



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA MENCION EN TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

MODALIDAD: PROYECTO DE DESARROLLO

Título:

"Efecto de la ultrafiltración en los componentes físico-químicos y funcionales del jugo de naranja (*Citrus sinensis*)".

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de magíster en Agroindustria con mención en tecnología de alimentos

Autor:

Hidalgo Ortiz Jessica Leonor

Tutor:

Mg. Zambrano Ochoa Zoila Eliana

Cotutora:

Mg. Clara Elena Villacrés Poveda PhD.

LATACUNGA –ECUADOR

2022

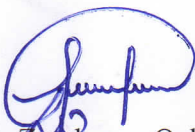
APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, "Efecto de la ultrafiltración en los componentes físico-químicos y funcionales del jugo de naranja (*Citrus sinensis*)", presentado por Hidalgo Ortiz Jessica Leonor, para optar por el título de magíster en Agroindustria con mención en tecnología de alimentos.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, febrero,2023

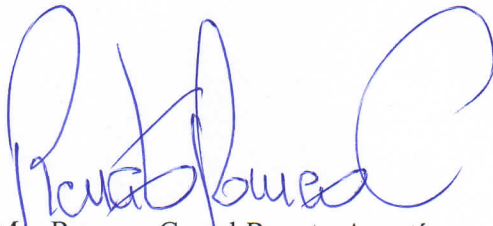


Mg. Zambrano Ochoa Zoila Eliana

CC.:050177393-1

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, "Efecto de la ultrafiltración en los componentes físico-químicos y funcionales del jugo de naranja (*Citrus sinensis*)" ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, previo a la obtención del título de magíster en Agroindustria con mención en tecnología de alimentos; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.



Mg. Romero Corral Renato Agustín

C.C. 171712248-3

Presidente del tribunal



Mg. Fernández Paredes Enrique Manuel

C.C. 050151160-4

Lector 2



Mg. Edwin Ramiro Cevallos Carvajal

C.C. 050186485-4

Lector 3

Latacunga, febrero, 2023

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a las personas que han creído en mí y hoy siguen a mi lado a las personas que por decisión de Dios ya no están físicamente, pero los siento conmigo.

Jessica Leonor Hidalgo Ortiz.

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento inmenso como el mar para mis padres quienes siempre creen en mi ciegamente, a mi hermana que es el más grande apoyo que mis padres me regalaron, a nuestro ángel que desde el cielo me apoya y espero por otro viaje juntos y sobre todo a mis pequeños mejores amigos, mis sobrinos Mario Jhosue y Mario Rodrigo que han sido mi compañía en este largo camino. ¡Los Amo ¡Y aun ser muy importante que cree en mi más que yo misma! ¡Lo logramos, esto es por nosotros!

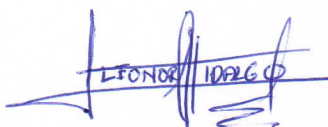
Al equipo de trabajo del Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIAP), en especial a la PhD. Elena Villacres quien, aportado de manera incalculable, con su apoyo incondicional y su experticia en el tema.

Jessica Leonor Hidalgo Ortiz.

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación.

Latacunga, febrero, 2023

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'JESSICA LEONOR HIDALGO ORTIZ', with a horizontal line drawn through the middle of the signature.

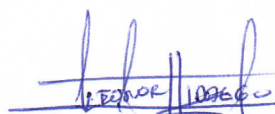
Jessica Leonor Hidalgo Ortiz

050418711-3

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, febrero, 2023



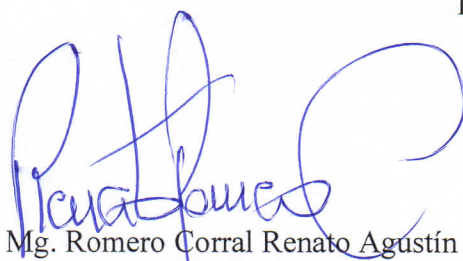
Jessica Leonor Hidalgo Ortiz

050418711-3

AVAL DEL PRESIDENTE

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: "Efecto de la ultrafiltración en los componentes físico-químicos y funcionales del jugo de naranja (*Citrus sinensis*)" contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los miembros del tribunal en la predefensa.

Latacunga, febrero, 2023



Mg. Romero Corral Renato Agustín

C.C. 171712248-3

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA MENCION EN TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS**

Título: "Efecto de la ultrafiltración en los componentes físico-químicos y funcionales del jugo de naranja (*Citrus sinensis*)".

Autor: Jessica Leonor Hidalgo Ortiz

Tutor: Zambrano Ochoa Zoila Eliana Mg.

RESUMEN

La presente investigación tuvo el objetivo de evaluar el efecto de la ultrafiltración en las características físicas químicas y funcionales del jugo de naranja, para obtener jugo clarificado mediante el uso de una membrana espiral con un diámetro de poro de 10 μ m, como un método alternativo para procesar el jugo, sin la aplicación de procesos térmicos que afecten a sus componentes termosensibles. En la caracterización del jugo de naranja se obtuvieron los siguientes valores: sólidos solubles 10°Brix, densidad real 1.052g/ml, pH 3,4, acidez titulable 0.96%, turbidez 312 FAU (Unidades de atenuación formacina), sólidos totales 0.12g/ml, viscosidad 0.0012 Pa*s, capacidad antioxidante por ABTS 157377.46 μ g trolox Eq/100ml, por DPPH 62880.65 μ g trolox Eq./100ml, contenido de fenoles totales de 18.58 mg Ac. Gal/100ml y ácido ascórbico 42.64 mg/100ml. Los factores evaluados para la clarificación por ultrafiltración fueron la presión de trabajo (25-35 Bar) y la velocidad de alimentación (110-130 Hz), que influyeron significativamente sobre las siguientes variables respuesta: color, sólidos solubles, densidad real, acidez iónica, acidez titulable, turbidez, solidos totales, viscosidad, capacidad antioxidante y contenido de ácido ascórbico. Mediante el uso del programa Statgraphics Centurión XV_original, se determinó que los parámetros óptimos para la obtención del permeado fueron proporcionados por el tratamiento T3 (velocidad de alimentación 130 Hz, presión de 25 Bar), mediante el uso de la membrana Trisep espiral de 10 μ m 1812-TM10-31.

PALABRAS CLAVE: Jugo de naranja; Ultrafiltración; Clarificación; Permeado; Retenido.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA MENCION EN TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS**

Title: 'EFFECT OF ULTRAFILTRATION ON THE PHYSICAL-CHEMICAL AND FUNCTIONAL COMPONENTS OF ORANGE JUICE (*CITRUS SINENSIS*)'.

Author: Jessica Leonor Hidalgo Ortiz

Tutor: Zambrano Ochoa Zoila Eliana Mg.

ABSTRACT

The research work aimed to evaluate the effect of ultrafiltration on the physical chemical and functional characteristics about orange juice. The goal was clarified juice through the use of aspiral membrane with a pore diameter of 10 10 μ m. This is an alternative method for processing the juice, without the application of termal processes that affect its thermosensitive components. In the characterization of the orange juice, the following values were obtained: soluble solids 10°Brix, real density 1.052g/ml, pH 3.4, titratable acidity 0.96%, turbidity 312 FAU (Formazin Attenuation Units), total solids 0.12g /ml, viscosity 0.0012 Pa*s, antioxidant capacity by ABTS 157377.46 μ g trolox Eq/100ml, by DPPH 62880.65 μ g trolox Eq./100ml, total phenol content of 18.58 mg Ac. Gal/100ml and ascorbic acid 42.64 mg/100ml. The factors evaluated for clarification by ultrafiltration were the working pressure (25-35 Bar) and the feeding speed (110-130 Hz), which significantly influenced the following response variables: color, soluble solids, real density, ionic acidity, titratable acidity, turbidity, total solids, viscosity, antioxidant capacity and ascorbic acid content. By using the Statgraphics Centurión XV_original program. It was determined that the optimal parameters for obtaining the permeate were achieved with the T3 treatment (130 Hz feed speed, 25 Bar pressure), by using the 10 μ m 1812 spiral Trisep membrane. -TM10-31.

KEYWORD: orange juice; microfiltration; clarification; permeated; detained.

Flor Katy Toscano Caisalitin con cédula de identidad número: 050423268-7
Licenciada en Ciencias de la Educación mención Ingles con número de registro de la
SENESCYT: 1020-2019-2124411; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la
traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título:
"Efecto de la ultrafiltración en los componentes físico-químicos y funcionales del jugo
de naranja (*Citrus sinensis*)" de: Hidalgo Ortiz Jessica Leonor aspirante a magister en
agroindustria mención en tecnología de alimentos.

