Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE SAN MARTÍN
TARAPOTO - PERU

Esta obra está bajo una Licencia
Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú.
Vea una copia de esta licencia en
http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/

Obra publicada con autorización del autor

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

CONCURSO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN PARA TESIS A NIVEL DE PREGRADO 2015

Efecto de la adición de Polivinilpolipirrolidona (PVPP), vitamina C, y la temperatura de almacenamiento en la conservación del agua de coco variedad Coco enano verde (*Cocus nucifera*)

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

AUTOR:
Aron Chinguel Neyra

ASESOR:
Ing. Dr. Jaime Guillermo Guerrero Marina

Tarapoto – Perú

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

CONCURSO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN PARA TESIS A NIVEL DE PREGRADO 2015

Efecto de la adición de Polivinilpolipirrolidona (PVPP), vitamina C, y la temperatura de almacenamiento en la conservación del agua de coco variedad Coco enano verde (*Cocus nucifera*)

AUTOR:
Aron Chinguel Neyra

Sustentada y aprobada el 26 de marzo del 2021, por el siguiente jurado:

Ing. M. Sc. Enrique Terleira García	**Ing. Nelson García Garay**
Presidente	**Secretario**
Ing. Mg. Juan José Salazar Díaz	**Ing. Dr. Jaime Guillermo Guerrero Marina**
Vocal	**Asesor**

Declaración de Autenticidad

Aron Chinguel Neyra, con DNI N° 73961032, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, autor de la Tesis titulada: **Efecto de la adición de Polivinilpolipirrolidona (PVPP), vitamina C, y la temperatura de almacenamiento en la conservación del agua de coco variedad Coco enano verde (*Cocus nucifera*).**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mí accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 26 de marzo del 2021.

……

Bach. Aron Chinguel Neyra

DNI N° 73961032

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: Chinguel Neyra Aron	
Código de alumno : 102305	**Teléfono:** 944423823
Correo electrónico : archin1993.30@gmail.com	**DNI:** 73961032

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de: Ingeniería Agroindustrial
Escuela Profesional de:

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	( )
Trabajo de suficiencia profesional	( )		

4. Datos del Trabajo de investigación

Titulo : Efecto de la adición de Polivinilpirrolidona (PVPP), Vitamina C y la temperatura de almacenamiento en la conservación del agua de coco variedad Coco Criano Verde (Cocus nucifera)
Año de publicación: 2021

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	( )
Acceso restringido **	( )		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons,* con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI **"Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".**

.....
Firma y huella del Autor

---

8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

03 / 06 / 2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – T.
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto – UNSM-T.

.....
Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea
Responsable

***Acceso abierto**: uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

A Dios:

Por estar conmigo en cada paso que doy, por darme la maravillosa oportunidad de conocer personas de las cuales estaré eternamente agradecido; por brindarme la fortaleza, salud, sabiduría, inteligencia, entendimiento y mucha paciencia, para poder concluir con éxito mis objetivos.

A mi madre, Martha Neyra Palacios: Por darme aliento, enseñarme que lo que se desea se consigue con esfuerzo y dedicación, porque siempre depositó su confianza, estuvo en mis buenos y malos momentos, sobre todo porque siempre me dio su amor incondicional.

A mi padre, Nestor Chinguel Ramirez:

Por escucharme y darme sabios consejos, por su protección, inculcarme valores y virtudes, por ser un amigo, motivarme en cada momento, estar pendiente de mí y enseñarme que una familia unida jamás será vencida.

A mis Hermanos, Delia Chinguel Neyra, Yoveli Chinguel Neyra, Jose Chinguel Neyra, Hildebrando Chinguel Neyra, Dilmer Chinguel Neyra, Edil Chinguel Neyra y Diego Eli Chinguel Neyra:

Porque son mis cómplices, mi motor y motivo para seguir a delante, están en mis momentos difíciles, compartieron mi dolor en mis momentos de angustia, con un abrazo me dieron fuerza para levantarme y seguir, son mis confidentes y siempre me dieron su apoyo incondicional.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de San Martín (UNSM-T): Que a través de la Facultad de Agroindustrias (FIAI) y sus docentes que me formaron como profesional capaz y competente.

A la Universidad Nacional De Ucayali (UNU): Que a través de la Facultad de Agroindustrias (FIAI), sus representantes y la Ing. Cristina Elena Quiñones Ruiz, se pudo ejecutar las corridas de las muestras a analizar y de esta forma concluir este trabajo de investigación.

A mi asesor Ing. M. Sc. Jaime Guillermo Guerrero Marina: Por el invalorable apoyo y tiempo, por su amistad incondicional, orientación intelectual, preocupación, empeño y aportes durante la realización y redacción del presente trabajo.

A Meiry Madison Tafur Salazar: Por su incondicional apoyo en la realización y finalización de proyecto de tesis.

Índice general

Dedicatoria vi

Agradecimiento vii

Resumen xii

Abstract xiii

Introducción 1

CAPÍTULO I 4

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 4

1.1. Antecedentes de la investigación 4

1.2. El coco (Cocos nucifera) 5

1.2.1. Aspectos generales 5

1.2.2. Taxonomía 5

1.2.3. Descripción botánica 6

1.2.4. Agua de coco 9

1.2.5. Procesamiento del agua de coco 11

1.3. Tecnología de membranas 13

1.3.1. Proceso de filtración 13

1.3.2. Características de las membranas 14

1.3.3. Tipos y propiedades de las membranas 15

1.3.4. Tipos de Procesos y Flujo 16

1.3.5. Factores que Limitan el Flujo de Permeado 19

1.3.6. Parámetros Operativos de los Procesos de Membrana 20

1.3.7. Parámetros Importantes para el Análisis del Desempeño y la Eficiencia del Proceso. 21

1.3.8 Aplicación de la Tecnología de Membranas en el Sector Industrial 22

1.4. Procesamiento aséptico 23

1.4.1. Esterilidad Comercial 23

1.4.2. Esterilización del envase 23

1.4.3. Estabilidad de Alimentos procesados 25

1.5. Definición de términos 30

CAPÍTULO II 34

MATERIAL Y MÉTODOS 34
2.1. Lugar de ejecución 34
2.2. Material vegetal 34
2.3. Metodología de la investigación 35
2.3.1. Flujograma de proceso experimental 35
2.3.2. Descripción del flujograma 36
2.3.3. Diseño estadístico y modelo matemático 38
2.3.4. Caracterización fisicoquímica de la naranja durante el almacenamiento 40

CAPÍTULO III 42
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 42
3.1. Caracterizaciones de la materia prima 42
3.1.1. Caracterizaciones biométricas del coco enano verde 42
3.1.2. Caracterización físico química del agua de coco sin procesar. 42
3.1.3. Caracterización físico química del agua de coco procesada 43
3.1.4. Caracterización microbiológica del agua de coco sin procesar 44
3.2. Evaluación de la estabilidad del agua de coco 44
3.2.1. Resultados de la evaluación del pH del agua de coco embotellada. 45
3.2.2. Resultados de la evaluación de los grados brix (°Brix) del agua de coco embotellada. 46
3.2.3 Resultados de la evaluación de la acidez del agua de coco embotellada. 47
3.2.4. Resultados de la evaluación microbiológica del agua de coco embotellada. 48
3.2.5. Resultados de la evaluación sensorial del agua de coco embotellada. 51

CONCLUSIONES 52

RECOMENDACIONES 54

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 55

ANEXOS 60

Índice de tablas

Tabla 1: Composiciones químicas y físico-química obtenidas de 30 muestras de coco en triplicada. 10
Tabla 2: Características de los procesos de membranas. 18
Tabla 3: Análisis proximal del agua de coco. 33
Tabla 4: Composición nutricional del agua de coco 33
Tabla 5: Diseño estadístico 39
Tabla 6: Diferencias entre tratamientos 40
Tabla 7: Características biométricas del coco enano verde 42
Tabla 8: Resultados físico químicos del agua de coco sin procesar 42
Tabla 9: Resultados físico químicos del agua de coco embotellada 43
Tabla 10 Resultados de la evaluación del pH del agua de coco embotellada 45
Tabla 11 Resultados de la evaluación de °Brix del agua de coco embotellada 46
Tabla 12 Resultados de la evaluación de la acidez del agua de coco embotellada 47
Tabla 13 Resultados microbiológicos del tratamiento 01 a temperatura de 5°C. 48
Tabla 14 Resultados microbiológicos del tratamiento 02 a temperatura de 32°C 48
Tabla 15 Resultados medios del tratamiento 03 durante 90 días a temperatura ambiente de 5°C. 48
Tabla 16 Resultados microbiológicos del tratamiento 04 a temperatura de 32°C 49
Tabla 17 Resultados microbiológicos del tratamiento 05 a temperatura de 5°C. 49
Tabla 18 Resultados microbiológicos del tratamiento 06 a temperatura de 32°C 49
Tabla 19 Resultados medios del tratamiento 07 durante 90 días a temperatura ambiente de 5°C. 50
Tabla 20 Resultados microbiológicos del tratamiento 08 a temperatura de 32°C 50
Tabla 21 Resultados medios del análisis sensorial de los 8 tratamiento durante 90 días. 51

Índice de figuras

Figura 1: Germinación del coco 8
Figura 2: Germinación del coco 9
Figura 3: Esquema de las diferencias entre los valores procesos de membrana 17
Figura 4: Comparación entre filtración estática (a) y dinámica o tangencial (b) 18
Figura 5: Declinación del flujo de permeado con el tiempo de operación. 20
Figura 6: Flujograma de proceso experimental para la conservación del agua de coco 35

Resumen

El agua de coco verde en el interior de la fruta es estéril, sin embargo, durante su extracción y llenado puede ocurrir contaminación microbiológica y cambios bioquímicos, con pérdida de la calidad del producto y reducción de su valor comercial. Este trabajo tuvo como objetivo estudiar la conservación del agua de coco verde mediante la adición de PVPP, vitamina C como antioxidante, la temperatura de almacenamiento, el proceso de microfiltración y posterior llenado aséptico en botellas de PET. Se extrajo agua de coco de cocos verdes (Cocus nucifera), se le añadió concentraciones del 0.15% y 0.18% de ácido ascórbico, se filtró a través de una membrana cuyo diámetro de poro fue de 0.8 micras y 0.2 micras y finalmente se adiciono una gota de nitrógeno líquido a cada envase. El envasado se realizó en sala limpia en envases de PET previamente esterilizados. La eficiencia del proceso fue evaluada a través de la caracterización microbiológica, físico-química y sensorial de los productos obtenidos. El agua de coco embotellada se almacenó en refrigeración a 4°C durante 90 días ya temperatura ambiente por un período de 90 días y se analizó cada dos semanas. El proceso de filtración redujo la turbidez del agua de coco, pero mostró una buena aceptabilidad sensorial. El pH, la acidez titulable total, los °Brix y el crecimiento microbiológico no tuvieron una variación significativa durante el tiempo de almacenamiento en refrigeración. El agua de coco almacenada a temperatura ambiente mostró un cambio significativo en los parámetros analizados que el agua de coco almacenada en refrigeración.

Palabras clave: Polivinilpolipirrolidona (PVPP), vitamina C, temperatura, almacenamiento, conservación, (*Cocus nucifera*).

Abstract

The green coconut water is sterile inside the fruit, however, microbiological contamination and biochemical changes can occur during extraction and filling, with loss of product quality and reduction of its commercial value. The objective of the present work was to study the preservation of green coconut water through the addition of PVPP, vitamin C as an antioxidant, storage temperature, microfiltration process and subsequent aseptic filling in PET bottles. Coconut water was extracted from green coconuts (Cocus nucifera), concentrations of 0.15% and 0.18% ascorbic acid were added, filtered through a membrane with pore diameters of 0.8 microns and 0.2 microns, and finally a drop of liquid nitrogen was added to each container. Packaging was carried out in a clean room in previously sterilized PET containers. The efficiency of the process was evaluated through microbiological, physicochemical and sensory characterization of the products obtained. The bottled coconut water was stored under refrigeration at 4°C for 90 days and at room temperature for a period of 90 days and analyzed every two weeks. The filtration process reduced the turbidity of the coconut water, but showed good sensory acceptability. The pH, total titratable acidity, °Brix and microbiological growth did not have a significant variation during the storage time in refrigeration. Coconut water stored at room temperature showed a significant change in the parameters analyzed greater than coconut water stored under refrigeration.

Key words: Polyvinylpolypyrrolidone (PVPP), vitamin C, temperature, storage, preservation, (Cocus nucifera).

.

Introducción

Según el INEI en el año 2017 se cosecho 32, 645 TM de coco a nivel nacional por lo que desde en el 2106 se tuvo un total de hectáreas sembradas de 508 hectáreas en toda la región san Martin, aumentando progresivamente el cultivo de coco para distintos usos que generan valor económico.

El agua de coco verde representa aproximadamente el 25% de la almendra del fruto, siendo la cantidad volumétrica de 300 a 600mL, dependiendo de la zona de cultivo. El tipo más indicado para la obtención del agua de coco es el coco proveniente del cocotero enano, por generar mayor contenido de líquido (ARAGÃO, 2002).

Tradicionalmente, el agua de coco se consume como una bebida refrescante en la mayoría de los países productores de este recurso. El creciente interés del consumidor por este producto, como bebida refrescante y como bebida para deportistas, ha ampliado considerablemente sus oportunidades de mercado.

Existe creciente demanda de las bebidas naturales, hidratantes en todo el mundo no solo para deportistas, si no, también para personas en general, estas bebidas pueden elaborarse de diferentes materias primas como son: bebidas hidratantes a base de suero de leche, de combinación de minerales y adición de sabores artificiales, por otro lado hay que tomar en cuenta que en la actualidad existe la preocupación y necesidad de consumir productos naturales que reemplacen a los productos con demasiados aditivos, por ello nace la idea de una bebida natural en un 95% de agua de coco.

El agua de coco se someterá a diferentes estudios de carácter físico, químico y organolépticos pretendiendo obtener un resultado excelente en cuanto a su contenido de electrolitos, en comparación con otras bebidas hidratantes ya existentes en el mercado; la (FAO 2006) hace mención que el agua de coco es totalmente natural y baja en carbohidratos, grasa (99% libre de grasa) y azúcar; estas propiedades ayudan en el buen funcionamiento del organismo.

El agua de coco embotellada se está constituyendo en un producto de alta aceptación en la región de San Martín y demás departamentos se registran ingresos de ventas de coco que ascienden a más 1,858 toneladas métricas en lima metropolitana incrementándose más cada año no solo en San Martín o Lima metropolitana si no que se da en todos los departamentos

del Perú. Industrialmente se busca resolver los problemas de comercialización y logística para afirmar en el mercado.

A pesar del potencial del agua de coco el uso de la misma es limitado, ya que cuando entra en contacto con el medio ambiente empieza su deterioro por el alto contenido de componentes nutricionales, por tal motivo se está planteando una metodología que permita prolongar la vida útil del agua de coco.

La aplicación de tecnologías de procesamiento y conservación del agua de coco, como pasteurización, congelación o esterilización, viabiliza el comercio de este producto y optimiza el aprovechamiento de la fruta. El agua de coco verde envasada se inserta en la línea de los productos de conveniencia, presentando practicidad en el manejo y almacenamiento y una vida de estante prolongada (ABREU et al 2000).

Los procesos de filtración con membranas se destacan como alternativas a los procesos convencionales de tratamiento térmico. La membrana actúa como una barrera permeable selectiva para separar uno o más solutos de un fluido (líquido o gaseoso). Estos procesos utilizan baja temperatura minimizando daños térmicos, preservando el valor nutricional y sensorial, y contribuyendo al mantenimiento de las características originales del producto. En muchos casos, el bajo consumo de energía, la reducción del número de etapas en un procesamiento, mayor eficiencia en la separación y mayor calidad del producto final son los principales atractivos para este proceso (GIRARD et al 2000).

La membrana actúa como tamiz molecular. La carga microbiana presente en el agua de coco puede ser eliminada, pues los microorganismos son mayores que los poros de determinadas membranas. Dependiendo de las características de la membrana seleccionada para el procesamiento, también las enzimas, que son macromoléculas, pueden ser retenidas. Por otro lado, los azúcares y las sales minerales presentes en la composición del agua de coco logran pasar a través de la membrana, pues presentan un tamaño menor que el de los poros de las membranas de ultrafiltración. En el procesamiento de agua de coco por ultrafiltración puede obtenerse, un producto límpido, estéril y sin actividad enzimática (ARAGÃO et al 2001).

El potencial para la instalación de sistemas de membranas para estabilización del agua de coco verde es grande, ya que esta tecnología se viene aplicando con éxito para la estabilización de diferentes jugos de frutas (ARAGÃO et al 2001).

En razón de la facilidad de comercialización, existe un aumento en la demanda del mercado, de productos estables a la temperatura ambiente. Sin embargo, para obtener productos cuya comercialización pueda realizarse sin la necesidad de la cadena de frío, estos necesitan recibir procesos de industrialización adecuados para entornos estables en cuanto a las alteraciones microbiológicas y enzimáticas (SILVA, 2004).

- **Objetivo general**

  - Procesar una bebida de agua de coco variedad enano verde (cocus nucifera) adicionando polivinilpolipirrolidona (pvpp), vitamina C y controlando diferentes temperaturas de almacenamiento.

- **Objetivos específicos**

  - Determinar las características físico-químicas del agua de coco sin procesar.
  - Evaluar sus características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del agua de coco ya procesada y envasada en botellas PET
  - Evaluar la estabilidad, a través de los análisis físico-químicos, sensoriales, Microbiológicas.

CAPÍTULO I
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la investigación

En Brasil, estudiaron el efecto de diferentes condiciones de preservación del agua de coco, entre ellas el de la temperatura y duración del almacenamiento en un tipo de empacado de polietileno (MACIEL et al., 2005).

En Filipinas, describe el desarrollo de una nueva y saludable bebida de agua de coco obtenido a partir de cocos relativamente jóvenes (7 meses); esta, después de ser pasteurizada es mezclada con: ácido (hasta alcanzar un pH de 4,2), una solución azucarada (hasta llegar a un 10-12% de sólidos totales) y 0,10-0,15% de citrato de sodio. El producto puede ser consumido en este estado o, alternativamente, después de ser centrifugado, se le añaden preservativos para más tarde, luego de empaquetarse en botellas u otras formas, se re-pasteuriza a 60-70°C (GONZÁLEZ et al 2005).

Concluyeron en base a los resultados obtenidos en diferentes experimentos que:

1). La centrifugación es importante para obtener agua de coco clara y sin aceite.

2). El producto debe llevar suficiente tratamiento de temperatura para matar organismos vivos, los cuales, si no son destruidos, pueden causar turbidez y deterioro del producto almacenado.

3). El sellado hermético del producto es importante para lograr un largo almacenamiento.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) patentó un nuevo proceso de estabilización del agua de coco. El método se fundamenta en una esterilización en frío, para conservar el sabor y todas las propiedades nutritivas, utilizando una micro filtración que retiene todos los microorganismos y esporas. El agua de coco estéril finalmente se transfiere a los envases bajo una atmósfera de nitrógeno con la finalidad de llenar asépticamente los envases, tal como lo hacen algunas compañías de refrescos Los investigadores lograron estabilizar el color del producto final adicionando una pequeña cantidad de vitamina C 0.18% (SATIN, 2001).

1.2. El coco (Cocos nucifera)

1.2.1. Aspectos generales

La palma de coco, planta y fruto que se cultivan en casi la totalidad de la región San Martín, ofrece múltiples beneficios comercializables y ambientales; de ella se derivan varios subproductos, razón por la que se le reconozca como el árbol de la vida o el árbol de los mil usos (CHAPINGO, 2002).

Según (RAKINTANA, 1995), el coco es una fruta comestible obtenida del cocotero, es la palmera más cultivada a nivel mundial, tiene dos cáscaras: una fibrosa, exterior de color verde o amarilla y otra dura, vellosa y marrón que tiene adherida la pulpa, que es blanca y aromática.

En general, suelen distinguirse tres tipos de cocoteros en función de la altura: gigante, enano e híbrido, y dentro de cada tipo un gran número de variedades (LAWRENCE, 1982).

Gigantes: se emplean para la producción de aceite y los frutos para consumo fresco. Su contenido de agua es elevado y su sabor poco dulce. Entre sus ventajas destacan el tamaño del fruto y el contenido elevado de copra. Las variedades gigantes más cultivadas son: Gigante de Malasia (GML), Gigante de Renell (GRL) de Tahití, Gigante del Oeste Africano (GOA) de Costa de Marfil, Alto de Jamaica, Alto de Panamá, Indio de Ceilán, Java Alta, Laguna, Alto de Sudán, etc.

a) Enanos: las variedades más cultivadas son Amarillo de Malasia (AAM), Verde de Brasil (AVEB) de Río Grande del Norte, Naranja Enana de la India. Debido al buen sabor del agua y el pequeño tamaño de estos cocos, se emplean fundamentalmente para la producción de bebidas envasadas. La copra es de mala calidad.
b) Híbridos: producto del cruce entre las anteriores variedades. Son frutos de tamaño mediano o grande, buen sabor y buen rendimiento de copra.
c) El híbrido más cultivado es MAPAN VIC 14; un cruce entre Enano de Malasia y Alto de Panamá y Colombia, específicamente sabaneta.

1.2.2. Taxonomía

Según (ROBLES, 1989), la clasificación taxonómica del coco es:

Nombre común: Coco, coconut, Cocoterio, cucu, inajai, Jatà, pupunharaha.

Reino: Vegetal

División: Trachaeophyta

Sub – división: Pteropsidae

Clase: Angiospermae

Sub – Clase: Monocotiledoneae

Orden: Aracales

Familia: Palmacea

Tribu: Ceroxilinae

Género: Cocos Especie: nucifera

1.2.3. Descripción botánica

CEPCOCO (2008), describe botánicamente al coco de la siguiente manera:

Tronco

Es una palmera monoica de tronco único, con frecuencia inclinada, de 10-20 metros de altura y de 50 centímetros de grosor en la base y estrechándose hacia la parte superior. En el ápice presenta un grupo de hojas que protegen el único punto de crecimiento o yema terminal que posee la planta. El crecimiento en altura depende de las condiciones ecológicas, de la edad de la planta y del tipo de cocotero.

Hojas

Son pinnadas, de 1.5 - 4 metros de longitud, con foliolos coriáceos de 50-70 centímetros de longitud, de color verde amarillento.

En condiciones ambientales favorables una planta adulta de crecimiento gigante emite entre 12 a 14 hojas por año, en cambio el enano puede emitir hasta 18 hojas en el mismo periodo, la copa no es muy amplia y se compone de hasta 30 hojas arqueadas.

Flores

Posee inflorescencias paniculadas que nacen en las axilas de las hojas inferiores, protegidas por una bráctea llamada espata de hasta 70 centímetros de longitud y se desarrolla en 3 o 4 meses.

Polinización

Puede ser anemófila o entomófila. En los cocoteros gigantes las flores masculinas se abren antes que las femeninas estén receptivas, lo cual contribuye a la polinización cruzada.

En el caso de los cocoteros enanos es simultánea, por tanto, hay un porcentaje alto de autofecundación.

Semilla

Está formada por tres partes: El tegumento seminal, que es una fina película de color castaño-rojizo, de consistencia pétrea, que está adherida firmemente al endocarpio; el endospermo, constituida por una parte sólida (la almendra o carne blanca) y una líquida; y el embrión.

Durante el rápido crecimiento del fruto, el saco embrionario va formando y acumulando endospermo líquido que más adelante dará origen al agua de coco. En seis meses el coco alcanza su máximo tamaño y en ese momento, aproximadamente, los núcleos que están suspendidos en el endospermo líquido comienzan a depositarse lentamente en la periferia del saco embrionario, en el lado opuesto o más distante al embrión.

Con el tiempo, las células se diferencian y aumentan de espesor y consistencia, dando lugar a la "carne blanca" del coco (endospermo sólido) que forma el endospermo maduro, que es la fuente del aceite de coco, al depositarse grasa en sus espacios intercelulares, aumentando su contenido hasta la madurez. El endospermo sólido contiene generalmente un embrión, ubicado en el saco embrionario, cerca del micrópilo, que se ha ido diferenciando antes que las células del endospermo sólido; este forma una cavidad en que se aloja al ir digiriendo los tejidos que rodean al endospermo durante su desarrollo. El embrión maduro, de forma cilíndrica, está constituido por un cotiledón que envuelve la plúmula. Esta tiene la zona central meristemática protegida por los primordios foliares; opuesta a la plúmula se encuentra la radícula, como se muestra en la figura 1.

Figura 1: Germinación del coco (CEPCOCO 2008)

Fruto

Es una drupa, cubierta de fibras, de 20-30 centímetros de longitud con forma ovoidal, pudiendo llegar a pesar hasta 2.5 kilogramos. En su estado natural el coco consta de varias partes:

Pericarpio: La parte del fruto que envuelve y protege a la pulpa y las semillas se divide en varias cortezas o capas que pueden reseñarse de la siguiente manera:

1**.- Epicarpio** o parte exterior del pericarpio, es ceroso, lustroso, de color verde o amarillento que como una piel rodea todo el fruto.

2.- **Mesocarpio** o parte intermedia del pericarpio, fibroso, de 4 a 5 cm. de espesor, con forma de pelos.

3.- **Endocarpio** o capa interior, leñosa, que dispone de 3 orificios próximos en disposición triangular.

