma (1000 ppm) en cambio en la infusión seca (puré) no se utilizó sorbato de potasio, ni sulfito de sodio, pero sin vainillina a una concentración de 3000 ppm. En los siguientes 3 ensayos no se utilizó bisulfito de sodio ni vainillina pero la concentración de sorbato de potasio utilizada para las infusiones húmeda y seca (trozos de frutas) fue de 800 ppm en cambio para la infusión seca (puré) fue de 1000 ppm. Las formulaciones aplicadas en las infusiones son las establecidas por FAO en el manual de referencia. **(Ver anexo 1, tabla 5; anexo 2, gráfico 2,2.1)**

En los nueve ensayos restantes al igual que los ensayos 4,5 y 6 no se utilizó bisulfito de sodio ni vainillina y la concentración de sorbato fue de 500 ppm para ambas infusiones.

En los 15 ensayos se llevó a cabo un monitoreo de las variables de importancia según las barreras utilizadas (actividad acuosa, pH, Brix, color, olor, sabor y textura). En el caso de las infusiones húmeda y seca (trozos de frutas) el análisis de las variables en cuestión correspondió tanto a la fruta como al líquido. Dichos análisis se realizaron a los días 4, 5, 6,7 para los primeros tres ensayos, para los siguientes tres ensayos los llevaron a cabo los primeros cuatro días y para los últimos nueve ensayos a los días 8 y 12.

Identificación del efecto de la conservación por métodos combinados tomando en consideración las barreras aplicadas

Los resultados obtenidos son los que se presentan a continuación:

Ensayos I, II, III

Durante los primeros siete días de almacenamiento el pH presentado por la pulpa estuvo entre 3.9 y 4.2 similar al de la fruta fresca, en estos ensayos solo se observó una leve reducción del pH debido al descenso de la actividad de agua. **(Ver anexo 1, tabla 6)**

En la infusión húmeda del ensayo N° 1 se presenta un equilibrio osmótico entre la fruta y el líquido a los 7 días de almacenamiento el cual se manifiesta en el resultado de los análisis de sólidos solubles, en cambio en los ensayos N°2 y 3 no se logra alcanzar el equilibrio. **(Ver anexo 1, tabla 7, anexo 2, gráfico 3, 4, 5).**



En la infusión seca con trozos de fruta el equilibrio osmótico sólo es alcanzado en el ensayo N°2 a los siete días de almacenamiento con una concentración de sólidos solubles (°brix) de 31,5; caso contrario el de los ensayos N°1 y 3 en los cuales no se observa un equilibrio osmótico. **(Ver anexo 1, tabla 7; anexo 2 gráficos 3.1, 4.1 y 5.1).**

En el puré se registra una concentración de sólidos solubles (°brix) en un rango de 31.3 a 32.8, a diferencia de la infusión seca (trozos de frutas), esta técnica presenta más ventajas para alcanzar el equilibrio ya que hay un mayor contacto entre el soluto y la pulpa. **(Ver anexo 1, tabla 7).**

La utilización de sorbato de potasio (1000 ppm) con la acción conjunta del ácido ascórbico provee un medio de conservación garantizando la estabilidad de los productos. El bisulfito de sodio (150 ppm) utilizado en la infusión húmeda y seca (trozos de frutas) y la vainillina (3000 ppm) utilizada en la infusión seca (puré), confirieron a los productos un olor extraño y desagradable.

En el color se presentó un color pardo producto de una oxidación parcial resultado de la exposición de los pigmentos de la pitahaya (betalinas) a la luz, por la utilización inadecuada de envases translúcidos.

La vainillina como saborizante y antimicrobiano y el bisulfito de sodio recomendado para evitar el pardeamiento enzimático en frutas a como lo señala el manual de FAO no proporciona características de olor y sabor agradable en la pitahaya para ser conservada por métodos combinados, por lo cual no se continuó utilizando en los ensayos posteriores. **(Ver anexo 1, tabla 5, anexo 2, graficos 2,2.1).**

La textura de la fruta se mantuvo firme, pero la consistencia resultó viscosa a consecuencia del mucílago que recubre las semillas que retiene agua presentando este tipo de consistencia. El color fué rojo purpura, este se debe a la presencia de betalaínas, que es el pigmento que predomina en la pitahaya y que la hace ver tan llamativa.

A los cien días de almacenamiento el pH se mantuvo entre 4,0 y 4,4 manteniéndose en los valores presentados por la fruta fresca. **(Ver anexo 1, tabla 8; anexo 2 gráficos 10).**

En los ensayos donde no se alcanzó el equilibrio osmótico (ensayo 2 y 3 de la infusión húmeda; ensayos 1 y 3 de la infusión seca) pudo estar influenciado por factores internos de la pulpa los cuales impidieron la realización de un



buen proceso osmótico. Aunque el equilibrio por ósmosis no se haya alcanzado la pulpa registró una leve reducción de actividad de agua (0,96) como consecuencia de la remoción de agua de la fruta por la impregnación de soluto.

En esta investigación el objetivo principal no es alcanzar el equilibrio osmótico sino el lograr la disminución de la actividad de agua por medio de la deshidratación osmótica, ya que la fruta aumenta la proporción de sólidos en su interior lo que se ve reflejado en las diferencias de concentraciones presentadas por la pulpa fresca y por la pulpa concentrada. **(Ver anexo 1, tabla 4, 7, anexo 2, gráfico 9).**

Con respecto a las características organolépticas presentadas en estos ensayos en comparación con las presentadas por el producto a los siete días de almacenamiento la única variante observada fue el aumento de la viscosidad.

Ensayos IV, V; VI.

Durante los primeros cuatro días de almacenamiento el pH presentado por la pulpa osciló entre 3.2 y 4.0, esta cifra es menor que la presentada en los ensayos anteriores esto se debe a la adición de ácido cítrico. **(Ver anexo 1, tabla 6).**

Este pH bajo junto con la naturaleza de los ácidos orgánicos que contiene la pitahaya hace que normalmente se inhiba el crecimiento de bacterias a excepción de las ácido lácticas. Los hongos y las levaduras son los microorganismos que pueden presentarse en la pulpa durante su almacenamiento por contar con las condiciones adecuadas para su crecimiento y desarrollo. (Badui, 1998)

En el caso de la concentración de sólidos solubles (°brix) para la infusión húmeda en ninguno de los tres ensayos se alcanza un equilibrio osmótico entre la fruta y el líquido, a diferencia de las infusiones secas en las que si se logra alcanzar el equilibrio. **(Ver anexo 1, tabla 7, anexo 2, grafico 6,6.1, 7,7.1, 8,8.1).**

Aunque las dos técnicas presenten comportamiento distinto en sus concentraciones de sólidos solubles se logra la reducción de la actividad de agua hasta 0,96. tal comportamiento en la actividad de agua cuando se emplean solutos como la sacarosa se debe a la hidrólisis química o enzimática. Dicha reacción fragmenta la sacarosa en sus monómeros respectivos fructosa y glucosa. La hidrólisis modifica la actividad de agua debido a la gran capacidad



de la fructosa y glucosa de reducir la misma. Esta hidrólisis se debió al bajo pH de la pulpa lo cual provocó la inversión. **(FAO, 2004).**

Se realizó una disminución de la concentración de sorbato de potasio a 800 ppm pero su efecto conservante se mantuvo ya que el producto no presentó señal de deterioro. El uso de sorbato a esta concentración ayuda a prevenir la proliferación de aquellos microorganismos que el pH no logra inhibir. **(Ver anexo 1, tabla 5, gráfico 2).**

En cuanto a las características organolépticas presentadas en el producto en los primeros cuatro días no se observaron cambios ya que el olor, sabor (simple) y textura (firme) presentados fueron característicos de la fruta y el color fue un rojo intenso.

A los cien días de almacenamiento en los quince ensayos realizados la pulpa presentó un pH entre 3.5 y 3.7 como resultado de su estandarización con ácido cítrico, sin presentar cambios con respecto al pH presentado a los primeros 4 días de almacenamiento. **(Ver anexo 1, tabla 8)**

En la concentración de sólidos solubles (°brix) para la infusión húmeda se alcanza el equilibrio osmótico para ambas infusiones. **(Ver anexo 1, tabla 8, anexo 2, gráfico 11, 12,13)**

La actividad de agua se mantuvo en 0.96, una ligera reducción de la a_w disminuye el rango de pH que permite el crecimiento de la mayoría de las bacterias de interés en la conservación de fruta. (FAO, 2004)

Las características organolépticas presentadas en estos ensayos fueron las siguientes: un olor característico a la fruta, sabor dulce, textura firme para los trozos de frutas y una consistencia viscosa para el líquido, el color presentado fue rojo vino.

En estos ensayos los factores de conservación utilizados permitieron obtener productos de alta calidad organoléptica y características similares a las frutas frescas.

Ensayos VII al XV

En los primeros doce días de almacenamiento el pH de la pulpa de pitahaya osciló entre 3.1 y 3.6, esta reducción de pH comparada con los ensayos anteriores se logró obtener valores de pH más bajos, lo que da la posibilidad a la proliferación de microorganismos resistentes a este medio. **(Ver anexo 1, tabla 6)**



En el caso de la concentración de sólidos solubles para ambas infusiones no se logra alcanzar el equilibrio osmótico, pero sí se da una disminución de la actividad de agua hasta 0.96 lo que indica que se realiza un proceso de ósmosis.

Se realizó una disminución de la concentración de sorbato de potasio a 500 ppm con el objetivo de determinar la concentración mínima de este conservante. **(Ver anexo 1, tabla 5, anexo 2, gráfico 2,2.1)**

En cuanto a las características organolépticas presentadas en el producto en los primeros doce días no se observaron cambios, presentando un olor característico a la fruta, sabor dulce, textura firme y color rojo vino.

En estos ensayos no se pudo realizar análisis de los productos a los cien días de almacenamiento ya que fueron eliminados por presentar deterioro causado por dos factores: el pH bajo y la baja concentración de conservante, ya que los bajos valores de pH presentados en estos ensayos permitieron la proliferación de microorganismos resistentes a este medio. El producto presentó un crecimiento superficial de mohos y fermentación causada por la acción de levaduras ya que estos microorganismos crecen a pH de 1.5 a 9.0.

Selección del método (infusión seca-infusión húmeda) que conserven las características físico-químicas y organolépticas de la pulpa de pitahaya procesada.