Latacunga, febrero,2023



Flor Katy Toscano Caisalitin

C.C:050423268-7

.....
FIRMA AUTORIZADA

SOUTH
AMERICAN
LANGUAGE CENTER



ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| INFORMACION GENERAL:..... | 1 |
| INTRODUCCIÓN | 2 |
| JUSTIFICACIÓN | 3 |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 4 |
| HIPÓTESIS O PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN..... | 6 |
| OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... | 6 |
| CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA..... | 7 |
| 1.1 ANTECEDENTES | 7 |
| 1.2 MARCO TEÓRICO..... | 10 |
| 1.2.1 Fruto | 10 |
| 1.2.2 La naranja (Citrus sinensis)..... | 10 |
| 1.2.3 Los jugos | 19 |
| 1.2.4 Tecnología de membranas..... | 22 |
| 1.2.5 Microfiltración tangencial..... | 25 |
| 1.2.6 La ultrafiltración..... | 29 |
| CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 31 |
| 2.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN | 31 |
| 2.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN | 32 |
| 2.4 EQUIPO DE ULTRAFILTRACIÓN | 32 |
| 2.4.1 Partes y características de la carcasa para la ultrafiltración | 33 |
| 2.4.2 CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE ULTRAFILTRACIÓN | 34 |
| 2.5 DISEÑO EXPERIMENTAL..... | 37 |
| 2.6 VARIABLES EN ESTUDIO | 38 |
| 2.7 FACTORES DE ESTUDIO..... | 39 |
| 2.8 COMBINACIÓN DE VARIABLES | 39 |
| 2.10 MANEJO DEL EXPERIMENTO | 40 |

| | |
|--|----|
| 2.10.1 Recepción de la materia prima..... | 40 |
| 2.10.2 Selección de la materia prima | 40 |
| 2.10.3 Lavado..... | 41 |
| 2.10.4 Extracción de la pulpa..... | 41 |
| 2.10.5 Filtrado | 41 |
| 2.10.6 Ultrafiltración..... | 41 |
| 2.10.7 Almacenamiento | 41 |
| 2.10.8 Balance de materiales..... | 44 |
| 2.11 MÉTODOS ESPECÍFICOS EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN | 46 |
| 2.11.1 Color..... | 46 |
| 2.11.2 Acidez iónica..... | 46 |
| 2.11.3 Acidez titulable | 46 |
| 2.11.4 Sólidos solubles..... | 47 |
| 2.11.5 Densidad relativa..... | 48 |
| 2.11.6 Sólidos totales | 48 |
| 2.11.7 Viscosidad | 49 |
| 2.11.8 Turbidez | 50 |
| 2.11.9 Actividad Antioxidante | 50 |
| 2.11.10 Recuento microbiológico | 54 |
| CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 56 |
| 3.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL JUGO DE NARANJA | 56 |
| 3.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL PERMEADO Y RETENIDO. | 58 |
| 3.2.1 Efecto de la presión (A) y velocidad de alimentación (B) sobre los componentes del color..... | 58 |
| 3.2.2 Efecto de la presión(A) y velocidad de alimentación (B) sobre sólidos solubles..... | 61 |
| 3.2.3 Efecto de la presión(A) y velocidad de alimentación (B) sobre la densidad real..... | 64 |

| | |
|--|----|
| 3.2.4 Efecto de la presión(A) y velocidad de alimentación (B) sobre la acidez iónica..... | 66 |
| 3.2.5 Efecto de la presión(A) y velocidad de alimentación (B) sobre la acidez titulable..... | 68 |
| 3.2.6 Efecto de la presión(A) y velocidad de alimentación (B) sobre la turbidez | 70 |
| 3.2.7 Efecto de la presión(A) y velocidad de alimentación(B) sobre la viscosidad..... | 72 |
| 3.2.8 Efecto de la presión(A) y velocidad de alimentación (B) sobre los sólidos totales. | 74 |
| 3.2.9 Efecto de la presión(A) y velocidad de alimentación (B) sobre la capacidad antioxidante por el método ABTS. | 75 |
| 3.2.10 Efecto de la presión(A) y velocidad de alimentación (B) sobre la capacidad antioxidante por el método DPPH..... | 77 |
| 3.2.11 Efecto de la presión(A) y velocidad de alimentación (B) sobre el contenido de compuestos fenólicos..... | 79 |
| 3.2.12 Efecto de la presión(A) y velocidad de alimentación (B) sobre el contenido de ácido ascórbico. | 82 |
| 3.2.13 Optimización de la ultrafiltración del jugo de naranja..... | 84 |
| 3.2.14 Recuento microbiológico | 86 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 91 |
| CONCLUSIONES | 91 |
| RECOMENDACIONES..... | 92 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | |
| ANEXOS | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|---------|
| Tabla 1. Propiedades nutricionales de la naranja. | 13 |
| Tabla 2. Composición química de la pulpa y corteza de la naranja. | 14 |
| Tabla 3. Características de principales tipos de filtración por membrana. | 27 |
| Tabla 4. Comparación de la presión de trabajo para MF, UF, NF y OI. | 28 |
| Tabla 5. Características de la carcasa de la membrana | 34 |
| Tabla 6. Características del equipo de Ultrafiltración. | 34 |
| Tabla 7. Características de la membrana de ultrafiltración. | 37 |
| Tabla 8. Factores en estudio. | 39 |
| Tabla 9. Combinaciones de los tratamientos en estudio. | 40 |
| Tabla 10. Parámetros fisicoquímicos y funcionales del jugo de naranja. | 57 |
| Tabla 11. Color del jugo de naranja. | 57 |
| Tabla 12. Resultado de color de los productos permeados | 59 |
| Tabla 13. Resultado de color de los productos retenidos. | 61 |
| Tabla 14. Optimización de las variables independientes | 84 |
| Tabla 15. Análisis de Varianza para solidos solubles para el permeado. | Anexo 1 |
| Tabla 16. Análisis de Varianza para solidos solubles del retenido | Anexo 1 |
| Tabla 17. Análisis de Varianza para densidad real del permeado. | Anexo 1 |
| Tabla 18. Análisis de Varianza para densidad real del retenido. | Anexo 1 |
| Tabla 19. Análisis de varianza para acidez iónica para el permeado. | Anexo 1 |
| Tabla 20. Análisis de varianza para acidez iónica para el retenido. | Anexo 1 |
| Tabla 21. Análisis de varianza para acidez titulable del permeado. | Anexo 1 |
| Tabla 22. Análisis de varianza para acidez titulable del retenido. | Anexo 1 |
| Tabla 23. Análisis de varianza para turbidez del retenido. | Anexo 1 |
| Tabla 24. Análisis de Varianza para viscosidad el permeado | Anexo 1 |
| Tabla 25. Análisis de Varianza para viscosidad para el retenido. | Anexo 1 |
| Tabla 26. Análisis de Varianza para solidos totales del permeado | Anexo 1 |
| Tabla 27. Análisis de varianza para solidos totales del retenido. | Anexo 1 |
| Tabla 28. Análisis de Varianza para ABTS para permeado. | Anexo 1 |

| | |
|--|---------|
| Tabla 29. Análisis de Varianza para ABTS para retenido. | Anexo 1 |
| Tabla 30. Análisis de Varianza para DPPH para el permeado..... | Anexo 1 |
| Tabla 31. Análisis de Varianza para DPPH para el retenido | Anexo 1 |
| Tabla 32. Análisis de Varianza para fenoles para el permeado | Anexo 1 |
| Tabla 33. Análisis de Varianza para fenoles del retenido..... | Anexo 1 |
| Tabla 34. Análisis de Varianza para ácido ascórbico del permeado..... | Anexo 1 |
| Tabla 35. Análisis de Varianza para ácido ascórbico del retenido..... | Anexo 1 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Defectos tolerables y no tolerables en las naranjas | 17 |
| Figura 2. Diagrama de flujo para el jugo de naranja comercial | 21 |
| Figura 3. Clasificación de las membranas según su naturaleza | 23 |
| Figura 4. Clasificación de las membranas según su estructura..... | 24 |
| Figura 5. Elementos de la microfiltración: el retino y el permeado..... | 25 |
| Figura 6. Principales tipos de filtración por membrana. | 26 |
| Figura 7. Partes de la carcasa 1812 | 33 |
| Figura 8. Conexiones y partes del equipo de ultrafiltración | 36 |
| Figura 9. Diagrama de flujo para ultrafiltración del jugo de naranja..... | 42 |
| Figura 10. Diagrama de operaciones para la ultrafiltración del jugo de naranja. | 43 |
| Figura 11. Curva de calibración estándar, empleada para la determinación de actividad antioxidante por el método de ABTS..... | 51 |
| Figura 12. Curva de calibración estándar, empleada para la determinación de actividad antioxidante por el método de DPPH..... | 53 |
| Figura 13. Ubicación del jugo fresco, permeado y retenido en el diagrama de color $L^*a^*b^*$ | 58 |
| Figura 14. Apariencia del permeado y retenido del jugo de naranja ultrafiltrado. | 60 |
| Figura 15. Superficie de respuesta del contenido de solidos solubles en función de la presión de trabajo (Bar) y la velocidad de alimentación (Hz) para a) permeado y b) retenido..... | 62 |
| Figura 16. Superficie de respuesta de la densidad real en función de la presión de trabajo (Bar) y la velocidad de alimentación (Hz) para a) permeado y b) retenido.... | 65 |
| Figura 17. Superficie de respuesta de la acidez iónica en función de la presión de trabajo (Bar) y la velocidad de alimentación (Hz) para a) permeado y b) retenido.... | 67 |
| Figura 18. Superficie de respuesta de la acidez titulable en función de la presión de trabajo (Bar) y la velocidad de alimentación (Hz) para a) permeado y b) retenido.... | 69 |
| Figura 19. Superficie de respuesta de la turbidez en función de la presión de trabajo (Bar) y la velocidad de alimentación (Hz) para el retenido. | 71 |