Fuertemente adherida a la cáscara leñosa, se encuentra la carne del fruto rodeada de una fina y delicada capa rojiza, como se muestra en la figura 2. La pulpa blanca es comestible conteniendo en su cavidad central un líquido azucarado conocido como agua de coco y que en cantidad aproximada de 300 gramos se encuentra encerrada en el interior del fruto.

Figura 2: Germinación del coco (CEPCOCO 2008).

Raíces

El sistema radicular es fasciculado, las raíces primarias son las encargadas de la fijación de la planta y de la absorción de agua.

Las raíces terciarias derivan de las secundarias, y son las verdaderas extractoras de nutrientes; las raíces activas se localizan en un radio de dos metros del tronco, a una profundidad de entre 0.2 a 0.8 metros, dependiendo de la profundidad efectiva.

Propagación

Los cocos secos de la planta se entierran hasta la mitad con las cáscaras en un suelo húmedo; si se mantiene una humedad constante estos comienzan a brotar en dos o tres meses, siendo al principio su crecimiento bastante lento hasta después de la maduración de la palma; debido a sus fuertes espinas desde la germinación, los animales no se alimentan de las plántulas.

Forma de recolección

La etapa productiva de la planta comienza después del sexto año de cultivo. Para consumo del agua en estado fresco las nueces o cocos se cosechan entre el sexto y séptimo mes.

1.2.4. Agua de coco.

El agua de coco es la parte líquida natural extraída del fruto del cocotero. Ella es técnicamente definida como el líquido del endosperma y corresponde a aproximadamente el 25% del peso de todo el coco. Esta solución acuosa se compone por

93% de agua y está formada desde las primeras etapas de la formación del fruto, en su cavidad, hasta que la misma sea totalmente llenada (TOCCHINI, 1998)

El agua de coco es ligeramente ácida (pH ± 5,5), poco turbia a transparente, incoloro, no viscosa y con sabor ligeramente dulzón, constituyéndose principalmente por minerales y azúcares en menores cantidades por sustancias nitrogenadas (aminoácidos) y grasas, además de vitaminas y sustancias promotoras del crecimiento, que aún no se han identificado (MEDINA et al 1980).

Entre los componentes del agua de coco, los azúcares tienen gran importancia. La cosecha se realizará entre el sexto y el octavo mes de desarrollo, ya que la concentración de azúcares reductores alcanza un nivel máximo del 5% alrededor del sexto y séptimo mes. Este es también el momento en el que el volumen de agua es mayor. Por lo tanto, es el más indicado para la extracción del agua de coco (LEBER, 2001).

En la tabla 1 se muestran los resultados promedios de los análisis realizados a 30 muestras de agua de coco natural.

Tabla 1

Composiciones físico-química obtenidas de 30 muestras de coco en triplicada.

Composición	Parámetro
1. Agua (g / 100 ml)	94.20
2. Sólidos totales (g / 100 ml)	5.80
3. Grados Brix	5,27
4. Azúcares totales (g / 100 ml)	5.30
5. Azúcares reductores (g / 100 ml)	4.90
6. Ceniza (g / 100 ml)	0.50
Calcio (mg/100 ml)	24
Magnesio (mg/100 ml)	25
Fosforo (mg/100 ml)	20
Sodio (mg/100 ml)	105
Potasio (mg/100 ml)	250
7. Cloro (mg/100 ml)	20.0
8. Proteínas (mg / 100 ml)	19.50
9. Lípidos (mg / 100 ml)	11.00
10. Fenoles totales (mg de catequina / 100 ml)	54.00
11. pH	5,20
12. Transmitancia (%)	81.00

Fuente: (CAMPOS et al., 1996).

Se considera una bebida isotónica por su excelente equilibrio de minerales, y por el equilibrio de la presión osmótica de la sangre en el organismo, por tal definición es muy efectiva al momento de la rehidratación de los minerales lo cual se asimilan de forma muy rápida y precisa.

En el interior del fruto existe un ambiente estéril que permite la conservación por un prolongado tiempo a temperatura ambiente, proporcionando una apreciable vida útil. Entretanto, después de su extracción del agua de coco se torna una bebida perecible, debido a su propia composición y su pH, constituyendo un medio propicio para el crecimiento de microrganismos. El agua de coco es un medio para cultivar hongos, levaduras, bacterias formadoras de ácido, larvas de moscas de frutas (LEITE et al., 2000).

La forma natural consumida en su propio coco, es más común y bastante representativa. Siendo un fruto de mucha atracción para la industrialización y comercialización en diferentes modalidades (LEBER, 2001)

Los elevados costos de transporte, distribución, tiempo y espacio requerido para la comercialización de fruto de coco en su forma natural Parecen Inhibir un mayor incremento en su comercio.

A pesar de ser creciente la demanda por productos refrigerados y congelados que conservan las características del alimento “Fresco”, incluso cuando se almacena durante largos períodos, las industrias que procesan el coco verde para la obtención de agua se ha enfrentado problemas de origen enzimático y / o microbiológico que alteran las cualidades sensoriales y la potabilidad del producto. (HOFFMANN et al., 2002).

1.2.5. Procesamiento del agua de coco

Los principales problemas en la conservación del agua de coco son: la aparición de turbidez, formación de una coloración rosada y alteración debido a la actividad enzimática y fermentación indeseable, así mismo de la incorporación de oxígeno durante el procesamiento. La presencia de enzimas es también responsable de variaciones nutricionales y sensoriales en el agua de coco. Uno factor importante es el contacto del agua con la cáscara, rica en compuestos fenólicos se cree que en esta etapa se arrastran sustancias que pueden actuar como sustrato para el oscurecimiento enzimático y los microorganismos deteriorantes, debido a la ausencia de higienización externa eficiente.

El manejo después de la extracción y el tiempo transcurrido entre la apertura del coco y su procesamiento puede perjudicar la calidad del producto final (CURSINO et al., 1996)

Las enzimas presentes en el agua de cocos responsables por el oscurecimiento Enzimático son la peroxidasa y la polifenoloxidasa. Según estudios realizados por (CAMPOS et al.,1996), las enzimas se inactivan a través de un tratamiento a temperatura de 90 ° C y en los tiempos de 550 y 310 segundos para la polifenoloxidasa y peroxidasa, respectivamente. Sin embargo, el tratamiento a 90°C por encima de 100 segundos afectó significativamente el sabor del agua de coco generando perjuicios a la calidad sensorial.

El agua de coco congelada no recibe ningún tipo de tratamiento térmico y se debe descongelar para el consumo. La distribución y la comercialización son los puntos críticos porque debe mantenerse congelada a la temperatura de no mínimo -18 ° C, para no romper la cadena de congelación. De modo que no comprometa la calidad del producto.

El agua de coco refrigerada recibe un producto tratamiento térmico de pasteurización, adición de conservadores, siendo comercializada refrigerada hasta una temperatura máxima de 10 ° C, para garantizar la calidad del producto hasta el consumo Actualmente, el agua de coco comercializada a la temperatura ambiente es la esterilizada, envasada en sistema aséptico y en envases de cartón. El empleo de pasteurización, la esterilización y la congelación, el uso de conservadores y aditivos alteran el sabor de agua de coco y no ha tenido una buena aceptación por los consumidores (LEBER, 2001).

LUVIELMO et al., (2004) realizaron un estudio de análisis descriptivo cuantitativo del agua de coco y comparó el efecto de los procesos de congelación, pasteurización convencional y pasteurización en microondas en las características sensoriales de los productos. La congelación fue el proceso que ha preservado mejor las características del producto en su forma natural. El proceso de la pasteurización convencional originó una mayor intensidad de los atributos de aroma, sabor desagradable y aroma a rancio, mientras que el agua de coco pasteurizada en microondas presentó los menores valores para la intensidad de las características típicas de sabor y aroma de coco verde.

La innovación de los envases y de los métodos de comercialización del agua de El coco trae al consumidor la facilidad de encontrarla en todas las estaciones del año, transportarla con tranquilidad sin necesidad, en algunos casos, de refrigeración y almacenarla ocupando menos espacio que el propio fruto (HOFFMANN et al., 2002).

ABREU (2005) evaluó un sistema aséptico para la obtención de agua de coco Verde. Los procedimientos de limpieza y esterilización de la línea de procesamiento y El acondicionamiento y la sala limpia se consideraron apropiados para alcanzar y mantener la esterilidad en los procesos. El tratamiento térmico en temperaturas de 138 y 144ºC, sin adición de ácido ascórbico, causó la formación instantánea de intensa coloración rosa en el agua de coco.

El agua de coco tuvo una vida útil máxima de 30 días. La baja aceptación sensorial del agua de coco fue atribuida a las altas temperaturas que favorecieron la producción de compuestos sensorialmente indeseables, como los productos de la degradación del ácido ascórbico. El tratamiento térmico a 139ºC durante 10 segundos fue considerado el más adecuado para el tratamiento del agua de coco en el sistema aséptico, visto que, durante el almacenamiento por 120 días, no se observó oscurecimiento ni acentuada degradación del ácido ascórbico.

1.3. Tecnología de membranas

1.3.1. Proceso de filtración

La filtración se puede definir como un proceso de separación de componentes de un flujo de fluido. Las tecnologías de procesos de filtración con las membranas porosas se basan en la permeación de uno o más componentes de una suspensión / solución a través de una membrana selectiva, permitiendo así la concentración, el fraccionamiento y la purificación de estos compuestos. El transporte por la membrana puede ocurrir por difusión o convección y es inducido por un medio gradiente de potencial químico (presión, concentración y temperatura) o potencial eléctrico. En función del transporte y de la fuerza motriz, se tienen diferentes los procesos de separación con membranas, de los cuales se pueden destacar: microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, ósmosis inversa, diálisis, electrodiálisis, la evaporación y la separación de gases (CHERYAN, 1998)

La membrana puede definirse como una barrera semipermeable especial que separa dos fases, permitiendo el paso del componente deseado y restringiendo la transferencia de otros componentes en una mezcla. Los componentes se diferencian separadamente de acuerdo con sus masas molares o tamaño de partícula. La capacidad de filtración del proceso es el resultado diferencia de presión aplicada a la membrana, de las propiedades

físicas de la propiedad, la alimentación y el tamaño de los poros de la membrana. La fase que atraviesa la membrana se denomina permeado y la fase que no atraviesa se denomina serenado (CHERYAN, 1998).

La naturaleza de la membrana controla qué componentes impregnarán y cuáles quedarán retenidos. Su selectividad está relacionada con las dimensiones de la molécula o la partícula de interés de separación y el tamaño del poro, así como a la difusividad del soluto en la matriz y las cargas eléctricas asociadas. Componentes menores que el tamaño del poro de la membrana pasan por la membrana mientras que los componentes más grandes son retenidos. Esto implica el enriquecimiento de uno o más componentes tanto en el permeado y en la fase retenida. Los componentes pueden se separan selectivamente de acuerdo con una amplia extensión de tamaños de papel partículas y masas molares, de macromoléculas hasta iones (CHERYAN, 1998).

Generalmente, el tamaño de poro de una membrana se indica en la literatura y principalmente por los fabricantes, a través de la masa molecular de corte (MWCO), que designa la masa molar del menor componente que será retenido con una masa eficiencia de al menos el 95%. En general, cuando se trata de la separación de macromoléculas, la unidad más utilizada para la masa molar de corte es el Dalton. Para el poro de membranas de microfiltración, generalmente mayor que el de las membranas de ultrafiltración, es preferentemente dado por el diámetro del poro en μm (MOLDER, 2000).

1.3.2. Características de las membranas

Las membranas pueden clasificarse, en cuanto a su estructura, como simétricas o asimétricas. Esta asimetría se considera en relación con la estructura de las membranas. Las simétricas poseen poros de tamaños uniformes en la sección transversal y las asimétricas poseen poros que normalmente crecen en dirección opuesta a la superficie filtrante (CHERYAN, 1998).

La porosidad se puede definir como la relación entre la parte sólida y los poros de la membrana, es decir, la “cantidad de vacíos” en su estructura (Porosidad global). Puede ser relativa a la parte filtrante de la membrana (piel filtrante) en ese caso, se expresa en poros/cm2 (Densidad de los poros). Cuanto mayor sea la edad porosidad, menor será la resistencia al flujo de solvente a través de la membrana. La determinación del diámetro de los poros de una membrana es de gran importancia para su caracterización (CHERYAN, 1998).

En general, las características más importantes de las membranas son: espesor, diámetro de los poros (selectividad), permeabilidad al agua y porosidad. Otras características son flujos de permeado, resistencia térmica, química y mecánica (OSTERGAARD, 1989).

1.3.3. Tipos y propiedades de las membranas

De acuerdo con la evolución tecnológica, las membranas pueden ser clasificadas en tres clases distintas. Las membranas de la primera generación son poliméricas densas (Derivadas de acetato de celulosa), se caracterizan por ser más gruesas para obtener resistencia mecánica, por lo tanto, de bajo rendimiento. Son sensibles al pH (3 - 8) y la temperatura (máximo 50 °C), además de ser susceptibles a los microorganismos y desinfectantes. Estas fueron desarrolladas originalmente para desalinización del agua de mar (CHERYAN, 1998).

La evolución y expansión del uso de la ultrafiltración a escala industrial se hicieron posible tras el descubrimiento de las membranas poliméricas asimétricas, elaboradas con polímeros sintéticos, principalmente derivados de polisulfona o poliolefina, consideradas como de segunda generación. Se han introducido a partir de 1975, con diferentes composiciones químicas y propiedades funcionales, como las de poliamidas y polisulfonas. Son resistentes a la hidrólisis (clivaje de las conexiones internas del polímero), a los ácidos y bases fuertes y altas temperaturas. Sin embargo, presentan una baja resistencia a la compactación mecánica. Son las membranas más utilizadas en la actualidad (BASSETTI, 2002).

El desarrollo de las llamadas membranas de tercera generación, conocidas como membranas dinámicas, minerales o inorgánicas, que son las membranas asimétricas homogéneas o compuestas, ha respondido a las necesidades de alta resistencia mecánica (soportando altas presiones), alta resistencia química (toleran todo rango de pH 0 a 14) y alta resistencia térmica (Superiores a 400 °C). Son membranas constituidas de material cerámico a base de óxido de zirconio o alúmina depositadas sobre una superficie de grafito y otros materiales. Son químicamente inertes y de costo mucho más alto (CUPERUS et al., 1993).

Las membranas sintéticas comerciales se producen a partir de dos clases distintas de material: los polímeros, constituidos de material orgánico como acetato de celulosa,

poliamidas, polisulfonas, polifluoruro de vinilideno (PVDF) entre otros; Y los inorgánicos, como metales y materiales cerámicos (CUPERUS et al.,1993).

Comercialmente, se desarrollaron cuatro configuraciones diferentes: de placas, tubular, espiral y fibras huecas o capilares. Cada tipo tiene ventajas y desventajas en relación con el rendimiento, los costes de inversión y funcionamiento, volumen muerto, relación área / volumen y consumo de energía (DZIEZAK, 1990).

El mecanismo de separación en el proceso por membranas es influenciado por diversos parámetros y que deben ser considerados para la selección de la membrana apropiadas, que son (PAULSON et al., 1984)

- Condiciones de funcionamiento, como temperatura y presión;
- PH de la corriente de alimentación;
- Dinámica del fluido;
- Velocidad del flujo;
- Composición de la membrana, en función de la compatibilidad química de la con la corriente de alimentación;
- Superficie de la membrana, debido a las interacciones entre los componentes de la solución de alimentación y la superficie de la membrana;
- Configuración del equipo.

1.3.4. Tipos de Procesos y Flujo

Actualmente, los procesos de separación por membrana de mayor interés en la industria de alimentos son la microfiltración, la ultrafiltración, la nanofiltración y la ósmosis inversa. Estos procesos difieren básicamente en el tamaño medio de los poros de las membranas filtrantes utilizadas en cada uno de ellos.

Lo que conlleva necesidad de aplicación de diferentes bandas de presión operativa para acelerar el proceso de transporte.

En la figura 3, se presenta las diferentes técnicas de filtración y lo que se puede retener aplicando cierta técnica de filtración.

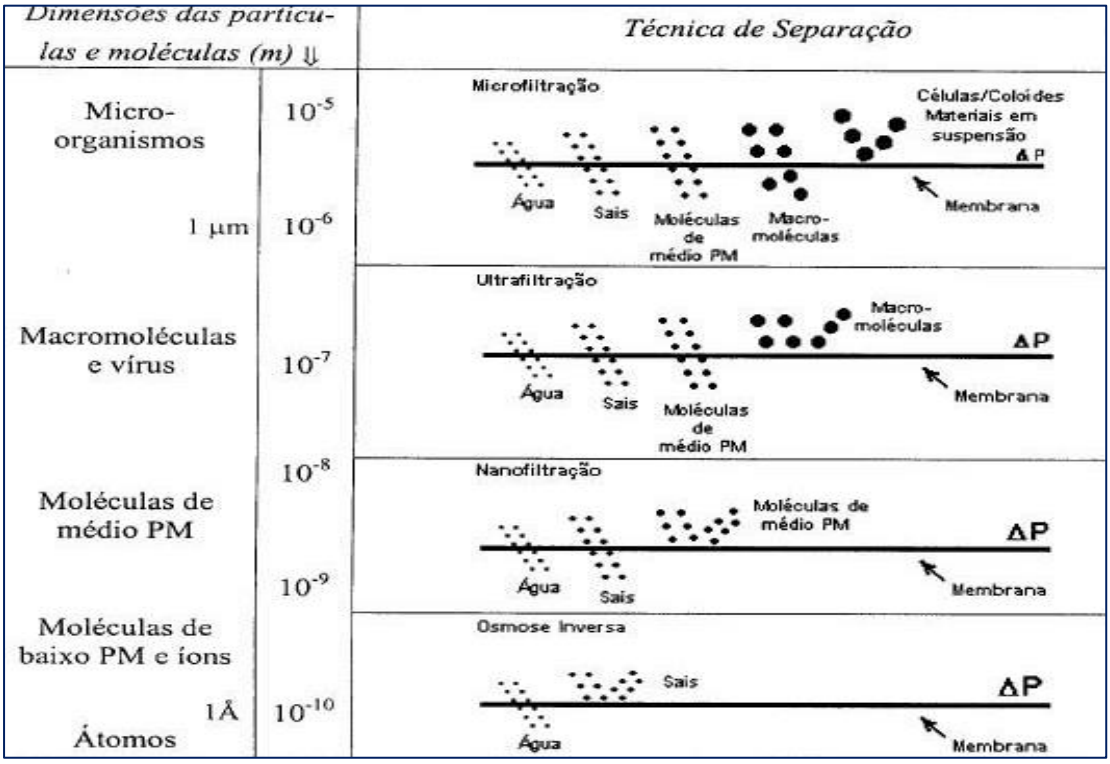


Figura 3: Esquema de las diferencias entre los valores procesos de membrana (GIRARD et al., 2000).

La microfiltración utiliza presiones inferiores a 0,2MPa y separa las moléculas entre 0,025 y 10 m, la ultrafiltración utiliza presiones superiores a 1MPa y separa las partículas de masa molar entre 1 y 300 KDa, la nanofiltración utiliza presiones entre 1 y 4MPa y realiza la separación de partículas de masa molar entre 350 a 1000Da, mientras que la ósmosis inversa utiliza presiones entre 4 y 10MPa y concentra partículas con masa molar menor que 350Da (SNAPE et al., 1996).

Los procesos de microfiltración, ultrafiltración y nanofiltración involucran mecanismos de separación en membranas porosas, mientras que la ósmosis inversa se caracteriza por la utilización de membranas densas.

Las membranas de las membranas ultrafiltración y microfiltración se presentan como mecanismo de separación a exclusión por tamaño, determinada por las dimensiones de las partículas en relación con la distribución de tamaño de poro de la membrana. En los procesos de nanofiltración y la ósmosis inversa, las diferencias en los coeficientes de difusión de los componentes a través de la membrana y la afinidad de estos en relación al material de la membrana determinarían la selectividad de la misma, consistente en un factor adicional para la separación (CUPERUS et al.,1993).

En la tabla 2, se muestra los procesos de filtración el campo de acción, el tipo de producto a filtrar por proceso y lo que se retiene por proceso y producto.

Tabla 2

Características de los procesos de membranas.

Procesos	Fuerza motriz	Permeado	Retención
Osmosis	Potencial químico	Agua	Solutos
Diálisis	Diferencia entre Concentración	Agua y moléculas pequeñas	Moléculas grandes
Ultrafiltración	Presión	Agua y moléculas pequeñas	Moléculas grandes
Osmosis reversa	Presión	Agua	Solución concentrada
Microfiltración	Presión	Agua y solutos Disueltos	Partículas en suspensión
Electrodiálisis	Fuerza electromotriz	Agua y solutos Iónicos	Solutos no iónicos

Fuente: CHERYAN 1998

La filtración convencional es un método de filtración en profundidad donde el fluido, líquido o gaseoso, se alimenta perpendicularmente a la superficie de la membrana como se muestra en la figura 02. Los solutos se depositan sobre la superficie de la membrana, siendo necesaria la interrupción del proceso de limpieza o sustitución del filtro. El uso de membranas a escala industrial sólo fue posible con la introducción de los sistemas tangenciales en esa ocasión técnica, el flujo se bombea paralelamente a la superficie de la membrana. Debido a la alta velocidad ocurre el arrastre de los solutos que tienden a acumularse en la superficie, disminuyendo la tendencia a la polarización concentración e incrustación y haciendo que este proceso sea más eficiente. (CUPERUS et al., 1993), En la figura 4. se muestra los tipos de filtración para su aplicación en laboratorio el cual es la filtración estática y la filtración tangencial se usa a nivel industrial.

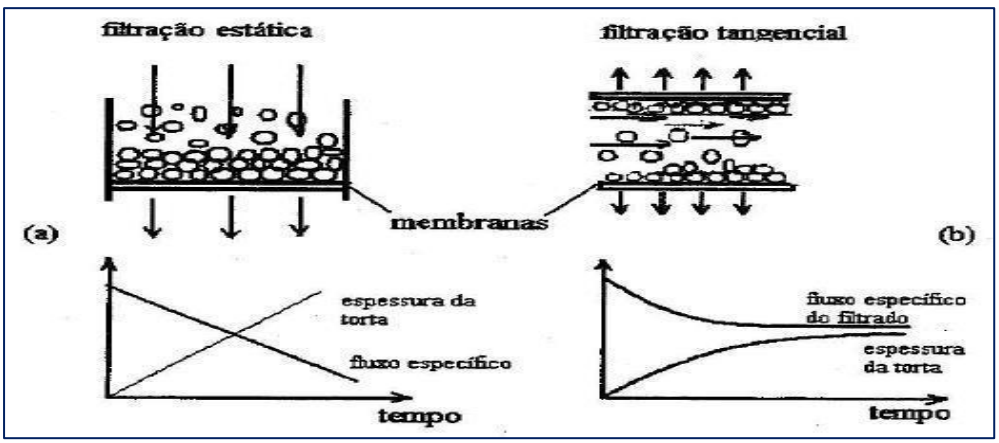


Figura 4: Comparación entre filtración estática (a) y dinámica o tangencial (b) (SCOTT 1995).

1.3.5. Factores que Limitan el Flujo de Permeado

Durante el proceso de separación por membranas, generalmente ocurre un proceso declinación del flujo de permeado con el tiempo (la presión constante). La reducción del peso el flujo de permeado se debe principalmente a los fenómenos de polarización por concentración, formación de la capa de gel y colmatación.

En cualquier proceso con membranas, es importante minimizar la ocurrencia de estos fenómenos, porque reducen la productividad y pueden cambiar la calidad del producto final.

A partir del inicio del proceso de filtración, se produce una acumulación de solutos cerca de la superficie de la membrana, por transporte convectivo, donde parte del se elimina del fluido, lo que ocasiona una mayor concentración de solutos

En la superficie de la membrana en relación a la de la solución. Este aumento de la concentración de solutos en la superficie de la membrana se conoce como la polarización por concentración y es responsable de la diferencia observada entre el flujo de permeado final e inicial, comparándose con el flujo de agua pura (CHERYAN, 1998).

La capa de gel se produce cuando en la superficie de la membrana hay una precipitación de macromoléculas. La formación de la capa de gel ocasiona un mal funcionamiento hidrodinámico del sistema, ya que constituye en otra barrera para el flujo de permeación (CHERYAN, 1998).

La colmatación o fouling de la membrana resulta de la penetración de solutos presentes en soluciones de macromoléculas o de suspensiones coloidales en Superficie interna de los poros de la membrana y también de la adsorción de moléculas en el material de la membrana, acarreando también una disminución en el flujo del disolvente y alterando las características de retención (CHERYAN 1998).

La diferencia entre los fenómenos es que en la polarización por concentración las sustancias acumuladas en la pared de la membrana se disuelven en la solución, mientras que, en la colmatación, las sustancias dejaron la solución y están depositadas en la superficie de la membrana o dentro de los poros (GEKAS et al 1998).

En los procesos de separación por membranas, la ocurrencia de los fenómenos de polarización de la concentración en la superficie de la membrana, debido a la acumulación de solutos y de la formación del ensuciamiento, contribuye a aumentar la

resistencia a la transferencia de masa a través de la membrana. El depósito de solutos aumenta con el tiempo y pueden cambiar la selectividad de la membrana, causa de la reducción de la porosidad por la obstrucción o adsorción y responsable de cambios en la calidad del producto (VLADISAVLJEVI et al 2003).