Los resultados de la selección de la técnica que conservara el producto con características físico-químicas y organolépticas estables, muestran en los ensayos IV, V Y VI, una reducción de la actividad de agua hasta 0,96, un pH en un rango de 3,5 – 4,1, Sorbato de potasio a 800 ppm, olor característico a la fruta, sabor dulce, textura firme, color rojo vino. **(Ver anexo1, Tabla N° 8,9)**

Concordando con los rangos de los principales factores usados en frutas por métodos combinados estipulados por la FAO en su “Manual de conservación de frutas y hortalizas por tecnologías combinadas”.

En cuanto a la técnica de conservación que mantuvo las características físico-químicas y organolépticas estable es la infusión seca en sus dos presentaciones.



10. CONCLUSION

Los resultados promedios de la caracterización de la pulpa de pitahaya (*Hylocereus sp*) fueron los siguientes: pH = 4,18, contenido de sólidos solubles (°Brix)=13,4, actividad acuosa de (aw)=0.998 y sus características organolépticas; olor y sabor característico a la fruta, el color va de rojo vino a púrpura y textura firme.

La aplicación de los métodos combinados (infusión húmeda e infusión seca) utilizando simultáneamente diferentes barreras conserva las características físico-químicas y organolépticas del producto.

Se identificó el efecto de la conservación de la pulpa de pitahaya por métodos combinados a través de la realización de análisis en el producto final para conocer el comportamiento que presentaba el producto durante su almacenamiento.

La técnica de conservación que mantuvo las características físico-químicas y organolépticas estables es la infusión seca en sus dos presentaciones.



11. RECOMENDACIONES

- Realizar análisis microbiológico del producto haciendo énfasis en el crecimiento de hongos y levaduras.

- Realizar un estudio de evaluación sensorial para conocer el grado de aceptabilidad que tendría la pulpa de pitahaya conservada por métodos combinados.

- Realizar un análisis proximal completo tanto de la pulpa fresca como de la pulpa tratada con métodos combinados.

- Realizar estudio de vida útil del producto que considere las condiciones de almacenamiento.



12. Bibliografía

Acosta Gómez Luz María. (2000). Fermentación Microbiana de la Pulpa de Pitaya (*Stenocereus queretaroensis*) para la Liberación del Pigmento Hidrosoluble, Universidad Autónoma Chapingo. p 26-35

Anónimo. (2005). Frutas de Nicaragua (consultado 15 de junio del 2008) Disponible en la World Wide:
http://www.vialnica.com/document/GAMA_cdr.asp?url_filedocrep/005/j3778/y3778105.htm.

Alzamora Stella Maris. (1997). Alimentos conservados por factores combinados. En José Miguel Aguilera (Ed.) Temas en tecnología de alimentos. p 45. CYTED vol. 1 Instituto politécnico Nacional. México.

Badui, Dergal Salvador. (1993). Química de los Alimentos. Editorial Pearson Educación, 3a Ed. México. 377 – 405.

Belitz H.B. y Grosch W. (1997). Química de los alimentos. p 861,285, 870,873 segunda edición. ACRIBIA, S.A. España..

Barbosa-Cánovas Gustavo V. y Colaboradores (2000). Deshidratación de alimentos. ACRIBIA S.A. España. P 54

Casp Vanaclocha Ana y Colaboradores (1998). Procesos de conservación de alimentos. p 36. Mundi- Prensa. España. (Consultado 10 de Junio de 2008) disponible en la World Wide:
http://cecaedesu.semarnat.gob.mx/biblioteca_digital/alimentos_naturaleza/alimentos_naturaleza_03.shtml

Dávila Prado, I. (2005). Jugo clarificado de pitahaya obtenido por microfiltración tangencial. Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae. Ciudad Universitaria “Rodrigo Facio” Costa Rica. p 10-21

FAO. (2004). Food Agriculture Organization. Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas. Manual de Capacitación.

FAO. (2006). Food Agriculture Organization. Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas. Manual de Capacitación. [Consultado 13 de marzo de 2006] Disponible en la World Wide:



http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/008/y5771s/y5771s02.htm

Fennema Owen R. (1993). Química de los alimentos. Acribia S.A. Cáp. 8. 222, 640, 641, 648, 650, 653, 655.

García Hernández Silvia C. (2000). Establecimiento de las condiciones de extracción, valoración, estabilidad y efectividad, del pigmento proveniente de pitaya (*Stenocereus queretaroensis*) para su aplicación como posible colorante alimentario. Tesis de Licenciatura. Departamento de Farmacobiología. Universidad de Guadalajara

Hernández Pérez Héctor. (1996). Identificación de Pigmentos en Cultivos en Suspensión de Pitaya (*Stenocereus queretaroensis*). Webwer Buxbaum, 92. F.Q. (UADY) Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Yucatán.

Lugo Cervantes Eugenia del Carmen. (1998). "Aprovechamiento Integral del Chile (*Capsicum annum*) y Pitaya (*Stenocereus queretaroensis*) para la Producción de Colorantes Naturales Rojos Sustituyentes de los Sintéticos. Cooperativa de productores de pitaya de Techaluta Jal. Y CIATEJ

Mandujano. R. (2006). Estudio preliminar de los pigmentos presentes en cáscara de pitahaya (*stenocereus stellatus*) de la región Mixteca. Tesis. Universidad tecnológica de la Mixteca. Facultad de Ingeniería de Alimentos. Huajuapán de León, Oaxaca. México. P 7-15

Nassu Tiekko Renata y Colaboradores (2001). Consumers' acceptance of fresh and combined methods processed melon, mango and cashew apple. *Rev. Bras. Frutic.* [Online] 23(3): 551-554 [consultado 01 Noviembre 2005], Disponible en la World Wide Web:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010029452001000300020&lng=es&nrm=iso.

OIRSA. (2004). Caracterización de finca productoras de pitahaya (*Hylocereus undatus* BRUTT & ROSE) en Nicaragua. Managua. P 72

Rosales, carmen, (2006); Estudio del cultivo de pitahaya en Nicaragua. Instituto Nicaragüense de tecnología agropecuaria. Managua. P 4-11

Villanueva-Cañongo C y Colaboradores (2004). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la chupandía (*Cyrtocarpa procera*) especie



nativa de la Mixteca Oaxaqueña. XXXV Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Septiembre de 2004. Acapulco Guerrero, México. Villanueva C. 2006.

Mandujano. R. (2006).Caracterización parcial y Evaluación de la Estabilidad de la pulpa del fruto de *Cyrtocarpa Procera* conservada por métodos combinados. Tesis. Universidad tecnológica de la Mixteca. Facultad de Ingeniería de Alimentos.Huajapan de León, Oaxaca. México. P 7-15.

Wiley Robert C. (1997). Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. p 266,269.ACRIBIA, S.A. España.



13. GLOSARIO

AHÍ: Alimentos de humedad intermedia con un rango de aw comprendida en el rango de 0,60-0,90 y 10-50% de humedad.

AAH: Alimentos de alta humedad con un rango de aw bien por encima de 0,90.

FHI: Frutas de humedad intermedia.

FHA: Frutas de alta humedad.

IH: Infusión húmeda, técnica de aplicación de métodos combinados que consiste primeramente en la preparación de un jarabe en el cual son sumergidos los trozos de frutas.

IS: Infusión seca, técnica de aplicación de métodos combinados que consiste n agregar directamente el soluto a los trozos de frutas.

CDG: Ciclodopa -5-o-glucòsido.

BA: Ácido Betalámico.

Eh: Potencial redox.

Aw: Actividad de agua de un alimento o bien es una medida de la cantidad de agua disponible de un alimento.

PH: Es el logaritmo natural del recíproco o inverso de la concentración de iones hidrogeno

WF: gramos de agua en la fruta fresca.

MCF: contenido de humedad de la fruta fresca.

MF: masa de la fruta.



CE: concentración de azúcar en la fruta en relación con el contenido de humedad.

CS: concentración a la cual se requiere llevar la solución.

WSO: cantidad de agua necesarios para la preparación de la solución.

MS: cantidad de azúcar necesarios para la preparación de la solución.

MKS: cantidad de sorbato de potasio a ser agregado al producto.

CKS: concentración de sorbato de potasio utilizada (expresada en ppm).

MSB: cantidad de bisulfito de sodio a ser agregado al producto.

CSB: concentración de bisulfito de sodio utilizada (expresada en ppm).



ANEXO 1 TABLAS



Tabla N° 3
Concentraciones de aditivos antimicrobianos utilizados.

Ensayos	Sustancias	Sorbato de potasio (ppm)	Bisulfito de sodio (ppm)	Vainillina (ppm)
E ₁	I.húmeda	1000	150	0
	I. Seca	1000	150	0
	Puré	0	0	3000
E ₂	I.húmeda	1000	150	0
	I. Seca	1000	150	0
	Puré	0	0	3000
E ₃	I.húmeda	1000	150	0
	I. Seca	1000	150	0
	Puré	0	0	3000
E ₄	I.húmeda	800	0	0
	I. Seca	800	0	0
	Puré	1000	0	0
E ₅	I.húmeda	800	0	0
	I. Seca	800	0	0
	Puré	1000	0	0
E ₆	I.húmeda	800	0	0
	I. Seca	800	0	0
	Puré	1000	0	0
E ₇	I.húmeda	500	0	0
	I. Seca	500	0	0
	Puré	500	0	0
E ₈	I.húmeda	500	0	0
	I. Seca	500	0	0
	Puré	500	0	0
E ₉	I.húmeda	500	0	0
	I. Seca	500	0	0
	Puré	500	0	0
E ₁₀	I.húmeda	500	0	0
	I. Seca	500	0	0
	Puré	500	0	0
E ₁₁	I.húmeda	500	0	0
	I. Seca	500	0	0
	Puré	500	0	0
E ₁₂	I.húmeda	500	0	0
	I. Seca	500	0	0
	Puré	500	0	0
	I.húmeda	500	0	0



E ₁₃	I. Seca	500	0	0
	Puré	500	0	0
E ₁₄	I.húmeda	500	0	0
	I. Seca	500	0	0
	Puré	500	0	0
E ₁₅	I.húmeda	500	0	0
	I. Seca	500	0	0
	Puré	500	0	0



Tabla N° 4
pH durante los primeros doce días de almacenamiento.