| | |
|--|----|
| Figura 20. Superficie de respuesta de la viscosidad en función de la presión de trabajo (Bar) y la velocidad de alimentación (Hz) para a) permeado y b) retenido. | 73 |
| Figura 21. Superficie de respuesta del contenido de solidos totales en función de la presión de trabajo (Bar) y la velocidad de alimentación (Hz) para a) permeado y b) retenido. | 75 |
| Figura 22. Superficie de respuesta de la capacidad antioxidante en función de la presión de trabajo (Bar) y la velocidad de alimentación (Hz) para a) permeado y b) retenido. | 76 |
| Figura 23. Superficie de respuesta de la capacidad antioxidante en función de la presión de trabajo (Bar) y la velocidad de alimentación (Hz) para a) permeado y b) retenido. | 78 |
| Figura 24. Superficie de respuesta del contenido de compuestos fenoles en función de la presión de trabajo (Bar) y la velocidad de alimentación (Hz) para a) permeado y b) retenido. | 80 |
| Figura 25. Superficie de respuesta del contenido de ácido ascórbico en función de la presión de trabajo (Bar) y la velocidad de alimentación (Hz) para a) permeado y b) retenido. | 83 |
| Figura 26. Superficie de respuesta para la optimización de las variables dependientes. | 85 |
| Figura 27. Recuento de aerobios mesófilos en el jugo de naranja natural, permeado y retenido de la ultrafiltración. | 86 |
| Figura 28. Recuento de aerobios mesófilos en las muestras con dilución. | 88 |
| Figura 29. Resultado de recuento de hongos y levaduras de muestras sin dilución. . | 89 |
| Figura 30. Resultado de recuento de hongos y levaduras de muestras con dilución. . | 90 |
| Figura 31. Contenido nutricional de jugo de naranja natural pasteurizado. | 90 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|---|----|
| Ecuación 1. Modelo factorial | 38 |
| Ecuación 2. Rendimiento | 44 |
| Ecuación 3. Acidez titulable..... | 47 |
| Ecuación 4. Corrección de la densidad. | 48 |
| Ecuación 5. Concentración de sólidos totales. | 49 |
| Ecuación 6. Viscosidad | 49 |
| Ecuación 7. Absorbancia real..... | 52 |
| Ecuación 8. Capacidad antioxidante ABTS | 52 |
| Ecuación 9. Capacidad antioxidante DPPH..... | 54 |

INFORMACION GENERAL:

Título del Proyecto: "Efecto de la ultrafiltración en los componentes físico-químicos y funcionales del jugo de naranja (*Citrus sinensis*)".

Línea de investigación: Procesos Industriales

La ultrafiltración tangencial a través del uso de membranas es una tecnología limpia que busca mejorar los procesos industriales mediante el ahorro de recursos con el propósito de brindar productos con un alto contenido nutricional y funcional.

Sublínea de investigación: 1. Optimización de procesos tecnológicos Agroindustriales.

La presente investigación pertenece a la línea de investigación de procesos industriales, abarca un problema que la industria de los jugos naturales enfrenta, al momento de procesar el jugo de naranja, con la aplicación de procesos térmicos, el contenido de nutrientes termosensibles disminuye y requiere uso de energía. Por ello, la utilización de membranas para la ultrafiltración, constituye una alternativa de tecnología limpia que permitirá optimizar los recursos, aprovechando la materia prima sin afectar sus características físicas, químicas y funcionales; por lo cual se maneja una sublínea de investigación 1, pues permite la optimización de procesos agroindustriales.

Proyecto de investigación asociado: Departamento de Nutrición y Calidad. Estación Experimental Santa Catalina-INIAP

INTRODUCCIÓN

El consumo de jugos por temas de salud y sustentabilidad de los alimentos ha aumentado, lo que ha generado la búsqueda de nuevas alternativas de producción. En la actualidad, existe la tendencia de consumir jugos frescos recién extraídos con características sensoriales y nutritivas excelentes, que lo hacen atractivo al consumidor (ProEcuador, 2019).

Los consumidores demandan bebidas que posean características nutricionales con menor procesamiento, que conserven sus características, proporcionen sabores frescos y un bajo contenido de aditivos. La industria de jugos está en la búsqueda de nuevas tecnologías que garanticen la calidad de su producto cubriendo las exigencias del consumidor (Castro *et al.*, 2010).

Los jugos de frutas son libres de colesterol y son ricos en antioxidantes, que ayuda al correcto funcionamiento del organismo, de acuerdo con De Pozo S, *et al.*, (.s.f.) su importancia radica en el alto aporte de vitaminas, compuestos antioxidantes, minerales, enzimas y azúcares (hidratos de carbono) necesarios en la dieta diaria.

Bajo este parámetro los indicadores de calidad para los jugos son la turbidez/transparencia, la homogeneidad, el aporte nutricional y el aroma, lo cual rediseña el concepto de calidad e implica que haya una interacción entre las características de la materia prima y el método de producción- comercialización, para que se empleen los tratamientos adecuados que permitan producir jugos sin pérdida de vitaminas, compuestos antioxidantes, sin afectaciones en el color, sin alteraciones en el aroma y sin cambios en el sabor (Arrazola *et al.*, 2012) pero que garanticen la vida útil del producto y reduzcan costos de producción.

Ante estas exigencias del mercado los productores de jugos están en la búsqueda de nuevas alternativas, que permitan ofertar productos más sanos, de buen sabor y precios accesibles para el consumidor, que los permita ser competitivos, mediante la incorporación de técnicas de procesamientos que minimicen el daño en los alimentos

y aseguren la conservación de sus características sensoriales y nutritivas, y permitan incrementar el rendimiento y la producción (Pássaro y Lodoño,2012, p.310).

Una de las nuevas alternativas que la industria alimentaria ha incrementado en sus procesos es la clarificación mediante el uso de membranas, es una tecnología limpia que tiene ventajas en costos de producción y calidad de producto final. El uso de membranas es una nueva tecnología, cuyo principio es el de separar en dos componentes una solución actuando como una barrera selectiva, que permite el paso de ciertas sustancias específicas y las otras las retiene.

En la presente investigación se plantea la obtención de jugo de naranja el cual será clarificado por un proceso de ultrafiltración, en el producto obtenido se realizará la caracterización físico-química y funcional para determinar los cambios ocurridos antes y después del proceso.

Justificación

La presente investigación busca dar una solución tanto a los productores de materia prima y a la industria alimentaria, para aprovechar la sobreproducción de naranja en la época de cosecha para la elaboración de jugos con mejores características sensoriales y nutritivas.

Ecuador cuenta con una producción anual de aproximadamente 103.120,91 toneladas de naranja razón por la cual se encuentra entre los 25 principales cultivos que posee el país (INEC,2017), las provincias con los rendimientos más altos con respecto al cultivo de naranja (fruta fresca) son: Sucumbíos (19,63 Ton/ha), Carchi (17,48 Ton/ha) y Esmeraldas (14,04 Ton/ha); mientras que las provincias con los rendimientos más bajos son: El Oro (1,08 Ton/ha), Zamora Chinchipe (2,27 Ton/ha) y Azuay (2,31 Ton/ha)(MAG,2020). El uso principal de la naranja es para el consumo alimenticio como fruta fresca, jugo, confites o mermeladas debido a su alto contenido de vitaminas y minerales (Favela *et al.*,2016).

Con el incremento de la producción de la materia prima en la época de cosecha, son necesarias alternativas de industrialización competitivas que permitan su aprovechamiento, para cubrir la demanda actual, por los consumidores de jugos con menor grado de procesamiento y preservantes.

En la industria como método de conservación, los jugos se someten a tratamientos térmicos, que dan como resultado la eliminación de microorganismos, sin embargo, estos procesos eliminan algunos componentes termosensibles y desmejoran el sabor.

El propósito de esta investigación, es aprovechar la naranja en la elaboración de jugo clarificado y pasteurizado al frío, mediante el uso de tecnologías alternativas, como la ultrafiltración, en sustitución de los tratamientos térmicos que emplean la industria alimentaria, y evaluar el efecto que tiene este proceso en sus características físicas, químicas y funcionales, lo que permitirá un mejor aprovechamiento de los compuestos termolábiles, para obtener un jugo clarificado conservando sus características naturales, sin el uso de aditivos, pues esta técnica ayuda a la conservación del producto. Además, es una alternativa de industrialización, para aprovechar esta materia prima en la época de mayor producción.