La polarización por concentración puede ser revertida por la modificación de las condiciones operativas y la reversión del flujo lo que no ocurre obstrucción. Esto normalmente sólo se revierte a través de un riguroso procedimiento de limpieza (CHERYAN, 1998).

Diferentes modelos se han propuesto para describir el comportamiento del producto, la disminución del flujo con el tiempo o la concentración no es lineal. La reducción de la tasa de flujo se puede dividir en tres períodos, como se muestra en la Figura 3. O el primer período se caracteriza por una rápida reducción del flujo y se debe básicamente a la polarización de la concentración. Durante el segundo período la variación del flujo es variable y depende del ensuciamiento formado. En el tercer período el flujo es prácticamente constante en relación al tiempo y ocurre la consolidación del ensuciamiento (GIRARD, 2000).

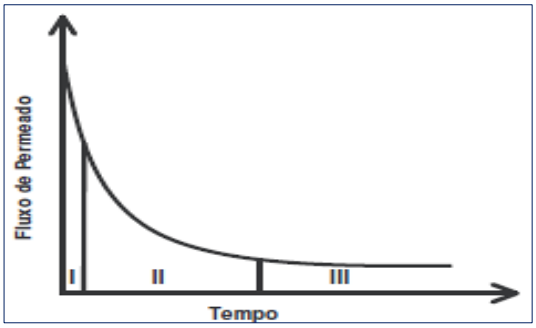


***Figura 5*:** Declinación del flujo de permeado con el tiempo de operación.

Etapa I: Polarización de la concentración.

Etapa II: Capa ensuciamiento.

Etapa III: Consolidación de la capa ensuciamiento.

1.3.6 Parámetros Operativos de los Procesos de Membrana

Los procesos de membranas son más eficaces cuando se optimizan los parámetros de operación que afectan el flujo de permeado, que incluyen presión de operación, concentración de alimentación, temperatura de proceso y velocidad de flujo del fluido.

El flujo de permeado es directamente proporcional a la presión aplicada. El aumento de la presión resulta en un aumento del flujo de permeado hasta un valor máximo llamado de flujo límite, debido al aumento en la concentración de soluto en la superficie de la membrana, lo que lleva a la formación de la capa de gel. La utilización de presiones elevadas puede ocasionar la compactación de la capa de gel, aumentando la colmatación de la membrana. (SCOTT, 1995).

El aumento de la temperatura puede resultar en un aumento del flujo de se observó un aumento de la viscosidad de la solución y un aumento de la difusividad, es decir, la movilidad de las moléculas. Sin embargo, es favorable aumentar la temperatura de operación sin provocar daños en la membrana y en el producto (GIRARD et al 2000).

El aumento en la velocidad de flujo de la solución de alimentación aumenta la tasa de permeación por provocar mayor turbulencia del fluido a ser filtrada. La turbulencia, proveniente de agitación o bombeo del flujo, promueve una desorganización en la concentración de solutos en la superficie de la superficie de la membrana y causa arrastre de las partículas retenidas en la superficie de la membrana, reduciendo el espesor de la capa de gel. Este es uno de los métodos más simples y efectivos de controlar el efecto de la polarización de la concentración (CHERYAN, 1998).

El flujo de permeado decrece exponencialmente con el aumento de la concentración de alimentación, que afecta la viscosidad, la densidad y la difusividad de la solución de alimentación. La viscosidad puede ser controlada por dos factores: concentración de sólidos en la alimentación y la temperatura (CHERYAN, 1998).

La configuración también afecta el rendimiento de las membranas. Un alto el rendimiento de una membrana, en cuanto al flujo de permeado y retención del soluto deseado, debe ser balanceado en cuanto a las características de la misma, como mayor propensión a la colmatación, costo, facilidad de limpieza y sustitución (PORTER, 1990).

1.3.7 Parámetros Importantes para el Análisis del Desempeño y la Eficiencia del Proceso.

Para el análisis del rendimiento y eficiencia del proceso de filtración por las membranas son los siguientes parámetros fundamentales Flujo de permeado (F): es la cantidad obtenida de permeado en litros, por m2 de membrana por hora (L.m-2h-1).

Coeficiente de retención: proporciona una medida cuantitativa de la capacidad de la membrana en retener, por ejemplo, las moléculas o componentes específicos, bajo determinadas condiciones de funcionamiento. Se da en porcentaje: R = (1- Cp / Ci) * 100, donde Ci y Cp son respectivamente, la concentración inicial de un componente en la alimentación y la concentración de este mismo componente en permeado en cada muestra.

Factor de concentración (Fc): cuantifica la reducción de masa alcan-proceso. Se calcula como la razón entre la masa inicial en la alimentación y la masa final de retentado: Fc = MA / MR, donde MA = masa en la alimentación y MR = masa en el retentado.

1.3.8 Aplicación de la Tecnología de Membranas en el Sector Industrial

La tecnología de filtración con membranas presenta una serie de ventajas en relación con los procesos clásicos de separación. En general el fraccionamiento ocurre a la temperatura ambiente, sin cambio de fase y sin que haya necesidad de utilizar la fuente térmica, lo que significa una considerable economía de energía. Como la separación se conduce bajo condiciones blandas, la utilización de estos procedimientos puede en muchos casos, mejorar la calidad del producto final como por ejemplo en la industria de jugos o en el procesamiento de alimentos en general, en los que el tradicional uso de calor altera las propiedades sensorial y nutricional de los alimentos. Las bebidas y los alimentos son, en general, constituidos por sustancias termosensibles. En este sector el uso de tecnología de las membranas se vuelve bastante interesante (ARAGÃO, 2001).

La tecnología de membranas ha experimentado un crecimiento constante en el sector industrial. Basándose en los buenos resultados alcanzados, principalmente en las industrias químicas y de alimentos, se vislumbra un futuro prometedor para estos procesos, a pesar de la necesidad de solucionar problemas pertinentes a los problemas relacionados con la obstrucción de las membranas, baja resistencia a agentes químicos, a los procesos de limpieza, bajos flujos de permeado y alto costo (RIBEIRO, 2005).

Los sistemas con membranas son en general compactos y su estructura modular le confiere mayor flexibilidad operativa y de diseño. Los costes operacionales y de mantenimiento pueden ser menores porque los sistemas con las membranas tienen menos partes móviles y requieren poca atención de los operadores. Las propiedades de las membranas son variables y ajustadas para la aplicación en cuestión, presentan la

posibilidad de empleo en sistemas continuos y se pueden combinar con otros procesos. En la industria de alimentos y bebidas, la ultrafiltración ya viene siendo utilizada comercialmente para diversas aplicaciones. Entre las aplicaciones de los procesos de la separación con las membranas en la industria de alimentos pueden ser destacadas: clarificación y estabilización de las bebidas; recuperación de aceites esenciales de cítricos; concentración de aromas; clarificación y concentración de jugos de frutas y en la industria láctea, para la concentración de suero de leche y la fabricación de queso (ARAGÃO, 2001).

1.4. Procesamiento aséptico

El procesamiento aséptico de alimentos se define genéricamente como un proceso en el que un producto, comercialmente estéril, está acondicionado en un envase previamente esterilizado, bajo condiciones ambientales controladas (sala limpia), seguido del cierre hermético en condiciones asépticas (Figura 4). El resultado es un producto comercialmente estéril, es decir, libre de microorganismos capaces de reproducirse en las condiciones de almacenamiento y estable a temperatura ambiente (BUCHNER, 1993).

El sistema aséptico se utiliza para la obtención de productos que se destinan al almacenamiento y comercialización a la temperatura ambiente, o cuando se quiere una mayor preservación de las cualidades naturales del producto. Se aplica a los productos esterilizados por procesos térmicos y no térmicos. Para los productos no esterilizados es necesaria una cadena de frío o la utilización de conservadores para ayudar en el control de la proliferación de microorganismos y otras alteraciones indeseables (REUTER, 1988).

Las principales ventajas atribuidas al uso de sistemas asépticos en producción de alimentos son: el aumento de la vida de estante, la disminución o eliminación completa de agentes conservadores, control de proceso confiable y mejora de la calidad del producto (KLAUS, 2002).

1.4.1. Esterilidad Comercial

La esterilidad comercial de alimentos se alcanza cuando el proceso elimina los microorganismos capaces de reproducirse en el producto en condiciones de almacenamiento y la distribución no refrigerada y los microorganismos patógenos

incluso esporas. El proceso aplicado también puede combinarse con reducción del pH o reducción de la actividad de agua, suficientes para hacer el alimento libre de microorganismos capaces de desarrollarse en el producto bajo las condiciones de almacenamiento no refrigeradas (SILVA et al., 2002).

Un alimento comercialmente estéril puede contener microorganismos sobrevivientes desde que su multiplicación sea impedida por otros factores de riesgo preservación, como almacenamiento a temperaturas no superiores a 40 ° C, la reducción del pH o de la actividad de agua. La presencia de los siguientes microorganismos se consideró normal en alimentos comercialmente estériles (SILVA et al 2002).

- Esporas de bacterias termófilas estrictas. No se desarrollan a temperatura ambiente, luego su presencia es aceptable si la temperatura de almacenamiento no sobrepasar 40 ° C;
- Esporas de bacterias termófilas y mesófilas incapaces de crecer en las condiciones de actividad de agua y pH bajo del producto.

1.4.2. Esterilización del envase

La eficiencia y el éxito de los sistemas asépticos dependen mucho de la esterilización adecuada del embalaje. El embalaje representa una fuente de contaminación potencial debido al hecho de que el producto después de acondicionado no pasará por ninguna otra etapa capaz de eliminar tal contaminación. En si los alimentos que se procesan en el envase, como en los conservados, normalmente no es un problema. Por lo tanto, la esterilización del envase es factor crítico en el procesamiento aséptico y busca inactivar microorganismos y eliminar cualquier materia extraña al sistema que pueda contaminar el producto y promover cambios indeseables, bajo las condiciones de distribución y almacenamiento.

Según el decreto supremo 007-98-SA (2008) un envase aséptico debe cumplir los siguientes requisitos que detalla en el **CAPÍTULO IX: (De los envases y rotulado de productos según los siguientes artículos).**

Artículo 68º. Envases

Queda prohibido el uso de envases que hayan sido utilizados para contener productos distintos a los alimentos y bebidas de consumo humano. Podrán rehusarse envases retornables de alimentos y bebidas, siempre que sea posible someterlos a un proceso de

lavado y esterilización de tal manera que se mantengan los estándares de inocuidad del envase.

Artículo 69º. Condiciones del envase

El envase que contiene el producto debe ser de material inocuo, estar libre de sustancias que puedan ser cedidas al producto en condiciones tales que puedan afectar su inocuidad y estar fabricado de manera que mantenga la calidad sanitaria y composición del producto durante toda su vida útil.

Artículo 70º. Materiales de envases

Los envases, que estén fabricados con metales o aleaciones de los mismos o con material plástico, en su caso, no podrán:

a) Contener impurezas constituidas por plomo, antimonio, zinc, cobre, cromo, hierro, estaño, mercurio,cadmio, arsénico u otros metales o metaloides que puedan ser considerados dañinos para la salud, en cantidades o niveles superiores a los límites máximos permitidos.

b) Contener monómeros residuales de estireno, de cloruro de vinilo, de acrinolitrilo o de cualquier otro monómero residual o sustancia que puedan ser considerados nocivos para la salud, en cantidades superiores a los límites máximos permitidos por el Codex Alimentarius o por lo establecido por el MINSA.

Los límites máximos permitidos a que se refieren los incisos a) y b) precedentes se determinan en la norma sanitaria que dicta el Ministerio de Salud.

La presente disposición es también aplicable, en lo que corresponda, a los laminados, barnices, películas, revestimientos o partes de los envases que estén en contacto con los alimentos y bebidas.

Prohíbase la utilización de envases fabricados con reciclados de papel, cartón o plástico de segundo uso.

1.4.3. Estabilidad de Alimentos procesados

La preservación de las características originales de los alimentos, por el mayor tiempo posible tras su transformación es uno de los grandes objetivos de la industria de los alimentos. Así las condiciones del entorno de almacenamiento tales como temperatura, humedad, luminosidad, así como el tipo y el material del embalaje utilizados, son aspectos que deben ser evaluados y controlados, con el fin de mantenimiento de la calidad de los productos durante su vida de estante (MATTA et al 2004).

La vida de estante de un alimento es el tiempo en que puede ser conservado en determinadas condiciones de temperatura, humedad relativa, luz, etc., sufriendo pequeños cambios que, hasta cierto punto, se consideran aceptables por el fabricante, el consumidor y la legislación alimentaria vigente (VITALI et al., 1996).

Los siguientes factores pueden afectar la calidad de un producto procesado y envasado: el desarrollo microbiano, la temperatura de almacenamiento, la disponibilidad de oxígeno, la luz, las transformaciones físicas y químicas y la característica de barrera del sistema de embalaje.

a). Crecimiento Microbiano

Las transformaciones en los alimentos como consecuencia del desarrollo de los microorganismos pueden ocurrir a velocidades muy superiores a los demás cambios, principalmente cuando la temperatura y la actividad de agua son favorables. Las modificaciones en los alimentos acondicionados, causadas por microorganismos, son en general más fácilmente evidenciados que las de las reacciones enzimáticas o químicas.

- Formación de gases y compuestos volátiles.
- Producción de compuestos tóxicos.
- Acumulación de focos de microorganismos, como mohos y levaduras.

b). Temperatura

La temperatura es el factor que más afecta la conservación de los alimentos durante el almacenamiento y comercialización, pues presenta un efecto exponencial sobre las transformaciones ocurridas en el producto alimenticio, así como en el aumento de la permeabilidad del envase. Todos los cambios de naturaleza microbiológica y físico-química presentan tasas de transformaciones que dependen de la temperatura en la cual el alimento se encuentra (FARIA, 1993).

La relación existente entre la temperatura y la velocidad de transformación en un producto puede expresarse por el valor Q10, definido como la razón entre la velocidad de la reacción a la temperatura T y la velocidad de la reacción a la temperatura (T + 10 ° C); es decir, el Q10 representa el aumento de la velocidad de las reacciones cuando la temperatura del sistema aumenta 10 ° C (FARIA, 1993).

Una gran ventaja de los sistemas asépticos es permitir la comercialización del producto a temperatura ambiente. De lo contrario sería antieconómico tener que utilizar

la distribución y / o el almacenamiento refrigerado para alimentos de este tipo. Sin embargo, es importante considerar el efecto exponencial de la temperatura sobre las transformaciones en el alimento (PETRUS, 2004).

A pesar de que los alimentos obtenidos por los sistemas asépticos microbiológicamente estables a temperatura ambiente, dejarlos en ambientes frescos, fuera de la exposición solar, o incluso refrigerados, se convierte en una buena opción para ampliar su vida útil (FARIA, 1993).

c). Disponibilidad de oxígeno

La presencia de oxígeno en el espacio libre de los envases influye alteraciones oxidativas y el crecimiento microbiano. Las modificaciones en los alimentos como consecuencia de las reacciones de oxidación resultan en pérdidas del valor nutritivo, cuando implican las vitaminas y otros componentes esenciales, las pérdidas de propiedades sensoriales y formación de compuestos volátiles desagradables.

Básicamente, todas estas reacciones dependen, además de la presencia de oxígeno libre en los envases, de factores como la temperatura, la actividad de agua, la luz y la composición del producto. La principal pérdida de calidad de los alimentos asépticos es por vía oxidativa, presentando como consecuencia la alteración de sabor y aroma característicos (FARIA, 1993).

La oxidación sólo ocurrirá si hay oxígeno disponible dentro del envasado. La disponibilidad de oxígeno dependerá del sistema de embalaje y del proceso de industrialización. El embalaje puede atenuar los cambios de la oxidación al controlar, además del oxígeno disponible la luz y la humedad relativa. En un envase hermético, la reacción oxidativa será limitada por la presencia de oxígeno residual en el producto y en el espacio libre. Por otra parte, si el envase es permeable al oxígeno, como es el caso de algunas botellas plásticas, la velocidad dependerá del suministro de oxígeno por la difusión a través del envase (FARIA, 1993).

d). Luz incidente

Las radiaciones luminosas, ya sean naturales o artificiales, causan un gran efecto catalítico en la aceleración de las reacciones fotoquímicas en alimentos, principalmente reacciones de oxidación. Ejemplos de deterioro en los alimentos, cuando están expuestos a los rayos luminosos, incluyen la oxidación de lípidos, la degradación de los pigmentos

y de vitaminas y la reducción del valor nutritivo. En cuanto a la oxidación de las vitaminas, riboflavina y el ácido ascórbico son los más fotosensibles (LEBER, 2001).

La energía luminosa está inversamente relacionada con la longitud de onda. Así, mayor es la energía de la radiación cuanto menor es la longitud de onda, donde la región del espectro presenta mayor energía cuántica. La radiación UV se sitúa en una banda de menor longitud de onda que la visible, teniendo mayor energía y que inducen la mayor velocidad de oxidación. La luz solar es más perjudicial que las luces artificiales, por emitir más radiaciones de menor longitud de onda. En caso particular de alimentos que contienen pigmentos fotosensibilizadores, como carotenoides, hemoglobina y mioglobina, el efecto de la luz sobre el deterioro puede ser mayor en la banda visible que en la venda del UV (SATTAR et al., 1975).

La intensidad de la luz incidente, el tiempo de duración y las características del material de embalaje, afectando la absorción de la luz, son factores que deben ser considerados para evaluar los efectos sobre los alimentos fotosensibles (FARIA,1990).

e). Transformaciones Físicas y Químicas

Una de las alteraciones más importantes en el agua de coco es el oscurecimiento, que puede ser causado por la actividad de las enzimas peroxidasa y polifenoloxidasa que actúan sobre los compuestos fenólicos presentes en el agua de coco. Esta alteración comienza después de la extracción del agua de coco.

La polifenoloxidasa es una enzima del grupo de las oxirreducasas, que contiene cubre como grupo prostético, que oxida difenoles en presencia de oxígeno molecular. El nombre polifenoloxidasa comprende dos enzimas distintas, la diferencia se refiere a la especificidad de los sustratos. La primera hidroxila monofenoles a o-dihidroxifenoles (actividad cresolasa), oxidándose a o-quinonas (actividad catecolasa), y es la enzima más importante para el oscurecimiento oxidativo de frutas y hortalizas, siendo denominada tirosinasa, polifenoloxidasa o catecol oxidasa. La segunda oxida orto y para los difenoles a las quinonas que no tienen la capacidad de hidroxilar monofenoles y se denominó lacase. La reacción del oscurecimiento prosigue a través de la condensación de las quinonas que reaccionan no enzimáticamente con otros compuestos fenólicos y aminoácidos por ejemplo para producir pigmentos oscuros de estructura indeterminada (VÁMOS, 1981).

La peroxidasa es una enzima similar a la polifenoloxidasa, también miembro del grupo de las oxirreducasas, y cataliza la oxidación de fenoles (guaiacol, pcresol), aminas aromáticas (anilina, o-dianisidina) y otros compuestos orgánicos en presencia de peróxido de hidrógeno (VÁMOS, 1981).

Los principales métodos empleados para evitar el oscurecimiento enzimático son: la inactivación de la enzima a través de la reducción del pH o la calefacción, eliminación del oxígeno y el empleo de agentes químicos que actúan sobre la enzima o productos intermediarios del proceso de formación del pigmento (RODRIGUES et al., 2003).

f). Barrera y formato del envase

La continuación del proceso oxidativo, después de consumido el oxígeno disponible, dependerá de su reposición por las paredes y por el sistema de cierre del embalaje. Esta reposición será tanto más rápida cuanto menor es la barrera del material al paso de oxígeno del ambiente externo para el interior del embalaje. Por esta razón, los materiales de embalaje deben presentar una buena barrera al oxígeno (FARIA, 1993).

El tamaño y el formato del envase también interfieren en la estabilidad. A medida que el tamaño aumenta, la relación área / volumen disminuye y, por lo tanto, más protectora se convierte en el envase. Esto es porque la penetración de oxígeno aumenta en un orden cuadrático, mientras que el volumen del producto que reacciona con este gas aumenta en un orden cúbico. Es decir, si todos los otros factores permanecen constantes, la necesidad de protección disminuye a medida que el tamaño del embalaje aumenta. Es importante considerar que sólo la permeabilidad del material de envase no es suficiente para establecer su grado de protección. El proceso de transformación y el formato y el cierre del embalaje afectan intensamente la tasa de permeabilidad del envase final. El mayor efecto de pérdida de barrera está relacionado con las regiones de cierre o dobles en el material hechas para dar el formato final, como en las termo-selladas y en los sistemas de sellado de tapas (PETRUS, 2000).

Una de las principales causas de cambios del alimento en función del envase de vidrio es la oxidación, especialmente de lípidos, vitaminas y pigmentos, ocasionados por la exposición a la luz. El vidrio es un material transparente y permite el paso de luz, factor que debe ser considerado en alimentos sensibles a las radiaciones luminosas. Alternativas para reducir el efecto de la luz sobre los productos en envases transparentes son a través del etiquetado y, en el caso del vidrio, la utilización del color ámbar u otros colores (FARIA, 1993).

La hermeticidad proporciona barrera a los gases, vapor de agua, aroma y microorganismos. El punto débil o que compromete la hermeticidad de los envases de vidrio es el sistema de cierre. Cuanto más eficiente sea el el sistema de cierre más pequeño son los problemas de hermeticidad del embalaje.

Un buen sistema de cierre depende del material (metal o plástico) diseño de la tapa (presión o rosca) y del tipo de obturación o anillo de sellado. En productos termoprocesados o en sistemas de envasado aséptico, la falta de hermeticidad resultará, por ejemplo, en problemas microbiológicos y de alteraciones oxidativas. Considerando que la barrera y la hermeticidad están directamente relacionada con el grado de protección del sistema de envase, generalmente cuanto menor es la transferencia de masa entre el micro ambiente interno de los envases y el macro ambiente que compone el sistema de comercialización del producto, mayor será la vida útil del producto (FARIA, 1993).

1.5. Definición de términos

Microfiltración

La microfiltración es una de las primeras técnicas de filtración utilizada en los laboratorios desde principios del siglo XX, y desarrolladas comercialmente en Alemania en 1929 por Sartorious-werke citesoaimerin. En sus inicios, era usada solamente para la investigación, pero, durante la segunda guerra mundial, fue utilizada para análisis bacteriológicos de los alimentadores de agua potable. La microfiltración ha alcanzado un nivel de desarrollo considerado, con el diseño y comercialización de los microfiltros de membranas, que a partir de los estudios de A.Goetz comienzan a usarse en la década de los años cincuenta. Hasta 1963, los microfiltros eran, predominantemente, de nitrocelulosa, o una mezcla de celulosa. La necesidad de mejorar la resistencia química y la estabilidad calorífica de la membrana, provocó la investigación de nuevos materiales y métodos de fabricación (DÍAZ. et al., 2010).

En la Industria Alimenticia (IA) los productos terminados deben conseguir un compromiso entre varias propiedades, incluida la sensorial, sanitarias y propiedades tecnológicas. Entre estas, las sensoriales y sanitarias son propiedades esenciales por su influencia ante la preferencia y elección del consumidor (PERROT et al., 1998). Por esto

mismo los procesos de microfiltración por membrana son bien valorados ya que se utiliza en aplicaciones como por ejemplo la industria de las bebidas para la clarificación, lo que satisface una propiedad sensorial visual. Además de ser un sistema compacto, de automatización relativamente fácil, buena flexibilidad, de fácil implementación, etc.

Este es el campo en el que la tecnología de membranas ha encontrado más diversas aplicaciones, y en el que su futuro está más ampliamente garantizado. Importantes progresos se han alcanzado en diversas ramas de esta actividad, que van desde la industria láctea (MERIN et al., 1990), la industria azucarera y la industria de las bebidas (DAUFIN et al 2001), tanto alcohólicas como no alcohólicas, los extractos, aceites, jugos vegetales, a la de carnes y pescados (HENÁNDEZ et al., 1990), caldos de fermentación (OROZCO et al., 2008) y muchos otros.

La polivinilpolipirrolidona (PVPP)

La polivinilpolipirrolidona, se presenta como un polvo fino blanquecino. Es un polímero con una adsorción selectiva para los polifenoles. Entre estos, adsorben preferentemente aquellos que poseen un mayor grado de hidroxilación. El mecanismo de adsorción de los polifenoles es con formación de puentes hidrógeno entre los grupos fenólicos y el oxígeno del grupo amida del anillo pirrolidona. Actúa sobre las catequinas y proantocianidinas, tanto en su forma monómera como polímera. En vinos con mayor proporción de fenoles fácilmente oxidables (catequinas y proantocianidas) el efecto es mayor. Absorben en igual proporción pigmentos rojos y amarillos, es decir que producen una leve disminución de la intensidad colorante sin afectar el tono.