Ensayos	Días	Infusión Húmeda ``líquidos``	Infusión Húmeda ``fruta``	Infusión Seca ``líquido``	Infusión Seca ``fruta``	Infusión Seca ``Puré``
E ₁	4	4,3	4,2	4,1	4,2	3,9
	5	4,2	4,3	4,1	4,3	3,9
	6	4,3	4,2	4,2	4,5	-
	7	4,3	4,4	4,2	4,3	-
X		4,3	4,4	4,2	4,3	3,9
E ₂	4	4,3	4,2	4,1	4,2	3,9
	5	4,2	4,3	4,1	4,3	3,9
	6	4,3	4,2	4,2	4,5	-
	7	4,3	4,4	4,2	4,3	-
X		4,3	4,4	4,2	4,3	3,9
E ₃	4	4,3	4,2	4,1	4,2	3,9
	5	4,2	4,3	4,1	4,3	3,9
	6	4,3	4,2	4,2	4,5	-
	7	4,3	4,4	4,2	4,3	-
X		4,3	4,4	4,2	4,3	3,9
E ₄	1	3,4	3,7	3,8	3,8	3,6
	2	3,4	3,7	3,7	3,8	3,8
	3	3,6	3,6	3,6	3,2	3,8
	4	3,6	3,6	3,2	3,2	3,6
X		3,5	3,7	3,6	3,5	3,7
E ₅	1	3,4	3,2	3,5	3,8	3,6
	2	3,4	3,5	3,5	3,8	3,8
	3	3,9	3,6	3,6	3,6	3,8
	4	3,9	3,6	3,6	3,6	3,6
X		3,6	3,5	3,6	3,7	3,7
E ₆	1	3,4	4,0	4,0	3,8	3,6
	2	3,4	3,7	3,7	3,6	3,8
	3	3,6	3,6	3,6	3,6	3,8
	4	3,6	4,0	4,0	3,6	3,6



X		3,5	3,8	3,8	3,7	3,7
	8	3,25	3,9	3,3	3,7	3,5
E ₇	12	3,2	3,1	3,6	3,6	3,6
X		3,2	3,5	3,5	3,7	3,6
	8	3,25	3,9	3,3	3,7	3,5
E ₈	12	3,2	3,1	3,6	3,6	3,6
X		3,2	3,5	3,5	3,7	3,6
	8	3,25	3,9	3,3	3,7	3,5
E ₉	12	3,2	3,1	3,6	3,6	3,6
X		3,2	3,5	3,5	3,7	3,6
	3	3,2	3,9	3,3	3,7	3,5
E ₁₀	8	3,2	3,1	3,6	3,6	3,6
X		3,2	3,5	3,5	3,7	3,6
	3	3,2	3,9	3,3	3,7	3,5
E ₁₁	8	3,2	3,1	3,6	3,6	3,6
X		3,2	3,5	3,5	3,7	3,6
	3	3,2	3,9	3,3	3,7	3,5
E ₁₂	8	3,2	3,1	3,6	3,6	3,6
X		3,2	3,5	3,5	3,7	3,6
E ₁₃	8	3,2	3,6	3,6	3,7	3,5
X		3,2	3,6	3,6	3,7	3,5
E ₁₄	8	3,2	3,6	3,6	3,7	3,5
X		3,2	3,6	3,6	3,7	3,5
E ₁₅	8	3,2	3,6	3,6	3,7	3,5
X		3,2	3,6	3,6	3,7	3,5



Tabla N° 5
Concentración de sólidos solubles (°brix) durante los primeros 12 días de almacenamiento.

Ensayos	Días	Infusión Húmeda	Infusión Húmeda	Infusión Seca	Infusión Seca	Infusión seca
		“líquido”	“fruta”	“líquido”	“fruta”	
	4	30,4	26,3	32,8	30,4	32,2
E ₁	5	28,7	27,4	32,3	30,6	33,0
	6	29,3	28,2	32,1	31,5	30,0
	7	29,2	29,2	32,2	32,2	30,0
X		29,4	27,7	31,4	31,4	31,3
	4	30,4	26,3	32,8	30,4	32,2
E ₂	5	28,7	27,4	32,3	30,6	33,0
	6	29,0	27,8	31,6	31,5	33,0
	7	29,0	28,8	31,5	31,5	33,0
X		29,3	27,6	32,0	30,9	32,8
	4	30,4	26,3	32,8	30,4	32,2
E ₃	5	28,7	27,6	32,3	30,1	33,0
	6	28,7	28,1	32,3	31,5	33,0
	7	28,7	30,0	31,8	32,1	33,0
X		29,1	28	32,3	31,0	32,8
	1	36,7	29,1	32,8	30,8	33,1
E ₄	2	33,9	28,3	32,5	31,0	34,1
	3	33,5	34,3	32,3	32,0	33,8
	4	32,3	34,9	31,9	31,9	34,0
X		34,3	31,6	32,4	31,7	33,0
	1	33,4	26,4	32,2	29,9	34,0
	2	33,7	29,9	32,1	30,5	32,7
E ₅	3	33,6	31,9	32,0	30,8	34,2
	4	32,1	32,8	31,9	31,9	34,2
X		33,2	30,3	32,4	31,7	33,7
	1	35,9	30,7	31,5	32,9	33,7
	2	33,3	32,5	33,3	32,0	33,8
E ₆	3	33,6	32,6	32,7	32,7	34,0



	4	32,5	32,8	31,8	31,9	34,2
X		33,8	32,2	32,3	32,4	34,0
	8	29,7	28,0	34,9	33,5	31,7
<i>E₇</i>	12	28,8	29,0	34,2	35,0	33,8
X		29,3	28,5	34,5	34,3	32,7
	8	29,6	27,4	34,6	33,6	32,4
<i>E₈</i>	12	28,9	29,5	36,3	35,0	32,8
X		29,3	28,5	35,5	34,3	32,6
	8	29,5	27,7	34,4	33,6	31,8
<i>E₉</i>	12	28,9	29,8	34,5	35,0	32,1
X		29,1	35,3	35,2	34,1	34,1
	8	31,2	23,5	30,0	23,0	31,7
<i>E₁₀</i>	12	28,4	27,1	32,4	33,3	33,2
X		30,2	25,8	31,2	28,0	32,6
		31,6	33,7	35,3	22,9	31,9
<i>E₁₁</i>	8	28,8	27,3	32,4	33,3	33,9
X		30,2	30,5	33,8	28,1	33,5
	8	31,3	23,5	34,3	22,9	32,3
<i>E₁₂</i>	12	28,6	27,5	32,8	33,2	31,1
X		29,9	25,5	33,5	28,0	31,7
<i>E₁₃</i>	12	31,8	24,9	33,7	29,2	31,6
<i>E₁₄</i>	12	31,5	24,4	33,5	30,3	32,0
<i>E₁₅</i>	12	31,6	24,7	33,3	30,6	32,4



Tabla N° 6
Caracterización final de la pulpa de pitahaya a los cien días de almacenamiento.

Ensayos	Sustancia	aw	pH	°Brix fruta	°Brix líquido
E ₁	I.húmeda	0,96	4,3	30,5	29,5
	I. Seca	0,96	4,2	32,4	32,0
	Puré	0,96	4,1	32,2	-
E ₂	I.húmeda	0,96	4,2	32,5	29,5
	I. Seca	0,96	4,0	32,7	32,3
	Puré	0,96	4,1	32,2	-
E ₃	I.húmeda	0,96	4,2	30,5	29,5
	I. Seca	0,96	4,0	32,7	32,3
	Puré	0,96	4,1	32,2	-
E ₄	I.húmeda	0,96	3,7	33,4	32,9
	I. Seca	0,96	3,6	32,4	32,4
	Puré	0,96	3,7	33,7	-
E ₅	I.húmeda	0,96	3,7	33,4	32,9
	I. Seca	0,96	3,5	32,4	32,4
	Puré	0,96	3,6	33,7	-
E ₆	I.húmeda	0,96	3,6	33,4	32,9
	I. Seca	0,96	3,5	32,4	32,4
	Puré	0,96	3,7	33,7	-

Nota: Desde el ensayo 7 al 15 no se obtuvieron resultados por presentar deterioro.



Tabla N° 7
Caracterización organoléptica de la pulpa de pitahaya a los cien días de almacenamiento.

Ensayos	Sustancia	Color	Sabor	Olor	Textura y consistencia
E ₁	I.húmeda	Pardo	Dulce	Característico	Fruta firme y líquido viscoso.
	I. Seca	Púrpura	Dulce	Característico	Fruta firme y líquido muy viscoso.
	Puré	Pardo	Dulce	Característico	Muy viscoso
E ₂	I.húmeda	Pardo	Dulce	Característico	Fruta firme y líquido viscoso.
	I. Seca	Púrpura	Dulce	Característico	Fruta firme y líquido muy viscoso.
	Puré	Pardo	Dulce	Característico	Muy viscoso
E ₃	I.húmeda	Pardo	Dulce	Característico	Fruta firme y líquido viscoso.
	I. Seca	Púrpura	Dulce	Característico	Fruta firme y líquido muy viscoso.
	Puré	Pardo	Dulce	Característico	Muy viscoso
E ₄	I.húmeda	Rojo pálido	Dulce	Característico	Fruta firme y líquido un poco fluido.
	I. Seca	Rojo vino	Dulce	Característico	Fruta firme y líquido viscoso.
	Puré	Púrpura	Ácido	Característico	Viscoso
E ₅	I.húmeda	Rojo pálido	Dulce	Característico	Fruta firme y líquido un poco fluido.
	I. Seca	Rojo vino	Dulce	Característico	Fruta firme y líquido viscoso.
	Puré	Púrpura	Ácido	Característico	Viscoso
E ₆	I.húmeda	Rojo pálido	Dulce	Característico	Fruta firme y líquido un poco fluido.
	I. Seca	Rojo vino	Dulce	Característico	Fruta firme y líquido viscoso.
	Puré	Púrpura	Ácido	Característico	Viscoso