Con base a lo expuesto, en este estudio se planteó el aprovechamiento de las características físicas, químicas y funcionales de la naranja, mediante la aplicación de la ultrafiltración tangencial para la elaboración de un jugo de naranja clarificado, novedoso y atractivo para el consumidor lo que beneficiará a los productores, industrializadores, y consumidores.

Planteamiento del problema

La naranja es una fruta de gran producción a nivel nacional ya sea con el cultivo tecnificado o no (Molina. E,2000). Su comercialización se realiza en estado fresco o se utiliza para la elaboración de subproductos, como jugos, frutas deshidratadas etc., de

manera artesanal o industrial, de estos productos los más consumidos son los jugos (Pássaro y Lodoño,2012, p.309).

La agroindustrialización de la naranja está enfocada principalmente en elaborar jugos, proceso en el cual la materia prima tiene un rendimiento de jugo del 60% y un 40% del peso en desecho. Para aumentar la vida útil, el jugo es sometido a un proceso térmico, lo que implica la pérdida de sus componentes nutricionales termolábiles-y contrasta con la actual tendencia de los consumidores, que es el consumo de jugos de frutas saludables que preserven sus características de aroma, sabor a precios accesibles. El consumo jugos de frutas conlleva beneficios para la salud, en corto y largo plazo. Uno de los jugos de frutas de mayor consumo a nivel nacional e internacional es el jugo de naranja.

La industria dedicada a la producción de jugos, está inmersa en el desarrollo de nuevos e innovadores productos que permitan satisfacer las demandas de los consumidores y fomentar un mejor estilo de vida, a través del consumo de bebidas que posean sabores frescos, sin aditivos químicos agregados.

Los jugos clarificados tienen la principal característica de contener menos sólidos solubles en estado de suspensión, su apariencia es mejor, debido a su menor turbidez (Arrazola, *et al.*,2013). Cuando los sólidos no solubles son extraídos de los jugos estos presentan dos características principales que son homogéneos y transparentes.

La presencia de estos sólidos, son la principal causa de problemas en la industria, generan turbidez, que produce el efecto de nube, afectando la apariencia y es complicado extraerlos por procesos mecánicos (Montenegro, *et al.*,2007), por ello es necesaria la aplicación de técnicas de clarificación.

La utilización de membranas, es una tecnología que genera una barrea selectiva permite la separación de los elementos que conforman el jugo, permitiendo el paso de los elementos que están en solución y reteniendo los de menor interés.

Hipótesis o preguntas de investigación

Hipótesis nula

La ultrafiltración no tiene efecto en los componentes físico-químicos y funcionales del jugo de naranja (*Citrus sinensis*).

Hipótesis alternativa

La ultrafiltración tiene efecto en los componentes físico-químicos y funcionales del jugo de naranja (*Citrus sinensis*).

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Evaluar el efecto de la ultrafiltración en los componentes físico-químicos y funcionales del jugo de naranja (*Citrus sinensis*).

Objetivos Específicos

- Determinar las características físico-químicas del jugo de naranja sin tratamiento de ultrafiltración.
- Analizar el efecto de la ultrafiltración en las características físicas, químicas y funcionales del permeado.
- Analizar las características físico- químicas y funcionales del retenido del proceso de ultrafiltración.

CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 Antecedentes

Cassano et al. (2007), en el estudio “Clarification of blood juice by Ultrafiltration: analyses of operationg parameters, membrane fouling and juice quality”, llevó a cabo una clarificación de flujo cruzado del jugo de naranja a través de membranas tubulares de fluoruro de polivinilideno, para estudiar el efecto de la presión transmembrana. El caudal de la alimentación axial y la temperatura de los flujos permeados, indicaron que las condiciones operativas de presión transmembranosa y la temperatura se ven condicionadas por el bloqueo de los poros parcial o total lo cual afecta a la velocidad axial del fluido. En los productos obtenidos de este proceso se analizó los sólidos solubles totales (TSS), los sólidos suspendidos(SS), la actividad antioxidante total (TAA),el contenido de ácido ascórbico, las flavononas y las antocianinas, cuyos resultados demostraron que el jugo clarificado obtenido mantiene los parámetros del jugo inicial a excepción de los sólidos insolubles que se quedan retenidos por la membrana o concentrándose como parte del retenido, y los antioxidantes tuvieron una baja reducción del 1,5%.

Galaverna et al. (2007), en la investigación denominada “A new integrated membrane process for the production of concentrated blood orange juice”, realiza una evaluación de la producción de jugo de naranja concentrado, mediante un nuevo proceso integrado de membrana alternativo que permite la preservación de la actividad antioxidante total y de los componentes bioactivos que están presentes en el jugo como el ácido ascórbico, las antocininas, los ácidos hidroxicinámicos, las flavononas. Los investigadores realizaron el proceso en tres etapas, la primera que era la ultrafiltración (UF) del jugo de naranja y la otra que era la preconcentración del jugo obtenido en el primer paso por osmosis inversa(RO) y la última la destilación osmótica (OD), hasta alcanzar un concentración de 60°Brix. Como resultado se observó que se produjo una ligera disminución de la actividad antioxidante total(TAA) del 15% debido a la degradación del ácido ascórbico en un aproximado del 15%, de las antocianinas (20%), pero esta disminución es menor a la que se produce en jugos termoconcentrados, lo cual permite dar la opción a operar a temperatura ambiente con un daño térmico reducido y un ahorro energético. El producto final obtenido conserva una alta actividad antioxidante y un alto contenido de componentes bioactivos propios de la naranja.

Castro *et al.* (2010), en la investigación, “Procesamiento de jugos de frutas por membranas semipermeables” evaluaron las ventajas de la filtración por membranas, del jugo de mandarina y limón por microfiltración, ultrafiltración y la concentración de jugo por destilación osmótica. Los resultados obtenidos para la membrana MV-C-30-L de 0.03µm, presentaron jugos de naranja concentrados de 45°Brix y para la membrana CELGARD, jugos de naranja concentrados de 65°Brix. Hubo una recuperación de sólidos totales en los concentrados de 65% con una recirculación del jugo por fibras. Las condiciones favorables para la ultrafiltración tanto de temperatura como de presión influyen directamente a la recuperación de actividad antioxidante y del contenido de vitamina C.

En la investigación “Optimization of the concentration by osmotic evaporation of passion fruit juice (*Passiflora Edullis*)” los autores Forero & Vélez, (2013), realizaron una caracterización físico-química del jugo maracuyá fresco cosechado en Gigante

(Colombia) y luego lo ultrafiltraron en un sistema Pellicon 2 con membranas planas de 10kDa de un área de 0.5m², en el cual se analizó el caudal del jugo, el caudal de salmuera y la temperatura sobre el flux y los sólidos solubles. Finalmente, el jugo fue sometido al evaporador osmótico de fibras huecas hidrófobas para concentrar. El producto obtenido presento excelentes características. La ultrafiltración fue de gran importancia en la investigación pues mediante este procedimiento se logró evitar colmatación en la membrana de evaporación y facilitar el proceso de concentración del jugo, pues la viscosidad y la turbidez disminuyeron de manera considerable. Las condiciones óptimas para la evaporación fueron: 31°C temperatura, caudal de la salmuera 242ml/min y un caudal de jugo de 146ml/min para lograr una concentración final de 52.22°Brix y un flux de 0.52kg/m²h.

En la investigación “Determinación de las condiciones óptimas del tratamiento enzimático acoplado a un proceso de ultrafiltración para la obtención de jugo clarificado de limón sutil (*Citrus aurantifolia*)”, cuyo objetivo fue determinar las condiciones óptimas para un tratamiento enzimático previo, para facilitar el proceso y disminuir costos de operación y mejorar la tecnología aplicada a los jugos clarificados se trabajó con 3 variables: ppm de enzima, pH y temperatura. Las enzimas fueron aplicadas antes del proceso de ultrafiltración, para poder identificar el efecto positivo, que fue acortar el tiempo de proceso de clarificación. Los dos mejores tratamientos fueron: el primero, concentración enzimática de 100ppma; pH de 2.1; temperatura de 37°C y el segundo: concentración enzimática de 80ppm; pH2.2; temperatura 37°C, pues los productos obtenidos en estas condiciones presentaron excelentes propiedades físico-químicas, sensoriales y de rendimiento.

