EVALUACIÓN DEL USO COMBINADO DE MEMBRANA Y PRESERVATIVO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE UN CORDIAL DE PARCHA (*Passiflora edulis* variedad *flavicarpa*)

Por

Samara Lynn Avilés Vale

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS
en
Ciencia y Tecnología de Alimentos

Universidad de Puerto Rico
Recinto Universitario de Mayagüez
2006

Aprobado por:

_____	_____
Guillermo Colón Burgos, Ph.D. Miembro, Comité Graduado	Fecha
_____	_____
Javier Huertas Miranda, M.S. Miembro, Comité Graduado	Fecha
_____	_____
Edna Negrón de Bravo, Ph.D. Presidente, Comité Graduado	Fecha
_____	_____
José Zamora Echevarría, M.S. Representante de Estudios Graduados	Fecha
_____	_____
Edna Negrón de Bravo, Ph.D. Coordinadora Programa Ciencia y Tecnología de Alimentos	Fecha

Abstract

The objective of this investigation was to use an ultrafiltration system in combination with the addition of sodium metabisulfite to try to solve the problems that the passion fruit schnapps presented. The effect of these treatments and the stability of the storage of the schnapps during three months were evaluated with an analysis of turbidity, color, sugars content and sensory analysis.

The results show that using the membrane and adding 200ppm of sodium metabisulfite obtained a passion fruit schnapps of quality in terms of turbidity, color, aroma and flavor. Additional studies are required to be able to increase the flow of the membrane filtration process and to determine the optimal conditions of the process. Then, it could be included in the elaboration of schnapps and the product could be commercialized.

Resumen

El propósito de esta investigación fue utilizar un sistema de ultrafiltración en combinación con la adición de metabisulfito de sodio para tratar de resolver los problemas de cambios en sabor, aroma, color y turbidez que presentaba el cordial de parcha. El efecto de estos tratamientos y la estabilidad del almacenamiento del cordial durante tres meses fueron evaluados con un análisis de color, turbidez, contenido de azúcares y un análisis sensorial.

Los resultados muestran que al utilizar la membrana y al añadir 200ppm de metabisulfito de sodio se obtuvo un cordial de parcha de calidad en términos de turbidez, color, aroma y sabor. Se requieren estudios adicionales para poder aumentar el flujo del proceso de filtración con membrana y determinar las condiciones óptimas del proceso, de esta forma incluirlo como parte de la elaboración del cordial y poder comercializar el producto.

Dedicatoria

A mis padres, **Moisés Avilés Rivera y Julia Vale Avilés**

Gracias por brindarme todo su amor y compresión. Sin su ayuda y apoyo no lo hubiese logrado.

A mi hermano, **Jossian O. Avilés Vale**

Gracias por tu apoyo.

A mi sobrino, **Jossian Manuel Avilés Aquino**

Ese angelito enviado del cielo que me dio ánimos para seguir adelante en los momentos que pensé que no lo iba a lograr.

Los amo

Agradecimientos

Primero quiero agradecer a Dios y la Virgen por haberme dado las fuerzas y la paciencia para poder finalizar este trabajo.

Muchas gracias a los miembros de mi comité graduado, a la Dra. Edna Negrón, al Dr. Guillermo Colón, por haberme facilitado el equipo de ultrafiltración y por su orientación para utilizar el mismo. En especial quiero agradecer al Ing. Javier Huertas, por toda la ayuda que me brindó en la parte experimental y escrita de mi tesis, por confiar en mí y darme apoyo emocional para poder finalizar este trabajo.

Gracias a la Dra. Carol Harper por haberme permitido utilizar su laboratorio para llevar a cabo la parte experimental. Al Dr. Heriberto Batiz por su ayuda y sugerencias para realizar uno de los análisis químicos. Al Dr. José Dumas por permitirme utilizar su equipo de *HPLC* y a la Sra. Sheila Soler por su ayuda y orientación al analizar las muestras en el *HPLC*. Al Dr. Edgardo Lorenzo por toda su ayuda para realizar el análisis estadístico de mi tesis. Al Dr. Fernando Pérez Muñoz por sus recomendaciones al realizar el panel sensorial y gracias a todas las personas que sirvieron de panelistas para poder llevar a cabo esta prueba, en adición, al Sr. Aylwin Hermida por su ayuda al diseñar el diagrama del sistema de ultrafiltración.

También quiero agradecer a todos los miembros de la Facultad de Ciencias Agrícolas que de una forma u otra me ayudaron en mi tesis. En especial al Agro. Arnaldo Ramos, gracias por preocuparte por mí y por tu amor. Gracias también por la ayuda que me brindaste y por todo tu apoyo.

Muchas gracias a mi familia y a todos mis amigos que me ayudaron y apoyaron siempre, en especial a la Srta. Sharon Vázquez, Srta. Marilú Ramírez, Srta. Katherine Carrero y la Srta. Lisandy González.

Gracias de todo corazón al personal del Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos, a la Sra. Ivette Vissepo, al Sr. Miguel Ruperto, a la Prof. María Plaza y a todos mis compañeros. En especial a la Srta. Lizbeth Lebrón, gracias por tu ayuda y por brindarme tu sincera amistad y al Sr. Víctor M. Díaz, gracias por tu ayuda y por siempre escucharme cuando necesitaba desahogarme. **Mil gracias a todos**.

Tabla de Contenido

Lista de Tablas ix

Lista de Figuras x

Lista de Apéndices xi

Introducción 1

Revisión de Literatura 7

Materiales y Métodos 20

A. Elaboración del cordial de parcha 20

B. Sistema de ultrafiltración (UF) 20

C. Adición de metabisulfito de sodio 21

D. Análisis químicos y físicos 22

1. Determinación de color 22

2. Determinación de turbidez 22

3. Determinación del contenido de azúcares mediante un análisis de cromatografía de líquidos de alta eficiencia (*High Performance Liquid Chromatography;HPLC*) 23

E. Análisis Sensorial 24

F. Diseño Experimental y Análisis Estadístico 24

Resultados y Discusión 26

A. Color y turbidez inicial y tres meses después 26

B. Contenido de azúcares inicial y tres meses después 35

C. Análisis Sensorial 37

D. Constante de Permeabilidad 40

Conclusión 44

Recomendaciones 46

Bibliografía 47

Apéndices 50

Apéndice A. Formulario utilizado para realizar la prueba sensorial 51

Apéndice B. Notas aclaratorias 52

Apéndice C. Constante de permeabilidad 53

Lista de Tablas

Tabla 1. Medidas para la variable de claridad (L*) inicial 27

Tabla 2. Medidas para la variable de claridad (L*) después de tres meses 27

Tabla 3. Medidas para la variable del color verde (a*) inicial.....28

Tabla 4. Medidas para la variable del color verde (a*) tres meses después 28

Tabla 5. Medidas para la variable del color amarillo (b*) inicial 29

Tabla 6. Medidas para la variable del color amarillo (b*) tres meses después.....29

Tabla 7. Medidas para la variable de intensidad del color amarillo (Y*) inicial 30

Tabla 8. Medidas para la variable de intensidad del color amarillo (Y*) tres meses después 30

Tabla 9. Medidas para la variable de turbidez inicial.....31

Tabla 10. Medidas para la variable de turbidez tres meses después 31

Tabla 11. Medidas para el contenido de azúcares (g / 100ml).....36

Tabla 12. Diferencia de los promedios para los atributos sensoriales.....38

Lista de Figuras

Figura 1. Reacción de *Maillard*, tomado de Casp y Abril (1999).....16

Figura 2. Degradación de ácido ascórbico, modificado de Fennema (1996).....19

Figura 3. Sistema de ultrafiltración 21

Figura 4. Reacción de sulfitos con intermediarios carbonilos reactivos, tomado de 33

Figura 5. Calibración del rotámetro de permeado 40

Figura 6. Constante de permeabilidad a velocidad de recirculación de 4 m/s 41

Figura 7. Constante de permeabilidad a velocidad de recirculación de 5 m/s 42

Figura 8. Constante de permeabilidad a velocidad de recirculación de 6 m/s 43

Lista de Apéndices

Apéndice A. Formulario utilizado para realizar la prueba sensorial 51

Apéndice B. Notas aclaratorias 52

Apéndice C. Constante de permeabilidad 53

Introducción

La parcha es una fruta tropical de una planta que crece en forma de enredadera. Su nombre científico es *Passiflora edulis* variedad *flavicarpa* (parcha amarilla). La parcha es conocida como la fruta de la pasión, contrariamente a lo que se puede llegar a creer es por la Pasión de Cristo, y no por ninguna otra propiedad afrodisíaca que pudiera aportar. Los sacerdotes españoles encontraron similitud entre los componentes de su flor y los elementos de la Pasión de Cristo: la corona floral representa la corona de espinas, el pistilo la cruz, los estigmas los tres clavos, los estambres las cinco llagas y las brácteas a la Santísima Trinidad.

La parcha es de un gran valor por su sabor particular intenso, por su aroma y su alta acidez, constituyéndose en una base fuerte para bebidas industrializadas. Tiene alto contenido de ácidos totales (principalmente cítrico) y alto contenido de carotenos, así como menor contenido de ácido ascórbico. En adición, la parcha es buena fuente de vitamina A, niacina y riboflavina. La cáscara y las semillas también se emplean en la industria por los componentes que tienen. La cáscara es utilizada para preparar raciones alimenticias de ganado bovino, pues es rica en aminoácidos, proteínas, carbohidratos y pectina, este último elemento hace que se pueda usar para darle consistencia a jaleas y gelatinas. La semilla contiene un 20-25 % de aceite, el cual es de mejor calidad que el de la semilla de algodón con relación al valor alimenticio y a la digestibilidad; además contiene un 10 % de proteína.

En los últimos años se viene comercializando una variada gama de frutas tropicales frescas, que se cultivan en un 97%, en los países en desarrollo y, el 3%

restante, en otros países como Estados Unidos, Sudáfrica y Australia. Las frutas tropicales y exóticas mayormente comercializadas en Europa y Estados Unidos, dentro de las que se incluyen *Passiflora edulis* variedad *ligularis* (granadilla), *Passiflora edulis* variedad *flavicarpa* (parcha), *Tamarindus indica* (Tamarindo), *Hylocereus triangularis* (Pitahaya) y *Physalis peruviana* (Uchuva), entre otras, se caracterizan por ser productos de bajo volumen de producción, de reciente comercialización, de baja consolidación en los mercados pero de paulatino crecimiento desde 1980. Este crecimiento que se ha visto estimulado por el mejoramiento de los ingresos de los consumidores de los países desarrollados y por el gran interés que han mostrado hacia estos productos.

Con el crecimiento del turismo a países de zonas tropicales y subtropicales, los europeos, sobre todo los alemanes, conocieron las bebidas y refrescos tropicales. La atracción por lo nuevo, lo exótico y lo diferente ha ido en aumento, por lo que no es extraño que la Unión Europea, América del Norte y Estados Unidos sean los principales países importadores de la parcha. Los principales países productores y exportadores de esta fruta son Ecuador, Brasil, Colombia y Perú. La parcha es cultivada en Puerto Rico, pero lamentablemente su producción ha disminuido. Al comparar el cambio en la producción agrícola total del año 2003/04 con la 2002/03 hubo un aumento de 4.18 por ciento, pero al desglosar esa producción, la producción de las frutas disminuyó 0.45 por ciento. Esta disminución se observó mayormente en el mangó, el aguacate y la parcha. Sin embargo, al comparar el cambio en la producción agrícola total del año 2004/05 con la 2003/04 se observó una reducción de 4.67 por ciento, pero al desglosar esa producción se reflejó un aumento de 0.29 por ciento en la producción de las frutas. Este aumento se

observó mayormente en el aguacate, la piña y el mangó. La producción de parcha se mantuvo básicamente igual.

Debido a que la parcha es apreciada en términos de aroma, sabor y valor nutricional y con el propósito de crear productos de valor agregado se desea elaborar productos con esta fruta y mercadearlos en el comercio local y exterior. También, ayudaría a mejorar la producción agrícola de frutas en Puerto Rico. Ejemplos de productos elaborados con frutas son dulces, helados, jaleas, jugos, batidas, *yogurt* y bebidas alcohólicas. Productos tales como vinos, *brandys* y cordiales añaden valor a la agricultura y aportan a la economía tanto por la venta del producto como por los arbitrios que hay que pagar al gobierno por la venta de los mismos. En adición, representan una fuente de empleos.