ANEXO 2

GRÁFICOS



Gráfico N° 1

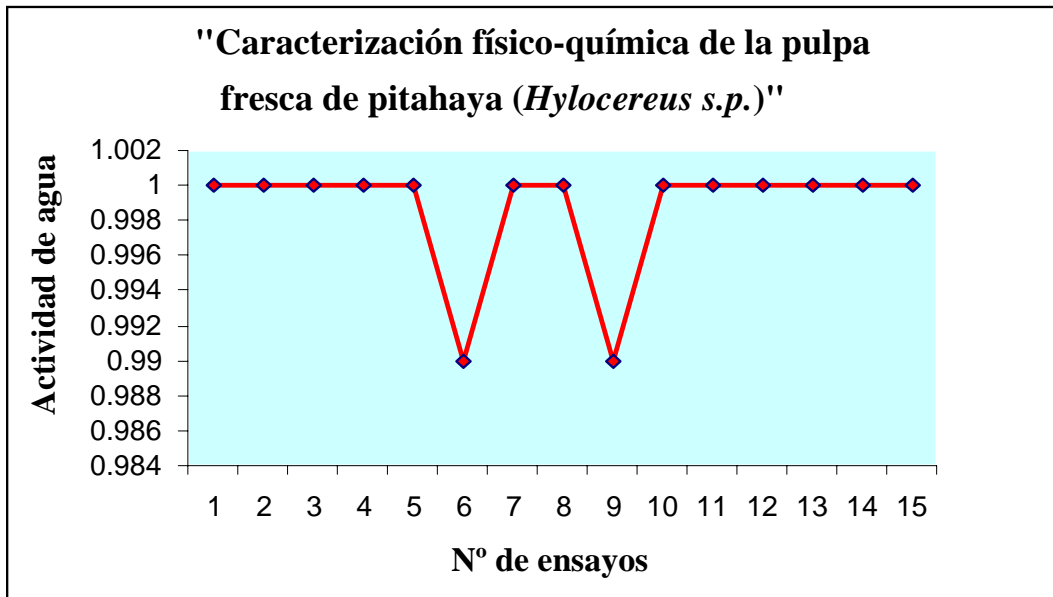


Gráfico N° 1,1

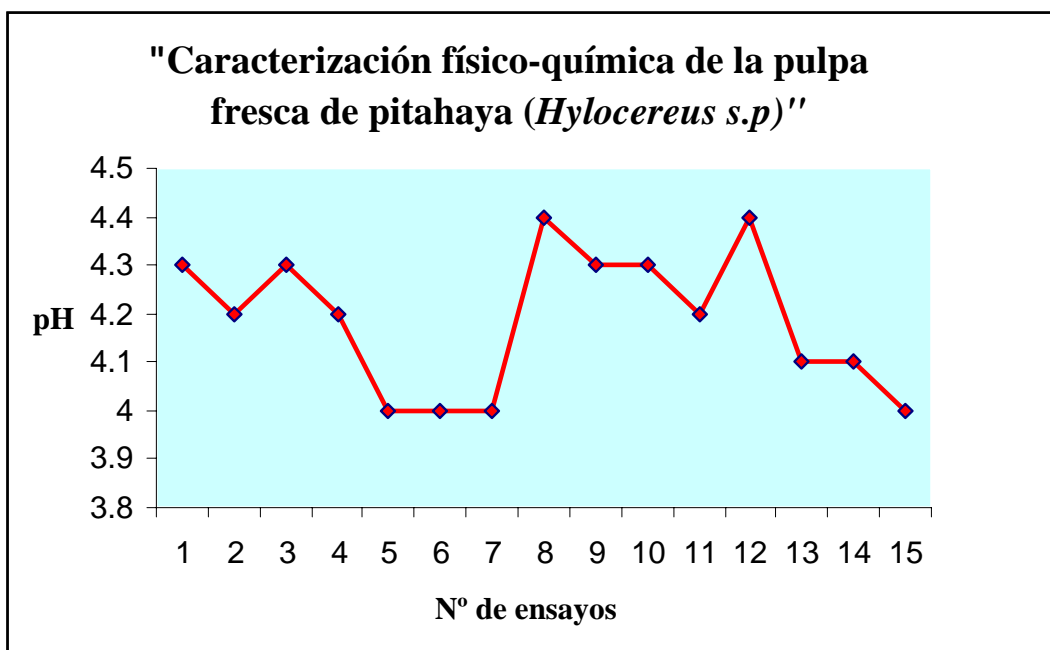




Gráfico N° 1,2

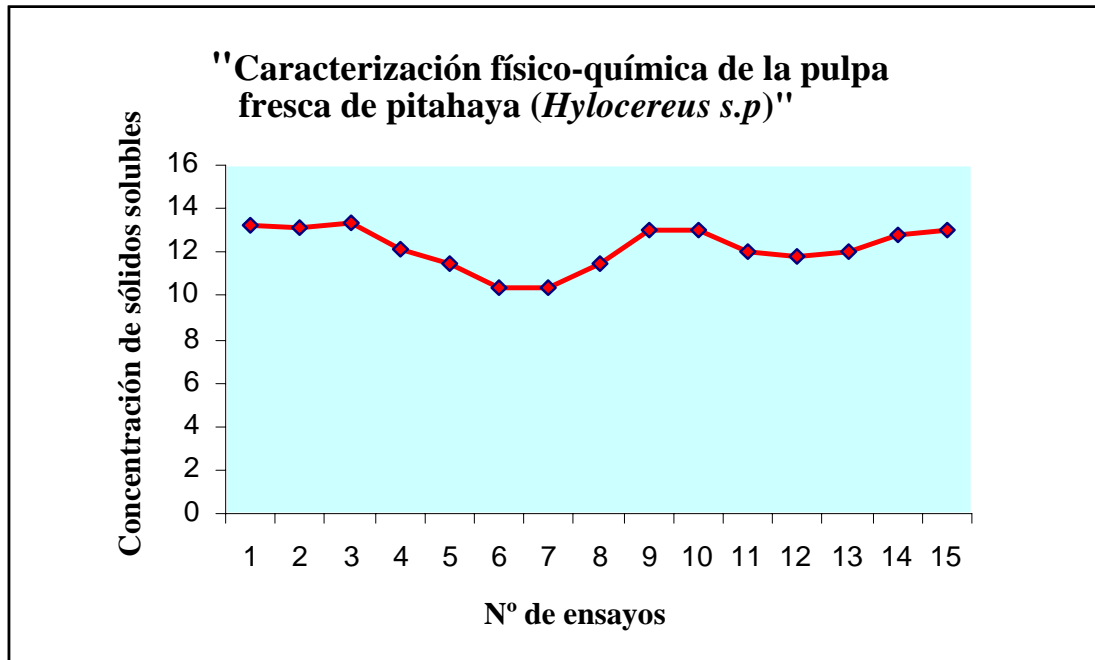


Gráfico N° 2

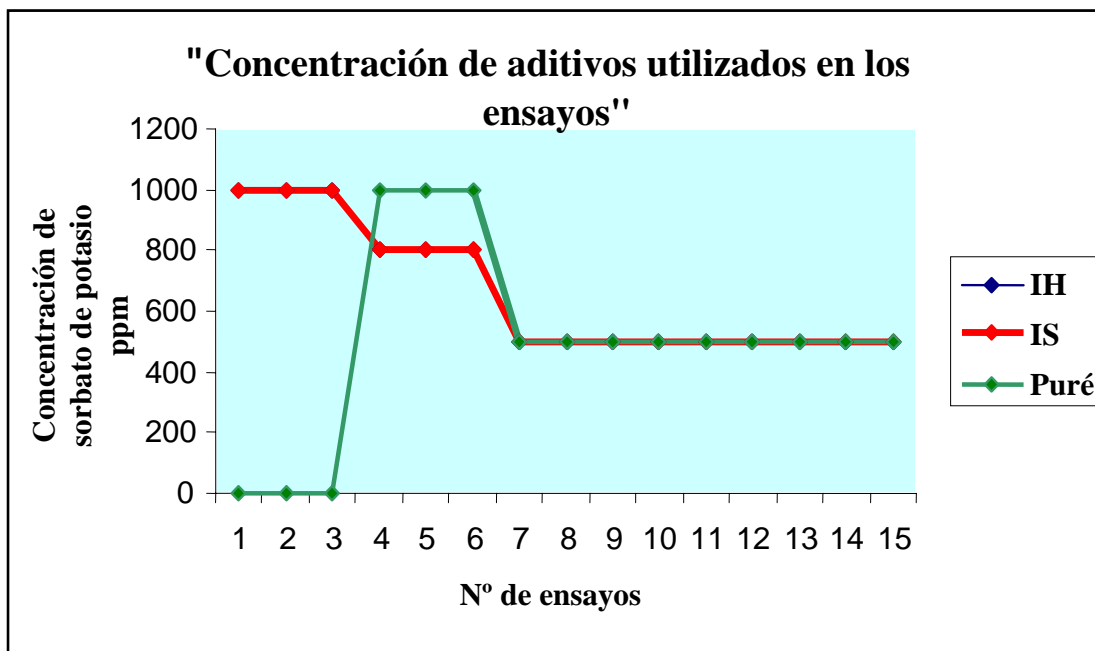




Gráfico N° 2,1

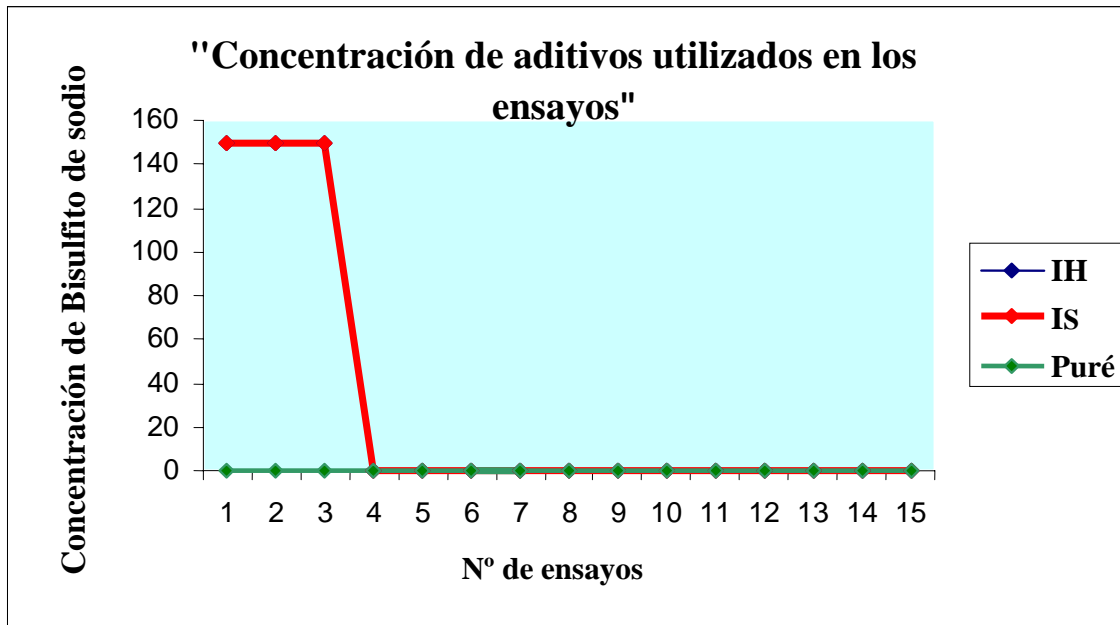


Gráfico N° 3.