Los autores del artículo, “Membrane fouling during the fractionation of phytosterols isolated from orange juice”, realizaron un aislamiento de compuestos de fitoesteroles en el jugo de naranja para lo cual fue necesario emplear la tecnología de membranas de ultrafiltración (UF), las membranas empleadas eran plana de corte de 10KDa de celulosa, polietersulfona y fluorolimero. Se empleó una filtración de flujo cruzado con una presión transmembranosa de 0.5-2Bar y una velocidad de flujo de 0.5-1.5ms⁻¹. Los

resultados obtenidos presentaron que la membrana rechaza los fotoesteroles totales y hubo una reducción en proteína, azúcares y actividad antioxidante. La membrana de celulosa presentó un flujo de permeado alto con un índice de ensuciamiento del 75%.

En la investigación denominada “Recovery and concentration of phenolic compounds in blood orange juice by membrane operations.”, se realizó un proceso de ultrafiltración(UF) y luego destilación osmótica(OD), para evaluar el desempeño de ambos procesos y analizar la calidad de las muestras clarificadas y concentradas basadas en la identificación y cuantificación de los compuestos fenólicos ,según Destani *et al.*(2013), la membrana de ultrafiltración(UF), presentó un rechazo para los compuestos fenólicos en un rango de 0.4-6.9%, así como una disminución del 8.2% en la capacidad antioxidante del permeado a comparación del jugo fresco de naranja.

1.2 Marco teórico

1.2.1 Fruto

Según De Pozo S, *et al.* (s.f.) el fruto es la parte carnosa, proveniente de los órganos florales, que cuentan con un grado de madurez adecuado, y esta apto para el consumo humano. El principal componente del fruto es el agua, con más del 80% de su peso total, nos proporciona macronutrientes, fibra, minerales, vitaminas, B-carotenos, los mismos que varían en los distintos frutos (p 7-8).

1.2.2 La naranja (*Citrus sinensis*)

1.2.2.1 Características del árbol

La naranja proviene de un árbol denominado naranjo cuyo tamaño es mediano de copa redonda y ramas regulares con espinas pocas filas que se encuentran ubicadas en las axilas entre las hojas. Las hojas tienen peciolo de alas angostas, que se encuentran reticuladas con la ramilla y el limbo foliar. Las flores son fragantes y medianas se

presentan en racimos pequeños o simples en las axilas de las hojas. El fruto es ovalado, achatado en los extremos se caracteriza por no ser amargo (Baraona y Sancho,1991, p.19).

1.2.2.2 Características del fruto

La naranja es un fruto que proporciona bajo valor calórico y bajo contenido de grasa. (De Pozo S, *et al.*, (s.f.)). Es carnoso y su pulpa se encuentra encerrada en su estructura interna dividida en varias celdas denominadas gajos, en donde están ubicados los tricomas con jugo. (Ocampo y Saquina,2016)

Es una baya especial, que se encuentra conformada por una piel externa denominada exocarpio, parcialmente rugosa, de color característico anaranjado, posee glándulas de aceite, y un olor característico, luego, se encuentra capa intermedia denominada mesocarpio es blanca y esponjosa y finalmente una capa interior o endocarpio, dividida en un rango de 7-12 gajos, los cuales son carnosos, esta es la parte comestible y predominante del fruto (Inchuanaco, 2013).

1.2.2.3 Identificación Taxonómica

Taxonomía de la naranja (InfoAgro,2008)

- **Familia:** Rutaceae
- **Género:** Citrus
- **Especie:** Citrus sinensis (L.) Osb
- **Reino:** Plantae
- **Clase:** Magnoliophyta
- **Subclase:** Rosidae

- **División:** Magnoliophyta
- **Orden:** Sapindales

1.2.2.4 Contenido nutricional de la naranja

La naranja es un alimento de bajo aporte calórico y poco contenido de grasa. Las características nutricionales de la fruta varía notablemente cuando se consume en estado fresco y como en productos elaborados, por ejemplo, el zumo tiene bajo contenido de fibra vitaminas y minerales. ((Moreiras *et al.*, 2009).)

De acuerdo con De Pozo, S. *et al.*, (s.f.) menciona que el aporte de fibra soluble (pectinas) de la naranja, está relacionado con la reducción de colesterol y de glucosa en la sangre también ayuda al desarrollo de la flora intestinal.

El contenido elevado de ácido ascórbico o vitamina C, favorece la absorción intestinal del hierro, pues una naranja de tamaño medio proporciona 82 mg de vitamina C, siendo 60 mg la ingesta diaria recomendada. También contiene ácido fólico y provitamina.

La naranja es una de las principales fuentes de folatos los cuales son importantes en la formación normal de las células sanguíneas, también aportan carotenoides que ayudan a la actividad provitaminica A como la b-criptoxantina y otros carotenoides como luteína y zexantina.

El aporte de ácidos orgánicos también es fundamental, proporciona ácido málico, ácido cítrico, ácidos hidroxicinámicos, ferúlico, cafeico y p-cumarico que son importantes por su actividad antioxidante. Presenta un abundante contenido de flavonoides como: hesperidina, neohesperidina, naringina, narirutina, tangeretina y nobiletina (Moreiras *et al.*, 2009).

Tabla 1

Propiedades nutricionales de la naranja.

| Propiedades nutricionales | |
|----------------------------------|---------|
| Porción comestible | 73 g |
| Agua | 88.6 g |
| Energía | 42 kcal |
| Proteínas | 0.8 g |
| Carbohidratos | 8.6 g |
| Almidón | 0 g |
| Azúcares | 8.6 g |
| Fibra | 2 g |

Adaptado de: (Arroyo, et al.,2018)

1.2.2.5 Composición química de la naranja

La naranja en fresco es rica en hidratos de carbono y agua, mientras que su contenido de proteína, grasa y minerales es bajo. Posee un alto contenido de vitaminas A, B y C. La corteza es rica en grasa, proteína y minerales como se indica en la tabla 2 (Gaztambide,1986 mencionado por Espinoza, A *et al.*,2019).

Tabla 2

Composición química de la pulpa y corteza de la naranja.

| Composición química de la pulpa y corteza de la naranja. | | |
|---|---------------------|----------------|
| Composición | Producto | |
| | Pulpa fresca | Corteza |
| Agua | 80 | 30 |
| Minerales | 0.67 | 3.65 |
| Proteínas | 1.7 | 6.26 |
| Hidratos de Carbono | 15.2 | 47.5 |
| extracto libre de nitrógeno | | |
| Fibra | 1.61 | 10.7 |
| Grasa | 0.75 | 1.80 |

Adaptado de: Gaztambide, 1986 mencionado por Espinoza, A et al., 2019.

1.2.2.6 Variedades de naranja

En el Ecuador existen 3 tipos de naranja: navel, blanca, y l sanguinas. Tienen 21 variedades que varían en: sabor pues el dulzor incrementa o disminuye, por el número de semillas, el tamaño y la textura de la piel de la fruta. Las variedades más cultivadas son: Valencia común, Washington, Naranja Lima, Valencia tardía, Naranja agria, Valencia delta y la Naranja pomelo. La más producida a nivel nacional es la naranja blanca o Valencia (El Comercio, 2011).

1.2.2.7 Requerimientos climáticos

Los requerimientos climáticos para la producción de naranja de acuerdo con Montalvo (2018) son:

Altura: la altura adecuada para el cultivo esta entre 500 -1500 msnm.

Tipo de suelo: Los suelos adecuados para que el naranjo pueda germinar es el suelo franco, arenoso o arcilloso, por su buena aireación que ayuda a la conservación de la humedad, además que la fijación y penetración de la raíz es muy buena.

Clima: es clima adecuado es el clima cálido con temperatura de 13-30°C, siendo la ideal 23°C, temperaturas por debajo de 8°C y superiores 36°C, generan inconvenientes en el desarrollo del producto y de la planta.

Indicadores de madurez de la naranja

Gutiérrez (2017) plantean que hay tres criterios de madurez en la naranja los cuales se describen a continuación:

Madurez fisiológica: se considera madurez fisiológica cuando las semillas del fruto se han desarrollado completamente, y la fruta alcanzado su tamaño y peso ideal, y una vez cosechado mantiene sus características aceptables hasta ser consumido.

Madurez para consumo: es considerado el periodo ideal en el cual el fruto puede ser ingerido, pues alcanza un equilibrio de maduración y cumple con los parámetros de: dureza, sabor, color y aroma adecuados para el consumidor.

Madurez para cosecha: es el periodo ideal para que la fruta sea recolectada de manera adecuada manual o mecánicamente, para ser enviada al mercado en excelentes condiciones sin sufrir daños que produzcan pérdidas en la calidad del mismo, manteniendo buenos índices de producción.

Para tomar la decisión de cosechar, basado en estos tres criterios, se debe tener en cuenta que la naranja de acuerdo a la clase maduración es un fruto no climatérico, con lo cual nos indica que este no continúa con su proceso de maduración normal una vez

retirado del árbol, es importante que la fruta alcance con los parámetros adecuados de comercialización, al ser cosechados con el objetivo que garantice la calidad de la fruta hasta el momento de llegar a su consumidor final.