Existe una relación lineal entre el porcentaje de pérdida del color y la cantidad de clarificante usado. Se puede emplear antes, durante y después de la fermentación. Antes y durante, previene el pardeamiento de los vinos blancos al actuar selectivamente sobre el sustrato oxidable de los mostos. Su modo de acción es diferente al de la caseína. Elimina los fenoles oxidables, mientras que la caseína frena los fenómenos oxidativos. Usada en los vinos terminados adsorbe ciertos compuestos fenólicos oxidados en los vinos blancos, también en blancos “manchados”, incluso los oxidados por procesos enzimáticos. En estos casos se recomienda su utilización en asociación con el carbón vegetal decolorante. Finalmente, la PVPP permite reducir un poco la astringencia y suavizar vinos tintos considerados demasiado tánicos. Fija los taninos más reactivos (200 a 300 mg/L de tanino para 250 mg/L de PVPP). Interviene menos sobre las antocianinas.

Como en la industria del vino y la cerveza, se añade una resina para aclarar el agua de coco, como la polivinilpolipirrolidona (10g/l), a fin de reducir el nivel de polifenoles y taninos y dar mayor estabilidad al producto final (FAO 2005).

Ácido ascórbico (Vitamina C)

Antioxidante soluble en agua (hidrosoluble) figura en primera línea en la defensa antioxidante del plasma; es un poderoso inhibidor de la oxidación de los lípidos. Regenera la Vitamina E (MULTON., 2000).

La planta de coco o cocotero perteneciente a la familia Arecaceae, y de nombre científico (Cocos nucifera).

Según el codex alimentarius la dosificación máxima permisible es según las buenas prácticas de fabricación (BPF), en otras palabras, se dosificará según como se considere estrictamente necesario (CODEX STAN 192-1995).

Composición del agua de coco.

El agua de coco es la parte líquida de la fruta de coco natural extraído. Ella es técnicamente definida como el endospermo líquido y corresponde a aproximadamente el 25% del peso de todo el coco. Esta solución acuosa comprende en un 93% de agua y se forma a partir de las primeras etapas de la formación del fruto, en su cavidad hasta que se llena por completo. El agua de coco es ligeramente ácida (pH ± 5,5), ligeramente borrosa transparente, incoloro, no pegajosa y sabor ligeramente dulce, que consiste especialmente para los minerales y azúcares, y pequeñas cantidades de sustancias nitrogenadas (aminoácidos) y grasas y vitaminas y sustancias auxínicos o que promueven el crecimiento, que aún no han sido identificados (MEDINA et al., 1980).

Entre los componentes del agua de coco, los azúcares tienen una gran importancia. La cosecha debe hacerse entre el sexto y el noveno mes de desarrollo, ya que la concentración de azúcares reductores alcanza un nivel máximo del 5%. Este es también el momento el volumen de agua es mayor. Por lo tanto, es el más adecuado para la extracción de agua de coco (LEBER., 2001).

En la tabla 3, se muestra el análisis proximal realizado a una muestra de agua de coco que tiene una maduración que esta entre 6 a 9 meses.

Tabla 3

Análisis proximal del agua de coco de 6-9 meses.

COMPOSICIÓN	PARÁMETRO
1. Agua (g / 100 ml)	94.20
2. Sólidos totales (g / 100 ml)	5.80
3. Grados Brix	5,27
4. Azúcares totales (g / 100 ml)	5.30
5. Azúcares reductores (g / 100 ml)	4.90
6. Ceniza (g / 100 ml)	0.50
Calcio (mg/100 ml)	24
Magnesio (mg/100 ml)	25
Fosforo (mg/100 ml)	20
Sodio (mg/100 ml)	105
Potasio (mg/100 ml)	250
7. Cloro (mg/100 ml)	20.0
8. Proteínas (mg / 100 ml)	19.50
9. Lípidos (mg / 100 ml)	11.00
10. Fenoles totales (mg de catequina / 100 ml)	54.00
11. pH	5,20
12. Transmitancia (%)	81.00

Fuente: (CAMPOS et al., 1996).

En la tabla 4 se muestra la composición nutricional del agua de coco.

Tabla 4

Composición nutricional del agua de coco.

NUTRIENTES (%)	CRUDA	ENLATADA	CONGELADA
Humedad	67.62	77.88	71.42
Proteínas	2.29	2.02	1.61
Cenizas	0.72	0.97	0.59
Carbohidratos	5.54	2.81	0
Fibra dietética total	2.2		
Azúcar total	3.34		
Lípidos totales	23.84	21.33	20.80
Ácidos grasos saturados	21.14	18.92	
Cáprico	1.33	1.19	1.16
Láurico	10.58	9.46	9.23

Fuente: NAVARRO, P (2008)

CAPÍTULO II
MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Lugar de ejecución

El trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Investigación y Control de Calidad de Agroindustrias de la facultad de ingeniería agroindustrial de la Universidad Nacional de Ucayali – Pucallpa, Ciudad Universitaria, Yarinacocha, Provincia y Región Ucayali.

2.2. Material vegetal

a). Materia prima

La materia prima se obtuvo de la ciudad de PUCACACA por un recolector de cocos de la zona el cual los embalo en una caja y los envió vía terrestre hacia la ciudad de Pucallpa en el departamento de Ucayali, en cuanto a la unidad experimental está compuesta por 500 ml de agua de coco envasada en botellas PET.

b). Materiales

- Filtro de membrana de 0.8 µm y 0.2 µm
- Matraz quitasato de 250 ml
- Embudo Erlenmeyer de 150 ml
- Vasos de precipitado de 1 L
- Matraces de 500 ml
- Jeringa desechable de 20ml
- Envases de PET de 500 ml

c). Equipos

- Balanza analítica marca AND, modelo GH-200. (Digital precisión).
- Estufa
- Refrigeradora Icebeam.
- Brixometro digital HI 96811
- Bomba de vacío serie R
- Peachimetro serie HI 422x-02

d). Reactivos

- Polivinilpolipirrolidona (Pvpp)

- Hidróxido de sodio
- Fenolftaleína
- Alcohol de 96°
- Nitrógeno líquido

e). Medios de cultivo

- Agar dicloran rosa bengala cloranf. (DRBC)
- Agar plate cunt (APC)

2.3. Metodología de la investigación

2.3.1. Flujograma de proceso experimental: Para la conservación del agua de coco, En la figura 6, se muestra la metodología para la conservación de la bebida de agua de coco embotellada.

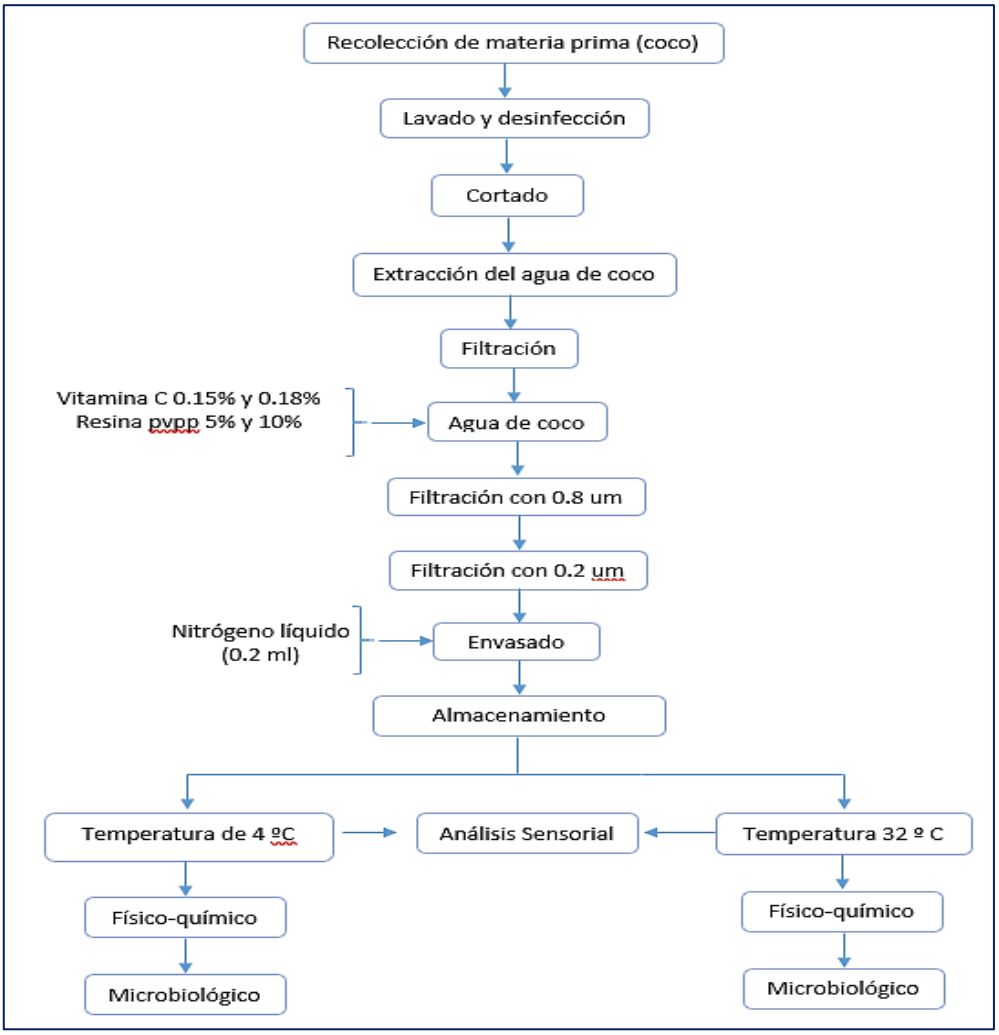


Figura 6: Flujograma de proceso experimental para la conservación del agua de coco. (Fuente: Elaboración propia).

2.3.2. Descripción del flujograma

Recolección de la materia prima (coco verde fresco).

Se recolectaron los cocos de tipo enano verde (Cocos nucifera) a una edad de 6 a 9 meses porque en esta etapa, el agua de coco tiene mayor cantidad de componentes nutricionales y puede ser mejor aprovechado por quien lo consuma la forma de saber este estado de madurez es cuando la copra recién está empezando a formarse.

Lavado y desinfectado.

Se lavo la materia prima (coco) con agua a 200 ppm de cloro para eliminar cualquier contaminante físico y microbiológico.

Cortado.

Se procedió a hacer el corte con precisión con la finalidad de retirar parte de la cubierta de la cápsula del que cubre al coco sin manipular de forma excesiva para evitar la contaminación del agua.

Extracción

La extracción se realizó con el mayor cuidado evitando salpicaduras y el contacto directo con el cuerpo, esta agua se pasará por una tela blanca porosa con la finalidad de atrapar las partículas grandes producto del corte previamente realizado.

Filtración

Se realizo una filtración con la finalidad de retirar cuerpos extraños (residuos de la cáscara por acción del cortado).

Adición de insumos.

Adición de vitamina C

Se adiciono vitamina C 0.15% y 0.18% según (SATIN, 2001) por litro para inactivar el proceso metabólico de los enzimas (polifenoloxidasa y peroxidasa), con la finalidad de evitar la oxidación ya que es un antioxidante natural. Así prolongar la vida útil del producto Según Mena (2002).

Adición de pvpp.

Se adiciono esta resina al 5% y 10% con la finalidad de eliminar polifenoles contenidos en el agua de coco, ya que estos componentes son responsables de los cambios de coloración, sabor y oxidación del producto.

Filtración con 0.8 micras

Esta filtración se realizó con membrana de nitrato de celulosa inerte con la finalidad de retirar las partículas sedimentadas por la acción de la resina pvpp, así reducir la saturación de los poros de la membrana de la siguiente filtración.

Filtración con 0.2 micras

La filtración final de 0.2 micras se realizó con la finalidad de esterilizar el agua de coco liberándola en su totalidad de las partículas sedimentadas y la carga microbiana (bacterias mohos y levaduras).

Envasado.

Primeramente, se realizó el llenado del agua de coco ya tratada para proceder a adicionar el gas inerte de nitrógeno generando un vacío dentro de la botella y eliminar el oxígeno reemplazandolo por nitrógeno ya que este gas es incoloro, no tiene sabor y no altera sensorialmente al agua de coco, finalmente se procederá al encapsulado de la botella.

Almacenamiento

Se almaceno a temperatura de refrigeración 4°C y ambiente 32°C con la finalidad de determinar el tiempo de vida media del agua de coco con la metodología planteada.

Análisis a realizar de la bebida

En este análisis se realizaron cuatro evaluaciones, la primera corresponde a un análisis físico-químico a tres muestras dos conservadas a diferentes temperaturas de almacenamiento, microbiológico, seguidamente se determinará la vida media útil del agua de coco y finalmente un análisis sensorial de las dos muestras almacenadas y la última recién extraída del fruto de coco para determinar la significancia entre tratamientos y la calidad sensorial en base a una muestra intacta de agua de coco.

a) Análisis físico químico

El análisis que se realizo durante los 90 días de evaluación son los siguientes:

- pH: método AOAC 981.12/95.
- Acidez: según método AOAC 967.21/90.
- Grados Brix (ºBrix): AOAC 932.03/97.

b) Análisis microbiológico

El análisis microbiológico que se realizó durante los 90 días de evaluación son los siguientes.

- Levaduras: método de filtración con membrana de celulosa en agar DRBC.
- Aerobios mesófilos: método con filtración en membrana de soluciones agar plate count.

c) Evaluación sensorial

Para la evaluación sensorial que se realizó una prueba preferencial en el cual se evaluará el sabor del agua de coco ya procesada y almacenada durante el tiempo que empiece su periodo de deterioro a diferentes temperaturas de almacenamiento refrigeración y ambiente, teniendo como resultado la evaluación de 8 muestras los ensayos se efectuarán con 10 jueces semi-entrenados.

2.3.3. Diseño estadístico y modelo matemático

a) Diseño estadístico para análisis físico químico.

El diseño factorial de 3 niveles el cual corresponde a un arreglo factorial 2x2x2x7 siendo los factores los siguientes; teniendo así 56 resultados.

A: Temperatura
B: Vitamina C
C: PVPP
n: Tratamientos

El diseño factorial 3^K considera k factores con tres niveles cada uno y tiene 3^K tratamientos. La primera desventaja de los diseños 3^K es que al aplicarse requieren mayor cantidad de pruebas que el diseño de 2^K.

Cuando se quiere investigar la influencia de tres factores (A, B y C) sobre una o más variables de respuesta, y el número de niveles de prueba en cada uno de los factores es a, b y c, respectivamente, se puede construir el arreglo factorial axbxc que consiste de axbxc tratamientos o puntos experimentales.

El estudio factorial de tres factores (A, B y C) permite investigar los efectos: A, B, C, AB, AC, BC y ABC, donde el nivel de desglose o detalle con el que pueden estudiarse

depende del número de niveles utilizados en cada factor. Por ejemplo, si un factor se prueba en dos niveles, todo su efecto marginal (individual) es lineal, o sea que su efecto individual no se puede descomponer; pero, si tuviera tres niveles su efecto marginal se puede descomponer en una parte lineal y otra cuadrática pura.

b) Diseño estadístico para análisis sensorial

Se realizará por una prueba de ordenamiento y para analizar los resultados se aplicará la prueba no paramétrica de Friedman y Test de comparación media LSD con un nivel de significancia del 0,05%.

Se probarán las hipótesis para cada atributo sensorial (sabor) de la siguiente manera:

Ho: No existe variación significativa en las características sensoriales (sabor) de la bebida agua de coco embotellada.

Ha: Existe variación significativa en las características sensoriales (sabor) de la bebida de agua de coco embotellada.

Se acepta la hipótesis nula (Ho) si "p" > 0.05.

Para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, se aplicará la prueba de diferencia mínima significativa (DMSFA).

$$DSMF \propto = Q(\propto, K)\sqrt{\frac{n * k * (k+1)}{8}}$$

Tabla 5

Diseño estadístico

JUECES	TRATAMIENTOS							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
1	R	R	R	R	R	R	R	R
2	R	R	R	R	R	R	R	R
3	R	R	R	R	R	R	R	R
4	R	R	R	R	R	R	R	R
5	R	R	R	R	R	R	R	R
6	R	R	R	R	R	R	R	R
7	R	R	R	R	R	R	R	R
8	R	R	R	R	R	R	R	R
9	R	R	R	R	R	R	R	R
10	R	R	R	R	R	R	R	R

Fuente: Elaboración propia

Esta prueba cuenta con un parámetro "DMSF∝", el cual está regido por un valor "D", que sirve para la toma de decisiones:

Si el valor “DMSF∝”>D, se acepta Ho.

Si el valor “DMSF∝”<D, se rechaza Ho.

Tabla 6

Diferencias entre tratamientos

	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**
M	D	D	D	D	D	D	D	D
O	D	D	D	D	D	D	D	
P	D	D	D	D	D	D		
R	D	D	D	D	D			
F	D	D	D	D				
J	D	D	D					
L	D	D						
K	D							

Fuente: Elaboración propia

Sistema de variables.

Variables independientes

- Resina PVPP al 5 % y 10 %
- Porcentaje de ácido ascórbico (0.15 % y 0.18%)
- Temperatura de almacenamiento (refrigeración y ambiente).

Variables dependientes

- Características físico-químicas
- Microbiológicas
- Sensorial
- Vida anaquel

2.3.4. Caracterización fisicoquímica del agua de coco durante el almacenamiento

Determinación de los sólidos solubles totales: Los sólidos solubles totales se determinó por el método óptico de refractómetro a 20 °C para lo cual fue necesario el uso de un refractómetro digital que se calibro previamente con agua destilada, se tomó una alícuota del zumo de cada tratamiento previa filtración en el lector del equipo y se procedió a la lectura, se realizó tres repeticiones para cada almacenamiento.

Determinación del pH: El zumo del agua de coco se filtró y se tomó una alícuota de 10 ml se colocó en un vaso de 50 ml; se introdujo el electrodo del pH-metro a la muestra, se verifico su estabilidad y se registró la lectura, todos los análisis se hicieron por triplicado.

Determinación de la acidez titulable: Se filtró el zumo del agua de coco de los diferentes tratamientos, se tomó 5 ml y se puso en un matraz Erlenmeyer, luego se diluyo con 20 ml de agua destilada, se adiciona 3 gotas de fenolftaleína al 0,1 % y se procedió a la titulación con NaOH al 0,1 N hasta lograr el color a rosado, todos los análisis se hicieron con tres repeticiones. El porcentaje de acidez se calculó siguiendo la fórmula que se presenta a continuación y

Dónde:
G : Volumen (ml) gastado de la sustancia valorante.
N : Normalidad del álcali o sustancia valorante (0,1 N).
Meq : Valor del miliequivalente en gramos del ácido cítrico (0,064).
M : Volumen del zumo.

$$\% \text{ Acidez} = \frac{G \; x \; N \; x \; meq}{M} \; x \; 100$$

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterizaciones de la materia prima

3.1.1. Caracterizaciones biométricas del coco enano verde

En la tabla 7, se detalla las características biométricas (forma, dimensiones, peso) del coco, resultados medios extraídos de 8 muestras.

Tabla 7

Características biométricas del coco enano verde

Características		Promedio
Forma		Ovoide
Dimensiones (cm)	Diámetro mayor	47,39 ± 0.20
	Diámetro menor	33,824 ± 0.25
Peso (g)		1334,992 ± 0.22
Volumen de agua (ml)		420,5 ± 0.21

Fuente: elaboración propia

Según (Ramírez, 2008) el fruto por lo general demora 12 meses en formarse completamente, teniendo un peso final de aproximadamente 1-1,5 kilos de 20 a 30 cm de diámetro. (Arancon, 1998) afirma que la cantidad de agua que puede ser extraída varía de 133 ml/coco a 524 ml/coco, los datos obtenidos se encuentra dentro de lo mencionado por los autores, al igual que el mango el tamaño y peso de los frutos están ligados a los factores climáticos, tipo de suelo y estación.

3.1.2. Caracterización físico química del agua de coco sin procesar.

La caracterización fisicoquímica del agua de coco variedad enano verde sin procesar se detalla en la tabla 08, estos datos se obtuvieron del promedio de cinco repeticiones.

Tabla 8

Resultados físico químicos del agua de coco sin procesar

Características	Cantidad promedio
Grados Brix	5,03
pH	5.11
Acidez % (ácido estérico)	0.74

Fuente: elaboración propia

Los resultados obtenidos con respecto los grados brix se encuentran dentro de lo especificado por Roller y el pH dentro de lo mencionado por Aragón; se detalla los resultaos obtenidos de cada autor, Según Pérez y Aragón (2010), los grados brix 5,9±0,5 y pH 4,7±0.5 y Rolle (2007) grados brix 5-6,5 y pH 5-5,4, asi mismo se tiene que (PENHA, 1997) quien encontró valores de acidez de 13,07ml sol. N/100ml para la variedad enano verde respectivamente los cuales nos da un porcentaje del 1.67%, los cuales son superiores al encontrado en el presente estudio, es posible que esto se deba a la influencia de factores climáticos, estado de madurez y fertilización de suelos (COSTE, 1969).

Para el análisis de acidez en el agua de coco natural el acido predominante es el acido estérico por lo que se usa para calcular el porcentaje de acidez.

3.1.3. Caracterización físico química del agua de coco procesada

En la siguiente tabla se detalla los resultados obtenidos de los 8 tratamientos cada muestra se analizó 3 repeticiones obteniendo un resultado promedio.

Tabla 9

Resultados físico químicos del agua de coco embotellada.

Características	Resultado promedio							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Grados (°Brix)	5.03	5.04	5.1	5.03	5.03	5.05	5.03	5.01
pH	4.93	4.95	4.94	4.95	4.82	4.81	4.82	4.82
Acidez titulable (Ácido cítrico) (%)	0.90	0.92	0.91	0.90	0.92	0.92	0.90	0.91

Fuente: elaboración propia

Los resultados encontrados para °Brix (5,03 y 5,03) para el agua de coco natural y procesado son compatibles del valor 5,0 descrito por Rosa (2000).

Los resultados encontrados para pH (5,11 y 4,93) para el agua de coco natural y procesado, son compatibles con el valor de 5,05, determinado por Fernandes (1998).

En cuanto a la acidez total titulable, para el agua de coco procesado presentó valores de 0.91 de ácido cítrico / 100 mL, encontrándose en el rango, determinado por CAMPOS (1996).

El pH, el contenido de sólidos solubles y la acidez total titulable no sufrieron cambios en el proceso de microfiltración. Magallanes y otros (2005) estudiaron la conservación del agua de coco verde a través de la microfiltración y han reportado que las características físico-químicas del agua de coco permeada permanecieron inalteradas en comparación con las del agua de coco in natura.

Para la microfiltración, se utilizaron membranas con un tamaño de poro de 0,8μm y 0,2μm. El contenido de sólidos solubles, la acidez total titulable y el pH no presentaron diferencia significativa entre los procesos, en comparación con sus valores en las respectivas alimentaciones.

Para el análisis de acidez en el agua de coco procesada el ácido predominante es el ácido cítrico ya que al agregar vitamina C se convierte el ácido predominante por lo que se usa para calcular el porcentaje de acidez, se usa los miliequivalentes del ácido cítrico ya que el ácido ascórbico es una vitamina y como tal no se puede titular para determinar acidez.

3.1.4. Caracterización microbiológica del agua de coco sin procesar

Los análisis microbiológicos del agua de coco natural indicaron contaminación por levaduras, con un recuento de $2,7x10^3$ UFC/ml, y por microorganismos aeróbicos mesófilos de $4,2x10^3$ UFC /ml.

El nivel de contaminación inicial del producto no compromete el rendimiento del proceso por membranas, a diferencia de los procesos térmicos, donde el binomio tiempo / temperatura determina el número de reducciones decimales de microorganismos.

3.2. Evaluación de la estabilidad del agua de coco

En las siguientes tablas se muestran los valores medios obtenidos de los análisis fisicoquímicos del agua de coco verde microfiltrada en función al tiempo de almacenamiento de los 8 tratamientos que se investigaron.

3.2.1. Resultados de la evaluación del pH del agua de coco embotellada.

Tabla 10

Resultados de la evaluación del pH del agua de coco embotellada.

	Concentración de la vitamina C							
	0.15%				**0.18%**			
	Concentración de Polivinilpolipirrolidona (pvpp)							
	5%		10%		5%		10%	
	Almacenamiento a diferentes temperaturas							
	5 C°	32 C°	5 C°	32 C°	5 C°	32 C°	5 C°	32 C°
Días de evaluación	**T 1**	**T2**	**T3**	**T4**	**75**	**T6**	**T7**	**T8**
0	4.93	4.95	4.94	4.94	4.82	4.81	4.82	4.82
15	4.83	4.96	4.94	4.94	4.82	4.8	4.83	4.8
30	4.81	4.84	4.95	4.88	4.79	4.73	4.81	4.81
45	4.76	4.82	4.95	4.89	4.78	4.71	4.81	4.76
60	4.72	4.75	4.91	4.81	4.75	4.65	4.82	4.73
75	4.72	4.65	4.88	4.78	4.75	4.68	4.8	4.67
90	4.65	4.51	4.84	4.67	4.73	4.53	4.79	4.62

Fuente: elaboración propia

El factor pH permanece prácticamente estable hasta el final del almacenamiento en refrigeración y temperatura ambiente, con pequeñas oscilaciones a lo largo de todo el periodo, como a los 45 días en los tratamientos t2, t6, t8 y t1, teniendo en cuenta que el valor más bajo en la reducción en el tratamiento t2, ya que se redujo un 8.8% de su valor al inicio del proceso; se puede afirmar que los 8 tratamientos no muestran gran variación durante su periodo de almacenamiento en temperatura de refrigeración y ambiente.