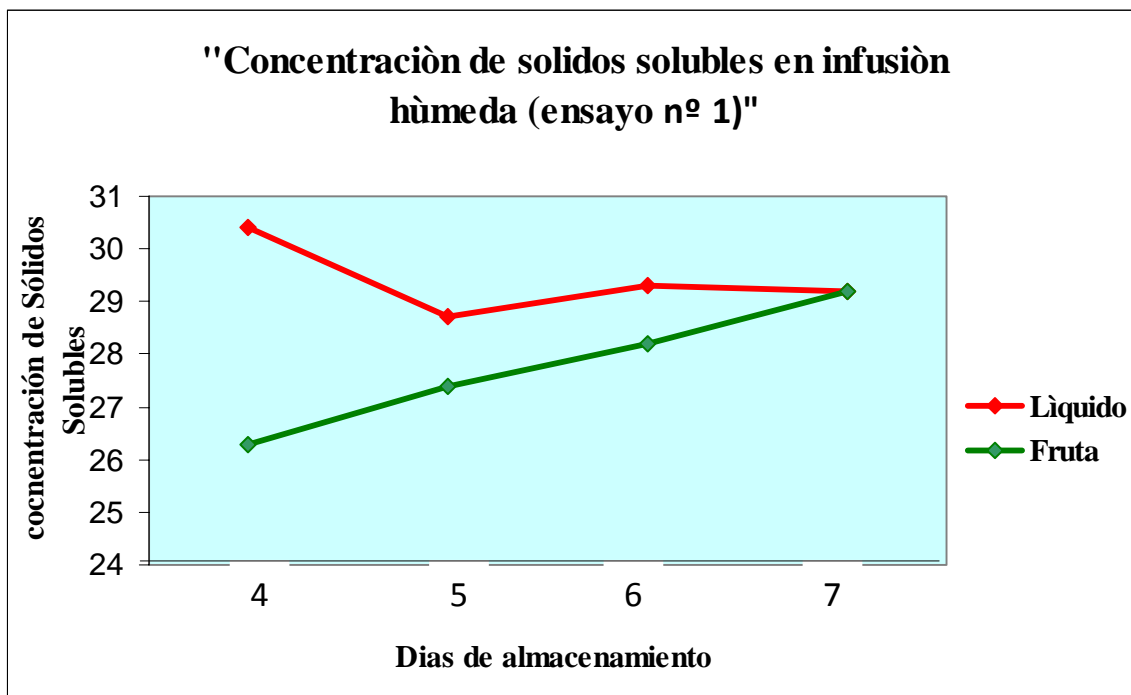




Gráfico N° 3,1

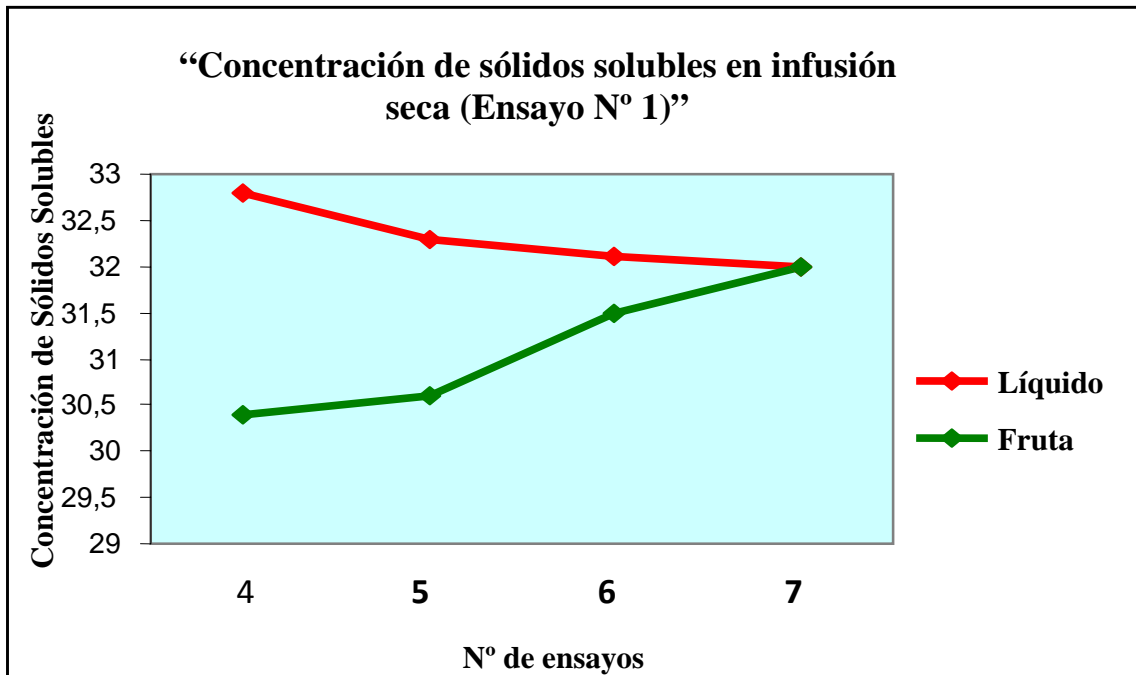


Gráfico N° 4

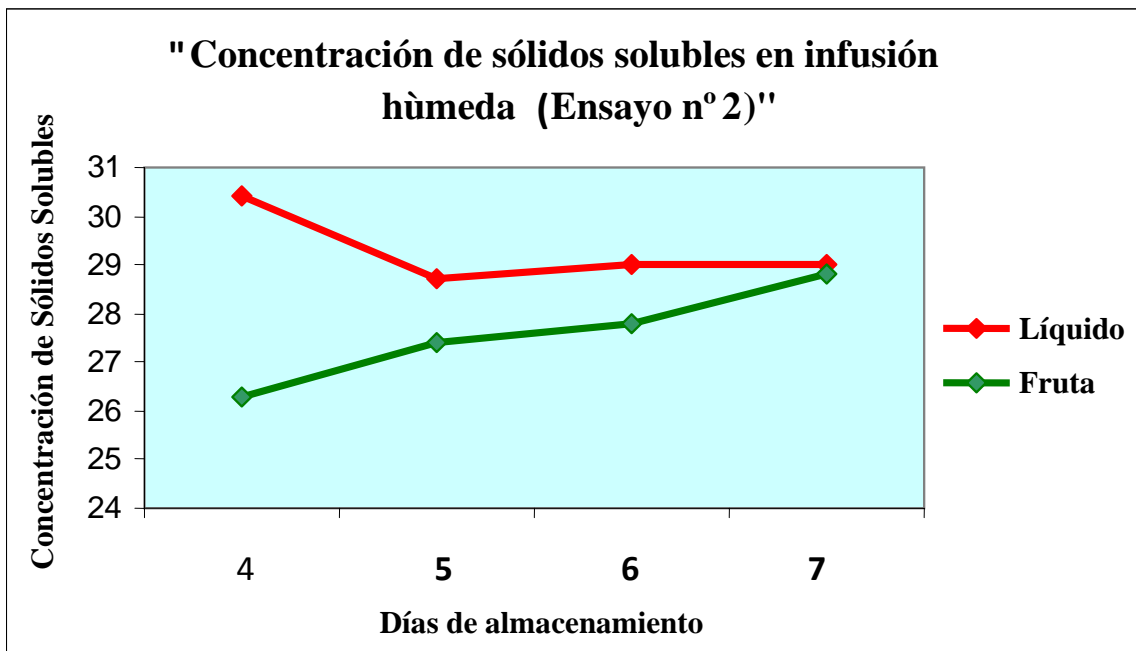




Gráfico 4.1

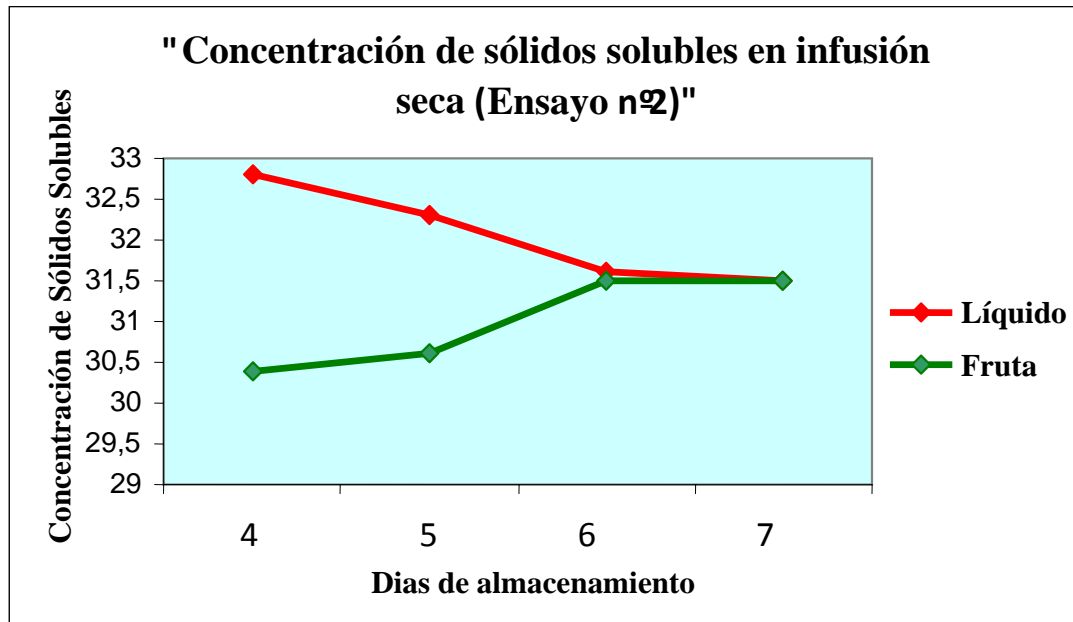


Gráfico 5.