1.2.2.8 Normas de calidad para las naranjas

En el Ecuador existen dos normas legislación nacional vigente, destinadas para las naranjas, la primera la NTE INEN 2844-2014:06, norma para la naranja, la cual es una adaptación de la Codex STAN 245-2004, MOD, en la que se manifiesta, que es exclusiva para la variedad comercial de *Citrus sinensis* (L.), Osbeck de la familia de la Rutaceaea, destinada al consumo en fresco para el consumidor, excluyendo de esta norma a las naranjas que son destinadas a la industrialización, y la segunda la NTE INEN 1928-1992:07 para frutas frescas, las naranjas la cual establece los requisitos generales que deben cumplir las naranjas en estado fresco sin importar su destino.

De acuerdo con lo mencionado en la NTE INEN 1928-1992:07 se deben identificar dos tipos de defectos: los tolerables y los no tolerables. Los tolerables son aquellos que no afectan a la aptitud de consumo, y pueden ser ligeras raspaduras, rozaduras, costras, manchas o quemaduras provocadas por el sol, las cuales son superficiales y máximo afectan un área de 6mm y son el 1% de la superficie total del fruto.

Mientras que los defectos no tolerables, comprometen la aptitud de consumo del fruto entre las cuales se puede mencionar la conformación defectuosa, la separación de la pulpa, la coloración defectuosa, daños en la corteza mecánicos, físicos y biológicos, estos últimos ya sea por plagas o por defectos como la resequedad de la cascara, heridas en la corteza que comprometan la pulpa, la falta de consistencia y ausencia de cáliz, en la figura 1, se pueden identificar los defectos tolerables y no tolerables. Además, se describe los calibres sugeridos para la clasificación de la naranja por su diámetro.

Se debe considerar que las naranjas destinadas para el consumo deben estar enteras, sanas, bien formadas, limpias sin daños o alteraciones, internas y externas, no presentar

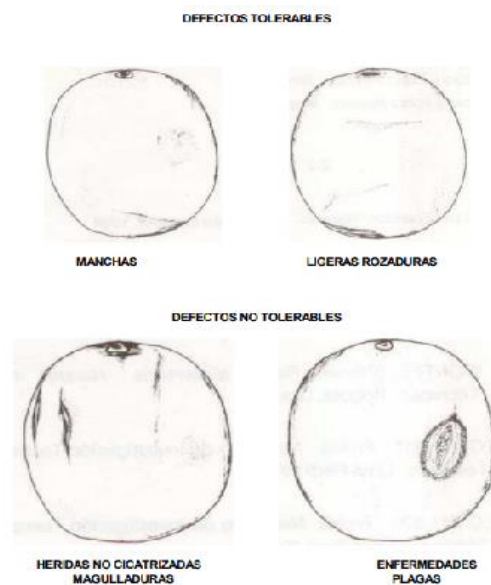
signos de descomposición en sus características organolépticas de olor color y textura, y deben poseer un grado de madurez adecuado y uniforme. El contenido mínimo de zumo o jugo debe corresponder al 35% del peso total (INEN 1928,1992).

Los parámetros son más específicos en la adaptación, en la NTE INEN 2844-2014:06, en la cual se menciona que los naranjas deben ser:

- Enteras y sanas, todo producto que se encuentre afectado de algún tipo de deterioro debe ser excluido.
- Limpias exentas de cualquier material extraño, detectable visiblemente y de plagas.
- Exentas de humedad extra, solo se permite la condensación resultada de su almacenado en la refrigeración, libres de sabores y olores extraños.
- No deben presentar daños provocados por altas o bajas temperaturas.
- Exentas de resequead interna y de daños en la corteza o cicatrices.

Figura 1

Defectos tolerables y no tolerables en las naranjas



Fuente: INEN 1928,1992

1.2.2.9 Indicadores de calidad para la naranja

Para realizar un control de calidad de naranjas frescas, se toman muestras de la fruta, las cuales varían dependiendo del lote y volumen total, según Gutiérrez (2017), los principales indicadores son:

- El peso y el tamaño
- El color de la cáscara
- El contenido de jugo o zumo
- El contenido de azúcares
- El nivel de acidez
- El porcentaje de plagas y enfermedades
- Los daños mecánicos

1.2.2.10 Producción de la naranja

De acuerdo con lo mencionado por la Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación (FAO, 2016), la producción de naranja fresca a nivel mundial fue de 73.318.555 toneladas, en el periodo 2010-2016.

La producción nacional de naranja de acuerdo al último reporte correspondiente al año 2017 incremento considerablemente de 75.333 a 142.546 toneladas en relación del año 2016, siendo esta principal razón para que los precios decayeran un 31% en comparación con el 2016. El precio internacional se fijó en 22,53USD el bushel de 38 libras para el 2017. En el año 2017, la producción en el Ecuador fue alta con 142.546 toneladas en el periodo 2007-2017. (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2017).

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) en la provincia de Bolívar, se encuentra 10.500 de las 50.000 hectáreas de producción de naranja a nivel

nacional acaparando el 21% de la producción total. Las Naves, Balsapamba, Caluma y Echeandía son los mayores productores. (El Comercio, 2022)

1.2.2.11 Usos de la naranja

Las naranjas en la industria son empleadas principalmente para la elaboración de jugo natural, concentrado congelado, refrescos, mermeladas, confituras y para la extracción de aceite esenciales (Zambrano, 2019), aunque gran parte de la producción es consumida en fresco para aprovechar sus nutrientes (Ocampo y Saquina, 2016). Los subproductos se emplean para la elaboración de concentrado en polvo o cáscara deshidratada, que sirve como alimento para ganado. (Sarh y Bancomext, 1995).

1.2.3 Los jugos

De acuerdo con el Codex Stan 247 (2005), manifiesta que los jugos son líquidos, que no han fermentado, pero que podrían hacerlo, que han sido preparados, mediante procedimientos mecánicos adecuados que permitan mantener las características físicas, químicas, nutricionales y organolépticas del mismo, el cual ha sido sometido a un proceso de estabilización para prolongar su vida útil. Este debe provenir de frutas sanas, frescas, libres de suciedad y de restos de cualquier plaguicida, debe ser inocuo (Guevara,2015).

1.2.3.1 Tipos de jugos

El Codex Stan 247 (2005), manifiesta que existen los diferentes tipos de jugos o zumos:

- **Zumo de frutas:** Es el producto resultante de exprimir la fruta, de manera mecánica, de forma directa.

- **Zumo concentrado de frutas:** Poseen componentes restablecidos, del mismo tipo de fruta, se puede agregar celulosa o pulpas provenientes de procedimientos adecuados que garanticen la calidad y que sea del mismo tipo de fruta.
- **Zumo de frutas extraído con agua:** Es el resultado de la combinación de pulpa de la fruta con agua para su extracción.

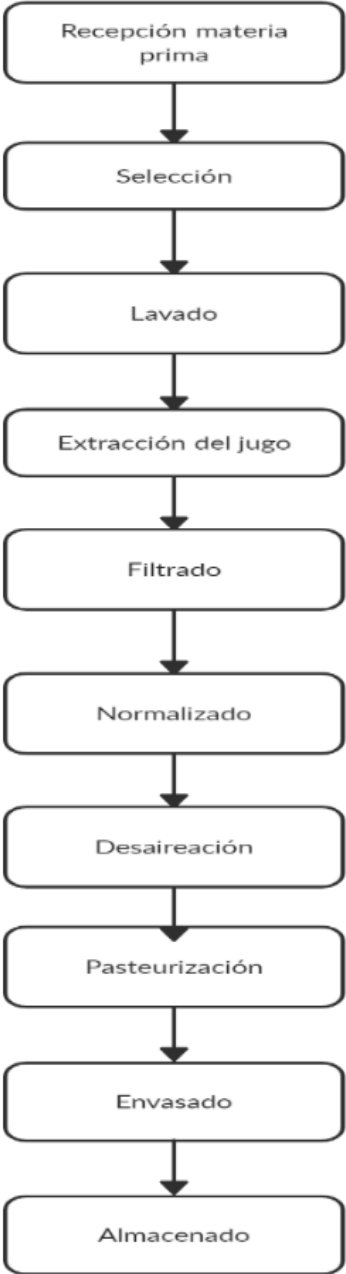
1.2.3.2 Proceso de elaboración de jugo

La industria de jugos emplea varios pasos para la obtención del jugo crudo como se muestra en el Figura 2. Cuando se aplica el uso de membranas, ciertos procesos son reemplazados por otros, para obtener el mismo producto (Ávila y Bullon,2013).

Las sustancias volátiles que poseen las frutas son las responsables de proporcionar a los jugos nutrientes y características sensoriales propios de cada fruta, los cuales son muy sensible al calor y en los procesos de industrialización se pierden, porque se deterioran irreversiblemente. Los productos obtenidos con la aplicación de tecnología de membranas poseen mejores características, porque se realizan en frio o a temperaturas moderadas, que no afectan a los componentes termosensibles, además que la remoción de agua no necesita consumo energético porque no es necesario un cambio de fase a comparación de los procesos sin membranas (Ávila y Bullon,2013).