En trabajos de investigación realizados en la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico se desarrolló un cordial de parcha. Los cordiales son licores que se componen de una mezcla de etanol, azúcar y agua, con saborizantes artificiales y naturales añadidos. Uno de los problemas que tuvo el cordial de parcha obtenido fue que tenía un largo de vida útil corto. Su aroma y sabor a fruta fresca disminuía en un período de dos meses y se observaban cambios en color y turbidez. En adición, se formaron unos aglomerados indeseables, de lo que se entiende es particulado microscópico de la pulpa de la fruta. Para resolver estos problemas y poder obtener un producto cuya apariencia permita ser comercializado, se consideró el uso combinado de técnicas de filtración mediante el uso de membranas y la adición de preservativos.

Recientemente el uso de técnicas de filtración con membrana ha aumentado significativamente en la industria de alimentos. Algunas de sus aplicaciones incluyen

concentración y clarificación de jugos de frutas, en productos de leche y en bebidas alcohólicas. Las bebidas alcohólicas fueron probablemente las primeras sustancias reportadas que se utilizaron en un sistema de membrana. De acuerdo con Londsdale (1982), en 1748 un monje francés experimentó con un producto de vino, aparentemente *brandy*. Desde este momento han surgido investigaciones básicas y aplicadas de ultrafiltración con alimentos líquidos.

La técnica de ultrafiltración es un proceso que utiliza membranas porosas, las cuales se clasifican por el peso molecular de corte que se extiende desde 1,000 a 500,000 *daltons* (Da). Con este sistema se separa a un nivel molecular, es decir, macromoléculas de micromoléculas, macromoléculas de otras macromoléculas. Se utiliza para la concentración de grandes moléculas y macromoléculas, tales como proteínas y almidones. La fuerza motriz utilizada en la ultrafiltración es la diferencia en presión y el mecanismo principal de separación es el tamiz, es decir que especies más grandes que el tamaño del poro no pueden atravesar la membrana mientras que las pequeñas pueden atravesarla y pasar al permeado. El modo de operación es flujo cruzado tangencial a través de la membrana, con una alimentación (entrada) y dos efluentes (salidas), el retentado y el permeado. En muchas ocasiones se utilizan otros procesos y/o tratamientos en combinación con la ultrafiltración, por ejemplo la adición de algún aditivo.

El término aditivos en alimentos se refiere a un grupo específico de sustancias en alimentos. Están incluidas sustancias que son añadidas intencionales y directamente a los alimentos en cantidades reguladas, para impartir algunas funciones como textura, sabor o preservación química y microbiana. También están incluidas sustancias añadidas

indirectamente, las cuales inintencionalmente forman parte de los alimentos. Éstas pueden ser materiales migratorios de los empaques, lubricantes de los equipos utilizados en los procesos o ayudantes en los proceso, como las enzimas. La aprobación por la Administración de Drogas y Alimentos (*FDA*, por sus siglas en inglés) para usar los aditivos en alimentos, ya sean directos o indirectos, depende de data científica que muestre claramente que el químico propuesto no es dañino para la aplicación y nivel de uso propuesto.

Los preservativos son sustancias añadidas a los alimentos para inhibir el crecimiento de bacterias, levaduras y/u hongos, por ejemplo el metabisulfito de sodio. El metabisulfito de sodio es un compuesto blanco fino cristalino con un leve olor a dióxido de sulfuro, cuya fórmula es $Na_2S_2O_5$. Se utiliza como preservativo para prevenir o reducir el crecimiento de bacterias, para minimizar el oscurecimiento y otras decoloraciones en alimentos durante el proceso, almacenamiento y distribución. El metabisulfito de sodio se utiliza como inhibidor de microorganismos indeseados durante la fermentación en la elaboración de vinos, en jugos de frutas, purés, sirop y condimentos. Éste también es efectivo como agente sanitario para recipientes de alimentos y equipos de fermentación. El metabisulfito de sodio tiene un doble rol, ya que actúa como antioxidante evitando la oxidación, mal sabor y cambios en olor en muchos alimentos procesados, drogas y bebidas alcohólicas, mayormente en vinos.

El Código Federal de Regulaciones (*CFR*, por sus siglas en inglés), título 21 sección 182.3700 declara el metabisulfito de sodio como una sustancia generalmente reconocida como segura (*GRAS*, por sus siglas en inglés) cuando es utilizado en acuerdo con buenas prácticas de manufactura. Éste no puede ser utilizado en carnes, en alimentos

reconocidos como fuente de vitamina B_1, en frutas o vegetales propuestos para ser servidos o vendidos crudos o ser presentados como frescos al consumidor.

La Administración de Drogas y Alimentos (*FDA*) emitió estas restricciones del uso de los sulfitos en ciertos alimentos ya que éstos pueden tener efectos adversos en personas susceptibles como los asmáticos y personas con deficiencia en la enzima sulfito oxidasa. También requiere que se declare en la etiqueta del producto o droga que contiene sulfitos.

El propósito de esta investigación es utilizar un sistema de ultrafiltración en combinación con la adición de un preservativo para tratar de resolver los problemas que presenta el cordial de parcha, de esta forma mejorar su calidad y poderlo comercializar. Para lograr estos propósitos se estableció la viabilidad de utilizar una membrana para separar el material orgánico precursor de la formación de aglomerados. También se estudió el efecto combinado del uso de la membrana y añadir metabisulfito de sodio en la remoción del material orgánico, la turbidez, el color y las propiedades organolépticas y se determinó el efecto que tuvo el proceso de ultrafiltración en el contenido de azúcares.

En adición, a los objetivos de esta investigación se trabajó con la constante de permeabilidad para determinar como se comportaba el sistema de filtración por membrana y las condiciones óptimas de operación del mismo.

Revisión de Literatura

Las técnicas de filtración por membrana han adquirido gran auge para numerosas aplicaciones, incluyendo muchas en la industria de alimentos. El mayor uso se encuentra en las bebidas y en los lácteos. La industria de alimentos tiene muchos productos, como jugos y leche, que requieren que se les remueva grandes cantidades de agua para concentrarlos y que requieren el fraccionamiento de varios solutos, particulado, y emulsiones. En la industria de bebidas se están utilizando las técnicas de filtración por membrana para la clarificación de vinos, jugos y para la recuperación de azúcares en exceso (Paulson et al., 1984).

De acuerdo con Cheryan (1986), la ultrafiltración tiene como principio básico la separación de moléculas de acuerdo al tamaño o valor de corte por peso molecular (*Molecular Weight Cutoff; MWCO*) de la membrana, produciendo un permeado y un retentado. En el proceso de ultrafiltración se aplica presión en la alimentación y la solución fluye paralela (*cross-flow* o filtración tangencial) a la superficie de la membrana y el permeado pasa a través de ella. Algunas veces se puede realizar en el sistema contra flujo de la solución, minimizando el ensuciamiento y la concentración de la polarización.

Para que el proceso de ultrafiltración sea un método de clarificación conveniente este debe procesar grandes volúmenes de filtrado en un corto periodo de tiempo manteniendo o mejorando la calidad del mismo. Mientras mayor sea el tamaño del poro, generalmente mayor es el flujo debido a la baja resistencia. Si hay partículas presentes, el flujo no aumenta proporcionalmente al tamaño del poro debido al ensuciamiento de la membrana. Padilla y McLellan (1989) utilizaron ultrafiltración para filtrar jugo de manzana a través membranas de fibra hueca de polisulfona con un *MWCO* de 10, 50, 100

y 500K *daltons*. El flujo aumentó rápidamente entre *MWCO* de 10-100K *daltons*, pero lentamente entre 100-500K *daltons*.

En adición al flujo, el tamaño del poro de la membrana o *MWCO* puede influir en la calidad del jugo. Al aumentar el tamaño del poro, compuestos de bajo peso molecular como azúcares, componentes de color y precursores potenciales de turbidez son más propensos a pasar por la membrana causando efectos adversos a la calidad del producto. Padilla y McLellan (1989) encontraron en jugos de manzana diferencias en turbidez, fenoles totales, oscurecimiento y color visual dependiendo del *MWCO* utilizado. La turbidez y el oscurecimiento fueron menores a menor *MWCO*.

Muchos de los estudios que examinan los efectos del tamaño de poro, el flujo del sistema y la calidad del producto en la filtración de jugo de manzana usan membranas poliméricas. Sin embargo, las membranas de cerámicas tienen mayor tolerancia térmica y química, resistencia a abrasión y alta fuerza mecánica. En adición son fáciles de limpiar y aunque son más duraderas que las membranas poliméricas, las membranas de cerámica son más costosas. Los sistemas de membranas tubulares son bastante fáciles de limpiar y de cambiar y se pueden manejar líquidos con partículas. Sin embargo, este diseño proporciona una superficie de membrana comparativamente baja. Los sistemas tubulares tienen la habilidad de concentrar fluidos de alta viscosidad sin ensuciamiento permanente (Paulson et al., 1984).

Las componentes que no son de azúcar en el jugo como proteínas, polisacáridos, ceras y gomas son conocidas como causantes de ensuciamiento en la membrana. Dos fenómenos limitantes que pueden ocurrir al trabajar con procesos de filtración por membranas son la polarización de la concentración y el ensuciamiento. La polarización

de la concentración es una acumulación en la superficie de la membrana de los compuestos rechazados. Esta acumulación ocurre en forma de un gradiente de concentración adyacente a la membrana. Esto causa una disminución el flujo y la retención y un aumento en el ensuciamiento. El ensuciamiento es una deposición de material tanto del lado del retenido como dentro de los poros de la membrana. Al trabajar con procesos de filtración por membrana se puede determinar la constante de permeabilidad (A_p), la cual es la cantidad de permeado que pasa por un área en un tiempo determinado al aplicarle presión. Al medir este valor se determinan las condiciones óptimas de operación del proceso.

Fukumoto et al. (1998) filtraron jugo de manzana utilizando un sistema de microfiltración con una membrana de cerámica de 0.2 μm y utilizando un sistema de ultrafiltración con una membrana de cerámica de 0.02 μm para comparar el flujo y la calidad del producto. La membrana de cerámica de 0.02 μm (UF) proveyó más flujo y tuvo menos ensuciamiento que la membrana de cerámica de 0.2 μm (MF). Basado en las pruebas físico-químicas y sensoriales los resultados iniciales y luego del almacenamiento del jugo en términos de calidad fueron similares utilizando ambas membranas de cerámica (UF y MF).

Se realizó un estudio donde se filtró jugo de piña utilizando un sistema tubular con una membrana de cerámica de 0.22 μm y otra de 50,000 Da y con un sistema lámina y marco con una membrana de polisulfona de 50,000 Da. La membrana de polisulfona de 50,000 Da presentó mejor eficiencia removiendo taninos y pectina. Ambas membranas de 50,000 presentaron el mismo efecto para disminuir la turbidez. La membrana de cerámica de 0.22 μm obtuvo la mejor recuperación de componentes, la

mayor razón de flujo y presentó el mejor funcionamiento en general (Jaeger de Carvalho et al., 1998).

Yu et al. (1986) estudiaron la recuperación de compuestos en el jugo de parcha utilizando un sistema de ultrafiltración tubular con una membrana de 25,000 Da. Se recuperó un 80 % o más de compuestos importantes de sabor y entre 10 – 40 % de azúcares y ácidos orgánicos.

En un estudio en el cual jugo de manzana fue clarificado utilizando un sistema de ultrafiltración con una membrana tubular de cerámica (Tech-Sep Carbosep) de 300,000 - 50,000 y 30,000 Da, el flujo de permeado se redujo con el tiempo hasta que se estableció un estado estacionario. También el flujo de permeado en estado estacionario fue proporcional a la razón de flujo de alimentación. En adición, el flujo de permeado aumentó con la presión transmembránica hasta que alcanzó un valor máximo de presión y luego disminuyó con aumento adicional en presión. Esto se debe a que el flujo llega a ser independiente de la presión y depende sólo de la diferencia de la concentración a través de la membrana. Estos resultados se atribuyen al ensuciamiento y a la polarización de la concentración. Todas las membranas estudiadas produjeron un jugo clarificado con valores satisfactorios de claridad e intensidad en color, especialmente la que tenía el valor de corte por peso molecular más pequeño (30,000 Da) ya que se obtuvo la mayor claridad y la menor intensidad en color (Vladisavljević et al., 2003).

La técnica de ultrafiltración puede ser combinada con otros procesos para mejorar aún más la calidad del producto. Se realizó un estudio donde se determinó el efecto del procesamiento en la formación de turbidez en el jugo de manzana después de embotellado. Se encontró que omitir el proceso de clarificación causa un aumento en

turbidez, la cual se confirmó con la observación de grandes cantidades de niebla. El proceso de clarificación con el cual se obtuvo menos niebla fue con gelatina/bentonita a una razón 1:1. En conclusión los resultados sugieren que la optimización del proceso de clarificación en combinación con la ultrafiltración pueden ser utilizados para retrasar la formación de niebla en jugo de manzana después de embotellado (Tajchakavit et al., 2001).