LEBER (2001) estudió la estabilidad de las muestras de agua de coco refrigeradas y congeladas y observó que los parámetros fisicoquímicos que mostraron una influencia significativa en la vida útil del producto fueron la transmitancia o turbidez, el pH.

En el análisis estadístico que se realizó para pH se determinó que cuando actúan solas las variables las cuales son: Temperatura (A), Vitamina c (B) y PVPP (C) resulta no significativo, no logrando prolongar la vida útil del producto y cuando están en interacción lograron prolongar la vida útil del agua de coco embotellada durante los 3 meses de evaluación ver anexo 1.

3.2.2. Resultados de la evaluación de los grados brix (°Brix) del agua de coco embotellada.

Tabla 11

*Resultados de la evaluación de °Brix del agua de coco embotellada***.**

Días de evaluación	Concentración de la vitamina C							
	0.15%				0.18%			
	Concentración de Polivinilpolipirrolidona (pvpp)							
	5%		10%		5%		10%	
	Almacenamiento a diferentes temperaturas							
	5 C°	32 C°	5 C°	32 C°	5 C°	32 C°	5 C°	32 C°
	T 1	**T2**	**T3**	**T4**	**75**	**T6**	**T7**	**T8**
0	5.03	5.03	5.03	5.03	5.03	5.05	5.03	5.03
15	5.00	5.01	5.02	5.03	5.02	5.03	5.02	5.03
30	5.08	5.00	5.04	5.01	5.01	5.02	5.01	5.01
45	5.03	5.02	5.02	5.02	5.00	5.01	5.00	4.99
60	5.04	5.00	5.01	4.97	4.98	5.00	4.98	4.98
75	5.02	5.02	5.01	5.00	5.00	5.00	5.00	4.94
90	5.00	5.01	5.02	4.95	4.96	4.96	4.92	4.91

Fuente: elaboración propia

Durante el proceso de evaluación el factor °Brix se mantiene estable en el tiempo con algunas variaciones ya que se puede apreciar que en el tratamiento 7 redujo 2.19% y en el tratamiento 4 se redujo un 1.59%, en los demás tratamientos se mantiene estable por lo que se asegura que los 8 tratamiento durante su periodo de almacenamiento de refrigeración y temperatura ambiente no muestran variación.

MARTIN et al., (1995) verificaron que no hubo alteración significativa de los sólidos solubles del jugo de naranja esterilizado al frío durante un periodo de tiempo de 6 meses de almacenamiento.

En el análisis estadístico que se realizó para °Brix se determinó que cuando actúan solas las variables las cuales son: Temperatura (A), Vitamina c (B) resulta no significativo, no logrando prolongar la vida útil del producto y con respecto a la resina pvpp resulta que si tiene significancia logrando incrementar su periodo de almacenamiento al igual que cuando están en interacción lograron prolongar la vida útil del agua de coco embotellada durante los 3 meses de evaluación ver anexo 2.

3.2.3 Resultados de la evaluación de la acidez del agua de coco embotellada.

Tabla 12

Resultados de la evaluación de la acidez del agua de coco embotellada.

Días de evaluación	Concentración de la vitamina C							
	0.15%				**0.18%**			
	Concentración de Polivinilpolipirrolidona (pvpp)							
	5%		10%		5%		10%	
	Almacenamiento a diferentes temperaturas							
	5 C°	32 C°	5 C°	32 C°	5 C°	32 C°	5 C°	32 C°
	T 1	**T2**	**T3**	**T4**	**75**	**T6**	**T7**	**T8**
0	0.9	0.91	0.91	0.9	0.9	0.92	0.9	0.9
15	0.92	0.91	0.9	0.91	0.91	0.9	0.92	0.92
30	0.9	0.94	0.92	0.95	0.94	0.94	0.92	0.91
45	0.93	0.95	0.92	0.92	0.92	0.89	0.9	0.96
60	0.94	0.93	0.94	0.92	0.94	0.93	0.93	0.97
75	0.92	0.98	0.91	0.94	0.93	0.92	0.92	0.94
90	0.93	0.96	0.93	0.98	0.93	0.94	0.91	0.96

Fuente: elaboración propia

Los resultados de la acidez total titulable (%) del valor inicial de 0.9%, en los 8 tratamientos se muestra una mínima variación en los tratamientos que no se refrigeraron de los cuales los tratamientos que tuvieron mayor variación fue el tratamiento 4 y el tratamiento 8 por lo que se determina que la refrigeración es muy importante para estabilidad del producto.

NIELSEN et al. (1993) el ácido ascórbico es una molécula estable, sin embargo, en presencia de oxígeno, se produce la formación de ácido dehidroascórbico. Durante la degradación del ácido dehidroascórbico se produce la formación sustancias como dióxido de carbono, ácido oxálico, ácido tartárico, ácido furoico, peróxido de hidrógeno y furfural además de los compuestos responsables de oscurecimiento. Por lo tanto, el almacenamiento de agua de coco embotellada, bajo refrigeración, la acumulación de estos compuestos puede haber ocurrido, que más tarde contribuyó a la formación del color oscuro. La observación de una ligera reducción del pH y el aumento de la acidez refuerzan la hipótesis de la degradación del ácido ascórbico, debido a la formación de los compuestos ácidos mencionados anteriormente (HENSHALL, 1981).

En el análisis estadístico que se realizó para la acidez se determinó que cuando actúa solo la Temperatura (A) resulta no significativo afectando la estabilidad del producto, caso contrario sucede con la las variables de vitamina C y la resina PVPP el cual al actuar sola logran estabilizar el agua de coco embotellada así mismo cuando interactuar en conjunto logran prolongar la vida útil del agua de coco embotellada durante los 3 meses de evaluación ver anexo 3.

3.2.4. Resultados de la evaluación microbiológica del agua de coco embotellada.

Tabla 13

Resultados microbiológicos del tratamiento 01 a temperatura de 5°C.

Tiempo (días)	Parámetros	
	levaduras (UFC/Ml)	aerobios mesófilos (UFC/mL)
0	0	0
15	0	0
30	2	1
45	2	3
60	3	3
75	5	8
90	7	12

Tabla 14

Resultados microbiológicos del tratamiento 02 a temperatura de 32°C.

Tiempo (días)	Parámetros	
	levaduras (UFC/Ml)	aerobios mesófilos (UFC/mL)
0	0	0
15	2	4
30	3	16
45	8	18
60	14	54
75	16	78
90	23	118

Tabla 15

Resultados microbiológicos del tratamiento 03 a temperatura de 5°C.

Tiempo (días)	Parámetros	
	levaduras (UFC/Ml)	aerobios mesófilos (UFC/mL)
0	0	0
15	1	0
30	1	2
45	3	4
60	2	6
75	5	8
90	6	10

Tabla 16

Resultados microbiológicos del tratamiento 04 a temperatura de 32°C.

Tiempo (días)	Parámetros	
	levaduras (UFC/Ml)	aerobios mesófilos (UFC/mL)
0	1	0
15	3	5
30	3	4
45	12	22
60	19	45
75	35	83
90	55	123

Tabla 17

Resultados microbiológicos del tratamiento 05 a temperatura de 5°C.

Tiempo (días)	Parámetros	
	levaduras (UFC/Ml)	aerobios mesófilos (UFC/mL)
0	0	1
15	1	1
30	2	3
45	2	5
60	3	5
75	4	4
90	3	6

Tabla 18

Resultados microbiológicos del tratamiento 06 a temperatura de 32°C.

Tiempo (días)	Parámetros	
	levaduras (UFC/Ml)	aerobios mesófilos (UFC/mL)
0	1	0
15	8	26
30	7	55
45	14	72
60	23	94
75	28	118
90	32	132

Tabla 19

Resultados medios del tratamiento 07 durante 90 días a temperatura de 5°C.

Tiempo (días)	Parámetros	
	levaduras (UFC/Ml)	aerobios mesófilos (UFC/mL)
0	1	0
15	2	1
30	3	2
45	2	2
60	2	4
75	4	4
90	3	3

Tabla 20

Resultados microbiológicos del tratamiento 08 a temperatura de 32°C.

Tiempo (días)	Parámetros	
	levaduras (UFC/Ml)	aerobios mesófilos (UFC/mL)
0	0	1
15	6	8
30	12	28
45	23	49
60	28	94
75	31	115
90	37	138

Según la RM 591-2008 establece criterios microbiológicos para alimentos y bebidas consideradas para el consumo humano en el cual establece que para las bebidas no carbonatadas los límites máximos permisible de aerobios mesófilos son 100 (UFC/mL) por mililitro (ml) y levaduras el límite máximo permisible son 10 UFC/mL.

Según los resultados obtenidos se precisa que el agua de coco embotellada con el tratamiento 05 y 07, reportan un bajo crecimiento de levaduras (UFC/Ml) y aerobios mesófilos (UFC/mL).

Se reportar datos de 0 levaduras y 0 aerobios mesófilos al inicio del proceso, estos resultados se pueden refutar revisando la referencia bibliográfica en la figura 03 la cual indica que cuando se filtra con un diámetro de poro de 1 µm se puede atrapar microrganismos, así mismo la bebida en los tratamientos 01, 03, 05, 07 se conservaron a una temperatura de 5 ºC evitando la proliferación de microrganismos en el día cero de su evaluación.

3.2.5. Resultados de la evaluación sensorial del agua de coco embotellada.

Tabla 21

Resultados medios del análisis sensorial de los 8 tratamiento durante 90 días.

JUECES	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	SABOR	SABOR	SABOR	SABOR	SABOR	SABOR	SABOR	SABOR
1	11	13	13	12	10	12	11	11
2	12	11	14	11	10	8	11	7
3	9	8	12	13	12	11	7	11
4	9	12	14	10	9	11	5	8
5	11	9	11	10	5	7	6	5
6	13	11	11	9	11	10	10	12
7	8	11	13	11	8	8	9	9
8	11	13	13	12	12	11	9	9
9	9	10	14	10	10	6	11	11
10	8	11	13	11	10	12	7	8

Fuente: Elaboración propia

El análisis de Friedman, determinó que el tratamiento tres tuvo mayor aceptabilidad la cual para el tratamiento se realizó con 0.15% de vitamina C, 10% de resina de PVPP y se almacena a una temperatura de 5°C a un nivel de confianza del 95% (a=0.05), se toma en cuenta las observaciones realizadas por los jueces semi-entrenados, que los tratamientos 7 y 8 tenían un sabor ácido a diferencia que los tratamientos 1,2 y 4 presentaban una similitud al agua de coco pero no alcanzaron la puntuación por lo contrario el tratamiento que tuvo mayor aceptabilidad en cuanto al sabor fue el tratamiento 3.

CONCLUSIONES

- El proceso de filtración seguido de un sistema de llenado aséptico permitió obtener un producto para ofrecerlo comercialmente.
- El efecto de la adición de la resina PVPP, vitamina C como antioxidante y la temperatura de almacenamiento en la conservación del agua de coco no tuvo efecto significativo sobre el pH, contenido de °Brix, acidez total titulable y las características del sabor respecto al agua de coco natural.
- Con respecto al comportamiento del pH durante los 3 meses de evaluación se determinó que el tratamiento Nº 3 fue más efectivo mantenido el pH estable durante los 3 meses, esto se debió a que la vitamina C es un poderoso inhibidor de la oxidación de los lípidos impidiendo así que el pH se altere durante el periodo de evaluación.
- Los análisis físico-químicos del agua de coco procesada durante los 3 meses de evaluación no indicaron diferencia significativa ($P < 0.05$) de pH, °Brix y acidez, por lo que se puede decir que el tratamiento se aplicó resulto muy positivo logrando cumplir los objetivos planteados, la adición de PVPP cumplió su objetivo reduciendo el nivel de polifenoles y taninos y dar mayor estabilidad al producto final, así mismo la adición de vitamina C como antioxidante natural logro estabilizar el agua de coco embotellada.
- Con respecto al pH que durante su almacenamiento en refrigeración para los 4 tratamientos se concluye que el valor inicial del pH del agua de coco natural fue 5.11 por lo que el tratamiento que tuvo mayor estabilidad durante los 3 meses fue el tratamiento 3, el cual su valor final durante los 3 meses fue de 4.84 por lo que el tratamiento aplicado dio el resultado esperado. Con respecto a los otros 3 tratamientos almacenados en refrigeración tuvieron diferencia significativa no mantuvieron la estabilidad del pH durante los 3 meses de almacenamiento.
- Con respecto a los °Brix durante los 3 meses no hubo diferencia significativa, con respecto a la acidez no hubo diferencia significativa por lo que se concluye que la refrigeración del producto para los 4 tratamientos resultó favorable ya que mantuvieron sus propiedades fisicoquímicas durante los tres meses.
- El agua de coco embotellada y almacenada a temperatura ambiente mostró diferencia significativa en cuanto a la acidez total titulable ya que muestran valores elevados durante

su evaluación durante los 3 meses, con respecto a los °Brix se muestra estable por lo que no se tuvo diferencia significativa durante los 3 meses de evaluación y con respecto al pH se muestra que si tuvo diferencia significativa respecto del valor inicial del agua de coco natural.

- Con respecto al análisis microbiológico en los 4 tratamientos almacenados en refrigeración el crecimiento de colonias formadoras de levaduras no fue significativas, ya que el límite máximo permisible es de 10 ufc/ml el cual está por debajo de 3 ufc/ml por lo que se concluye aceptando la conservación en refrigeración para los 4 tratamientos almacenados en refrigeración, con respecto a los 4 tratamientos almacenados a temperatura ambiente si existe diferencia significativa que están por encima del límite máximo permisible en formación de colonias formadoras de levaduras.

- La microfiltracion de membranas logro su objetivo el cual fue atrapar la mayor cantidad de microrganismos para realizar el embotellado aséptico y así demostrando su efectividad durante los tres meses de evaluación.

- El crecimiento de colonias formadoras de aerobios mesofilos en las muestras de los 4 tratamientos almacenados en refrigeración se mantiene dentro de especificación ya que su valor máximo está en el tratamiento 3 mostrando un valor promedio de $4x10^0$ ufc/ml, pero en los 4 tratamientos almacenados a temperatura ambiente los valores están elevados, pero aún siguen estando dentro de especificación mostrando que el tratamiento 4 se mantuvo más estable, por lo que el valor promedio fue $40x10^3$ufc/ml y el más elevado fue el tratamiento 8 el cual están en $62x10^3$ufc/ml.

- Los análisis sensoriales indicaron que el agua de coco procesada presenta diferencias significativas en cuanto al sabor ya que al someterlo a una evaluación los 8 tratamientos se tuvo que el tratamiento 3 presentó mayor aceptación por los panelistas.

- Se concluye que de los 8 tratamientos que se evaluó el tratamiento 3 mantuvo sus propiedades físico- químicas como microbiológicas y sensorial (sabor) en valores aceptables durante los 90 días de evaluación, demostrando así la efectividad del proceso desarrollado para obtener una bebida de agua de coco embotellada sensorialmente aceptable, cumpliendo sus propiedades físico-químicas y microbiológicas.

RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio por HPLC para cuantificar la cantidad de polifenoles y taninos se logran fijar con el tratamiento de la resina PVPP con el objetivo de optimizar el uso de la resina y reducir costos de darse la industrialización del agua de coco embotellada.
- Realizar el estudio de índice de madurez del fruto de coco en el cual se determinaría cuál es el estado de madurez adecuado para su cosecha, para su uso en la industrialización concentrando minerales y características sensoriales que atraiga la atención de los consumidores.
- Investigar los tipos de suelos que mejoren la calidad nutricional del agua de coco para potencializar los sembríos de cocos.
- Se recomienda investigar la variedad de coco para determinar cuál de las variedades concentra mayor cantidad de minerales, vitaminas y así promover su consumo.
- Se recomienda usar como insumo de agua de coco para comercializarlo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. SATTAR et al., 1975 Effect of Wavelenght on Light Induced Quality Deterioration of Edible Oils and Fats. J. Inst. Can. Food Science Technology, v. 9, n. 3, p. 108-113, 1975.

A. VITALI et al., 1996. Reações de transformação e vida-deprateleira de alimentos processados. Manual Técnico, n. 6. 2ª edição. ITAL. Campinas.

AOAC, 947.05, (1990).Association of Official Methods Analytical Chemists.

B. GIRARD et al., 2000. Membrane Processing of Fruit Juices and Beverages: A Review. Critical Reviews in Biotechnology, 20 (2): 109-175.

C. C LEITE et al., 2000. Avaliação microbiológica da água de coco produzida e comercializada na cidade de Salvador-BA. Higiene Alimentar, v. 14, n. 70, p. 64-66, 2000.

C. F CAMPOS et al 1996. Composition, enzyme activity and effect of enzyme inactivation of flavor quality of green coconut water. Journal of Food Processing and Preservation, n. 20, p. 487 500.

C. OROZCO, et al., 2008. Ultrafiltración de caldos de fermentación. Información Tecnológica, 19(1):37–44.

CEPCOCO Michoacan (2008). Boletín informativo "Descripción, botánica y desarrollo del coco" [en línea]. Disponible en ITF (http://www.cocomichoacan.con).

CHAPINGO (2002). Manejo de la Palma de Coco (cocos nucifera) en México. Serie ciencias forestales y ambiente vol 8 pp 39 – 48. Disponible PDF (http://fao.org)

CHERYAN, M. Ultrafiltration and Microfiltration Handbook. Lancaster, 1998. Technomic Publishing Company, Inc. 527 p.

CODEX STAN 192-1995 NORMA GENERAL DEL CODEX PARA LOS ADITIVOS ALIMENTARIOS, disponible en ITF (http://www.administracion.usmp.edu.pe/institutoconsumo/wp-content/uploads/2013/08/Aditivos-Alimentarios-CODEX.pdf)

D. J. PAULSON et al., 1984. Crossflow membrane technology and its applications. Food Technology, Chicago, v. 12, p. 77-87, 1984.

F. A. P ABREU et al.,2000. Água de coco: Métodos de Conservação. Embrapa – SEBRAE, Fortaleza, junho.

F. HENÁNDEZ et al., 1990. Microfiltración, Ultrafiltración y Osmosis Inversa. Universidad de Murcia.

F. J. 2002 BASSETTI 2002. Preparação, caracterização e aplicação de membranas poliméricas microporosas assimétricas. Campinas. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas.

F. L HOFFMANN et al., 2002. Qualidade Microbiológica de amostras de água de coco vendidas por ambulantes na cidade de São José do Rio Preto-SP. Higiene Alimentar, v. 16, n. 97, p. 87-92, 2002.

F. L. HART et al., 1971. Análisis Moderno de los Alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España. P. 328, 340-342.

F. P CUPERUS et al., 1993 Applications of membrane technology to food processing. Trends in Food Science & Technology. v. 4, sep, p. 277-282.

FAO (2006). "Principales Países Importadores de coco". [en línea].

FAO 2005 – AGRICULTURA 21, Procedimiento de microfiltración para esterilizar en frío el agua de coco Disponible en ITF (http://www.fao.org/ag/esp/revista/9810/spot3add.htm).

G. DAUFIN, et al., 2001. Recent and emerging applications of membrane processes in the food and dairy industry. Trans IChemE, 79:89–102.

G. Nuñez, 2011. Retos de la nueva industria alimentaria. Chile: Madero Official Methods of Analysis of the Association Chemistry. 15ed.

G. T VLADISAVLJEVI et al., 2003. Flux and fouling resistance in ultrafiltration of depectinized apple juice using ceramic membranes. Journal of Food Enginering.

H. REUTER 1988, Evaluation criteria for aseptic filling and packaging systems. In: Asseptic Processing of Foods. Hamburg: Technomic, Cap. 4, p. 95.

J. A. F FARIA 1990. Estabilidade de Alimentos em Embalagens Plásticas. Campinas, Unicamp/FEA, p. 23-40, Fevereiro.

J. A. F. FARIA 1993. Vida-de-prateleira de alimentos processados assepticamente. In: II Seminário Latino Americano – Avanços em Tecnologia Para o Processamento e Envasamento Asséptico. Campinas, p. 7-28.

J. B. SNAPE et al., 1996. Processing of agricultural fats and oils using membrane technology. Journal of Food Engineering. Essex, v. 30, p. 1-41.

J. C. MEDINA et al 1980. Coco: da cultura ao processamento e comercialização. Série Frutas Tropicais. Campinas., 285p.

J. D DZIEZAK 1990 Membrane separation technology offers processors unlimited potencial. Food Technology. 44 (9): 108-13.

J. D. HENSHAL et al., 1981. L, Ascorbic acid in fruit juices and beverages. Vitamin C (Ascorbic Acid). London: Applied Science Publishers, 1981. Cap. 8, p. 123-137.

J. J MARTIN 1995. Evolution quimica y organoleptica del zumo de naranja pasterizado. Alimentaria. Madrid, p. 59-63, abr.

J. L. DÍAZ RUANO Santafé-Moros, JOSÉ M. GOZÁLVEZ ZAFRILLA. Experiments of cross-flow ultrafiltration at high concentration of humic acid. In VII th Ibero-American Conference on Membrane Science and Technology, Sintra-Portugal., 2010.

J. M GONZÁLEZ et al., 2005. Estudios para la conservación del agua de coco. Editorial El Naranjo P. 241–248.

J. S. KLAUS 2002 Soluções para o projeto de salas limpas na indústria de alimentos. Revista da Sociedade Brasileira de Controle de Contaminação (SBCC), São José dos Campos, n. 8, p. 14-16, mai/jun.

J.L. MULTON, 2000. Aditivos y auxiliares de fabricación en las industrias agroalimentarias (2ª ed.). Editorial Acribia, S.A. Zaragoza.

K. S. SILVA 2004, da. Avaliação de processo de industrialização de caldo de cana de açúcar (Sacharum ssp) por enchimento a quente e sistema asséptico. Campinas. UNICAMP/FEA. Tese de Mestrado, 111p.

K. SCOTT, Handbook of industrial membranes. 1 ed. Langford Lane: Elsevier, 1995.

L. F ABREU 2005. Avaliação e adaptação de sistema asséptico para obtenção de água de coco (Cocos Nucifera L.) acondicionada em embalagens plásticas. Campinas. UNICAMP/FEA. Tese de Doutorado, 199p., 2005.

M. C. PORTER 1990. Ultrafiltration. In: PORTER, M. C. (Ed.) Handbook of industrial membrane technology. New Jersey: Noyes Publications.

M. Kähkönen et al., 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. Journal of agricultural and food chemistry. 3954-3962

M. LUVIELMO, et al 2004. Influência do processamento nas características sensoriais da água de coco. Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos. Curitiba, vol 22, n. 2, jul/dez.

M. RAKINTANA 1995, Fibras vegetales en el mundo. Editorial Trillas – México.

M. SATIN, 2001. Nueva bebida para el deporte: agua de coco. Enfoques del Departamento de agricultura. Organización de las naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación (FAO), en: http://www.fao.org/ag/ esp/revista/9810/spot3.htm.

M.M CURSINO et al., 1996. Contribuição à industrialização da água de coco (Cocos nucifera) verde. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 15.

N. BUCHNER 1993, Aseptic packaging in glass and plastic bottles. In: REUTER, H. Aseptic Processing of Foods. Hamburg: Technomic. Cap. 6.8 p. 237239.

N. PERROT et al., 1998. An hybrid approach based on fuzzy logic and genetic algorithms to control a crossflow microfiltration pilot plant.

N. SILVA et al 2002. Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos. Livraria Varela, São Paulo, cap. 9 e 10, p. 73-91.

Navarro P 2008, leche de coco composición, tecnología y funcionalidad nuevas oportunidades para su conservación y uso. Disponible en. http://app.vpa.unellez.edu.ve/revistas/index.php/arcyt/article/download/8 0/92

O. K. LAWRENCE 1982. Tropical tree crops. Chichester, UK: John Wiley and Sons. 312 p.

P. MACIEL. Et al., 2005. Estudio del efecto de la Pasteurización a altas temperaturas (HTST). Editorial Zacatecas México P. 248 – 353.

PENHA, E.M. 1997. Características do coco verde para industrializacao da agua e da polpa gelatinosa. Eng. Alim. CTAAIEMBRAPA. XVI Congreso Brasileiro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. p. 11 05-1108.

R. R. 2000 PETRUS, Desenvolvimento de processo e avaliação de estabilidade de bebida isotônica acondicionada em garrafa plástica asséptica. Campinas. UNICAMP/FEA. Tese de Mestrado, 122p.

R. R. PETRUS 2004. Adaptação e avaliação de desempenho de sistema asséptico para leite fluido em garrafa plástica. Campinas. UNICAMP/FEA. Tese de Doutorado, 219p.

R. ROBLES 1989, Producción de Oleaginosas y Textiles. Editorial Limusa – México

R. TOCCHINI 1998. Água de coco. Apostila de curso de Tecnologia de Bebidas. Frutotec. ITAL. Campinas, set.

S. L. C. RODRIGUES et al., 2003 Avaliação de parâmetros de ultrafiltração de suco de banana. Ciência e Tecnologia Alimentos. v. 23, Campinas, 2003.

S. LEBER, A 2001. Avaliação da estabilidade de água de coco (Cocus nucifera) em garrafas de polietileno tereftalato (PET) estocadas congelada e refrigerada. Campinas. UNICAMP/FEA. Tese de Mestrado, 151p.