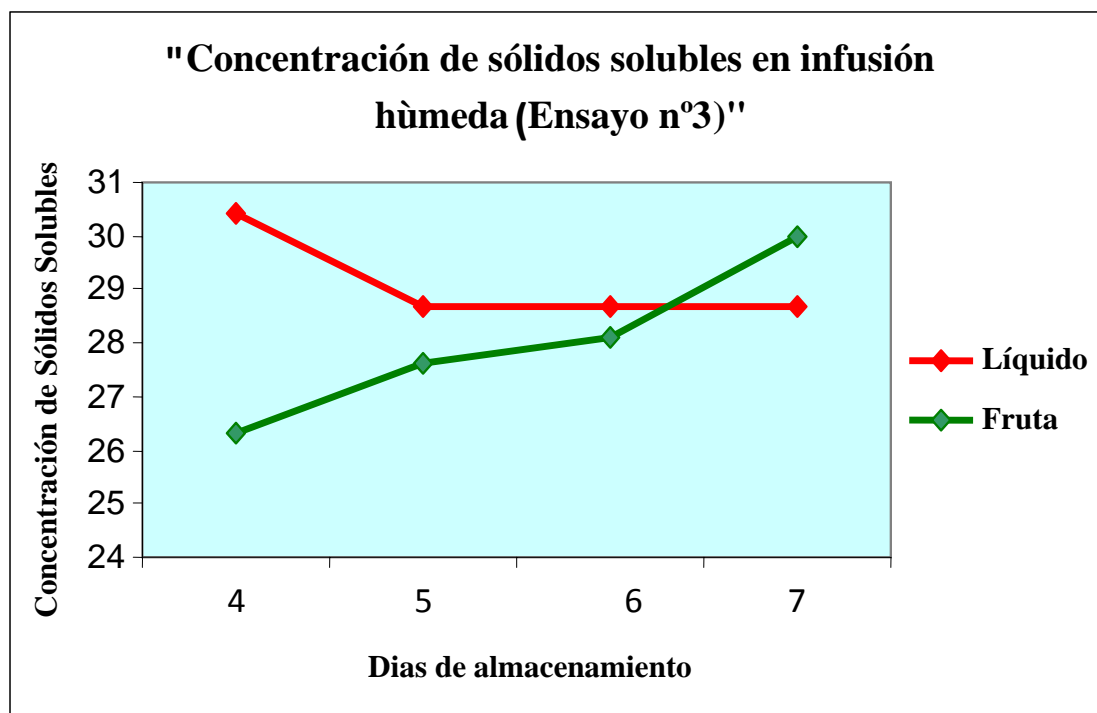




Gráfico 5.1

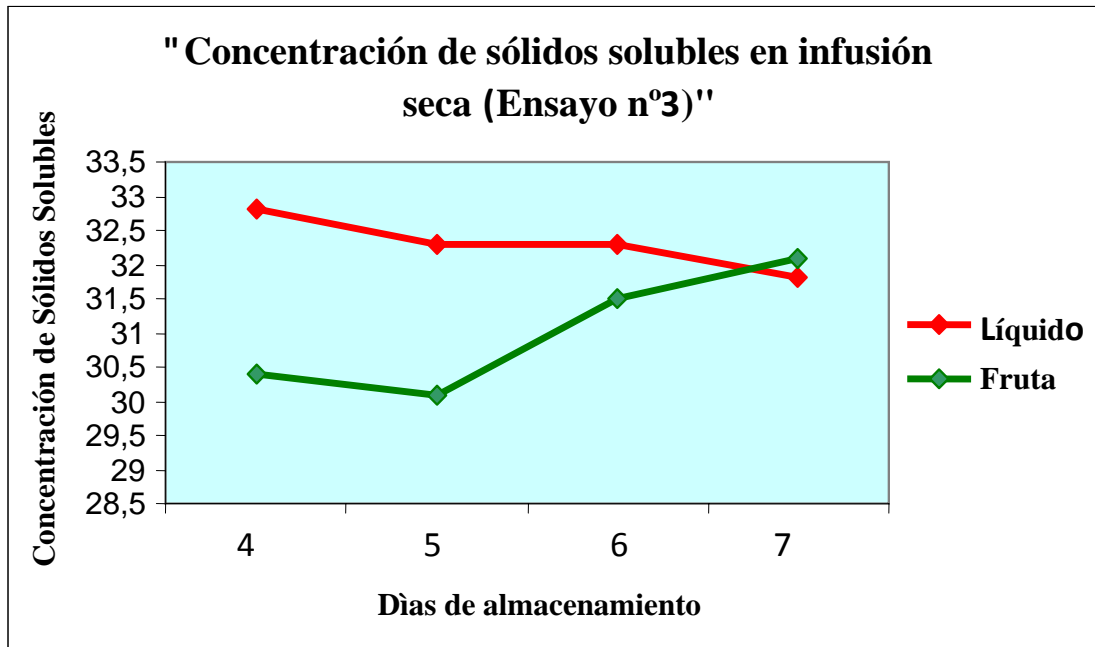


Gráfico 6

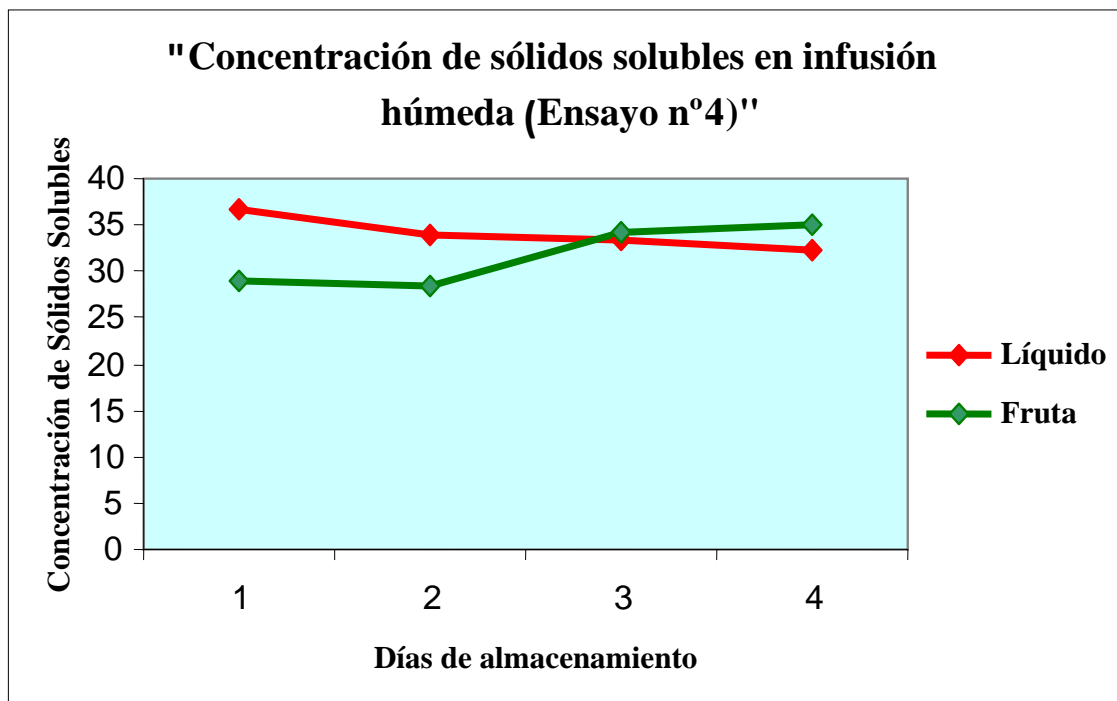




Gráfico 6.1

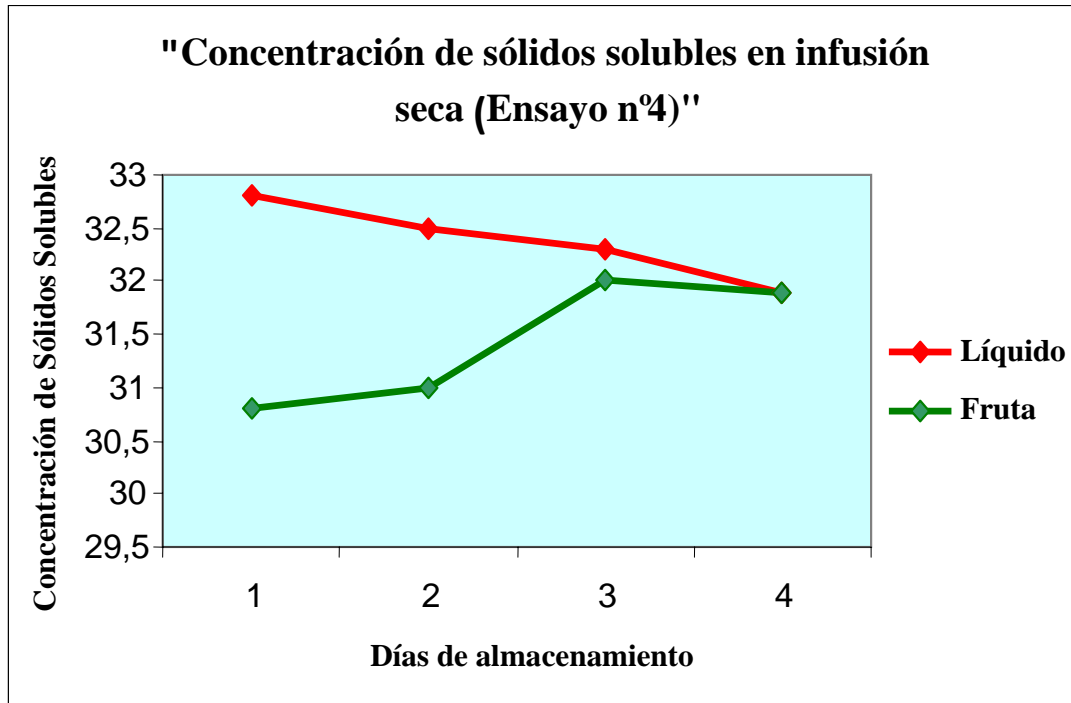


Gráfico 7.