En otro estudio donde se filtró jugo de caña de azúcar utilizando un sistema de ultrafiltración con una membrana polimérica espiral con un *MWCO* de 20K *daltons*. Los resultados indican que el módulo presentó una separación satisfactoria, con un 31% menos de turbidez y un 47% menos de color en el permeado. Sin embargo, el flujo promedio fue bajo. También se encontró que es crucial utilizar un sistema de pre-filtración efectivo para remover sólidos suspendidos (Ghosh y Balakrishnan, 2003).

Yu y Chiang (1986) filtraron jugo de parcha utilizando un sistema de ultrafiltración y se recuperaron muchos constituyentes importantes de sabor. En adición, se removieron macromoléculas del jugo, lo cual produjo que mejorara la razón de evaporación que se realizó después de la ultrafiltración.

A través de los estudios presentados donde se utiliza un sistema de ultrafiltración se observa que en adición a la efectividad del proceso la calidad del producto es muy importante. La calidad se define como el grado de excelencia e incluye aspectos tales como sabor, aroma, apariencia, textura, ausencia de defectos y valor nutricional. En términos de calidad hay varios factores que pueden medirse para determinar el efecto de algún proceso y/o tratamiento. Algunos de estos factores son color y turbidez. El color puede ser definido como la respuesta individual a las señales visuales generadas por la

luz en el producto. Los cambios en color se utilizan para determinar grado de madurez y los cambios causados por el crecimiento microbiano y por las reacciones de oscurecimiento enzimáticas y no enzimáticas. La turbidez es una propiedad óptica de la interacción entre la luz y los sólidos suspendidos en una bebida. En términos simples significa turbio, nublado, o no puro. El color y la turbidez son características importantes de calidad ya que los consumidores pueden percibirlas visualmente.

En un estudio en el cual se filtró jugo de manzana utilizando un sistema de ultrafiltración con una membrana de polisulfona de 10,000 y 50,000 Da, en términos generales el pH, el contenido de ácido y los sólidos solubles no cambiaron, pero se presentó menos variabilidad para el tratamiento que se utilizó la membrana con el poro más pequeño. Se observó cambio en color al utilizar ambas membranas, con una tendencia evidente al oscurecimiento, que fue más apreciable para el tratamiento que se utilizó la membrana con el poro más grande (Zárate-Rodríguez et al., 2001).

Se realizó un estudio comparando un método tradicional de clarificación de jugo de manzana con la clarificación de jugo utilizando un sistema de ultrafiltración con una membrana de fibra hueca de 30,000 - 50,000 y 100,000 Da. Los resultados sugieren que las muestras clarificadas con ultrafiltración tienen valores menores de cambios de color y razón de oscurecimiento. Para ambos tratamientos de clarificación la turbidez se mantuvo baja a través del tiempo y los sólidos solubles se mantuvieron constantes. En conclusión el jugo ultrafiltrado se compara favorablemente en términos de calidad con el jugo clarificado convencionalmente (Constenla y Lozano, 1995).

Otros factores importantes de calidad son las propiedades sensoriales. Los factores de calidad de apariencia, textura y sabor son atribuidos como propiedades

organolépticas o sensoriales ya que son percibidas por los sentidos. Los factores de sabor incluyen sensaciones percibidas por la lengua tales como dulce, ácido, amargo y salado. En adición los aromas que son percibidos por la nariz y la astringencia percibida por la combinación de ambos sentidos. Los sabores (dulce, ácido y amargo) son percepciones gustativas causadas por sustancias solubles en la boca. El olor de un producto es detectado cuando sus volátiles entran al pasaje nasal y son percibidos por el sistema olfativo. El aroma es el olor de los alimentos. Los factores de sensación química estimulan los nervios en las membranas suaves de las cavidades bucales y nasales (astringencia).

En un estudio en el cual se filtró jugo de manzana utilizando ultrafiltración y microfiltración, se compararon los métodos en términos de calidad del jugo permeado y la eficiencia de los procesos. El jugo que se filtró con ultrafiltración fue menos oscuro, menos turbio y contenía menos cantidad de sólidos totales y solubles. Sin embargo, el jugo que se filtró con microfiltración fue preferido por el panel sensorial y con este sistema se filtró más permeado por unidad de tiempo que con ultrafiltración (Wu et al., 1990). En los estudios realizados por Fukumoto et al. (1998), McDaniel et al. (1990), Padilla y McLellan (1989) y Yu y Chiang (1986) también se llevaron a cabo pruebas sensoriales para evaluar la calidad del producto al cual se le aplicó un proceso y/o tratamiento.

Realizar un análisis químico como cromatografía de líquido de alta eficiencia (*HPLC*, por sus siglas en inglés) también es una forma para determinar el efecto de algún proceso y/o tratamiento. La cromatografía de líquidos de alta eficiencia es la técnica analítica de separación más ampliamente utilizada por su sensibilidad, su fácil adaptación

a las determinaciones cuantitativas exactas, su idoneidad para la separación de especies no volátiles o termolábiles y sobre todo, su gran aplicabilidad a sustancias que son de primordial interés en la industria, en muchos campos de la ciencia y para la sociedad en general. La mayoría de los estudios para la identificación y cuantificación de azúcares en productos comerciales utilizan *HPLC*, principalmente cromatografía de fase normal unida químicamente. En este tipo de cromatografía la fase móvil es un líquido y la fase estacionaria consiste de una columna empacada y se compone de especies orgánicas enlazadas a una superficie sólida, donde los componentes de la muestra se distribuyen entre el líquido y la superficie enlazada.

Según Chan y Kwok (1975) las principales azúcares en el jugo de parcha son fructosa, glucosa y sacarosa. En los estudios realizados por Yu y Chiang (1986) con jugo de parcha ultrafiltrado y por Vladisavljević et al. (2003) con jugo de manzana ultrafiltrado el contenido de azúcares no se afectó con el proceso, ya que las azúcares son compuestos de bajo peso molecular que pasan a través de las membranas utilizadas.

En adición a la combinación con otros procesos la técnica de ultrafiltración puede ser combinada con tratamientos como la adición de un preservativo para mejorar la calidad del producto. Además de tener un control apropiado de variables como temperatura, oxígeno y luz para prolongar el largo de vida útil de los productos, algunas sustancias químicas son añadidas para prevenir o detener el deterioro en sabor, olor y otros factores de calidad. De los aditivos en alimentos, los agentes sulfitos son de los más utilizados. Los agentes sulfitos son utilizados para controlar el oscurecimiento enzimático y no enzimático, para prevenir el crecimiento microbiano, y para actuar como antioxidante, como agente reductor y como agente blanqueador (Taylor et al., 1986).

Se ha demostrado que los agentes sulfitos controlan las reacciones de oscurecimiento no enzimáticas. Ésta es una de las razones por la cual se encuentran entre los preservativos más utilizados en alimentos, principalmente en bebidas.

En un estudió realizado por Roig et al. (1996) se encontró que la adición de metabisulfito de sodio a un jugo de cítricos redujo sustancialmente el oscurecimiento particularmente a altas temperaturas de almacenamiento. McDaniel et al. (1990) realizaron un estudio donde un jugo de manzana con dióxido de sulfuro y sin dióxido de sulfuro fue procesado utilizando un sistema de ultrafiltración y luego fue almacenado por 12 meses. Una abrupta disminución en los fenoles totales en el jugo sin dióxido de sulfuro indica que ocurrió oxidación. El jugo con dióxido de sulfuro tenía más aroma a manzana fresca que el jugo que no tenía dióxido de sulfuro.

Constantemente aumenta el interés en los cambios oxidativos que particularmente ocurren en productos cítricos debido a las reacciones de oscurecimiento no enzimáticas que causan mal sabor, olor y color indeseable durante el almacenamiento (Handwerk y Coleman, 1988). Entre las reacciones de oscurecimiento no enzimáticas se encuentran la reacción de *Maillard* y la degradación de ácido ascórbico.

La reacción de *Maillard* se presenta durante los procesos tecnológicos o el almacenamiento de diversos alimentos. Esta reacción se lleva a cabo entre un grupo aldehído o cetona, procedente de las azúcares reductoras, y grupos aminos de aminoácidos o proteínas, va acompañado por una reducción de la solubilidad de las proteínas, una disminución del valor nutritivo y la producción de sabores extraños. En la Figura 1 se muestra un diagrama de la reacción de *Maillard*.

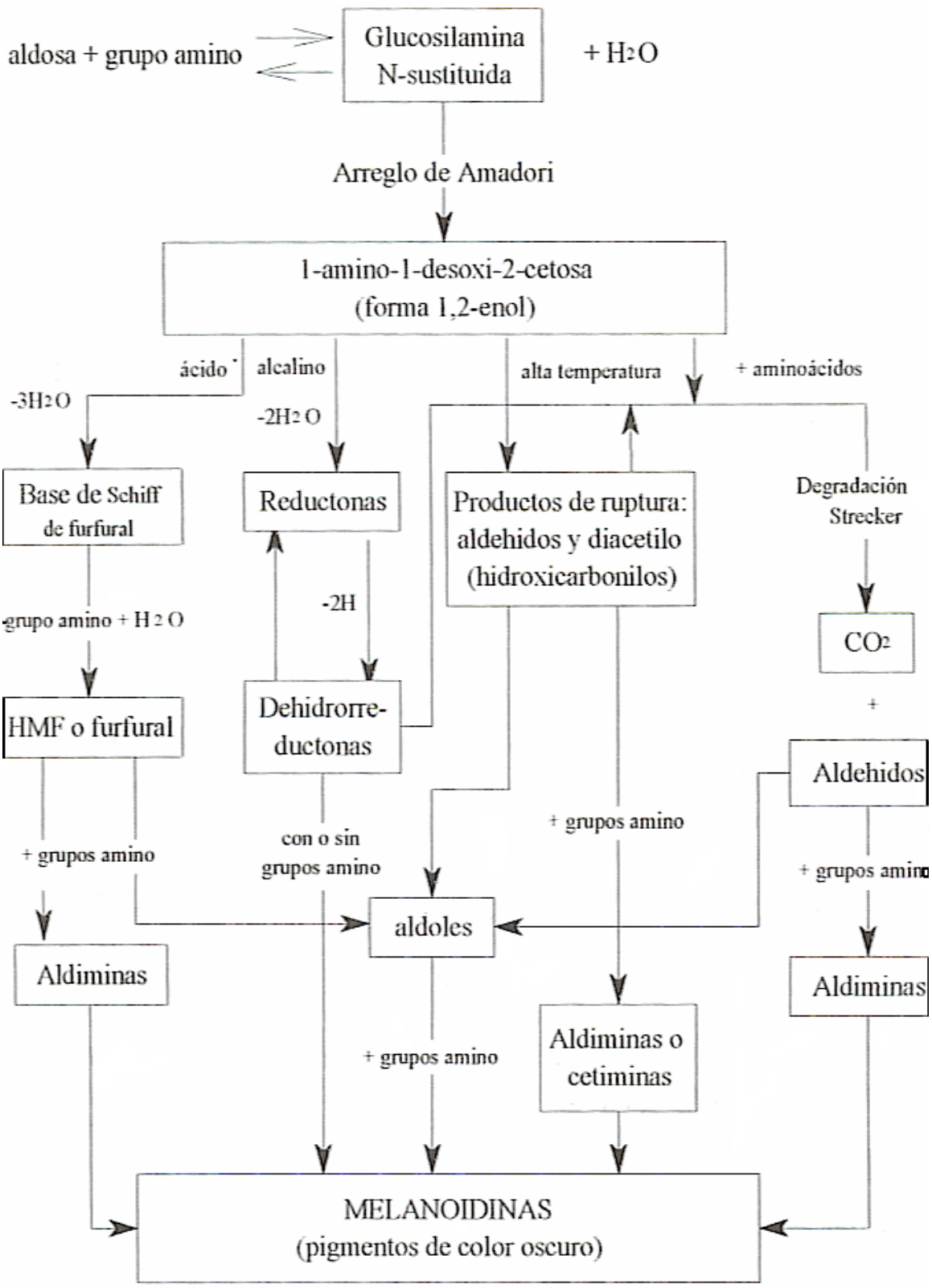

Figura 1. Reacción de *Maillard*, tomado de Casp y Abril (1999)

Ésta incluye una serie de reacciones en las que el desarrollo del color tiene lugar en el último paso del proceso. Se puede resumir en tres pasos. En el paso inicial no hay producción de color. Ocurre una condensación azúcar-amino para formar una glucosilamina-N-sustituída. Esta reacción es reversible. Luego se lleva a cabo el Rearreglo de Amadori, la glucosilamina se transforma en una cetosimina o aldosamina. En el paso intermedio se forman colores amarillos muy ligeros y producción de olores desagradables. Las reacciones que se llevan a cabo dependen de las condiciones de pH y de la actividad de agua del sistema. Puede ocurrir una deshidratación de azúcares, donde se forman derivados del furfural, reductonas o dehidrorreductonas. También puede ocurrir una fragmentación de azúcares, donde se forman compuestos α-hidroxicarbonilos, glucoaldehido, piruvaldehido, acetol, acetoína, diacetilo, ect. En adición, puede llevarse a cabo la degradación de *Strecker*, donde aminoácidos más las dehidrorreductonas (formadas de la deshidratación de azúcares) forman aldehídos con un átomo de carbono menos que el aminoácido inicial, más CO_2. En el paso final hay una formación de pigmentos responsables del color llamadas melanoidinas. Ocurre una condensación aldólica de compuestos intermedios para formar pigmentos insaturados con propiedades fluorescentes. Por último se lleva a cabo una polimerización de aldehídos con aminas (Casp y Abril, 1999).