S.S. NIELSEN 1993. Chemistry of aseptically processed foods. In: Chambers, J. V.; Nelson, P. E (Eds.). Principles of aseptic processing and packaging. Chap. 5. Washington: The Food Processors Institute. 257p

U. MERIN et al., 1990. Crossflow microfiltration in the dairy industry: state of the art. Pages 281–291.

V. GEKAS et al., 1998 Aplicaciones de la tecnología de membranas en la industria alimentaria. Food Science and Technology International. v. 4(5), p. 311-328.

V. L. VÁMOS 1981. Polyphenoloxidase and peroxidase in fruits and vegetables. CRC Critic. Rev. Food Sci. Nutr., v. 15, p. 49-127.

V. M. MATTA et al., 2004. Suco de acerola microfiltrado: avaliação da vida-de-prateleira. Ciência e Tecnologia de Alimentos. v. 24, n. 2, Campinas.

W. H. MOLDER et al., 2000 Milk Processing. Food Protein Processing Applications, Wiley – VCH, Inc, United States of America, p. 1-88, cap. 1, 2000.

W. M. ARAGÃO 2002 (Ed.) Coco. Pós-colheita. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 76p.

W. M. ARAGÃO, et al 2001. Água de coco. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 32p.

ANEXOS

Anexo 1:

Resultados obtenidos del análisis de pH

	Concentración de la vitamina C							
	0.15%				**0.18%**			
	Concentración de Polivinilpolipirrolidona (pvpp)							
	5%		10%		5%		10%	
	Almacenamiento a diferentes temperaturas							
	5 C°	32 C°	5 C°	32 C°	5 C°	32 C°	5 C°	32 C°
Días de evaluación	**T 1**	**T2**	**T3**	**T4**	**75**	**T6**	**T7**	**T8**
0	4.93	4.95	4.94	4.94	4.82	4.81	4.82	4.82
15	4.83	4.96	4.94	4.94	4.82	4.8	4.83	4.8
30	4.81	4.84	4.95	4.88	4.79	4.73	4.81	4.81
45	4.76	4.82	4.95	4.89	4.78	4.71	4.81	4.76
60	4.72	4.75	4.91	4.81	4.75	4.65	4.82	4.73
75	4.72	4.65	4.88	4.78	4.75	4.68	4.8	4.67
90	4.65	4.51	4.84	4.67	4.73	4.53	4.79	4.62

Anexo 2:

Análisis estadístico de pH.

HIPOTESIS

A

Ho: Temperatura no afecta el cambio del ph

Ha: Temperatura afecta el cambio del ph

B

Ho: La vitamina c no efecta el cambio del ph

Ha: La vitamina c afecta el cambio del ph

C

Ho: La resina pvpp no afecta el cambio del ph

Ha: La resina pvpp afecta el cambio del ph

AB

Ho: La temperatura y la vitamina c no afectan el cambio del ph

Ha: La temperatura y la vitamina c afectan el cambio del ph ac

AC

Ho: La temperatura y la resina pvpp no afecta el cambio del ph

Ha: La temperatura y la resina pvpp afecta el cambio del ph

BC

Ho: La vitamina c y la resina pvpp no afectan el cambio del ph

Ha: La vitamina c y la resina pvpp afectan el cambio del ph

ABC

Ho: La temperatura, la vitamina y la resina pvpp no afectan el cambio del ph

Ha: La temperatura, la vitamina y la resina pvpp afectan el cambio del ph

Nivel de significancia: alfa =0,05(5%)

Prueba estadística: Análisis factorial de 2x2x2x7

a: temperatura
b: vitamina c
c: PVPP
n: tratamientos
N: número de resultados

Entonces a= 2, b=2, c=2, n=7 y N= 56

Ordenamiento de los resultados de pH obtenidos con los tratamientos

J	K	1	2	3	4
	PVPP	5%		10%	
	TEMPERATURA	5°C	32°C	5°C	32°C
1	VITAMINA C 0.15%	4.93	4.95	4.94	4.94
2		4.83	4.96	4.94	4.94
3		4.81	4.84	4.95	4.88
4		4.76	4.82	4.95	4.89
5		4.72	4.75	4.91	4.81
6		4.72	4.65	4.88	4.78
7		4.65	4.51	4.84	4.67
8	VITAMINA C 0.18%	4.82	4.81	4.82	4.82
9		4.82	4.8	4.83	4.8
10		4.79	4.73	4.81	4.81
11		4.78	4.71	4.81	4.76
12		4.75	4.65	4.82	4.73
13		4.75	4.68	4.80	4.67
14		4.73	4.53	4.79	4.62

SUMATORIA RESULTADO DE PH K1

Total K1 = 4.93+4.83+4.81+……+ 4.75+4.75+4.73

Total K1 = 66.86

SUMATORIA RESULTADO DE PH K2

Total K2 = 4.95+4.96+4.84+…..+4.65+4.68+4.53

Total K2 = 66.39

SUMATORIA RESULTADO DE PH K3

Total K3 = 4.94+4.94+4.95+….+4.82+4.80+4.79

Total K3 = 68.09

SUMATORIA RESULTADO DE PH K4

Total K4 = 4.94+4.94+4.88+….+4.73+4.67+4.62

Total K4 = 67.12

Cuadrado de K1

$$K1^2 = 66.86^2 = 4470.26$$

Cuadrado de K2

$$K2^2 = 66.39^2 = 4407.63$$

Cuadrado de K3

$$K3^2 = 68.09^2 = 4636.25$$

Cuadrado de K4

$$K4^2 = 67.12^2 = 4505.09$$

SUMATORIA TOTAL

$$\sum Y = 66.86 + 66.39 + 68.09 + 67.12$$

$$\sum Y = 268.46$$

CALCULOS DEL CUADRADO DE Y

$$Y^2 = 268.46^2 = 72070.77$$

SUMATORIA DE CUADRADOS

$$\sum Yi.j^2 = K1^2 + K2^2 + K3^2 + K4^2$$

$$\sum Yi.j^2 = 4470.26 + 4407.63 + 4636.25 + 4505.09$$

$$\sum Yi.j^2 = 18019.23$$

SUMATORIA RESULTADO DE PH J1

Total J1 = 4.93+4.95+4.94+4.94

Total J1 = 19.76

SUMATORIA RESULTADO DE PH J2

Total J2 = 4.83+4.96+4.94+4.94

Total J2 = 19.67

SUMATORIA RESULTADO DE PH J3

Total J3 = 4.81+4.84+4.95+4.88

Total J3 = 19.48

SUMATORIA RESULTADO DE PH J4

Total J4 = 4.76+4.82+4.95+4.89

Total J4 = 19.42

SUMATORIA RESULTADO DE PH J5

Total J5 = 4.72+4.75+4.91+4.81

Total J5 = 19.19

SUMATORIA RESULTADO DE PH J6

Total J6 = 4.72+4.65+4.88+4.78

Total J6 = 19.03

SUMATORIA RESULTADO DE PH J7

Total J7 = 4.65+4.51+4.84+4.67

Total J7 = 18.67

SUMATORIA RESULTADO DE PH J8

Total J8 = 4.82+4.81+4.82+4.82

Total J8 = 19.27

SUMATORIA RESULTADO DE PH J9

Total J9 = 4.82+4.8+4.83+4.8

Total J9 = 19.25

SUMATORIA RESULTADO DE PH J10

Total J10 = 4.79+4.73+4.81+4.81

Total J10 = 19.14

SUMATORIA RESULTADO DE PH J11

Total J11 = 4.78+4.71+4.81+4.76

Total J11 = 19.06

SUMATORIA RESULTADO DE PH J12

Total J12 = 4.75+4.65+4.82 +4.73

Total J12 = 18.95

SUMATORIA RESULTADO DE PH J13

Total J13 = 4.75+4.68+4.80+4.67

Total J13 = 18.9

SUMATORIA RESULTADO DE PH J14

Total J14 = 4.73+4.53+4.79+4.62

Total J14 = 18.67

SUMATORIA DE RESULTADOS DE PH DE YJ1 (J1 AL J7)

TOTAL YJ1 = 19.76+19.67+19.48+19.42+19.19+19.03+18.67

TOTAL YJ1 = 135.22

SUMATORIA DE RESULTADOS DE PH DE YJ2 (J8 AL J14)

TOTAL YJ2 = 19.27+19.25+19.14+19.06+18.95+18.9+18.67

TOTAL YJ2 = 133.24

SUMATORIA DE RESULTADOS DE PH DE YK1 (K1+K2)

TOTAL YK1 = 66.86+66.39

TOTAL YK1 = 133.25

SUMATORIA DE RESULTADOS DE PH DE YK2 (K3+K4)

TOTAL YK2 = 68.09+67.12

TOTAL YK2 = 135.21

CUADRADO DE JY1

$$JY1^2 = 135.22^2 = 18284.448$$

CUADRADO DE JY2

$$JY2^2 = 133.24^2 = 17752.897$$

CUADRADO DE YK1

$$JK1^2 = 133.25^2 = 17755.562$$

CUADRADO DE YK2

$$JK2^2 = 135.21^2 = 18281.7441$$

SUMATORIA DE CUADRADOS DE YK1+YK2

$$\sum YK^2 = YK1^2 + YK2^2$$

$$\sum YK^2 = 17755.562 + 18281.7441$$

$$\sum YK^2 = 36037.31$$

SUMATORIA DE CUADRADOS DE YJ1+YJ2

$$\sum YJ^2 = YJ1^2 + YJ2^2$$

$$\sum YJ^2 = 18284.448 + 17752.897$$

$$\sum YJ^2 = 36037.35$$

SUMATORIA DEL K1+K3 = Yi1

Yi1 = 66.86+68.09

Yi1 = 134.95

SUMATORIA DEL K2+K4 = Yi2

Yi2 = 66.39+ 67.12

Yi2 = 135.21

CUADRADO DE Yi1

$$Yi1^2 = 134.95^2 = 18211.50$$

CUADRADO DE Yi2

$$Yi2^2 = 133.51^2 = 17824.92$$

SUMATORIA DE CUADRADOS DE Yi1+Yi2

$$\sum Yi^2 = Yi1^2 + Yi2^2$$

$$\sum Yi^2 = 18211.50 + 17824.92$$

$$\sum Yi^2 = 36036.42$$

Sumatoria de la interacción desde j1k1 hasta el j7k1 = Z1

Z1 = 4.93+4.83+….+ 4.72+4.65

Z1 = 33.42

Sumatoria de la interacción desde j1k2 hasta el j7k2 = Z2

Z2 = 4.95+4.96+….+ 4.65+4.51

Z2 = 33.48

Sumatoria de la interacción desde j1k3 hasta el j7k3 = Z3

Z3 = 4.94+4.94+….+ 4.88+4.84

Z3 = 34.41

Sumatoria de la interacción desde j1k4 hasta el j7k4 = Z4

Z4 = 4.94+4.94+….+ 4.78+4.67

Z4 = 33.91

Sumatoria de la interacción desde j8k1 hasta el j14k1 = Z5

Z5 = 4.82+4.82+….+ 4.75+4.73

Z5 = 33.44

Sumatoria de la interacción desde j8k2 hasta el j14k2 = Z6

Z6 = 4.81+4.8+….+ 4.68+4.53

Z6 = 32.91

Sumatoria de la interacción desde j8k3 hasta el j14k3 = Z7

Z7 = 4.82+4.83+….+ 4.8+4.79

Z7 = 33.68

Sumatoria de la interacción desde j8k4 hasta el j14k4 = Z8

Z8 = 4.82+4.8+….+ 4.67+4.62

Z8 = 33.21

CALCULO DEL CUADRADO DE Z1

$$Z1^2 = 33.42^2 = 1116.90$$

CALCULO DEL CUADRADO DE Z2

$$Z2^2 = 33.48^2 = 1120.91$$

CALCULO DEL CUADRADO DE Z3

$$Z3^2 = 34.41^2 = 1184.05$$

CALCULO DEL CUADRADO DE Z4

$$Z4^2 = 33.91^2 = 1149.89$$

CALCULO DEL CUADRADO DE Z5

$$Z5^2 = 33.44^2 = 1118.23$$

CALCULO DEL CUADRADO DE Z6

$$Z6^2 = 32.91^2 = 1083.07$$

CALCULO DEL CUADRADO DE Z7

$$Z7^2 = 33.68^2 = 1134.34$$

CALCULO DEL CUADRADO DE Z8

$$Z8^2 = 33.21^2 = 1102.90$$

SUMATORIA DE LOS CUADRADOS

$$\sum Yijk.^2 = Z1^2 + Z2^2 + Z3^2 + Z4^2 + Z5^2 + Z6^2 + Z7^2 + Z8^2$$

$$\sum Yijk.^2 = 1116.90 + 1120.91 + 1184.05 + \cdots + 1134.34 + 1102.90$$

$$\sum \quad Yijk.^2 = 9010.29$$

SUMATORIA DE Z1 MAS Z3 =Yij1

Yij1 = Z1+Z3

Yij1 = 33.42+33.91

Yij1 = 67.83

SUMATORIA DE Z2 MAS Z4 =Yij2

Yij2 = Z2+Z4

Yij2 = 33.48+33.91

Yij2 = 67.39

SUMATORIA DE Z5 MAS Z7 =Yij3

Yij3 = Z5+Z7

Yij3 = 33.44+33.68

Yij3 = 67.12

SUMATORIA DE Z6 MAS Z8 =Yij4

Yij4 = Z6+Z8

Yij4 = 32.91+33.21

Yij4 = 66.12

CALCULO DE CUADRADOS DE Yij1

$$Yij1^2 = 67.83^2 = 4600.91$$

CALCULO DE CUADRADOS DE Yij2

$$Yij2^2 = 67.39^2 = 4541.41$$

CALCULO DE CUADRADOS DE Yij3

$$Yij3^2 = 67.12^2 = 4505.09$$

CALCULO DE CUADRADOS DE Yij4

$$Yij4^2 = 66.12^2 = 4371.85$$

SUMATORIA DE LOS CUADRADOS

$$\sum \quad Yij^2 = Yij1^2 + Yij2^2 + Yij3^2 + Yij4^2$$

$$\sum \quad Yij^2 = 4600.91 + 4541.41 + 4505.09 + 4371.85$$

$$\sum \quad Yij^2 = 18019.27$$

SUMATORIA DE Z1 MAS Z2 = Yij5

Yij5 = Z1+Z2

Yij5 = 33.42+33.48

Yij5 = 66.9

SUMATORIA DE Z3 MAS Z4 = Yij6

Yij6 = Z3+Z4

Yij6 = 34.41+33.91

Yij6 = 68.32

SUMATORIA DE Z5 MAS Z6 = Yij7

Yij7 = Z5+Z6

Yij7 = 33.44+32.91

Yij7 = 66.35

SUMATORIA DE Z7 MAS Z8 = Yij8

Yij8 = Z7+Z8

Yij8 = 33.68+33.21

Yij8 = 66.89

CALCULO DE CUADRADOS DE Yij5

$$Yij5^2 = 66.9^2 = 4475.61$$

CALCULO DE CUADRADOS DE Yij6

$$Yij6^2 = 68.32^2 = 4667.62$$

CALCULO DE CUADRADOS DE Yij7

$$Yij7^2 = 66.35^2 = 4402.32$$

CALCULO DE CUADRADOS DE Yij8

$$Yij8^2 = 66.89^2 = 4474.27$$

SUMATORIA DE LOS CUADRADOS

$$\sum \quad Yi.k^2 = Yij5^2 + Yij6^2 + Yij7^2 + Yij8^2$$

$$\sum \quad Yi.k^2 = 4475.61 + 4667.62 + 4402.32 + 4474.27$$

$$\sum \quad Yj.k^2 = 18019.83$$

Análisis estadístico de los resultados de pH obtenidos con los tratamientos

J	K	1	2	3	4
	PVPP	5%		10%	
	TEMPERATURA	5°C	32°C	5°C	32°C
1	VITAMINA C 0.15%	24.30	24.50	24.40	24.40
2		23.33	24.60	24.40	24.40
3		23.14	23.43	24.50	23.81
4		22.66	23.23	24.50	23.91
5		22.28	22.56	24.11	23.14
6		22.28	21.62	23.81	22.85
7		21.62	20.34	23.43	21.81
8	VITAMINA C 0.18%	23.23	23.14	23.23	23.23
9		23.23	23.04	23.33	23.04
10		22.94	22.37	23.14	23.14
11		22.85	22.18	23.14	22.66
12		22.56	21.62	23.23	22.37
13		22.56	21.90	23.04	21.81
14		22.37	20.52	22.94	21.34

SUMATORIA DE LOS CUADRADOS

RESUMEN DE RESULTADOS CALCULADOS

n=7 c=2

N=56

$$\sum \quad Y = 268.46$$

a=2

b=2

$$\sum Y^2 = 72070.77$$

$$\sum Yijk^2 = 1287.56$$

$$\sum Yi^2 = 36036.42$$

$$\sum YK^2 = 36037.31$$

$$\sum YJ^2 = 36037.35$$

$$\sum YiJ^2 = 18019.27$$

$$\sum Yi.J^2 = 18019.23$$

$$\sum Yi.K^2 = 18019.83$$

$$\sum YiJK.^2 = 9010.29$$

Calculo para el ANOVA

$$SC_T = \sum \quad YiJk^2 - \frac{\sum \quad Y^2}{N} = 1287.56 - \frac{72070.77}{56} = 0.58$$

$$SC_A = \frac{\sum \quad yi^2}{bcn} - \frac{\sum \quad y^2}{N} = \frac{36036.42}{2*2*7} - \frac{72070.77}{56} = \ 0.04$$

$$SC_B = \frac{\sum \quad yJ^2}{acn} - \frac{\sum \quad y^2}{N} = \frac{36037.35}{2*2*7} - \frac{72070.77}{56} = \ 0.07$$

$$SC_C = \frac{\sum \quad yK^2}{abn} - \frac{\sum \quad y^2}{N} = \frac{36037.31}{2*2*7} - \frac{72070.77}{56} = \ 0.07$$

$$SC_{AB} = \frac{\sum \quad yiJ^2}{cn} - \frac{\sum \quad y^2}{N} - SC_A - SC_B = \frac{18019.27}{2*7} - \frac{72070.77}{56} - 0.04 - 0.07 = \ 0.01$$

$$SC_{AC} = \frac{\sum \quad yi.J^2}{bn} - \frac{\sum \quad y^2}{N} - SC_A - SC_C = \frac{18019.23}{2*7} - \frac{72070.77}{56} - 0.04 - 0.07 = \ 0.004$$

$$SC_{BC} = \frac{\sum \quad yJ.K^2}{an} - \frac{\sum \quad y^2}{N} - SC_B - SC_C = \frac{18019.83}{2*7} - \frac{72070.77}{56} - 0.07 - 0.07 = 0.01$$

$$SC_{ABC} = \frac{\sum \quad yiJK.^2}{n} - \frac{\sum \quad y^2}{N} - SC_{AB} - SC_{AC} - SC_{BC} - SC_A - SC_B - SC_C$$

$$SC_{ABC} = \frac{9010.29}{7} - \frac{72070.77}{56} - 0.01 - 0.004 - 0.01 - 0.04 - 0.07 - 0.07$$

$$SC_{ABC} = 0.02$$

$$SC_{Error} = SC_T - SC_A - SC_B - SC_C - SC_{AB} - SC_{AC} - SC_{BC} - SC_{ABC}$$
$$SC_{Error} = 0.58 - 0.04 - 0.07 - 0.07 - 0.01 - 0.004 - 0.01 - 0.02$$
$$SC_{Error} = 0.36$$

$GL_A = a - 1 = 2 - 1 = 1$

$GL_B = b - 1 = 2 - 1 = 1$

$GL_C = C - 1 = 2 - 1 = 1$

$GL_{AB} = (a-1)(b-1) = (2-1)(2-1) = 1$

$GL_{AC} = (a-1)(c-1) = (2-1)(2-1) = 1$

$GL_{BC} = (b-1)(c-1) = (2-1)(2-1) = 1$

$GL_{ABC} = (a-1)(b-1)(c-1) = (2-1)(2-1) = 1$

$GL_{ERROR} = abc\,(n-1) = 2*2*2(7-1) = 48$

$GL_{TOTAL} = abcn - 1 = 2*2*2*7 = 55$

$CM_A = \frac{SC_A}{GL_A} = \frac{0.04}{1} = 0.04$

$CM_B = \frac{SC_B}{GL_B} = \frac{0.07}{1} = 0.07$

$CM_C = \frac{SC_C}{GL_C} = \frac{0.07}{1} = 0.07$

$$CM_{AB} = \frac{SC_{AB}}{GL_{AB}} = \frac{0.01}{1} = 0.01$$

$CM_{AC} = \frac{SC_{AC}}{GL_{AC}} = \frac{0.004}{1} = 0.004$

$CM_{BC} = \frac{SC_{BC}}{GL_{BC}} = \frac{0.01}{1} = 0.01$

$$CM_{ABC} = \frac{SC_{ABC}}{GL_{ABC}} = \frac{0.02}{1} = 0.02$$

$$CM_{ERROR} = \frac{SC_{Error}}{GL_{ERROR}} = \frac{0.032}{48} = 0.007$$

$$F_A = \frac{CM_A}{CM_{ERROR}} = \frac{0.04}{0.007} = 77.4$$

$$F_B = \frac{CM_B}{CM_{ERROR}} = \frac{0.07}{0.007} = 9.35$$

$$F_C = \frac{CM_C}{CM_{ERROR}} = \frac{0.07}{0.007} = 9.16$$

$$F_{AB} = \frac{CM_{AB}}{CM_{ERROR}} = \frac{0.01}{0.007} = 0.75$$

$$F_{AC} = \frac{CM_{AC}}{CM_{ERROR}} = \frac{0.004}{0.007} = 0.6$$

$$F_{BC} = \frac{CM_{BC}}{CM_{ERROR}} = \frac{0.01}{0.007} = 1.85$$

$$F_{ABC} = \frac{CM_{ABC}}{CM_{ERROR}} = \frac{0.02}{0.007} = 2.76$$

ANOVA

FV	SC	GL	CM	F0	F CALCULADA	CONCLUSION
A: TEMPERATURA	0.04	1	0.58	77.40	4.04	RECHAZA
B: VITAMINA C	0.07	1	0.07	9.35	4.04	RECHAZA
C: PVPP	0.07	1	0.07	9.16	4.04	RECHAZA
AB	0.01	1	0.006	0.75	4.04	ACEPTA
AC	0.004	1	0.004	0.60	4.04	ACEPTA
BC	0.01	1	0.01	1.85	4.04	ACEPTA
ABC	0.02	1	0.02	2.76	4.04	ACEPTA
ERROR	0.36	48	0.007			
TOTAL	0.58	55				

CONCLUSIONES

A: temperatura de almacenamiento afecta el cambio del ph

B: la adición de vitamina c no conserva el ph

C: la adición de la resina pvpp no conserva el ph

AB: la adición de la vitamina c conserva el ph durante los cambios de temperatura del almacenamiento

AC: la adición de la resina pvpp conserva el ph durante los cambios de temperatura del almacenamiento

BC: la adición de vitamina c y resina pvpp conserva el ph durante el tiempo de almacenamiento

ABC: la adición de vitamina c y resina pvpp conserva el ph durante los cambios de temperatura del almacenamiento

Anexo 3:

Resultados obtenidos del analisis de °BRIX.

Días de evaluación	Concentración de la vitamina C							
	0.15%				**0.18%**			
	Concentración de Polivinilpolipirrolidona (pvpp)							
	5%		10%		5%		10%	
	Almacenamiento a diferentes temperaturas							
	5 C°	32 C°	5 C°	32 C°	5 C°	32 C°	5 C°	32 C°
	T 1	**T2**	**T3**	**T4**	**75**	**T6**	**T7**	**T8**
0	5.03	5.03	5.03	5.03	5.03	5.05	5.03	5.03
15	5.00	5.01	5.02	5.03	5.02	5.03	5.02	5.03
30	5.08	5.00	5.04	5.01	5.01	5.02	5.01	5.01
45	5.03	5.02	5.02	5.02	5.00	5.01	5.00	4.99
60	5.04	5.00	5.01	4.97	4.98	5.00	4.98	4.98
75	5.02	5.02	5.01	5.00	5.00	5.00	5.00	4.94
90	5.00	5.01	5.02	4.95	4.96	4.96	4.92	4.91

Anexo 4:

Análisis estadístico de °BRIX.