Figura 2

Diagrama de flujo para el jugo de naranja comercial.



Fuente: *Ávila y Bullon, 2013*

1.2.3.3 Jugo de naranja

Es el producto líquido obtenido de la extracción mecánica de la pulpa, el cual no ha sido diluido, fermentado o concentrado, que ha sido sometido a un tratamiento térmico para asegurar la calidad de sus características sensoriales (Bautista,2019). El jugo de naranja es una de las principales bebidas consumidas a nivel mundial, por su agradable sabor y por su contenido nutricional (Zambrano,2019).

El jugo de la naranja tiene la característica principal de poseer un sabor placentero y refrescante, de alto valor nutritivo por su contenido de vitamina C y ácido fólico, el cual es extraído por extractores mecánicos que pelan la fruta, la exprimen y filtran el producto mediante un colador, finalmente es empacado como jugo fresco o como jugo de naranja concentrado y congelado. (Pássaro y Lodoño, 2012, p.310).

1.2.3.4 Jugo clarificado

Se denomina al líquido no diluido, ni concentrado, sin fermentación, obtenido de frutas de buena calidad, al cual se le ha retirado la turbidez por medio del uso de métodos físicos o químicos adecuados, el más empleado en la industria alimentaria es la clarificación por membranas, por el ahorro de tiempo, y otra razón de su uso es que ayuda a incrementar la seguridad de algunos alimentos sin la necesidad de emplear un tratamiento térmico (León y Rosero, 2011).

1.2.4 Tecnología de membranas

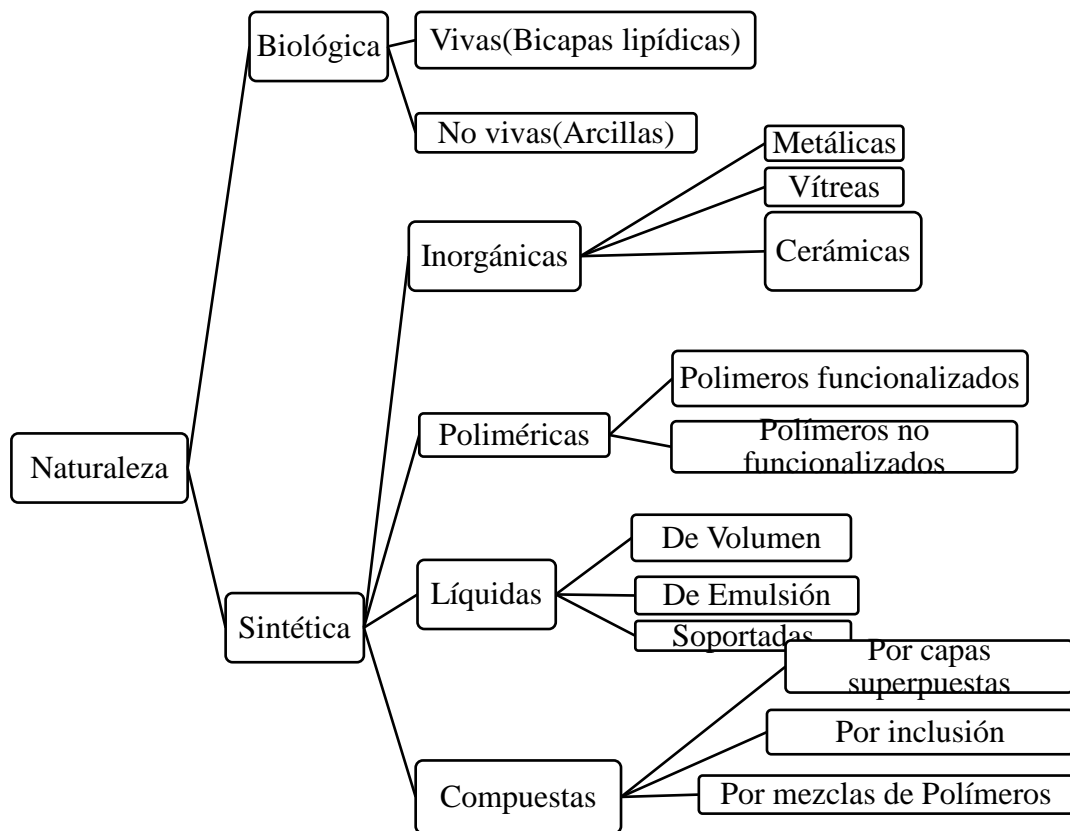
Se denomina tecnología de membranas, a los procesos en los cuales se emplea membranas para la separación de componentes en dos fases, por selección. La fase líquida la que atraviesa se denomina permeado y la fase sólida es la gruesa retenida por la membrana (Solís *et al.*,2017).

1.2.4.1 Clasificación de las membranas

Para clasificar las membranas hay varios criterios que se toman en cuenta, a continuación, se presentan dos: según la naturaleza figura 3 y según la estructura figura 4.

Figura 3

Clasificación de las membranas según su naturaleza.



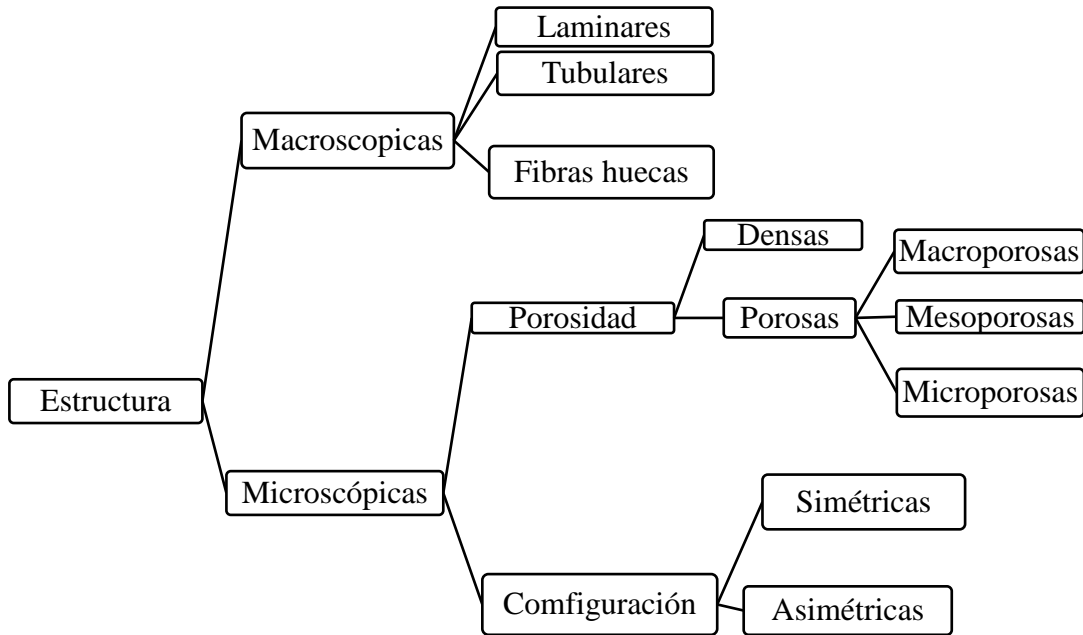
Adaptado de: Hernandez, 1990

Con el creciente uso de las membranas, ha sido necesario sintetizarlas, estas se encuentran ampliamente distribuidas en inorgánicas, poliméricas, líquidas y compuestas, las cuales poseen características específicas de uso.

Las membranas se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza, estas pueden ser de acuerdo origen biológico la vivas, que se encuentran en las células que son bicapas lipídicas, y las inertes o no vivas, son las arcillas.

Figura 4

Clasificación de las membranas según su estructura



Adaptado de: Hernandez,1990

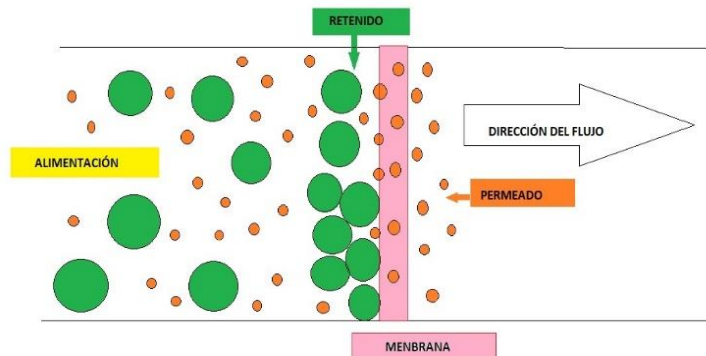
Las membranas han sido estructuradas, de acuerdo a la necesidad de uso, son de diferente forma y material. La estructura ha mejorado con el tiempo y se ha ido adaptando a la mejora de los procesos, que permiten optimar el rendimiento (Barragan,2008). Cada tipo de membrana posee propiedades específicas de: tamaño y distribución de los poros, superficie porosa, flujo, estabilidad de temperatura, resistencia a los solventes empleados, absorción de humedad, esterilidad, inhibición microbiológica índice de refracción, rendimiento (Cheryan,1998 mencionado por Barragan,2008).