En la Figura 2 se muestra la degradación de ácido ascórbico. El comienzo de la reacción ocurre en presencia de oxígeno y es catalizada por un metal, en un mecanismo general el ácido ascórbico se convierte en ácido dehidroascórbico por la oxidación de dos electrones y la disociación de hidrógeno. Esta reacción es reversible. El ácido dehidroascórbico es altamente inestable por la susceptibilidad a hidrólisis del puente de

lactona y forma ácido 2,3 diketogulónico. Si la ruta es anaeróbica ocurre una deshidratación seguida de una decarboxilación formándose una 3-deoxipentosona. Luego ocurre una reducción y se forma 2-furaldehido y 2-ácido furónico. Si la ruta es aeróbica ocurre una decarboxilación y el ácido 2,3 diketogulónico se convierte en xilosona. Los productos finales 3-deoxipentosona, 2-furaldehido y xilosona en presencia o ausencia de aminoácidos forman los pigmentos marrones, cambios en sabor y aroma y decoloración (Fennema, 1996).

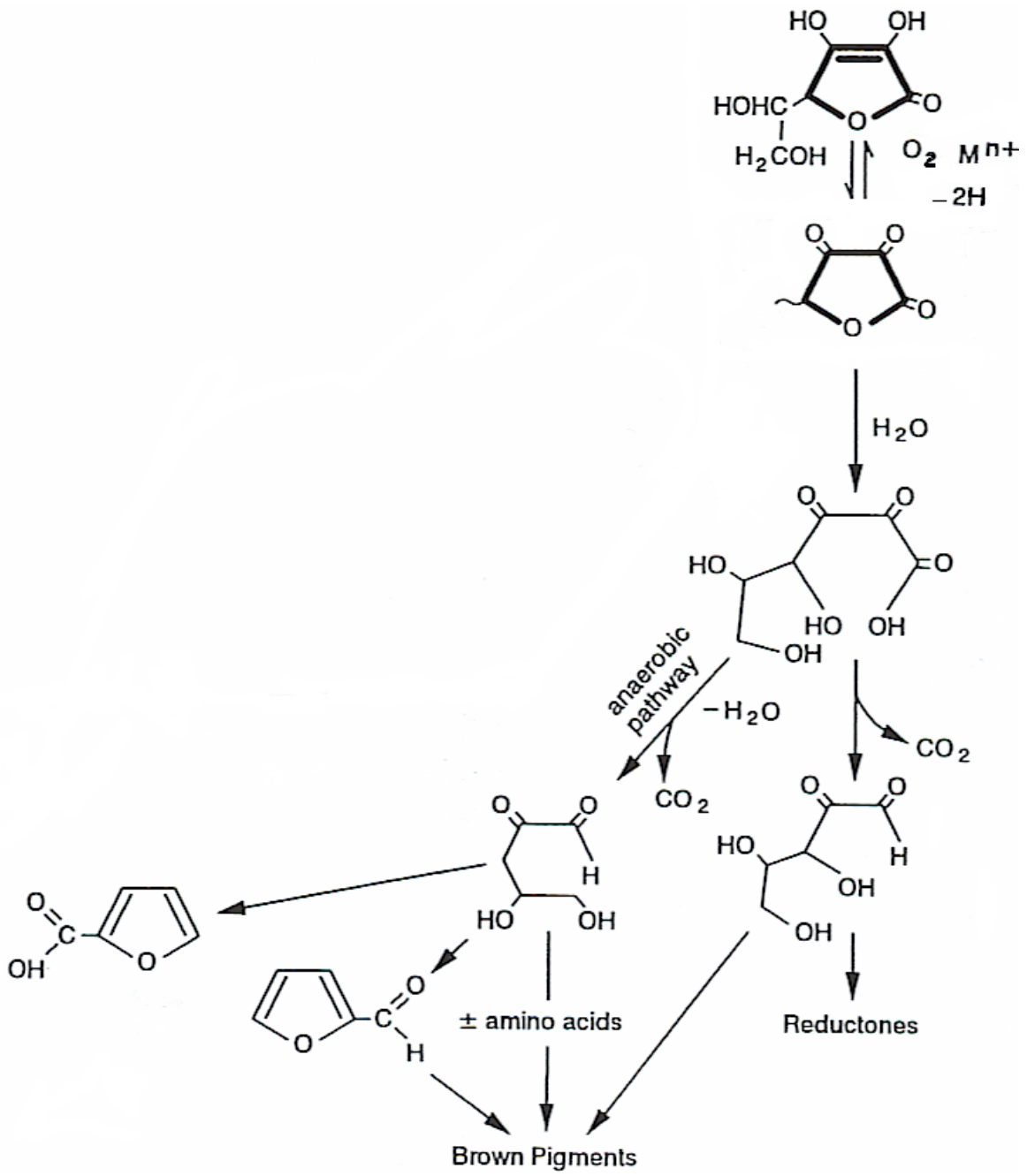

Figura 2. Degradación de ácido ascórbico, modificado de Fennema (1996)

Materiales y Métodos

A. Elaboración del cordial de parcha

El cordial fue elaborado en el Laboratorio de Empaque de Alimentos en el edificio de Ingeniería Agrícola. La pulpa de parcha se mantuvo congelada a -4°C para su preservación. Previo al procesamiento, la pulpa se descongeló a temperatura de refrigeración 4°C por 12 horas. Los componentes aromáticos y de sabor se extrajeron mezclando 1,700mL de pulpa de parcha y 1,700mL de alcohol etílico 189 ° P (Ron Crudo), provisto por la Destilería Serrallés. Esta mezcla se dejó en reposo en la nevera por 18 horas. Luego la mezcla se filtró con un filtro de tela y el extracto se utilizó para formular el cordial. Se mezcló 2,000mL del extracto con 1,262mL de endulzante (*HFCS* 55 %) y 738mL de agua destilada. Por ultimó se añadió 20g de bentonita por cada 500mL de cordial y se filtró con CO_2.

B. Sistema de ultrafiltración (UF)

Se utilizó un sistema de ultrafiltración de laboratorio (Figura 3) el cual se encontraba en el Laboratorio de Empaque de Alimentos. El sistema se componía de una bomba *MasterFlex L/S Economy Drive* con un diafragma *PTFE* con la cual se regulaba la velocidad, dos rotámetros, uno de permeado y el otro de retentado para determinar el flujo y tres barómetros que medían la presión de alimentación, la presión de retentado y la presión de permeado, y una válvula para regular el flujo. Para filtrar se utilizó 500mL de cordial en la alimentación. Se activaba la bomba en una velocidad de 5 m/s, se dejaba fluir el cordial por todo el sistema hasta que se estabilizara y luego se iba aplicando

diferencia en presión hasta 241 *Kilo Pascals* (KPa). Después que se estabilizara el sistema a estas condiciones se comenzaba a filtrar. El cordial pasaba de la alimentación a un amortiguador para evitar las pulsaciones y luego por la membrana. El cordial que se filtraba pasaba al rotámetro de permeado y el que no, pasaba al rotámetro de retentado. Se utilizó una membrana tubular de cerámica *Carbosep* de 10,000 Da.

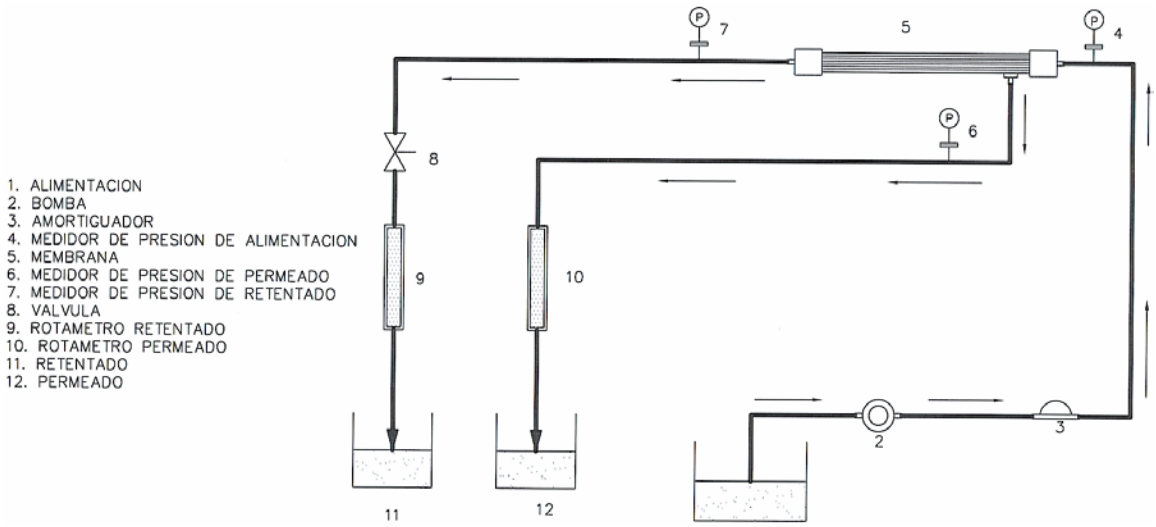

Figura 3. Sistema de ultrafiltración

C. Adición de metabisulfito de sodio

Luego de tratado el cordial con ultrafiltración, se dividió en tres porciones de 50g cada una. A una de las porciones no se le añadió metabisulfito de sodio (0ppm), a la segunda porción se le añadió 100ppm, o sea, 0.005g y a la otra porción se le añadió 200ppm, o sea, 0.01g. Estas concentraciones fueron utilizadas en estudios preliminares y con las mismas se obtuvieron los mejores resultados. Se agitó bien hasta que se disolviera todo el preservativo y se procedió a hacerle los análisis químicos y físicos. El

mismo procedimiento se llevó a cabo con el cordial que no se filtró. El cordial se envasó en botellas transparentes de 60mL y se almacenó por tres meses a temperatura ambiente en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos en el edificio Piñero de Ciencias Agrícolas.

D. Análisis químicos y físicos

1. Determinación de color

Para medir el color del cordial de parcha se utilizó un colorímetro *HunterLab MiniScan XE*. El instrumento se calibró según las instrucciones especificadas por el fabricante. Se utilizó 5mL de muestra y se tomó la medida para las variables L*, a*, b*, Y* según se especifica en el manual del instrumento. Con el valor de L* se midió la claridad, donde 0 era negro y 100 era blanco. Con el valor de a* se midió el color rojo (valores positivos) – el color verde (valores negativos). Con el valor de b* se midió el color amarillo (valores positivos) – el color azul (valores negativos) y con el valor de Y* se midió la intensidad en el color amarillo (a mayor valor, mayor intensidad). El análisis se realizó en duplicado.

2. Determinación de turbidez

Para determinar la turbidez en el cordial de parcha se midió la absorbancia a 565nm utilizando un espectrofotómetro *Thermo Spectronic Genesys 8*. El blanco utilizado fue agua. Se midió la absorbancia de la muestra, luego se filtró con un filtro y se tomó la absorbancia de la muestra filtrada. Se restó la absorbancia de la muestra sin

filtrar menos la absorbancia de la muestra filtrada. Este resultado de absorbancia indicaba el efecto de la turbidez en la muestra. El análisis se realizó en duplicado.