HIPOTESIS

A

Ho la temperatura de almacenamiento no afecta el cambio del brix

Ha la temperatura de almacenamiento afecta el cambio del brix

B

Ho la adicon de vitamina c conserva el brix

Ha la adicon de vitamina c no conserva el brix

C

Ho la adicion de la resina pvpp conserva el brix

Ha la adicion de la resina pvpp no conserva el brix

AB

H0 la adicion de la vitamina c conserva el brix durante los cambios de temperatura del almacenamiento

AC

Ha la adicion de la vitamina c no conserva el brix durante los cambios de temperatura del almacenamiento

H0 la adicion de la resina pvpp conserva el brix durante los cambios de temperatura del almacenamiento

BC

Ha la adicion de la resina pvpp no conserva el brix durante los cambios de temperatura del almacenamiento

Ho la adicion de vitamina c y resina pvpp conserva el brix durante el tiempo de almacenamiento

Ha la adicion de vitamina c y resina pvpp no conserva el brix durante el tiempo de almacenamiento

ABC

Ho la adicion de vitamina c y resina pvpp conserva el brix durante los cambios de temperatura del almacenamiento

Ha la adicion de vitamina c y resina pvpp no conserva el brix durante los cambios de temperatura del almacenamiento

Nivel de significancia: alfa =0,05(5%)

Prueba estadística: Análisis factorial de 2x2x2x7

a: temperatura
b: vitamina c
c: PVPP
n: tratamientos
N: número de resultados

Entonces a= 2, b=2, c=2, n=7 y N= 56

Ordenamiento de los resultados de BRIX obtenidos con los tratamientos

J	K	1	2	3	4
	PVPP	5%		10%	
	TEMPERATURA	5°C	32°C	5°C	32°C
1	VITAMINA C 0.15%	5.03	5.03	5.03	5.03
2		5.00	5.01	5.02	5.03
3		5.08	5.00	5.04	5.01
4		5.03	5.02	5.02	5.02
5		5.04	5.00	5.01	4.97
6		5.02	5.02	5.01	5.00
7		5.00	5.01	5.02	4.95
8	VITAMINA C 0.18%	5.03	5.05	5.03	5.03
9		5.02	5.03	5.02	5.03
10		5.01	5.02	5.01	5.01
11		5.00	5.01	5.00	4.99
12		4.98	5.00	4.98	4.98
13		5.00	5.00	5.00	4.94
14		4.96	4.96	4.92	4.91

SUMATORIA RESULTADO DE BRIX K1

Total K1 = 5.03+5.00+5.08+……+ 4.98+5.00+4.96

Total K1 = 70.2

SUMATORIA RESULTADO DE BRIX K2

Total K2 = 5.03+5.01+5.00+…..+ 5.00+5.00+4.96

Total K2 = 70.16

SUMATORIA RESULTADO DE BRIX K3

Total K3 = 5.03+5.02+5.04+….+ 4.98+5.00+4.92

Total K3 = 70.11

SUMATORIA RESULTADO DE BRIX K4

Total K4 = 5.03+5.03+5.01 +….+ 4.98+4.94+4.91

Total K4 = 69.9

Cuadrado de K1

$$K1^2 = 70.2^2 = 4928.04$$

Cuadrado de K2

$$K2^2 = 70.16^2 = 4922.43$$

Cuadrado de K3

$$K3^2 = 70.11^2 = 4915.41$$

Cuadrado de K4

$$K4^2 = 69.9^2 = 4886.01$$

SUMATORIA TOTAL

$$\sum Y = 70.2 + 70.16 + 70.11 + 69.9$$

$$\sum Y = 280.37$$

CALCULOS DEL CUADRADO DE Y

$$Y^2 = 280.37^2 = 78607.34$$

SUMATORIA DE CUADRADOS

$$\sum Yi.j^2 = K1^2 + K2^2 + K3^2 + K4^2$$

$$\sum Yi.j^2 = 4928.04 + 4922.43 + 4915.41 + 4886.01$$

$$\sum Yi.j^2 = 19651.89$$

SUMATORIA RESULTADO DE BRIX J1

Total J1 = 5.03+5.03+5.03+5.03

Total J1 = 20.12

SUMATORIA RESULTADO DE BRIX J2

Total J2 = 5.00+5.01+5.02+5.03

Total J2 = 20.06

SUMATORIA RESULTADO DE BRIX J3

Total J3 = 5.08+5.00+5.04+5.01

Total J3 = 20.13

SUMATORIA RESULTADO DE BRIX J4

Total J4 = 5.03+5.02+5.02+5.02

Total J4 = 20.09

SUMATORIA RESULTADO DE BRIX J5

Total J5 = 5.04+5.00+5.01+4.97

Total J5 = 20.02

SUMATORIA RESULTADO DE BRIX J6

Total J6 = 5.02+5.02+5.01+5.00

Total J6 = 20.05

SUMATORIA RESULTADO DE BRIX J7

Total J7 = 5.00+5.01+5.02+4.95

Total J7 = 19.98

SUMATORIA RESULTADO DE BRIX J8

Total J8 = 5.03+5.05+5.03+5.03

Total J8 = 20.14

SUMATORIA RESULTADO DE BRIX J9

Total J9 = 5.02+5.03+5.02+5.03

Total J9 = 20.1

SUMATORIA RESULTADO DE BRIX J10

Total J10 = 5.01+5.02+5.01+5.01

Total J10 = 20.05

SUMATORIA RESULTADO DE BRIX J11

Total J11 = 5.00+5.01+5.00+4.99

Total J11 = 20

SUMATORIA RESULTADO DE BRIX J12

Total J12 = 4.98+5.00+4.98+4.98

Total J12 = 19.94

SUMATORIA RESULTADO DE BRIX J13

Total J13 = 5.00+5.00+5.00+4.94

Total J13 = 19.94

SUMATORIA RESULTADO DE BRIX J14

Total J14 = 4.96+4.96+4.92+4.91

Total J14 = 19.75

SUMATORIA DE RESULTADOS DE BRIX DE YJ1 (J1 AL J7)

TOTAL YJ1 = 20.12+20.06+20.13+20.09+20.02+20.05+19.98

TOTAL YJ1 = 140.45

SUMATORIA DE RESULTADOS DE BRIX DE YJ2 (J8 AL J14)

TOTAL YJ2 = 20.14+20.1+20.05+20+19.94+19.94+19.75

TOTAL YJ2 = 139.92

SUMATORIA DE RESULTADOS DE BRIX DE YK1 (K1+K2)

TOTAL YK1 = 70.2+ 70.16

TOTAL YK1 = 140.36

SUMATORIA DE RESULTADOS DE BRIX DE YK2 (K3+K4)

TOTAL YK2 = 70.11+ 69.9

TOTAL YK2 = 140.01

CUADRADO DE JY1

$$JY1^2 = 140.45^2 = 19726.2025$$

CUADRADO DE JY2

$$JY2^2 = 140.01^2 = 19577.6064$$

CUADRADO DE YK1

$$Jk1^2 = 140.36^2 = 19700.93$$

CUADRADO DE YK2

$$JK2^2 = 140.01^2 = 19602.80$$

SUMATORIA DE CUADRADOS DE YK1+YK2

$$\sum YK^2 = YK1^2 + YK2^2$$

$$\sum YK^2 = 19700.93 + 19602.80$$

$$\sum YK^2 = 39303.73$$

SUMATORIA DE CUADRADOS DE YJ1+YJ2

$$\sum YJ^2 = YJ1^2 + YJ2^2$$

$$\sum YJ^2 = 19726.2025 + 19577.6064$$

$$\sum YJ^2 = 39303.81$$

SUMATORIA DEL K1+K3 = Yi1

Yi1 = 70.2+70.11

Yi1 = 140.31

SUMATORIA DEL K2+K4 = Yi2

Yi2 = 70.16+ 69.9

Yi2 = 140.06

CUADRADO DE Yi1

$$Yi1^2 = 140.31^2 = 19686.90$$

CUADRADO DE Yi2

$$Yi2^2 = 140.06^2 = 19616.80$$

SUMATORIA DE CUADRADOS DE Yi1+Yi2

$$\sum Yi^2 = Yi1^2 + Yi2^2$$

$$\sum Yi^2 = 19686.90 + 19616.80$$

$$\sum Yi^2 = 39303.70$$

Sumatoria de la interacción desde j1k1 hasta el j7k1 = Z1

Z1 = 5.03+5+5.08+5.03+5.04+5.02+5

Z1 = 35.2

Sumatoria de la interacción desde j1k2 hasta el j7k2 = Z2

Z2 = 5.03+5.01+5+5.02+5+5.02+5.01

Z2 = 35.09

Sumatoria de la interacción desde j1k3 hasta el j7k3 = Z3

Z3 = 5.03+5.02+5.04+5.02+5.01+5.01+5.02

Z3 = 35.15

Sumatoria de la interacción desde j1k4 hasta el j7k4 = Z4

Z4 = 5.03+5.03+5.01+5.02+4.97+5+4.95

Z4 = 35.01

Sumatoria de la interacción desde j8k1 hasta el j14k1 = Z5

Z5 = 5.03+5.02+5.01+5+4.98+5+4.96

Z5 = 35

Sumatoria de la interacción desde j8k2 hasta el j14k2 = Z6

Z6 = 5.05+5.03+5.02+5.01+5+5+4.96

Z6 = 35.07

Sumatoria de la interacción desde j8k3 hasta el j14k3 = Z7

Z7 = 5.03+5.02+5.01+5+4.98+5+4.92

Z7 = 34.96

Sumatoria de la interacción desde j8k4 hasta el j14k4 = Z8

Z8 = 5.03+5.03+5.01+4.99+4.98+4.94+4.91

Z8 = 34.89

CALCULO DEL CUADRADO DE Z1

$$Z1^2 = 35.2^2 = 1239.04$$

CALCULO DEL CUADRADO DE Z2

$$Z2^2 = 35.09^2 = 1231.31$$

CALCULO DEL CUADRADO DE Z3

$$Z3^2 = 35.15^2 = 1235.52$$

CALCULO DEL CUADRADO DE Z4

$$Z4^2 = 35.01^2 = 1225.70$$

CALCULO DEL CUADRADO DE Z5

$$Z5^2 = 35^2 = 1225.00$$

CALCULO DEL CUADRADO DE Z6

$$Z6^2 = 35.07^2 = 1229.90$$

CALCULO DEL CUADRADO DE Z7

$$Z7^2 = 34.96^2 = 1222.20$$

CALCULO DEL CUADRADO DE Z8

$$Z8^2 = 34.89^2 = 1217.31$$

SUMATORIA DE LOS CUADRADOS

$$\sum Yijk.^2 = Z1^2 + Z2^2 + Z3^2 + Z4^2 + Z5^2 + Z6^2 + Z7^2 + Z8^2$$

$$\sum Yijk.^2 = 1239.04 + 1231.31 + 1235.52 + \cdots + 1222.20 + 1217.31$$

$$\sum Yijk.^2 = 9825.99$$

SUMATORIA DE Z1 MAS Z3 =Yij1

Yij1 = Z1+Z3

Yij1 = 35.2+35.15

Yij1 = 70.35

SUMATORIA DE Z2 MAS Z4 =Yij2

Yij2 = Z2+Z4

Yij2 = 35.09+35.01

Yij2 = 70.1

SUMATORIA DE Z5 MAS Z7 =Yij3

Yij3 = Z5+Z7

Yij3 = 35+34.96

Yij3 = 69.96

SUMATORIA DE Z6 MAS Z8 =Yij4

Yij4 = Z6+Z8

Yij4 = 35.07+34.89

Yij4 = 69.96

CALCULO DE CUADRADOS DE Yij1

$$Yij1^2 = 70.35^2 = 4949.12$$

CALCULO DE CUADRADOS DE Yij2

$$Yij2^2 = 70.1^2 = 4914.01$$

CALCULO DE CUADRADOS DE Yij3

$$Yij3^2 = 69.96^2 = 4894.40$$

CALCULO DE CUADRADOS DE Yij4

$$Yij4^2 = 69.96^2 = 4894.40$$

SUMATORIA DE LOS CUADRADOS

$$\sum Yij^2 = 4949.12 + 4914.01 + 4894.40 + 4894.40$$

$$\sum Yij^2 = 19651.94$$

SUMATORIA DE Z1 MAS Z2 = Yij5

Yj5 = Z1+Z2

Yij5 = 35.2+ 35.09

Yij5 = 70.29

SUMATORIA DE Z3 MAS Z4 = Yij6

Yj6 = Z3+Z4

Yij6 = 35.15+ 35.01

Yij6 = 70.16

SUMATORIA DE Z5 MAS Z6 = Yij7

Yj7 = Z5+Z6

Yij7 = 35+ 35.07

Yij7 = 70.07

SUMATORIA DE Z7 MAS Z8 = Yij8

Yj8 = Z7+Z8

Yij8 = 34.96+ 34.89

Yij8 = 69.85

CALCULO DE CUADRADOS DE Yij5

$$Yij5^2 = 70.29^2 = 4940.68$$

CALCULO DE CUADRADOS DE Yij6

$$Yij6^2 = 70.16^2 = 4922.43$$

CALCULO DE CUADRADOS DE Yij7

$$Yij7^2 = 70.07^2 = 4909.80$$

CALCULO DE CUADRADOS DE Yij8

$$Yij8^2 = 69.85^2 = 4879.02$$

SUMATORIA DE LOS CUADRADOS

$$\sum \quad Yij^2 = Yij5^2 + Yij6^2 + Yij7^20 + Yij8^2$$

$$\sum \quad Yij^2 = 4940.68 + 4922.43 + 4909.80 + 4879.02$$

$$\sum \quad Yj.k^2 = 19651.94$$

Análisis estadístico de los resultados de °BRIX obtenidos con los tratamientos

J	K	1	2	3	4
	PVPP	5%		10%	
	TEMPERATURA	5°C	32°C	5°C	32°C
1	VITAMINA C 0.15%	25.30	25.30	25.30	25.30
2		25.00	25.10	25.20	25.30
3		25.81	25.00	25.40	25.10
4		25.30	25.20	25.20	25.20
5		25.40	25.00	25.10	24.70
6		25.20	25.20	25.10	25.00
7		25.00	25.10	25.20	24.50
8	VITAMINA C 0.18%	25.30	25.50	25.30	25.30
9		25.20	25.30	25.20	25.30
10		25.10	25.20	25.10	25.10
11		25.00	25.10	25.00	24.90
12		24.80	25.00	24.80	24.80
13		25.00	25.00	25.00	24.40
14		24.60	24.60	24.21	24.11

SUMATORIA DE LOS CUADRADOS

Resumen de resultados calculados

n=7

N=56

a=2

b=2

c=2

$$\sum Y = 280.37$$

$$\sum Y^2 = 78607.34$$

$$\sum Yijk^2 = 1403.75$$

$$\sum Yi^2 = 39303.70$$

$$\sum YK^2 = 39303.73$$

$$\sum YJ^2 = 39303.81$$

$$\sum Yij^2 = 19651.94$$

$$\sum Yi.J^2 = 19651.89$$

$$\sum Yi.K^2 = 19651.94$$

$$\sum YiJK.^2 = 9825.99$$

Calculo para el ANOVA

$$SC_T = \sum \quad YiJk^2 - \frac{\sum \ Y^2}{N} = 1403.75 - \frac{78607.34}{56} = 0.05$$

$$SC_A = \frac{\sum \ yi^2}{bcn} - \frac{\sum \ y^2}{N} = \frac{39303.70}{2*2*7} - \frac{78607.34}{56} = \ 0.00$$

$$SC_B = \frac{\sum \ yJ^2}{acn} - \frac{\sum \ y^2}{N} = \frac{39303.81}{2*2*7} - \frac{78607.34}{56} = \ 0.01$$

$$SC_C = \frac{\sum \ yK^2}{abn} - \frac{\sum \ y^2}{N} = \frac{39303.73}{2*2*7} - \frac{78607.34}{56} = \ 0.00$$

$$SC_{AB} = \frac{\sum \ yiJ^2}{cn} - \frac{\sum \ y^2}{N} - SC_A - SC_B = \frac{19651.94}{2*7} - \frac{78607.34}{56} - 0.00 - 0.01 = \ 0.00$$

$$SC_{AC} = \frac{\sum \ yi.J^2}{bn} - \frac{\sum \ y^2}{N} - SC_A - SC_C = \frac{19651.89}{2*7} - \frac{78607.34}{56} - 0.00 - 0.00 = \ 0.001$$

$$SC_{BC} = \frac{\sum \ yJ.K^2}{an} - \frac{\sum \ y^2}{N} - SC_B - SC_C = \frac{19651.94}{2*7} - \frac{78607.34}{56} - 0.01 - 0.00 = 0.00$$

$$SC_{ABC} = \frac{\sum \ yiJK.^2}{n} - \frac{\sum \ y^2}{N} - SC_{AB} - SC_{AC} - SC_{BC} - SC_A - SC_B - SC_C$$

$$SC_{ABC} = \frac{9825.99}{7} - \frac{78607.34}{56} - 0.00 - 0.001 - 0.00 - 0.00 - 0.01 - 0.00$$

$$SC_{ABC} = 0.00$$

$$SC_{Error} = SC_T - SC_A - SC_B - SC_C - SC_{AB} - SC_{AC} - SC_{BC} - SC_{ABC}$$

$$SC_{Error} = 0.05 - 0.00 - 0.01 - 0.00 - 0.00 - 0.001 - 0.00 - 0.00$$

$$SC_{Error} = 0.04$$

$$GL_A = \ a - 1 \ = \ 2 - 1 = 1$$

$$GL_B = \ b - 1 \ = 2 - 1 = \ 1$$

$$GL_C = \ C - 1 \ = \ 2 - 1 = 1$$

$$GL_{AB} = \ (a - 1)(b - 1) = (2 - 1)(2 - 1) = \ 1$$

$$GL_{AC} = \ (a - 1)(c - 1) \ = \ (2 - 1)(2 - 1) = 1$$

$GL_{BC} = (b-1)(c-1) = (2-1)(2-1) = 1$

$GL_{ABC} = (a-1)(b-1)(c-1) = (2-1)(2-1) = 1$

$GL_{ERROR} = abc\,(n-1) = 2*2*2(7-1) = 48$

$GL_{TOTAL} = abcn - 1 = 2*2*2*7 = 55$

$CM_A = \frac{SC_A}{GL_A} = \frac{0.00}{1} = 0.0011$

$CM_B = \frac{SC_B}{GL_B} = \frac{0.01}{1} = 0.005$

$CM_C = \frac{SC_C}{GL_C} = \frac{0.00}{1} = 0.0022$

$$CM_{AB} = \frac{SC_{AB}}{GL_{AB}} = \frac{0.00}{1} = 0.0011$$

$CM_{AC} = \frac{SC_{AC}}{GL_{AC}} = \frac{0.001}{1} = 0.0005$

$CM_{BC} = \frac{SC_{BC}}{GL_{BC}} = \frac{0.00}{1} = 0.0001$

$CM_{ABC} = \frac{SC_{ABC}}{GL_{ABC}} = \frac{0.00}{1} = 0.0004$

$$CM_{ERROR} = \frac{SC_{Error}}{GL_{ERROR}} = \frac{0.04}{48} = 0.0008$$

$F_A = \frac{CM_A}{CM_{ERROR}} = \frac{0.0011}{0.0008} = 1.34$

$F_B = \frac{CM_B}{CM_{ERROR}} = \frac{0.005}{0.0008} = 6.02$

$F_C = \frac{CM_C}{CM_{ERROR}} = \frac{0.0\ 022}{0.0008} = 2.63$

$$F_{AB} = \frac{CM_{AB}}{CM_{ERROR}} = \frac{0.0011}{0.0008} = 1.32$$

$F_{AC} = \frac{CM_{AC}}{CM_{ERROR}} = \frac{0.0005}{0.0008} = 0.62$

$F_{BC} = \frac{CM_{BC}}{CM_{ERROR}} = \frac{0.0001}{0.0008} = 0.17$

$$F_{ABC} = \frac{CM_{ABC}}{CM_{ERROR}} = \frac{0.0004}{0.0008} = 0.43$$

ANOVA

FV	SC	GL	CM	F0	F CALCULADA	CONCLUSION
A: TEMPERATURA	0.00	1	0.00	1.34	4.04	RECHAZA
B: VITAMINA C	0.01	1	0.01	6.02	4.04	RECHAZA
C: PVPP	0.002	1	0.002	2.63	4.04	ACEPTA
AB	0.001	1	0.001	1.34	4.04	ACEPTA
AC	0.00	1	0.001	0.62	4.04	ACEPTA
BC	0.00	1	0.00	0.17	4.04	ACEPTA
ABC	0.00	1	0.00	0.43	4.04	ACEPTA
ERROR	0.040	48	0.001			
TOTAL	0.05	55				

CONCLUSIONES

A: temperatura de almacenamiento afecta el cambio del brix

B: la adición de vitamina c no conserva el brix

C: la adición de la resina pvpp conserva el brix

AB: la adición de la vitamina c conserva el brix durante los cambios de temperatura del almacenamiento

AC: la adición de la resina pvpp conserva el brix durante los cambios de temperatura del almacenamiento

BC: la adición de vitamina c y resina pvpp conserva el brix durante el tiempo de almacenamiento

ABC: la adición de vitamina c y resina pvpp conserva el brix durante los cambios de temperatura del almacenamiento

Anexo 5:

Resultados obtenidos del análisis de acidez.

Días de evaluación	Concentración de la vitamina C							
	0.15%				**0.18%**			
	Concentración de Polivinilpolipirrolidona (pvpp)							
	5%		10%		5%		10%	
	Almacenamiento a diferentes temperaturas							
	5 C°	32 C°	5 C°	32 C°	5 C°	32 C°	5 C°	32 C°
	T 1	**T2**	**T3**	**T4**	**75**	**T6**	**T7**	**T8**
0	0.9	0.91	0.91	0.9	0.9	0.92	0.9	0.9
15	0.92	0.91	0.9	0.91	0.91	0.9	0.92	0.92
30	0.9	0.94	0.92	0.95	0.94	0.94	0.92	0.91
45	0.93	0.95	0.92	0.92	0.92	0.89	0.9	0.96
60	0.94	0.93	0.94	0.92	0.94	0.93	0.93	0.97
75	0.92	0.98	0.91	0.94	0.93	0.92	0.92	0.94
90	0.93	0.96	0.93	0.98	0.93	0.94	0.91	0.96

Anexo 6:

Análisis estadístico de acidez.

HIPOTESIS

A

Ho: la temperatura de almacenamiento no afecta el cambio de la acidez

Ha: la temperatura de almacenamiento afecta el cambio de la acidez

B

Ho: la adición de vitamina c conserva la acidez

Ha: la adición de vitamina c no conserva la acidez

C

Ho: la adición de la resina pvpp conserva la acidez

Ha: la adición de la resina pvpp no conserva la acidez

AB

H0: la adición de la vitamina c conserva la acidez durante los cambios de temperatura del almacenamiento

AC

Ha: la adicion de la vitamina c no conserva la acidez durante los cambios de temperatura del almacenamiento

H0: la adicion de la resina pvpp conserva la acidez durante los cambios de temperatura del almacenamiento

BC

Ha: la adicion de la resina pvpp no conserva la acidez durante los cambios de temperatura del almacenamiento

Ho: la adición de vitamina c y resina pvpp conserva la acidez durante el tiempo de almacenamiento

Ha: la adición de vitamina c y resina pvpp no conserva la acidez durante el tiempo de almacenamiento

ABC

Ho: la adición de vitamina c y resina pvpp conserva la acidez durante los cambios de temperatura del almacenamiento

Ha: la adicion de vitamina c y resina pvpp no conserva la acidez durante los cambios de temperatura del almacenamiento

Nivel de significancia: alfa =0,05(5%)

Prueba estadística: Análisis factorial de 2x2x2x7

a: temperatura

b: vitamina c

c: PVPP

n: tratamientos

N: número de resultados

Entonces a= 2, b=2, c=2, n=7 y N= 56

Ordenamiento de los resultados de acidez obtenidos con los tratamientos

J	K	1	2	3	4
	PVPP	5%		10%	
	TEMPERATURA	5°C	32°C	5°C	32°C
1	VITAMINA C 0.15%	0.9	0.91	0.91	0.9
2		0.92	0.91	0.9	0.91
3		0.9	0.94	0.92	0.95
4		0.93	0.95	0.92	0.92
5		0.94	0.93	0.94	0.92
6		0.92	0.98	0.91	0.94
7		0.93	0.96	0.93	0.98
8	VITAMINA C 0.18%	0.9	0.92	0.9	0.9
9		0.91	0.9	0.92	0.92
10		0.94	0.94	0.92	0.91
11		0.92	0.89	0.9	0.96
12		0.94	0.93	0.93	0.97
13		0.93	0.92	0.92	0.94
14		0.93	0.94	0.91	0.96