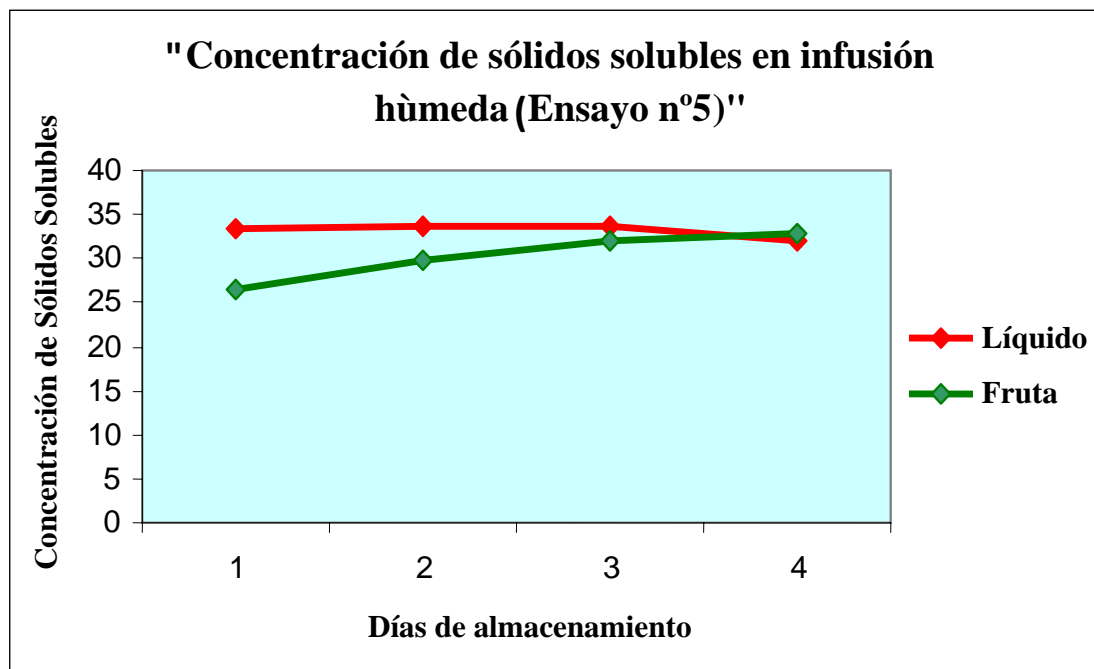




Gráfico 7.1

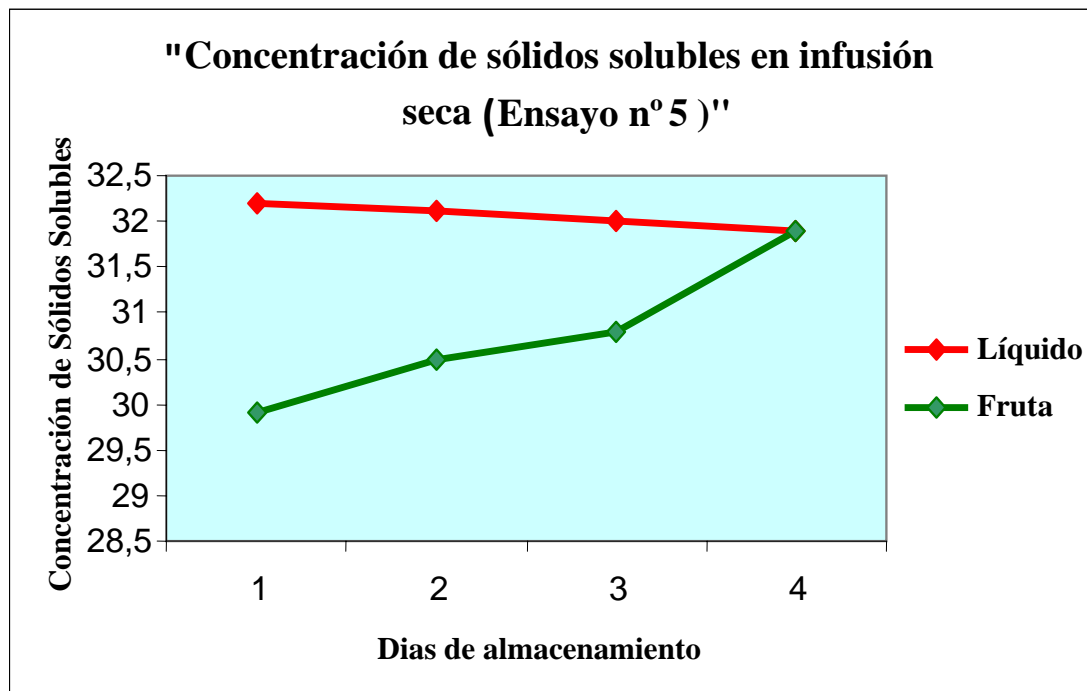


Gráfico 8

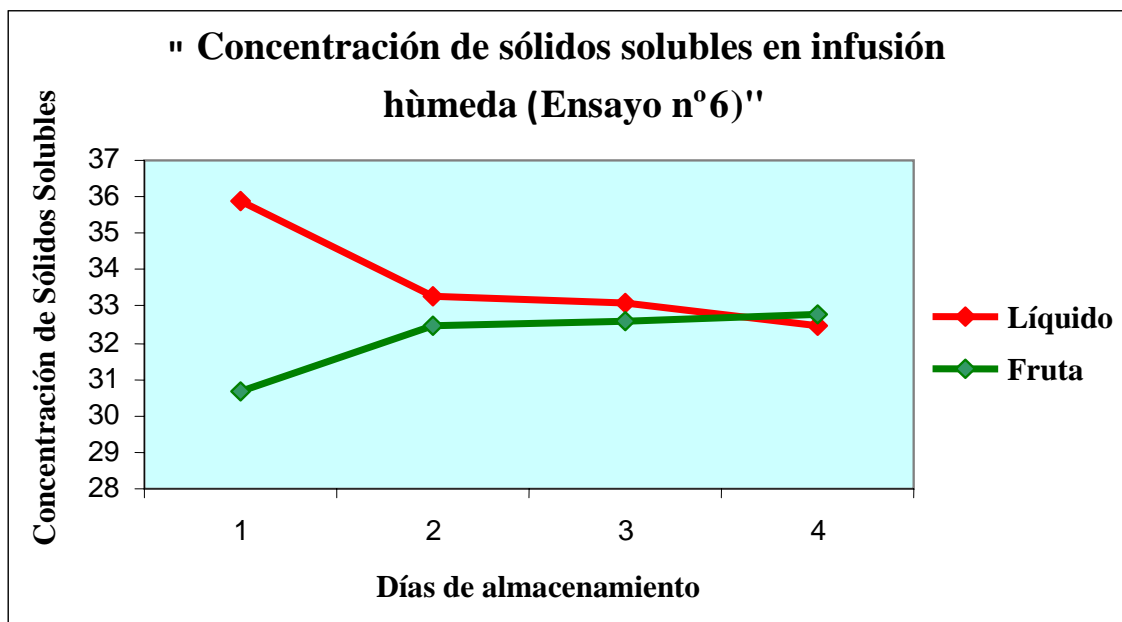




Gráfico 8.1

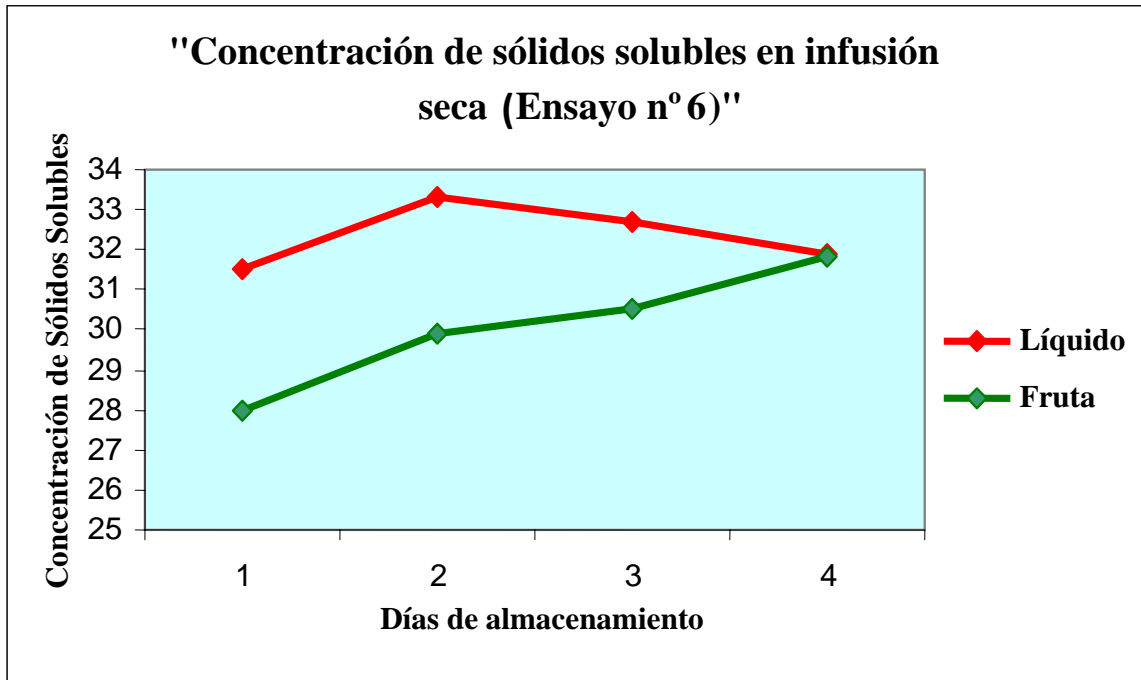


Gráfico 9