3. Determinación del contenido de azúcares mediante un análisis de cromatografía de líquidos de alta eficiencia (*High Performance Liquid Chromatography;HPLC*)

Este análisis se realizó en la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico. El contenido de azúcares (fructosa, glucosa y sacarosa) se determinó utilizando un equipo de *HPLC Waters 717 Plus Autosampler*. La columna de separación que se utilizó fue una *Prevail Carbohydrate ES*. La fase móvil fue acetonitrilo y agua destilada a una concentración 75:25. Se utilizó una bomba *Waters 600E* y se bombeó a una razón de 1mL/min. Se utilizó un detector de índice de refracción con un control de temperatura *Waters 410*. La temperatura de la celda fue 40°C y la temperatura de la columna 30°C. El volumen de inyección fue 8 µL y el tiempo de la corrida 11 minutos. Los estándares se prepararon haciendo cinco mezclas de las tres azúcares con las siguientes cantidades respectivamente 0.1g, 0.25g, 0.50g, 0.75g y 1.0g. Cada mezcla se diluyó en 100mL de agua destilada utilizando un matraz volumétrico. Luego se filtraron con un filtro *25 mm syringe filters 0.45 µm Nylon* y se colocaron en los tubos para *HPLC*. Las muestras se diluyeron a una razón de 1/100. La dilución se realizó con agua destilada utilizando un matraz volumétrico. Luego se filtraron y se colocaron en los tubos para *HPLC*. Este análisis se realizó en duplicado.

E. Análisis Sensorial

La prueba sensorial utilizada fue Diferencia del Control. Los atributos que se analizaron fueron aroma, acidez, dulzura, amargo y astringencia. La prueba se llevó a cabo con doce panelistas. Éstos fueron adiestrados para los atributos analizados. Los panelistas recibieron un adiestramiento básico para percibir diferencia entre los atributos analizados, por ejemplo que es dulce, que es ácido. También se adiestraron para percibir diferencia entre diferentes niveles o intensidades en cada uno de los atributos, por ejemplo, utilizando diferentes concentraciones de azúcar. Durante la prueba los panelistas fueron ubicados en cubículos individuales y se utilizó una luz azul para enmascarar la diferencia en color de las muestras. Cada panelista recibió dos muestras de 20mL cada una a temperatura ambiente. Una de las muestras fue enumerada al azar y la otra era la muestra control identificada como "C". Se prepararon igual números de muestras de las siguientes combinaciones C vs. T, C vs. S, C vs. "blind-C" y se presentaron de forma al azar a los panelistas. Se instruyó a los panelistas a probar la muestra control primero y después la muestra enumerada, luego determinar cuán diferente era esta muestra de la muestra control. Para esto se utilizó una escala lineal la cual media seis pulgadas y estaba identificada en un extremo No Diferente y en el otro Muy Diferente.

F. Diseño Experimental y Análisis Estadístico

El experimento consistió en un diseño factorial 2x3 en bloque. El factor membrana con dos niveles Con y Sin y el factor concentración de metabisulfito de sodio con tres niveles 0, 100, 200ppm. Los bloques fueron las tres réplicas que se realizaron.

Se realizaron análisis de color, turbidez y contenido de azúcares, inicial y luego de tres meses de almacenado el cordial. Estos análisis se realizaron en duplicado. Se realizaron tres repeticiones y para cada repetición se elaboró una tanda nueva de cordial. El análisis sensorial se realizó entre el cordial con el tratamiento más efectivo (seleccionado de los análisis de color y turbidez) tres meses después de almacenado (Producto T), el cordial sin ningún tratamiento tres meses después de almacenado (Producto S) y un cordial acabado de elaborar (Control). En adición, se determinó la constante de permeabilidad para determinar las condiciones óptimas del proceso. Se realizaron dos repeticiones y para cada repetición se elaboró una nueva tanda de cordial. Todos los resultados fueron analizados en el programa estadístico MINITAB (Versión 13.1). Para interpretar los resultados se utilizó un Análisis de Varianza (ANOVA), un Modelo Lineal General (GLM), Estadística Descriptiva, Prueba de Dunnett y un Análisis de Regresión. Los valores de p fueron utilizados para determinar si los resultados eran significativos o no a un nivel de confianza de 95%.

Resultados y Discusión

El objetivo principal de este trabajo de investigación fue utilizar un sistema de ultrafiltración en combinación con la adición de metabisulfito de sodio para tratar de resolver los problemas de turbidez, cambio en color, aroma y sabor que presentaba el cordial de parcha. El efecto de estos tratamientos y la estabilidad del almacenamiento del cordial durante tres meses fueron evaluados con un análisis de color, turbidez, contenido de azúcares, análisis sensorial. En adición, a los objetivos de esta investigación se trabajo con la constante de permeabilidad para determinar como se comportaba el sistema y las condiciones óptimas de operación del mismo.

A. Color y turbidez inicial y tres meses después

En las Tablas 1 al 10 se muestran las medidas obtenidas con el colorímetro para las variables L*, a*, b*, Y* y las medidas obtenidas con el espectrofotómetro para la variable de turbidez (absorbancia). Todas las medidas se realizaron al cordial que no fue filtrado pero que se le añadió las diferentes concentraciones de metabisulfito de sodio. (Tratamientos: Sin membrana; 0ppm; 100ppm, 200ppm de metabisulfito de sodio) y al cordial que se filtró y se le añadió las diferentes concentraciones de metabisulfito de sodio (Tratamientos: Con membrana; 0ppm; 100ppm; 200ppm de metabisulfito de sodio).

Los resultados obtenidos para la variable de color L* (claridad) se presentan en las Tablas 1 y 2. El valor L da una indicación de cuan clara (100) u obscura (0) es la muestra. Para la variable L* día cero no hubo diferencia significativa al utilizar membrana, ni al añadir preservativo. Sin embargo, para esta variable tres meses después

se encontró que al utilizar la membrana el producto fue significativamente más claro ($p < 0.05$), lo cual no sucedió al utilizar el preservativo. Lo que implica que al utilizar la membrana sin tener que añadir preservativo se obtuvo un cordial más claro.

Tabla 1. Medidas para la variable de claridad (L*) inicial

Concentración	Sin Membrana	Con Membrana
0 ppm	73.79a[1]; a[2]	73.91a; a
100 ppm	73.86a; a	73.90a; a
200 ppm	73.81a; a	73.91a; a

[1] Medidas en la misma línea seguidas por distintas letras, difieren significativamente ($P < 0.05$) al utilizar la membrana
[2] Medidas en la misma columna seguidas por distintas letras, difieren significativamente ($P < 0.05$) al añadir el preservativo

Tabla 2. Medidas para la variable de claridad (L*) después de tres meses

Concentración	Sin Membrana	Con Membrana
0 ppm	73.69b[1]; a[2]	73.93a; a
100 ppm	73.65b; a	73.92a; a
200 ppm	73.75b; a	73.89a; a

[1] Medidas en la misma línea seguidas por distintas letras, difieren significativamente ($P < 0.05$) al utilizar la membrana
[2] Medidas en la misma columna seguidas por distintas letras, difieren significativamente ($P < 0.05$) al añadir el preservativo

En las Tablas 3 y 4 se muestran los resultados obtenidos para la variable de color a* (color verde). Para la variable día cero se encontró que al utilizar la membrana se obtuvo un cordial significativamente menos verde ($p < 0.05$), lo cual no ocurrió al utilizar el preservativo. Para la variable a* tres meses después la combinación de utilizar membrana y añadir preservativo tuvo un efecto significativo en el producto, en adición,

utilizar 200ppm de preservativo mostró un valor menor que utilizar las otras concentraciones. Lo que indica que utilizar la membrana provocó un efecto significativo y que añadir preservativo ayudó a mantener el cambio positivo causado por la membrana, o sea, que utilizar la membrana y añadir 200ppm de preservativo fue el tratamiento con el cual se obtuvo un producto menos verde.

Tabla 3. Medidas para la variable del color verde (a*) inicial

Concentración	Sin Membrana	Con Membrana
0 ppm	-1.29b[1]; a[2]	-1.17a; a
100 ppm	-1.31b; a	-1.22a; a
200 ppm	-1.33b; a	-1.20a; a

[1] Medidas en la misma línea seguidas por distintas letras, difieren significativamente ($P < 0.05$) al utilizar la membrana
[2] Medidas en la misma columna seguidas por distintas letras, difieren significativamente ($P < 0.05$) al añadir el preservativo

Tabla 4. Medidas para la variable del color verde (a*) tres meses después

Concentración	Sin Membrana	Con Membrana
0 ppm	-1.29[1]	-1.34
100 ppm	-1.32	-1.31
200 ppm	-1.39	-1.27

[1] Interacción (Ver explicación en el Apéndice II)

Los resultados obtenidos para las variables de color b* (color amarillo) y Y* (intensidad del color amarillo) se presentan en las Tablas 5 y 6 y en las Tablas 7 y 8, respectivamente. Para estas variables día cero se encontró que el cordial fue significativamente menos amarillo al utilizar la membrana ($p < 0.05$), lo cual no sucedió al utilizar el preservativo.

Tabla 5. Medidas para la variable del color amarillo (b*) inicial

Concentración	Sin Membrana	Con Membrana
0 ppm	2.77b[1]; a[2]	1.93a; a
100 ppm	2.75b; a	1.99a; a
200 ppm	2.82b; a	1.93a; a

[1] Medidas en la misma línea seguidas por distintas letras, difieren significativamente ($P < 0.05$) al utilizar la membrana
[2] Medidas en la misma columna seguidas por distintas letras, difieren significativamente ($P < 0.05$) al añadir el preservativo

Tabla 6. Medidas para la variable del color amarillo (b*) tres meses después

Concentración	Sin Membrana	Con Membrana
0 ppm	4.11b[1]; b[2]	3.52a; c
100 ppm	4.19b; c	3.04a; b
200 ppm	3.61b; a	2.92a; a

[1] Medidas en la misma línea seguidas por distintas letras, difieren significativamente ($P < 0.05$) al utilizar la membrana
[2] Medidas en la misma columna seguidas por distintas letras, difieren significativamente ($P < 0.05$) al añadir el preservativo

Para las variables b* y Y* tres meses después los valores difirieron significativamente al utilizar la membrana, al añadir el preservativo y por el uso combinado de éstos. Se puede observar que el valor menor se presentó al utilizar la membrana y que los valores fueron disminuyendo al aumentar la concentración de preservativo, principalmente para la variable Y*. En adición, para ambas variables el valor menor se obtuvo al añadir 200ppm de preservativo. Lo que implica que utilizar el preservativo tuvo su efecto tres meses después de almacenado el cordial y que éste contribuyó a mantener el efecto positivo causado por la membrana, es decir, que al utilizar la membrana y añadir 200ppm de preservativo se obtuvo un producto menos amarillo.

Tabla 7. Medidas para la variable de intensidad del color amarillo (Y*) inicial

Concentración	Sin Membrana	Con Membrana
0 ppm	4.76b[1]; a[2]	2.99a; a
100 ppm	4.70b; a	3.08a; a
200 ppm	4.83b; a	2.97a; a

[1] Medidas en la misma línea seguidas por distintas letras, difieren significativamente ($P < 0.05$) al utilizar la membrana
[2] Medidas en la misma columna seguidas por distintas letras, difieren significativamente ($P < 0.05$) al añadir el preservativo

Tabla 8. Medidas para la variable de intensidad del color amarillo (Y*) tres meses después

Concentración	Sin Membrana	Con Membrana
0 ppm	7.74b[1]; b[2]	6.34a; c
100 ppm	7.89b; c	5.34a; b
200 ppm	6.50b; a	5.09a; a

[1] Medidas en la misma línea seguidas por distintas letras, difieren significativamente ($P < 0.05$) al utilizar la membrana
[2] Medidas en la misma columna seguidas por distintas letras, difieren significativamente ($P < 0.05$) al añadir el preservativo

En las Tablas 9 y 10 se muestran los resultados obtenidos para la variable de turbidez. Para la variable de turbidez día cero y tres meses después los valores difirieron significativamente al utilizar la membrana, al añadir el preservativo y por el uso combinado de éstos. Se puede observar que con membrana y al añadir 200ppm de preservativo se obtuvieron los valores más bajos. Esto indica que la combinación de ambos factores fue lo que provocó el efecto positivo y que con este tratamiento se obtuvo un producto menos turbio.