SUMATORIA RESULTADO DE ACIDEZ K1

Total K1 = 0.9+0.92+0.9+……+0.94+0.93+0.93

Total K1 = 12.91

SUMATORIA RESULTADO DE ACIDEZ K2

Total K2 = 0.91+0.91+0.94+…..+0.93+0.92+0.94

Total K2 = 13.02

SUMATORIA RESULTADO DE ACIDEZ K3

Total K3 = 0.91+0.9+0.92+….+ 0.93+0.92+0.91

Total K3 = 12.83

SUMATORIA RESULTADO DE ACIDEZ K4

Total K4 = 0.9+0.91+0.95+….+ 0.97+0.94+0.96

Total K4 = 13.08

Cuadrado de K1

$$K1^2 = 12.91^2 = 166.67$$

Cuadrado de K2

$$K2^2 = 13.02^2 = 169.52$$

Cuadrado de K3

$$K3^2 = 12.83^2 = 164.61$$

Cuadrado de K4

$$K4^2 = 13.08^2 = 171.09$$

SUMATORIA TOTAL

$$\sum Y = 12.91 + 13.02 + 12.83 + 13.08$$

$$\sum Y = 51.84$$

CALCULOS DEL CUADRADO DE Y

$$Y^2 = 51.84^2 = 2687.39$$

SUMATORIA DE CUADRADOS

$$\sum Yi.j^2 = K1^2 + K2^2 + K3^2 + K4^2$$

$$\sum Yi.j^2 = 166.67 + 169.52 + 164.61 + 171.09$$

$$\sum \quad Yi.j^2 = \ 671.88$$

SUMATORIA RESULTADO DE PH J1

Total J1 = 0.9+0.91+0.91+0.9

Total J1 = 3.62

SUMATORIA RESULTADO DE PH J2

Total J2 = 0.92+0.91+0.9+0.91

Total J2 = 3.64

SUMATORIA RESULTADO DE PH J3

Total J3 = 0.9+0.94+0.92+0.95

Total J3 = 3.71

SUMATORIA RESULTADO DE PH J4

Total J4 = 0.93+0.95+0.92+0.92

Total J4 = 3.72

SUMATORIA RESULTADO DE PH J5

Total J5 = 0.94+0.93+0.94+0.92

Total J5 = 3.73

SUMATORIA RESULTADO DE PH J6

Total J6 = 0.92+0.98+0.91+0.94

Total J6 = 3.75

SUMATORIA RESULTADO DE PH J7

Total J7 = 0.93+0.96+0.93+0.98

Total J7 = 3.8

SUMATORIA RESULTADO DE PH J8

Total J8 = 0.9+0.92+0.9 +0.9

Total J8 = 3.62

SUMATORIA RESULTADO DE PH J9

Total J9 = 0.91+0.9+0.92+0.92

Total J9 = 3.65

SUMATORIA RESULTADO DE PH J10

Total J10 = 0.94+0.94+0.92+0.91

Total J10 = 3.71

SUMATORIA RESULTADO DE PH J11

Total J11 = 0.92+0.89+0.9+0.96

Total J11 = 3.67

SUMATORIA RESULTADO DE PH J12

Total J12 = 0.94+0.93+0.93+0.97

Total J12 = 3.77

SUMATORIA RESULTADO DE PH J13

Total J13 = 0.93+0.92+0.92+0.94

Total J13 = 3.71

SUMATORIA RESULTADO DE PH J14

Total J14 = 0.93+0.94+0.91+0.96

Total J14 = 3.74

SUMATORIA DE RESULTADOS DE PH DE YJ1 (J1 AL J7)

TOTAL YJ1 = 3.62+3.64+3.71+3.72+3.73+3.75+3.8

TOTAL YJ1 = 25.97

SUMATORIA DE RESULTADOS DE PH DE YJ2 (J8 AL J14)

TOTAL YJ2 = 3.62+3.65+3.71+3.67+3.77+3.71+3.74

TOTAL YJ2 = 25.87

SUMATORIA DE RESULTADOS DE PH DE YK1 (K1+K2)

TOTAL YK1 = 12.91+13.02

TOTAL YK1 = 25.93

SUMATORIA DE RESULTADOS DE PH DE YK2 (K3+K4)

TOTAL YK2 = 12.83+13.08

TOTAL YK2 = 25.91

CUADRADO DE JY1

$$JY1^2 = 25.97^2 = 674.44$$

CUADRADO DE JY2

$$JY2^2 = 25.87^2 = 669.26$$

CUADRADO DE YK1

$$Jk1^2 = 25.93^2 = 672.36$$

CUADRADO DE YK2

$$JK2^2 = 25.91^2 = 671.33$$

SUMATORIA DE CUADRADOS DE YK1+YK2

$$\sum YK^2 = YK1^2 + YK2^2$$

$$\sum YK^2 = 672.36 + 671.33$$

$$\sum YK^2 = 1343.69$$

SUMATORIA DE CUADRADOS DE YJ1+YJ2

$$\sum YJ^2 = YJ1^2 + YJ2^2$$

$$\sum YJ^2 = 674.44 + 669.26$$

$$\sum YJ^2 = 1343.70$$

SUMATORIA DEL K1+K3 = Yi1

Yi1 = 12.91+12.83

Yi1 = 25.74

SUMATORIA DEL K2+K4 = Yi2

Yi2 = 13.02+13.08

Yi2 = 26.1

CUADRADO DE Yi1

$$Yi1^2 = 25.74^2 = 662.55$$

CUADRADO DE Yi2

$$Yi2^2 = 26.1^2 = 681.21$$

SUMATORIA DE CUADRADOS DE Yi1+Yi2

$$\sum Yi^2 = Yi1^2 + Yi2^2$$

$$\sum Yi^2 = 662.55 + 681.21$$

$$\sum Yi^2 = 1343.76$$

Sumatoria de la interacción desde j1k1 hasta el j7k1 = Z1

Z1 = 0.9+0.92+0.9+0.93+0.94+0.92+0.93

Z1 = 6.44

Sumatoria de la interacción desde j1k2 hasta el j7k2 = Z2

Z2 = 0.91+0.91+0.94+0.95+0.93+0.98+0.96

Z2 = 6.58

Sumatoria de la interacción desde j1k3 hasta el j7k3 = Z3

Z3 = 0.91+0.9+0.92+0.92+0.94+0.91+0.93

Z3 = 6.43

Sumatoria de la interacción desde j1k4 hasta el j7k4 = Z4

Z4 = 0.9+0.91+0.95+0.92+0.92+0.94+0.98

Z4 = 6.52

Sumatoria de la interacción desde j8k1 hasta el j14k1 = Z5

Z5 = 0.9+0.91+0.94+0.92+0.94+0.93+0.93

Z5 = 6.47

Sumatoria de la interacción desde j8k2 hasta el j14k2 = Z6

Z6 = 0.92+0.9+0.94+0.89+0.93+0.92+0.94

Z6 = 6.44

Sumatoria de la interacción desde j8k3 hasta el j14k3 = Z7

Z7 = 0.9+0.92+0.92+0.9+0.93+0.92+0.91

Z7 = 6.4

Sumatoria de la interacción desde j8k4 hasta el j14k4 = Z8

Z8 = 0.9+0.92+0.91+0.96+0.97+0.94+0.96

Z8 = 6.56

CALCULO DEL CUADRADO DE Z1

$$Z1^2 = 6.44^2 = 41.47$$

CALCULO DEL CUADRADO DE Z2

$$Z2^2 = 6.58^2 = 43.30$$

CALCULO DEL CUADRADO DE Z3

$$Z3^2 = 6.43^2 = 41.34$$

CALCULO DEL CUADRADO DE Z4

$$Z4^2 = 6.52^2 = 42.51$$

CALCULO DEL CUADRADO DE Z5

$$Z5^2 = 6.47^2 = 41.86$$

CALCULO DEL CUADRADO DE Z6

$$Z6^2 = 6.44^2 = 41.47$$

CALCULO DEL CUADRADO DE Z7

$$Z7^2 = 6.4^2 = 40.96$$

CALCULO DEL CUADRADO DE Z8

$$Z8^2 = 6.56^2 = 43.03$$

SUMATORIA DE LOS CUADRADOS

$$\sum Yijk.^2 = Z1^2 + Z2^2 + Z3^2 + Z4^2 + Z5^2 + Z6^2 + Z7^2 + Z8^2$$

$$\sum Yijk.^2 = 41.47 + 43.30 + 41.34 + \cdots + 40.96 + 43.03$$

$$\sum Yijk.^2 = 335.95$$

SUMATORIA DE Z1 MAS Z3 =Yij1

Yij1 = Z1+Z3

Yij1 = 6.44+6.43

Yij1 = 12.87

SUMATORIA DE Z2 MAS Z4 =Yij2

Yij2 = Z2+Z4

Yij2 = 6.58+6.52

Yij2 = 13.1

SUMATORIA DE Z5 MAS Z7 =Yij3

Yij3 = Z5+Z7

Yij3 = 6.47+6.4

Yij3 = 12.87

SUMATORIA DE Z6 MAS Z8 =Yij4

Yij4 = Z6+Z8

Yij4 = 6.44+6.56

Yij4 = 13

CALCULO DE CUADRADOS DE Yij1

$$Yij1^2 = 12.87^2 = 165.64$$

CALCULO DE CUADRADOS DE Yij2

$$Yij2^2 = 13.1^2 = 171.61$$

CALCULO DE CUADRADOS DE Yij3

$$Yij3^2 = 12.87^2 = 165.64$$

CALCULO DE CUADRADOS DE Yij4

$$Yij4^2 = 13^2 = 169.00$$

SUMATORIA DE LOS CUADRADOS

$$\sum Yij^2 = 165.64 + 171.61 + 165.64 + 169.00$$

$$\sum Yij^2 = 671.88$$

SUMATORIA DE Z1 MAS Z2 = Yij5

Yj5 = Z1+Z2

Yij5 = 6.44+ 6.58

Yij5 = 13.02

SUMATORIA DE Z3 MAS Z4 = Yij6

Yj6 = Z3+Z4

Yij6 = 6.43+ 6.52

Yij6 = 12.95

SUMATORIA DE Z5 MAS Z6 = Yij7

Yj7 = Z5+Z6

Yij7 = 6.47+ 6.44

Yij7 = 12.91

SUMATORIA DE Z7 MAS Z8 = Yij8

Yj8 = Z7+Z8

Yij8 = 6.4+ 6.56

Yij8 = 12.96

CALCULO DE CUADRADOS DE Yij5

$$Yij5^2 = V^2 = 169.52$$

CALCULO DE CUADRADOS DE Yij6

$$Yij6^2 = 12.95^2 = 167.70$$

CALCULO DE CUADRADOS DE Yij7

$$Yij7^2 = 12.91^2 = 166.67$$

CALCULO DE CUADRADOS DE Yij8

$$Yij8^2 = 12.96^2 = 167.96$$

Sumatoria de los cuadrados

$$\sum \quad Yij^2 = Yij5^2 + Yij6^2 + Yij7^20 + Yij8^2$$

$$\sum \quad Yij^2 = 169.52 + 167.70 + 166.67 + 167.96$$

$$\sum \quad Yj.k^2 = 671.85$$

Análisis estadístico de los resultados de ACIDEZ obtenidos con los tratamientos

J	K	1	2	3	4
	PVPP	5%		10%	
	TEMPERATURA	5°C	32°C	5°C	32°C
1	VITAMINA C 0.15%	0.81	0.83	0.83	0.81
2		0.85	0.83	0.81	0.83
3		0.81	0.88	0.85	0.90
4		0.86	0.90	0.85	0.85
5		0.88	0.86	0.88	0.85
6		0.85	0.96	0.83	0.88
7		0.86	0.92	0.86	0.96
8	VITAMINA C 0.18%	0.81	0.85	0.81	0.81
9		0.83	0.81	0.85	0.85
10		0.88	0.88	0.85	0.83
11		0.85	0.79	0.81	0.92
12		0.88	0.86	0.86	0.94
13		0.86	0.85	0.85	0.88
14		0.86	0.88	0.83	0.92

Sumatoria de los cuadrados

Resumen de resultados calculados

n=7

N=56

a=2

b=2

c=2

$$\sum Y = 51.84$$

$$\sum Y^2 = 2687.39$$

$$\sum Yijk^2 = 48.01$$

$$\sum Yi^2 = 1343.76$$

$$\sum YK^2 = 1343.69$$

$$\sum YJ^2 = 1343.70$$

$$\sum YiJ^2 = 671.88$$

$$\sum Yi.J^2 = 671.88$$

$$\sum Yi.K^2 = 671.85$$

$$\sum YiJK.^2 = 335.95$$

Calculo para el ANOVA

$$SC_T = \sum \quad YiJk^2 - \frac{\sum \quad Y^2}{N} = 48.01 - \frac{2687.39}{56} = 0.02$$

$$SC_A = \frac{\sum \quad yi^2}{bcn} - \frac{\sum \quad y^2}{N} = \frac{1343.76}{2*2*7} - \frac{2687.39}{56} = \ 0.0023$$

$$SC_B = \frac{\sum \quad yJ^2}{acn} - \frac{\sum \quad y^2}{N} = \frac{1343.70}{2*2*7} - \frac{2687.39}{56} = \ 0.0002$$

$$SC_C = \frac{\sum \quad yK^2}{abn} - \frac{\sum \quad y^2}{N} = \frac{1343.69}{2*2*7} - \frac{2687.3}{56} = \ 0.00$$

$$SC_{AB} = \frac{\sum \quad yiJ^2}{cn} - \frac{\sum \quad y^2}{N} - SC_A - SC_B = \frac{671.88}{2*7} - \frac{2687.3}{56} - 0.00 - 0.00 = \ 0.0002$$

$$SC_{AC} = \frac{\sum \quad yi.J^2}{bn} - \frac{\sum \quad y^2}{N} - SC_A - SC_C = \frac{19651.89}{2*7} - \frac{2687.3}{56} - 0.00 - 0.00 = \ 0.0004$$

$$SC_{BC} = \frac{\sum \quad yJ.K^2}{an} - \frac{\sum \quad y^2}{N} - SC_B - SC_C = \frac{19651.94}{2*7} - \frac{2687.3}{56} - 0.00 - 0.00 = 0.0003$$

$$SC_{ABC} = \frac{\sum \quad yiJK.^2}{n} - \frac{\sum \quad y^2}{N} - SC_{AB} - SC_{AC} - SC_{BC} - SC_A - SC_B - SC_C$$

$$SC_{ABC} = \frac{335.95}{7} - \frac{2687.3}{56} - 0.00 - 0.00 - 0.00 - 0.00 - 0.00 - 0.00$$

$$SC_{ABC} = 0.00$$

$$SC_{Error} = SC_T - SC_A - SC_B - SC_C - SC_{AB} - SC_{AC} - SC_{BC} - SC_{ABC}$$

$$SC_{Error} = 0.02 - 0.00 - 0.00 - 0.00 - 0.00 - 0.00 - 0.00 - 0.00$$

$$SC_{Error} = 0.02$$

$$GL_A = \ a - 1 \ = \ 2 - 1 = 1$$

$$GL_B = \ b - 1 \ = 2 - 1 = \ 1$$

$$GL_C = \ C - 1 \ = \ 2 - 1 = 1$$

$$GL_{AB} = \ (a - 1)(b - 1) = (2 - 1)(2 - 1) = \ 1$$

$$GL_{AC} = \ (a - 1)(c - 1) \ = \ (2 - 1)(2 - 1) = 1$$

$$GL_{BC} = \ (b - 1)(c - 1) \ = \ (2 - 1)(2 - 1) = 1$$

$$GL_{ABC} = \ (a - 1)(b - 1)(c - 1) \ = (2 - 1)(2 - 1) = \ 1$$

$$GL_{ERROR} = \ abc \ (n - 1) = 2 * 2 * 2(7 - 1) = \ 48$$

$$GL_{TOTAL} = \ abcn - 1 = 2 * 2 * 2 * 7 = \ 55$$

$$CM_A = \frac{SC_A}{GL_A} = \frac{0.0023}{1} = \ 0.0023$$

$$CM_B = \frac{SC_B}{GL_B} = \frac{0.0002}{1} = \ 0.000179$$

$$CM_C = \frac{SC_C}{GL_C} = \frac{0.0000}{1} = \ 0.000007$$

$$CM_{AB} = \frac{SC_{AB}}{GL_{AB}} = \frac{0.0002}{1} = \ 0.0002$$

$$CM_{AC} = \frac{SC_{AC}}{GL_{AC}} = \frac{0.0004}{1} = \ 0.0004$$

$$CM_{BC} = \frac{SC_{BC}}{GL_{BC}} = \frac{0.0003}{1} = \ 0.0003$$

$$CM_{ABC} = \frac{SC_{ABC}}{GL_{ABC}} = \frac{0.0013}{1} = 0.0013$$

$$CM_{ERROR} = \frac{SC_{Error}}{GL_{ERROR}} = \frac{0.02}{48} = 0.000408$$

$$F_A = \frac{CM_A}{CM_{ERROR}} = \frac{0.0023}{0.000408} = 5.67$$

$$F_B = \frac{CM_B}{CM_{ERROR}} = \frac{0.000179}{0.000408} = 0.44$$

$$F_C = \frac{CM_C}{CM_{ERROR}} = \frac{0.000007}{0.000408} = 0.02$$

$$F_{AB} = \frac{CM_{AB}}{CM_{ERROR}} = \frac{0.0002}{0.000408} = 0.44$$

$$F_{AC} = \frac{CM_{AC}}{CM_{ERROR}} = \frac{0.0004}{0.000408} = 0.86$$

$$F_{BC} = \frac{CM_{BC}}{CM_{ERROR}} = \frac{0.0003}{00.000408} = 0.63$$

$$F_{ABC} = \frac{CM_{ABC}}{CM_{ERROR}} = \frac{0.0013}{0.000408} = 3.15$$

ANOVA

FV	SC	GL	CM	F0	F CALCULADA	CONCLUSION
A: TEMPERATURA	0.00	1	0.00	5.67	4.04	RECHAZA
B: VITAMINA C	0.00	1	0.00	0.44	4.04	ACEPTA
C: PVPP	0.00	1	0.00	0.02	4.04	ACEPTA
AB	0.00	1	0.000	0.44	4.04	ACEPTA
AC	0.000	1	0.000	0.86	4.04	ACEPTA
BC	0.00	1	0.00	0.63	4.04	ACEPTA
ABC	0.00	1	0.00	3.15	4.04	ACEPTA
ERROR	0.02	48	0.000			
TOTAL	0.02	55				

CONCLUSIONES

A: temperatura de almacenamiento afecta el cambio de la acidez

B: la adición de vitamina c conserva la acidez

C: la adición de la resina pvpp conserva la acidez

AB: la adición de la vitamina c conserva la acidez durante los cambios de temperatura del almacenamiento

AC: la adición de la resina pvpp conserva la acidez durante los cambios de temperatura del almacenamiento

BC: la adición de vitamina c y resina pvpp conserva la acidez durante el tiempo de almacenamiento

ABC: la adición de vitamina c y resina pvpp conserva la acidez durante los cambios de temperatura del almacenamiento

Anexo 7:

Cartilla para la evaluación sensorial.

FICHA DE EVALACIÓN SENSORIAL LA BEBIDA DE COCO ATOMIZADO								
PRODUCTO: Bebida de agua de coco								
NOMBRE:								
FECHA:		/ /			**PRUEBA N°:**			
INSTRUCIONES: Ordene las muestras en orden creciente (de menor a mayor), siendo 1 menos aceptable y 15 más aceptable de acuerdo a su aceptación en las características de sabor, olor y color.								
CARACTERISTICAS:	202	242	198	224	314	501	423	024
SABOR								
OBSERVACIONE:								

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8:

Cálculo de los resultados de análisis sensorial de sabor.

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
202	242	198	224	314	501	423	024

Hipótesis

Ho: la adición de pvpp y ácido cítrico influyen en las características sensoriales (sabor) obtenida en el producto (bebida de agua de coco).

Ha: la adición de pvpp y ácido cítrico no influyen en la característica sensoriales (sabor) obtenida en el producto (bebida de agua de coco).

Nivel de significancia: alfa =0,05(5%)

Prueba estadística: prueba de Friedman

Calcula estadístico de Friedman X2R

N= jueces

K= Tratamientos

jueces/tratamientos	202	242	198	224	314	501	423	24
1	11	13	13	12	10	12	11	11
2	12	11	14	11	10	8	11	7
3	9	8	12	13	12	11	7	11
4	9	12	14	10	9	11	5	8
5	11	9	11	10	5	7	6	5
6	13	11	11	9	11	10	10	12
7	8	11	13	11	8	8	9	9
8	11	13	13	12	12	11	9	9
9	9	10	14	10	10	6	11	11
10	8	11	13	11	10	12	7	8

Fuente: elaboración propia

CALCULO DEL ESTADÍSTICO $X^2\boldsymbol{R}$

$$X^2r = \left(\frac{12 * \Sigma Ri^2}{N * K * (K+1)}\right) - 3 * N * (K+1)$$

$$X^2r = \left(\frac{12 * (101^2 + 109^2 + \cdots + 86^2 + 91^2}{10 * 8 * (8+1)}\right) - 3 * 10 * (8+1)$$

$X^2r = 1140.816$

CALCULO DEL ESTADÍSTICO TABULAR X2

X^2(K−1gl,1−α)

X^2 (8−1gl,1−0,05)

X^2 (14gl,0.95)

X^2=23.68

$X^2 r > X^2$ Por lo tanto se rechaza la Ho y se acepta Ha

PRUEBA DE DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA (DMSFA)

$$Q(\propto, K) = tabla\ tukey$$

$$DSMF \propto = Q(\propto, K)\sqrt{\frac{n * k * (k+1)}{12}}$$

$$DSMF \propto = 5.12\sqrt{\frac{10 * 8 * (8+1)}{12}}$$

$$DSMF \propto = 39.65$$

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
t8	10	18	37	18	6	5	-5	0
t7	15	23	*42	23	11	10	0	
t6	5	13	32	13	1	0		
t5	4	12	31	12	0			
t4	-8	0	19	0				
t3	-27	-19	0					
t2	-8	0						
t1	0							

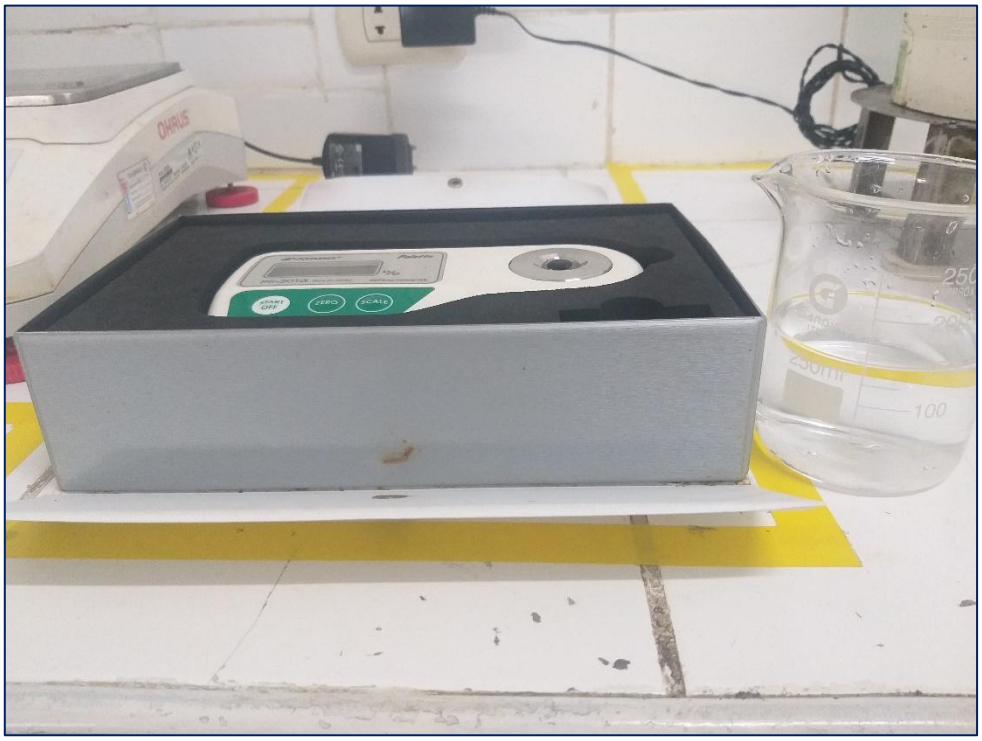
Fuente: elaboración propia

Conclusión: La hipótesis Ho se acepta ya que el tratamiento T3 presenta mejor aceptación en relación a las demás.

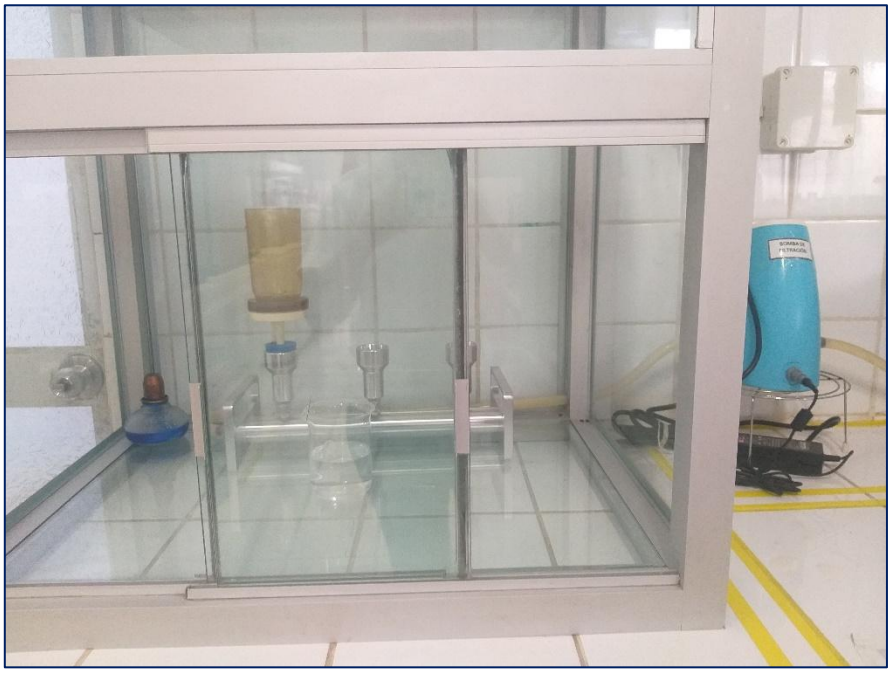
Anexo 9:

Evidencias fotográficas

Fotografía 1: Cálculo del pH de la bebida



Fotografía 2: Calculo del °Brix de la bebida



Fotografía 3: Filtración por membrana después de colocar PVPP

Fotografía 4: Análisis sensorial de sabor de la bebida.