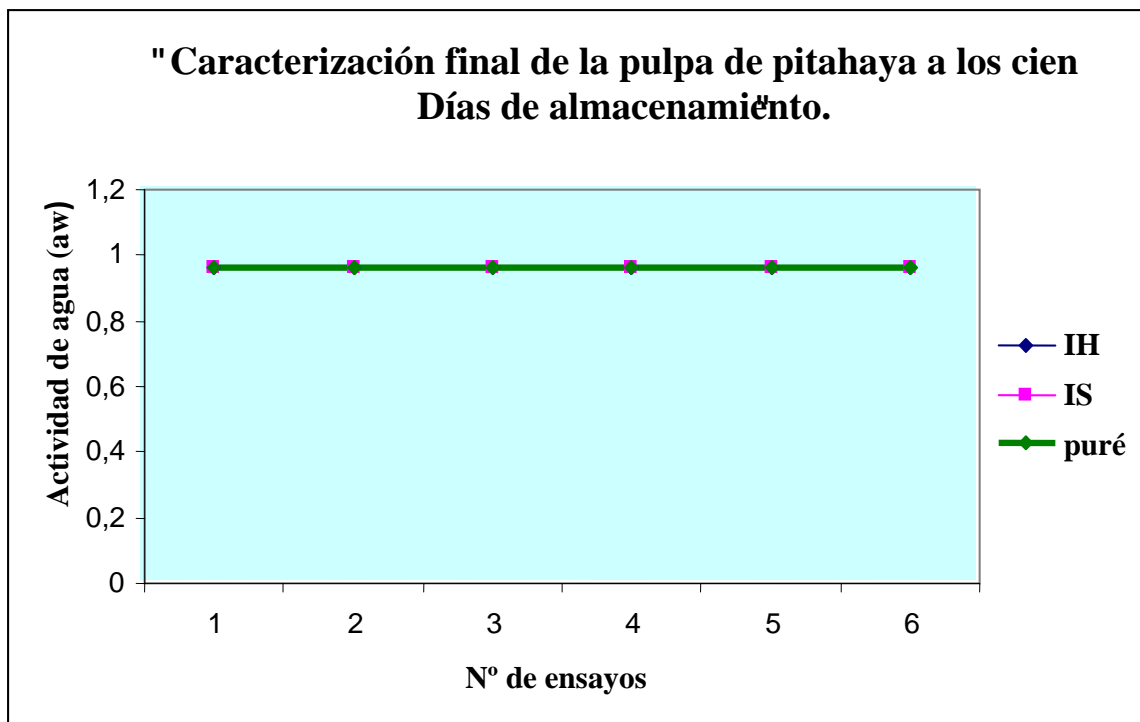




Gráfico 10.

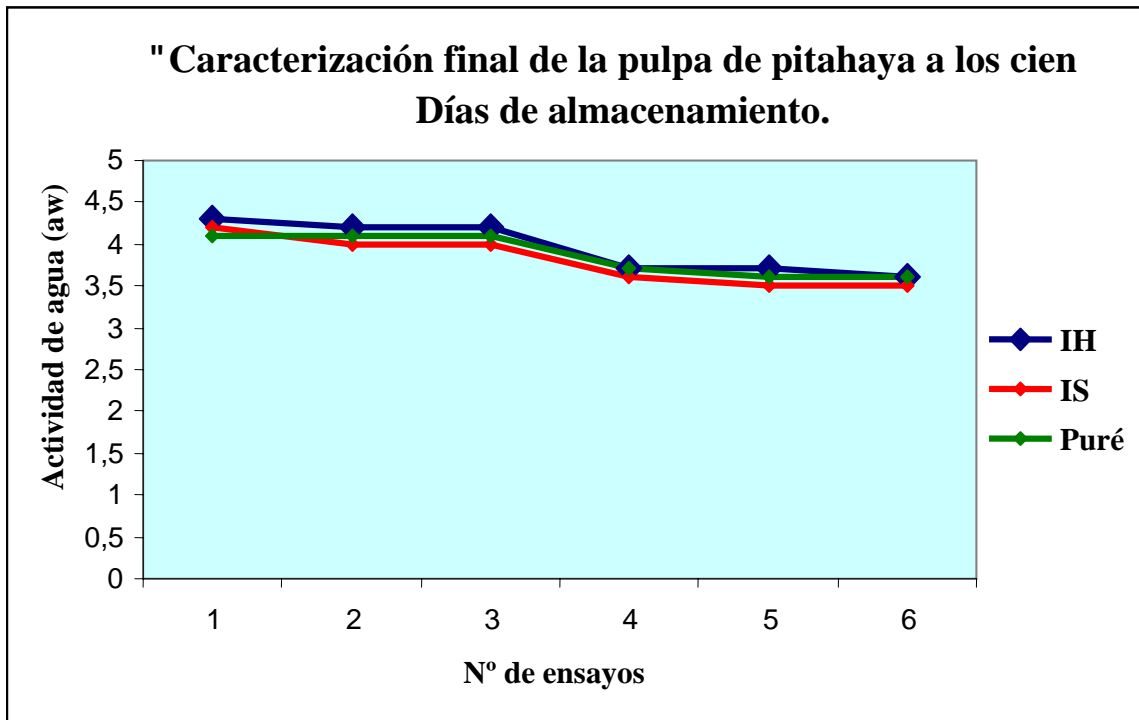


Gráfico 11.

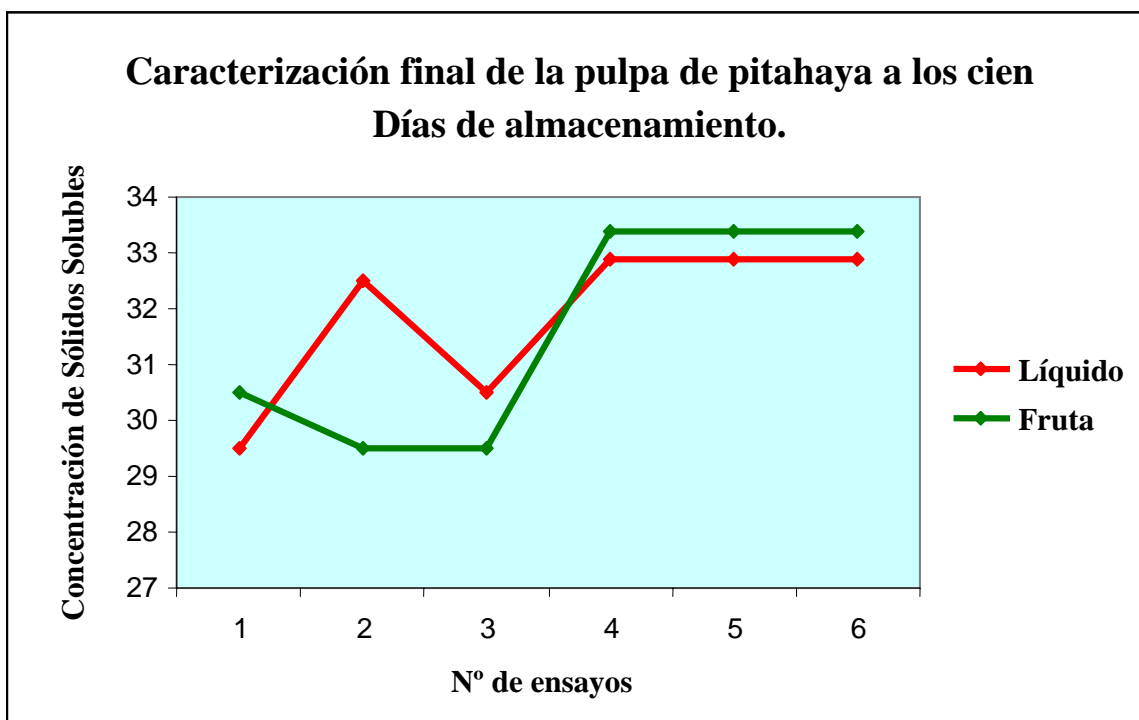




Gráfico 12.

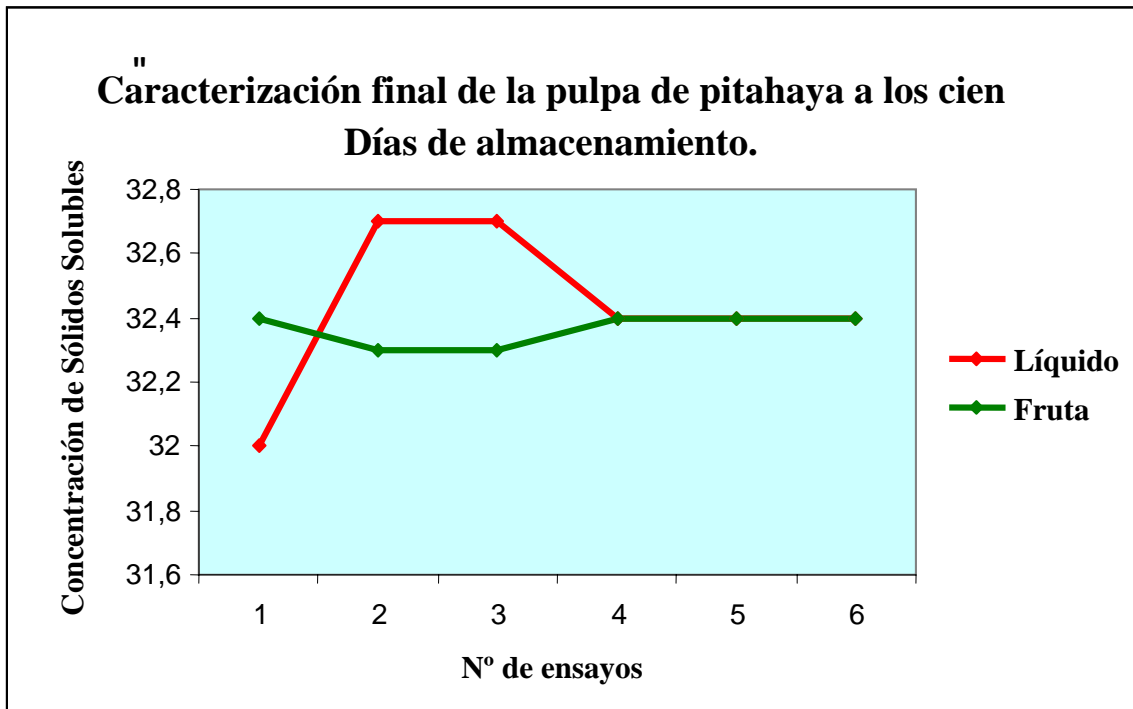


Grafico 13.