Tabla 9. Medidas para la variable de turbidez inicial

Concentración	Sin Membrana	Con Membrana
0 ppm	0.0032b[1]; c[2]	0.0012a; c
100 ppm	0.0020b; b	0.0010a; b
200 ppm	0.0017b; a	0.0002a; a

[1] Medidas en la misma línea seguidas por distintas letras, difieren significativamente ($P < 0.05$) al utilizar la membrana
[2] Medidas en la misma columna seguidas por distintas letras, difieren significativamente ($P < 0.05$) al añadir el preservativo

Tabla 10. Medidas para la variable de turbidez tres meses después

Concentración	Sin Membrana	Con Membrana
0 ppm	0.0053b[1]; b[2]	0.0015a; c
100 ppm	0.0020b; a	0.0010a; b
200 ppm	0.0020b; a	0.0003a; a

[1] Medidas en la misma línea seguidas por distintas letras, difieren significativamente ($P < 0.05$) al utilizar la membrana
[2] Medidas en la misma columna seguidas por distintas letras, difieren significativamente ($P < 0.05$) al añadir el preservativo

Los problemas principales en los trabajos preliminares con cordial de parcha eran los cambios en color y turbidez luego de dos meses de almacenado. Los cambios en color se pueden atribuir a ciertos compuestos precursores de estos cambios por ejemplo, los taninos. En adición, la reacción de *Maillard* causa cambios en color debido a que los productos finales de esta reacción son las melanoidinas, las cuales son pigmentos de color oscuro. Otra reacción que puede causar cambios en color es la degradación de ácido ascórbico debido a los compuestos carbonilos que se forman durante la misma.

La turbidez que se forma en el producto puede ser causada por la unión de ciertos compuestos que se precipitan y forman una niebla. Por ejemplo, la unión entre proteínas, la unión entre proteínas con taninos o proteínas con polifenoles. También estos precipitados pueden formarse por la unión de taninos con otros taninos o polifenoles con otros polifenoles.

Al utilizar el sistema de ultrafiltración con una membrana de 10,000 Da se retienen compuestos como gránulos de almidón, amilopectinas, enzimas, péptidos, amilasa, taninos y polifenoles, los cuales muchos de éstos son los precursores de los cambios en color y turbidez. Por otro lado, al utilizar este sistema de ultrafiltración no se retienen azúcares y aminoácidos los cuales reaccionan para llevar a cabo la reacción *Maillard*.

El ácido ascórbico es un compuesto de bajo peso molecular el cual también pasa a través de la membrana, puede degradarse y causar cambios en color. En adición, según Kacem et al. (1988), el efecto de los cambios en color durante la degradación de ácido ascórbico es acelerado por los aminoácidos, los cuales pasan a través de la membrana utilizada.

Se pudo observar que para la mayoría de las variables el efecto positivo del metabisulfito de sodio se presentó luego de tres meses de almacenado el cordial, por lo tanto, aunque las azúcares, los aminoácidos y el ácido ascórbico pasaran a través de la membrana se pueden evitar las reacciones que causan cambios adversos en el producto utilizando este preservativo.

Como se ha mencionado los compuestos intermediarios y finales de la reacción de *Maillard* y de la degradación de ácido ascórbico son compuestos carbonilos. La reacción más conocida de los sulfitos con los compuestos presentes en los alimentos es el ataque por HSO_3^- o tal vez SO_3^{2-} en los grupos carbonilos de los aldehídos y cetonas para formar compuestos hidrosulfonados. El mecanismo de esta reacción la cual envuelve la adición de H^+ SO_3^{2-} por el enlace C=O se muestra en la Figura 4.

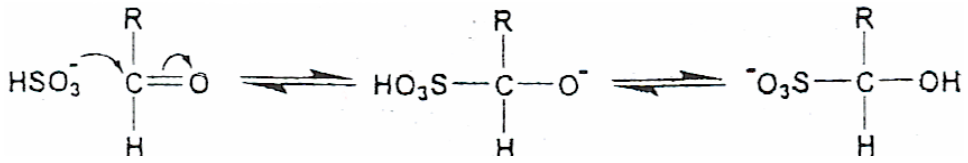

Figura 4. Reacción de sulfitos con intermediarios carbonilos reactivos, tomado de Roig et al. (1996)

La posición del equilibrio es sensitiva al pH. Los complejos son más estables en un rango de pH de 2-6, pero es inestable fuera de este rango. En el cordial de parcha serían estables ya que el pH del mismo es 4.60. Los sulfitos tienen poca afinidad con la glucosa, pero no así con el compuesto 2-oxo-4,5,6-trihidroxihexanal formado como resultado de la descomposición del rearreglo de Amadori o el producto análogo

4,5-dihidroxi-2-oxopentanal, formado durante la degradación anaeróbica del ácido ascórbico, ya que se cree forman hidrosulfonados más estables y la acción de los sulfitos como inhibidores de oscurecimiento es en parte debido a la remoción efectiva de intermediarios como éstos del sistema. No existe una idea cuantitativa de la fuerza de estas interacciones, sin embrago, un producto que está siendo investigado es 2-oxo-3,4,5,-trihidroxipentanal, el cual se asemeja a los intermediarios de la reacción de *Maillard* y de la degradación anaeróbica de ácido ascórbico y es intermediario de la degradación aeróbica de ácido ascórbico (Wedzicha, 1981).

Como se pudo observar utilizar la membrana tuvo su efecto positivo en las muestras del día cero y utilizar el preservativo tuvo su efecto positivo en las muestras luego de tres meses de almacenadas, o sea, que al utilizar la membrana se eliminaron la mayoría de los compuestos que causan los cambios en color y turbidez y utilizar el preservativo ayudó a mantener este efecto o contribuyó a minimizar los problemas que no se pudieron eliminar al utilizar la membrana.

Estos resultados concuerdan con los reportados por Padilla y McLellan (1989), donde al utilizar un sistema de ultrafiltración con una membrana de 10,000 Da para filtrar un jugo de manzana se obtuvo menos turbidez y oscurecimiento. También concuerdan con los resultados reportados por Zárate-Rodríguez et al. (2001), donde se obtuvo menos cambios en color en un jugo de manzana al utilizar un sistema de ultrafiltración con una membrana de 10,000 Da. En adición, estos resultados concuerdan con los reportados por Roig et al. (1996), donde al añadir metabisulfito de sodio a un jugo de cítricos redujo sustancialmente el oscurecimiento. Excepto para la variable de L*, el utilizar una

combinación de membrana y preservativo fue más efectivo para las demás variables. El tratamiento más efectivo lo fue con membrana y 200ppm de metabisulfito de sodio.

B. Contenido de azúcares inicial y tres meses después

En la Tabla 11 se muestran los resultados del contenido de azúcares (fructosa, glucosa y sacarosa) que se determinó mediante un análisis de cromatografía de líquidos de alta eficiencia en el cordial que no se filtró y no se le añadió preservativo y en el cordial que se filtró y no se le añadió preservativo. Estas medidas se tomaron el día cero y tres meses después de almacenado el cordial.

Los datos obtenidos para el tratamiento sin membrana son los resultados del contenido de azúcares del producto, o sea, que el cordial de parcha contiene 20.1 g/100mL de fructosa, 15.0 g/100mL de glucosa, 1.3 g/100mL de sacarosa para un total de azúcares de un 36.4 g/100mL. El por ciento de fructosa es mayor ya que esta es el azúcar que contienen las frutas, en adición, uno de los principales ingredientes del producto es *High Fructose Corn Syrup* el cual contiene 55% fructosa y los demás componentes son glucosa y sacarosa.

Para la variable de concentración de fructosa día cero y tres meses después se puede observar una reducción en su contenido al ultrafiltrar el producto. Esto indica que la membrana retuvo fructosa, pero la cantidad fue mínima, por lo que dicha retención no fue significativa. Los valores de concentración de glucosa siguieron la misma tendencia que la exhibida para la concentración de fructosa.

Tabla 11. Medidas para el contenido de azúcares (g / 100ml)

Factor	Fructosa	Glucosa	Sacarosa	Azúcares Totales
Sin membrana día cero	20.1a [1]	15.0a	1.3a	36.4a
Con membrana día cero	19.6a	14.7a	1.4a	35.7a
Sin membrana tres meses	19.3a	14.7a	1.2a	35.2a
Con membrana tres meses	18.3a	14.0a	1.4a	33.6a

[1] Medidas en la misma columna día cero y tres meses después seguidas por distintas letras, difieren significativamente ($P < 0.05$)

Para la variable de concentración de sacarosa no hubo diferencia significativa para la muestra día cero y tres meses después. A diferencia del contenido de fructosa y glucosa el contenido de sacarosa fue mayor después de ultrafiltrar el producto que antes de ultrafiltrarlo, o sea, que la membrana no retuvo sacarosa y pasó toda al retentado. Para el contenido total de azúcares (suma de las tres azúcares) se obtuvo la misma tendencia que para fructosa y glucosa.

Las tres azúcares son compuestos de peso molecular pequeño que pasan a través de la membrana utilizada ya que el tamaño de poro de ésta es mayor. El pequeño aumento en la cantidad de sacarosa luego de ultrafiltrado el producto se puede atribuir a que el método de *HPLC* utilizando refractometría tiene una sensibilidad limitada y el posible error es del orden de 1 a 2 %.

El análisis de contenido de azúcar se realizó para determinar si el proceso de ultrafiltración tuvo algún efecto en el mismo. Los resultados obtenidos establecen que no hubo cambios en el contenido de azúcares luego de ultrafiltrado el producto y estos resultados concuerdan con los reportados por Vladisavljević et al. (2003), donde el contenido de azúcares del producto no se afectó por el proceso de ultrafiltración. Se

puede inferir que los cambios en color, sabor y olor que ocurren en el producto no son debido a la reacción de *Maillard*. Si en el cordial sin preservativo prácticamente no ocurrió la reacción, se puede esperar que en el cordial que tiene preservativo no ocurra ya que el metabisulfito de sodio controla las reacciones de oscurecimiento no enzimáticas.

El contenido de azúcares totales concuerda con la cantidad de sólidos solubles que tiene el cordial de parcha el cual fue 37.5 ˚Brix. La medida de los sólidos solubles es una indicación aproximada del contenido de azúcares. El hecho de que este valor sea un poco mayor se pude atribuir a que al medir los sólidos solubles por refractometría no sólo mide el contenido de azúcares en el producto, sino que también suma en su lectura de azúcares a todos o casi todos los restantes componentes solubles en el producto.

C. Análisis Sensorial

Los resultados de la evaluación sensorial para aroma, dulzura, astringencia, acidez y amargo (Ver Apéndice I) se presentan en la Tabla 12. Esta evaluación se realizó entre el cordial con el tratamiento más efectivo (seleccionado de los análisis de color y turbidez) tres meses después de almacenado (Producto T), el cordial sin ningún tratamiento tres meses después de almacenado (Producto S) y un cordial acabado de elaborar (Control).

Para el aroma hubo diferencia significativa entre cada uno de los productos y el control. En general el aroma fue el atributo en el cual la diferencia fue más notable. A pesar de que ambos productos fueron diferentes al control, la diferencia de los promedios del Producto T fue menor, es decir, que se acercó más cero que sería el control. Esto implica que en el producto T los panelistas percibieron menos cambios en aroma y se asemejaba más al control que el Producto S. El tratamiento con membrana y 200ppm de

metabisulfito de sodio causó un efecto positivo en el cordial ya que al utilizar la membrana se pudieron haber retenido compuestos que pudieran ser precursores de malos olores durante el almacenamiento y al utilizar el preservativo este pudo haber intervenido en reacciones de oscurecimiento no enzimático como *Maillard*, donde por ejemplo, en el paso intermedio ocurre una producción de olores desagradables.

Tabla 12. Diferencia de los promedios para los atributos sensoriales

Atributos	Producto T[1]	Producto S[2]
Aroma	2.5a [3]	3.9b
Dulzura	0.2a	0.3a
Astringencia	0.7a	1.0a
Acidez	1.3a	0.8a
Amargo	1.4b	0.9a

[1] Producto T= Tratamiento Con membrana 200ppm tres meses después
[2] Producto S= Tratamiento Sin membrana 0ppm tres meses después
[3] Medidas en la misma línea seguidas por distintas letras, difieren significativamente ($P < 0.05$) del control

En términos de dulzura y de astringencia no se encontró diferencia significativa entre los productos y el control. A pesar de que ambos productos fueron similares al control la diferencia de los promedios del Producto T fue menor. Esto indica que para los atributos de dulzura y de astringencia el Producto T se asemejó más al control que el Producto S. En términos de sabor en la dulzura fue donde menos diferencia detectaron los panelistas. Este resultado concuerda con la prueba de *HPLC* que se realizó para determinar el contenido de azúcar antes y después de ultrafiltración inicial y tres meses después, donde no se encontró diferencia. Los resultados obtenidos para el atributo de astringencia sugieren que probablemente los taninos fueron removidos por la membrana ya que éstos son los responsables de causar astringencia.

Para el atributo de acidez no se encontró diferencia significativa entre ninguno de los productos y el control. Aunque ambos productos se parecían al control la diferencia de los promedios para el Producto S fue menor. Esto indica que en términos de acidez el Producto S fue más similar al control que el Producto T. Para el amargo hubo diferencia significativa entre el Producto T y el control, pero no entre el Producto S y el control, en adición, la diferencia de los promedios del Producto S fue menor. Esto indica que para el atributo de amargo el Producto S fue más similar al control que el Producto T. En términos de sabor el amargo fue el atributo en el cual los panelistas detectaron mayor diferencia y para el cual el tratamiento no fue muy eficaz, de igual forma no lo fue para la acidez. Tal vez a través de la membrana pasaron algunos compuestos precursores de amargo y acidez y el preservativo no tuvo ningún efecto sobre ellos. En adición, lo que pudo haber sucedido es que la pulpa utilizada para elaborar el control fue la misma que se utilizó al iniciar el experimento, la cual estuvo almacenada por varios meses y pudo haber ocurrido alguna reacción química que causara cambios en la acidez y el amargo de la pulpa. Poll (1985), reportó que un jugo almacenado por un año tuvo niveles mayores de ésteres y de aroma a fruta cuando se produjo con manzanas almacenadas por siete días a 20°C que cuando se produjo con manzanas almacenadas por cinco meses a 3°C.

Cabe mencionar que el pH del cordial de parcha era de 4.60. El pH de un alimento es la medida de la “acidez” o de la “alcalinidad” del mismo. Mientras mayor es el valor del pH menos ácido es el producto. Tomando en cuenta el valor del pH se pude clasificar este producto como uno de baja acidez. El % de acidez titulable del cordial de parcha fue 0.5008 %.

En términos generales el producto T se parecía más al control, lo que implica que el tratamiento con membrana 200ppm de metabisulfito de sodio fue efectivo para mantener el producto en buenas condiciones de aroma y sabor, o sea, que la evaluación sensorial confirma los resultados obtenidos en los análisis químicos. Esta comparación concuerda con la realizada por Padilla y McLellan (1989).

D. Constante de Permeabilidad

La constante de permeabilidad (Ver Apéndice III) se determinó para intentar obtener las condiciones óptimas de operación del proceso de ultrafiltración.

Antes de determinar la constante de permeabilidad se calibró el rotámetro de permeado del sistema de ultrafiltración utilizando el cordial de parcha. Se realizó una regresión lineal para determinar la curva de calibración del rotámetro (Figura 5).

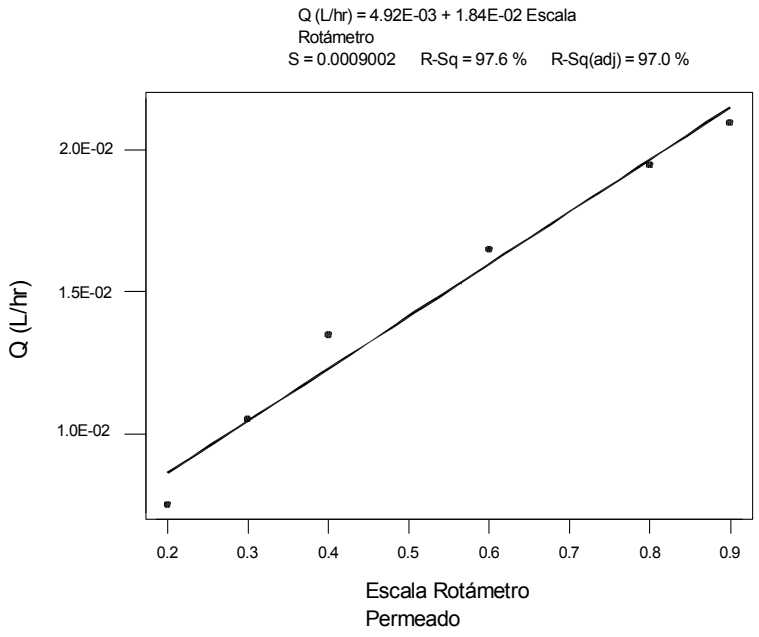

Figura 5. Calibración del rotámetro de permeado

La ecuación de la regresión lineal fue Q = 4.92 x 10^{-3} + 1.84 x 10^{-2} Escala Rotámetro. La pendiente positiva significa que el flujo volumétrico aumentó al aumentar la escala del rotámetro. Se obtuvo un valor de *R-Square* de 97.6 %, el cual es excelente ya que se acerca bastante a 100 %.

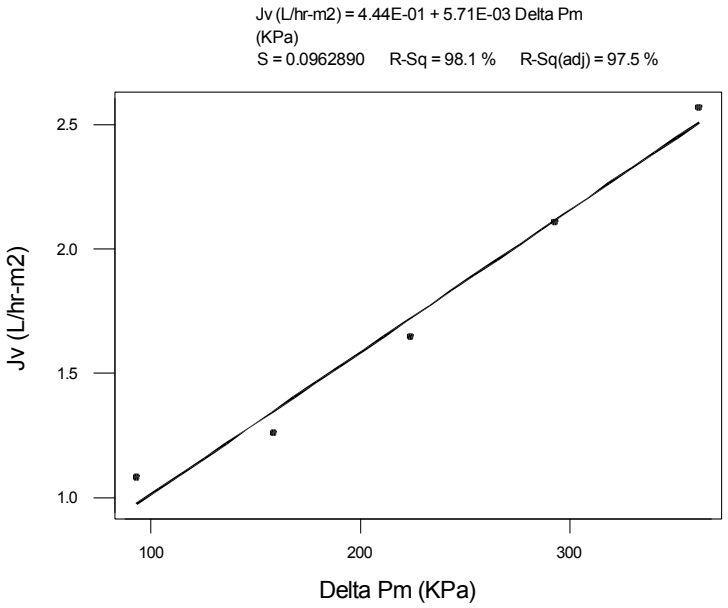

Figura 6. Constante de permeabilidad a velocidad de recirculación de 4 m/s

Para determinar la constante de permeabilidad se realizó una regresión lineal con los datos obtenidos a diferentes velocidades. Al utilizar la velocidad 4 m/s, la ecuación para esta constante viene dada por Jv = 4.44 x 10^{-1} + 5.71 x 10^{-3} ΔPm. La constante de permeabilidad, cuyo valor es igual a la pendiente de esta línea, fue positiva. Esto significa que el flujo de permeado por unidad de área de membrana efectiva aumentó al aumentar la presión transmembránica. El valor de la constante de permeabilidad fue 5.71 x 10^{-3} L / hr - m^2 – Kpa. Para esta regresión se obtuvo un valor de *R-Square* de

98.1 %, el cual también es excelente ya que se acerca bastante a 100 % y el valor de p fue menor de 0.05, o sea, que hubo diferencia significativa lo que implica que la pendiente fue diferente de cero y que la variable ΔPm guardaba relación con la variable Jv (Figura 6).

Esta misma tendencia se observó para las velocidades de 5 y 6 m/s. Al aumentar la velocidad no se obtuvieron cambios en presión y en flujo, es decir, la constante de permeabilidad fue la misma para las tres velocidades utilizadas (Figuras 7 y 8).

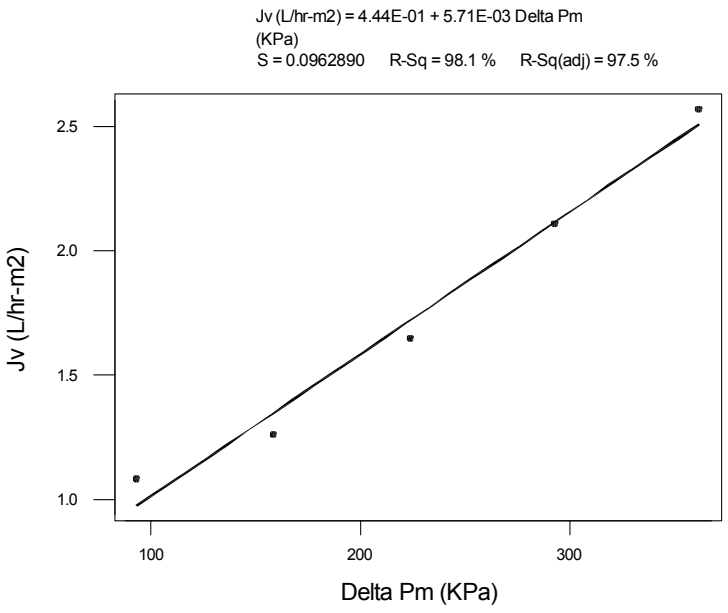

Figura 7. Constante de permeabilidad a velocidad de recirculación de 5 m/s

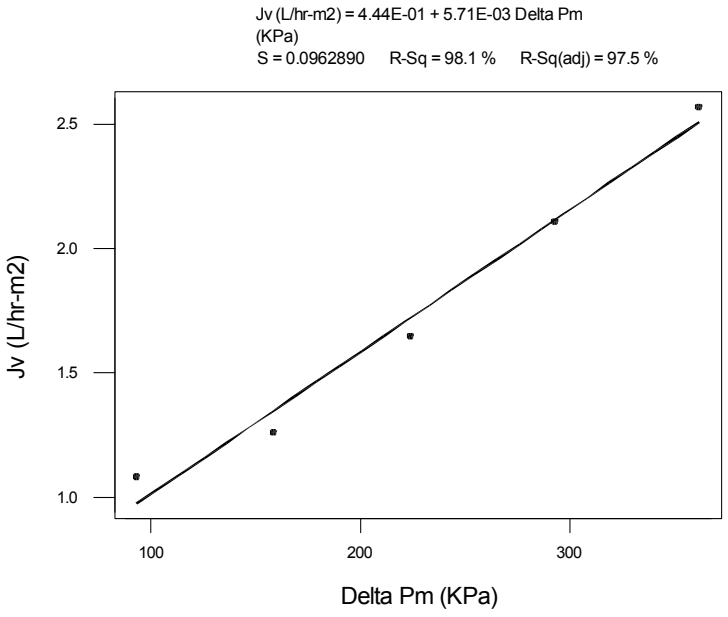

Figura 8. Constante de permeabilidad a velocidad de recirculación de 6 m/s

Para explicar esta tendencia se puede utilizar el *Número de Reynolds*. Este número se utiliza para determinar el nivel de turbulencia del fluido. La transición entre un flujo laminar y un flujo turbulento es a menudo indicado por un *número de Reynolds* crítico. El *número de Reynolds* crítico a una velocidad de recirculación de 4 m/s fue 2030, a una velocidad de 5 m/s fue 2538 y a una velocidad de 6 m/s fue 3046. Dentro del rango de *número de Reynolds* desde 2000 hasta 4000 es una región de transición gradual donde el flujo no es completamente laminar ni completamente turbulento y las predicciones del comportamiento del fluido son difíciles.

Conclusión

El propósito de esta investigación era utilizar un sistema de ultrafiltración en combinación con la adición de metabisulfito de sodio para tratar de resolver los problemas que presenta el cordial de parcha durante su almacenamiento.

Luego de realizar todos los procedimientos, se encontró que utilizar la membrana tuvo su efecto positivo en las muestras iniciales y que utilizar el preservativo tuvo su efecto positivo en las muestras luego de tres meses de almacenadas, o sea, que al utilizar la membrana se eliminaron la mayoría de los compuestos que causaban los cambios en color y turbidez y utilizar el preservativo ayudó a mantener este efecto o contribuyó a minimizar los problemas que no se pudieron eliminar al utilizar la membrana. El utilizar una combinación de membrana y preservativo fue más efectivo que utilizarlos individualmente. El tratamiento más efectivo lo fue con membrana y 200ppm de metabisulfito de sodio.

Los resultados obtenidos en el análisis de contenido de azúcares establecen que no hubo cambios significativos en el contenido de azúcares luego de ultrafiltrado el producto.

Al realizar la evaluación sensorial en términos generales en el atributo de aroma fue que los panelistas percibieron mayor diferencia entre los productos y el control. Para los atributos de dulzura y astringencia no percibieron diferencia, pero sí para los atributos de acidez y amargo. En términos generales el producto T se parecía más al control, lo que implica que el tratamiento con membrana y 200ppm de metabisulfito de sodio fue efectivo para mantener el producto en buenas condiciones de aroma y sabor.

Para que el proceso de ultrafiltración sea un método de clarificación conveniente, este debe procesar grandes volúmenes de filtrado en un corto periodo de tiempo y que el mismo sea de excelente calidad. Al utilizar un sistema de ultrafiltración en combinación con la adición de metabisulfito de sodio se obtuvo un producto de calidad en términos de turbidez, color, aroma y sabor.

Se lograron resolver los problemas que presentaba el cordial de parcha durante el almacenamiento, pero se requieren estudios adicionales para poder aumentar el flujo del proceso de filtración con membrana y determinar las condiciones óptimas del proceso, de esta forma incluirlo como parte de la elaboración del cordial de parcha y poder comercializar el producto.

Recomendaciones

Sugerencias de otros procedimientos que pueden realizar personas interesadas en el tema:

1. Utilizar un sistema de microfiltración o utilizar una membrana con un tamaño de poro mayor para filtrar el cordial de parcha.
2. En vez de filtrar el cordial, filtrar el extracto que se utiliza para elaborar el cordial.
3. Medir la viscosidad del cordial, ya que este es un parámetro importante al trabajar con sistemas de membrana.
4. Determinar mediante otros análisis químicos y/o físicos la causa de la turbidez y de los cambios en color. Por ejemplo, si la causa del cambio en color, sabor y aroma es por la reacción de *Maillard* o por la degradación de ácido ascórbico. Un procedimiento que podría realizarse es determinar compuestos indicadores (productos intermediarios o finales de las reacciones y/o compuestos volátiles) en el cordial de parcha y estudiar los cambios que ocurren en éstos.
5. Almacenar el cordial por más tiempo a temperatura ambiente y realizar los análisis mensualmente.

Bibliografía

Casp, A. y Abril, J. 1999. **Procesos de Conservación de alimentos**. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid España, 41-43;450-456pp

Chan, H. T. y Kwok, S. C. M. 1975. **Identification and determination of sugars in some tropical fruit products**. Journal of Food Science. 40: 419-420.

Cheryan, M. 1986. **Ultrafiltration Handbook**. Technomic, Lancaster, PA, 375pp.

Code of Federal Regulations. Title 21, Volume 3. Cite: 21CFR182.3766. Page 466. Revised as of April 1, 2004.

Constenla, D. T. y Lozano, J. E. 1995. **Effect of ultrafiltration on concentrated apple juice colour and turbidity**. International Journal of Food Science and Technology. 30: 23-30.

Fennema, O. R. 1996. **Food Chemistry, Third Edition**. Marcel Dekker, Inc., New York, 559 – 566 pp.

Freydberg, N. y Gortner, W. A. 1982. **The Food Additives Book**. Bantam Books, Inc., New York, 651-652 pp.

Fukumoto, L. R., Delaquis, P. y Girard, B. 1998. **Microfiltration and Ultrafiltration Ceramic Membranes for Apple Juice Clarification**. Journal of Food Science. 63(5): 845-850.

Ghosh, A. M. y Balakrishnan, M. 2003. **Pilot demonstration of sugarcane juice ultrafiltration in an Indian sugar factory**. Journal of Food Engineering. 58: 143-150.

Handwerk, R. L. y Coleman, R. L. 1988. **Approaches to the Citrus Browning Problem. A Review**. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 36(1): 231-236.

Ingreso Bruto Agrícola, Cifras Revisadas 2002/03 y Preliminar 2003/04. Enero 2005. Oficina de Estadísticas Agrícolas, Departamento de Agricultura de Puerto Rico. 1 – 4 pp.

Ingreso Bruto Agrícola, Cifras Revisadas 2003/04 y Preliminar 2004/05. Junio 2005. Oficina de Estadísticas Agrícolas, Departamento de Agricultura de Puerto Rico. 1 – 4 pp.

Jaeger de Carvalho, L. M., Bento da Silva, C. A. y Trindade R. Pierucci, A. P. 1998. **Clarification of Pineapple Juice (*Ananas comosus L. Merryl*) by Ultrafiltration and Microfiltration: Physicochemical Evaluation of Clarified Juices, Soft Drink Formulation, and Sensorial Evaluation**. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 46(6): 2185-2189.

Kacem, B., Cornell, J.A., Marshall, M.R., Shireman, R.B. y Matthews, R.F. 1987. **Nonenzymatic Browning in Aseptically Packaged Orange Drinks: Effect of Ascorbic Acid, Amino Acids and Oxygen**. Journal of Food Science. 52(6): 1668-1672.

Londsdale, H. K. 1982. **The Growth of Membrane Technology**. Journal of Membrane Science. 10: 82 – 85.

McDaniel, M. R., Lederer, C. L., Flores, J. H. y Heatherbell, D. A. 1990. **Effect of Sulphur Dioxide and Storage Temperature on the Sensory Properties of Clarified Apple Juice**. Journal of Food Science. 55(3): 728-730.

Meilgaard, M., Civille G. V. y Carr B. T. 1991. **Sensory Evaluation Techniques, 2nd Edition**. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, 8-10;31-35;53-56;81-88pp.

MINITAB Statistical Program. 13.1 Version

Padilla, O. I. y McLellan, M. R. 1989. **Molecular Weight Cut-off of Ultrafiltration Membranes and the Quality and Stability of Apple Juice**. Journal of Food Science. 54(5): 1250-1254.

Paulson, D. J., Wilson, R. L. y Dean Spatz, D. 1984. **Crossflow Membrane Technology and It's Applications**. Food Technology. December: 77-87.

Poll, L. 1985. **The influence of apple ripeness and juice storage temperature on the sensory evaluation and composition (volatile and non-volatile components) of apple juice**. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie. 18(4): 205

Potter, N. N. y Hotchkiss, J. H. 1998. **Food Science, Fifth Edition**. Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, Maryland, 90,93,102,552-553;564-565pp.

Propuesta del Proyecto z – 120 del Departamento de Agricultura. **Improvement of the Shelf Life and Quality of Mango, Passion Fruit and Genip Schnapps**.

Roig, M. G., Bello, J. F., Rivera, Z. S., Lloyd, L. L. y Kennedy, J. F. 1996. **Non-enzymatic Browning in Single-Strength Reconstituted Citrus Juice in TetraBrik Cartons**. Biotechnology Progress. 12(2): 281-285.

Skoog, D. A., Holler, F. J. y Nieman, T. A. 2001. **Principios de Análisis Instrumental, Quinta Edición**. McGraw-Hill, Madrid, España, 731-732;800-807pp.

Tajchakavit, S., Boye, J. I. y Couture, R. 2001. **Effect of processing on post-bottling haze formation in apple juice**. Food Research International. 34: 415-424.

Taylor, S. L., Higley, N. A. y Bush, R. K. 1986. **Sulfites in food: uses, analytical methods residues, fate, exposure assessment, metabolism, toxicity and hypersensitivity**. Advances in Food Research. 30: 1-76.

Vladisavljević, G. T., Vukosavljević, P. y Bukvić, B. 2003. **Permeate flux and fouling resistance in ultrafiltration of depectinized apple juice using ceramic membranes**. Journal of Food Engineering. 60: 241-247.

Wedzicha, B.L. 1981. **Sulphur dioxide, The reaction of sulphite species with food components**. Nutrition and Food Science. September/October. 12-13.

Wu, M. L., Zall, R. R. y Tzeng, W. C. 1990. **Microfiltration and Ultrafiltration Comparison for Apple Juice Clarification**. Journal of Food Science. 55(4): 1162-1163.

Yu, Z. R. y Chiang, B. H. 1986. **Passion Fruit Juice Concentration by Ultrafiltration and Evaporation**. Journal of Food Science. 51(6): 1501-1505.

Yu, Z. R., Chiang, B. H. y Hwang, L. S. 1986. **Retention of Passion Fruit Juice Compounds by Ultrafiltration**. Journal of Food Science. 51(3): 841-842.

Zárate-Rodríguez, E., Ortega-Rivas, E. y Barbosa-Cánovas, G. V. 2001. **Effect membrane pore size on quality of ultrafiltrated apple juice**. International Journal of Food Science and Technology. 36: 663-667.

Apéndices

Apéndice A. Formulario utilizado para realizar la prueba sensorial

Prueba: Diferencia Del Control Tipo de muestra: Cordial de Parcha

Fecha: _____

Panelista: _____ Muestras: _____

Parte I Instrucciones: Usted recibirá dos muestras, la muestra control rotulada C y otra muestra rotulada con un número de tres dígitos. Huela la muestra control, luego huela la muestra enumerada. Determine **cuán diferente es la muestra enumerada de la muestra control** en términos de aroma.

Aroma

_____

No Diferente Muy Diferente

Parte II Instrucciones: Utilizando estas dos muestras, pruebe la muestra control primero. Luego coma galleta o enjuague su boca con agua. Pruebe la muestra enumerada. Determine **cuán diferente es la muestra enumerada de la muestra control** en término de los siguientes atributos.

Acidez

_____

No Diferente Muy Diferente

Dulzura

_____

No Diferente Muy Diferente

Amargo

_____

No Diferente Muy Diferente

Astringencia

_____

No Diferente Muy Diferente

Apéndice B. Notas aclaratorias

Interacción, implica que se tiene que utilizar combinación de ambos factores para poder tener un efecto positivo. Dependiendo de lo que se desee obtener se elige el tratamiento adecuado, es decir, para obtener un efecto positivo se debe utilizar la membrana con cierta concentración de preservativo o no utilizar la membrana con cierta concentración de preservativo.

Apéndice C. Constante de permeabilidad

Calibración del rotámetro de permeado del sistema de ultrafiltración

El rotámetro se calibró utilizando 1,000mL de cordial en la alimentación. Se activó el sistema de ultrafiltración y se abrió la válvula de presión hasta alcanzar el valor deseado en la escala del rotámetro. El flujo volumétrico (Q) al cual correspondía este valor se determinó midiendo con una probeta el cordial que pasaba a través del rotámetro en dos minutos. Se escogieron seis valores de la escala del rotámetro 0.2, 0.3, 0.4, 0.6, 0.8, 0.9. El flujo volumétrico se calculó a partir de la ecuación:

$$Q = \text{volumen (L)} / \text{tiempo (hr)} \qquad [1]$$

Luego se graficó Q vs. el valor de la escala del rotámetro y se determinó la mejor curva de calibración.

Determinación de la Constante de Permeabilidad (Ap)

Para determinar la constante de permeabilidad se utilizó la ecuación:

$$Jv = A_p (\Delta Pm - \Delta \Pi m) \qquad [2]$$

donde:

Jv es el flujo de permeado por unidad de área de membrana efectiva

A_p es la constante de permeabilidad

ΔPm es el cambio en presión a través de la membrana (presión transmembránica)

$\Delta \Pi m$ es la diferencia en presión osmótica entre la solución de alimentación y el permeado.

Al escribir esta ecuación de la forma:

$$Jv = A_p \Delta Pm - A_p \Delta \Pi m$$

se observa que la misma es una ecuación lineal (y = mx + b) con pendiente igual a A_p e intercepto igual a $A_p \Delta \Pi m$ el cual es cero. La variable independiente (y) es Jv y la variable dependiente (x) es ΔPm. Para calcular A_p se graficaron diferentes valores de Jv y ΔPm y se determinó la pendiente por medios gráficos y una regresión lineal.

Los valores de Jv se obtuvieron mediante la relación:

$$Jv = Q_p / Am \qquad [3]$$

donde:

Q_p es el flujo de permeado (volumen de permeado (L) / tiempo (hr))

Am es el área de la membrana efectiva

Los valores de ΔPm se calcularon a partir de la ecuación:

$$\Delta Pm = (P_f + P_r) / 2 - P_p \qquad [4]$$

donde:

P_f es la presión de alimentación

P_r es la presión de retentado

P_p es la presión de permeado

Para realizar este procedimiento se utilizó 1,000mL de cordial en la alimentación, se fijó la velocidad, la temperatura y la concentración variando ΔPm (presión transmembránica). Para una misma velocidad se determinaron cinco presiones diferentes 103, 172, 241, 310,

379 KPa y se midieron los datos necesarios para sustituir en las ecuaciones descritas y determinar las variables. Este procedimiento se realizó con tres velocidades 4, 5, 6 m/s.

Los valores del *Número de Reynolds* se calcularon a partir de la ecuación:

$$Re = \rho v L / \mu \qquad [5]$$

donde:

ρ es la densidad del fluido

v es la velocidad del fluido

L es el largo característico (es igual al diámetro si la sección cruzada es circular)

μ es la viscosidad del fluido