1.2.5 Microfiltración tangencial

La microfiltración es un proceso de separación mediante membranas, que ayuda a concentrar un líquido pues los componentes de mayor tamaño quedan retenidos, en el poro de la membrana como se indica en la figura 5. Es un factor muy importante el diámetro del poro que esta entre 0.1-10 micras, dependiendo del criterio aplicar para el proceso de retención. En este proceso se manejan dos términos: el primero que es la parte líquida libre de moléculas grandes que logra pasar la membrana y se la denomina permeado y la segunda la parte formada de la suspensión, por los componentes de mayor tamaño que quedaron separados por el poro de la membrana y no lograron atravesar, es la parte más concentrada en soluto y se denomina retenido. Los métodos de filtración como: la ultrafiltración, nanofiltración y la ósmosis inversa emplean membranas de diámetro de poro menor (Binetti *et al.*, 2004).

Figura 5

Elementos de la microfiltración: el retino y el permeado.



Fuente: Elaboración propia

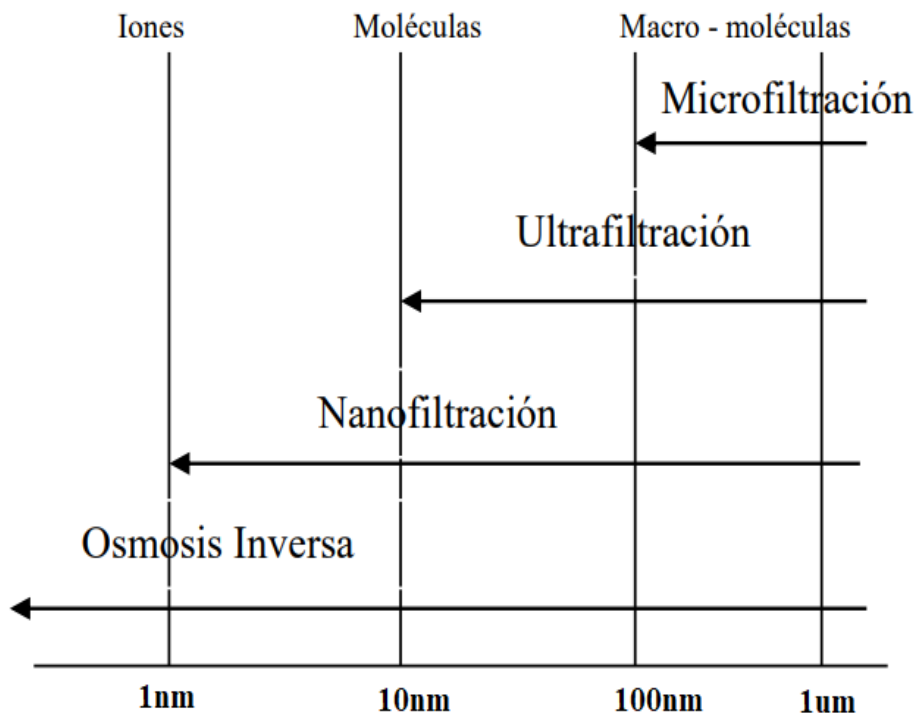
1.2.5.1 Tipos de filtración por el uso de membranas

Entre los principales tipos de filtración, tenemos la microfiltración, la ultrafiltración nanofiltración y osmosis inversa. La micro y ultrafiltración se basa en retirar partículas

grandes estas tienen una alta productividad a presiones bajas. Mientras que la nanofiltración y la osmosis inversa es empleada para desalinizar el agua la presión requerida es alta y la productividad es baja (León y Rosero, 2011).

Figura 6

Principales tipos de filtración por membrana.



Fuente: www.lenntech.com/espanol/Tecnologia-de-membrana.htm

El principio de la separación por membranas es la presión diferencial que es el impulsor o fuerza motriz de separación conjuntamente con el diámetro del poro, que calibra que componentes separar (Pandolfi y Bórquez 2008), en la tabla 3 se indican las características de los principales tipos de filtración por membrana.

Tabla 3

Características de principales tipos de filtración por membrana.

| Tipo de proceso | Principio impulsor | Diámetro de poro | Ejemplos |
|------------------------|---------------------------------|-------------------------|---|
| Microfiltración | Presión diferencial | 10-0.1 μ m | Células microbianas, grandes coloides, partículas pequeñas etc. |
| Ultrafiltración | Presión diferencial | <0.1 μ m-5 nm | Proteínas, emulsiones, coloides macromoleculares. |
| Nanofiltración | Presión diferencial | Aprox. 1nm | Compuestos orgánicos y sales disueltas |
| Osmosis inversa | Presión diferencial | <0.1 nm | Pequeños compuestos orgánicos, sales disueltas. |
| Electrodialisis | Potencial eléctrico diferencial | <5 nm | Sales disueltas |
| Diálisis | Concentración diferencia | <5 nm | Tratamientos clínicos de insuficiencia renal. |

Fuente: *Pandolfi & Bórquez, 2008 mencionado por Coronel, 2012.*

La presión es la fuerza que impulsa para generar la separación por efecto de la misma. En la Tabla 4 se puede observar el rango de operación de los tipos de proceso de separación de membrana con su correspondiente presión de trabajo y la velocidad de flujo. El principal inconveniente que tiene la microfiltración es que el flujo de permeado decae, por la formación de una capa denominada colmatación que es una torta formada en la superficie de la membrana lo que genera un permeado reducido (Ortiz *et al.*,2008). La colmatación es también denominada *fouling*, que es la acumulación de macromoléculas, sales, proteínas y precipitados atrapados en la membrana empleada, para lo cual se sugieren limpiezas regulares, para mantener la velocidad de la membrana (Ibáñez, 2007).

Tabla 4

Comparación de la presión de trabajo para MF, UF, NF y OI.

| Proceso | Siglas | Presión (Bar) | Flujo (L/m² h) |
|-----------------|---------------|--------------------------|--------------------------------------|
| Microfiltración | MF | 0.1-5 | 100-1000 |
| Ultrafiltración | UF | 1-10 | 10-200 |
| Nanofiltración | NF | 5-20 | 10-100 |
| Ósmosis Inversa | OI | 10-100 | 5-100 |

Fuente: Saavedra y Romero, (s.f.).

1.2.5.2 Aplicación de membranas en la industria alimentaria

Según Saavedra y Romero, (s.f.) la industria alimentaria aplica las membranas en:

Jugos de frutas y de vegetales:

- Clarificación de jugos mediante microfiltración y ultrafiltración (manzana, pera, naranja, uva, kiwi)

- Preconcentración por Osmosis Inversa de jugo de manzana.
- Clarificación por microfiltración y ultrafiltración de vinos y cervezas.

1.2.6 La ultrafiltración

La ultrafiltración es una tecnología alternativa, la cual permite separar la pulpa, las enzimas pectinolíticas y los microorganismos, los cuales forman una fracción resultan de denomina retenido (Silva et al.,1998).

La ultrafiltración es una técnica que consiste en la diferencia de presiones como lo menciona Saavedra y Romero, (s.f.), la diferencia de presiones es usada como fuerza impulsadora, cuyo resultado es la separación de partículas, de $0.001\mu\text{m}$ - $0.05\mu\text{m}$ con un peso molecular de 0.5-500Kdalton. En este proceso quienes logran atravesar la membrana son: el solvente y los solutos de bajo peso molecular como los azúcares, sales y aminoácidos y los que no logran atravesar quedan retenidos son las moléculas de mayor peso molecular. Esta técnica es empleada para la concentración, el fraccionamiento y la purificación de solutos macro como proteínas e hidratos de carbono en solución acuosa.

Con el uso de la ultrafiltración se consiguen ventajas en la calidad del producto sin disminuir las características sensoriales y nutritivas, que son fundamentales para el consumidor, también se logra incrementar la vida útil porque los microorganismos y sedimentos quedan atrapados. Permite incrementar el rendimiento productivo, porque permite suprimir etapas del proceso generando un ahorro energético (Chacón,2006).

Según Solís *et al.* (2017) la principal desventaja que tiene la ultrafiltración es el costo de la membrana, que a pesar de que su uso ha sido intensificado actualmente y eso ha generado una reducción parcial del valor, se requiere de una buena inversión, que no siempre es rentable por la capacidad adquisitiva de las empresas.

Para la ultrafiltración se emplean membranas de hoja plana, tubulares espirales y de fibra hueca.

1.2.6.1 Flujo de permeado

Se denomina flujo de permeado a la relación que existe entre la presión aplicada y la tasa de permeación de flujo (Solís *et al.*,2017). La cual es determinada por la siguiente ecuación, cuando responde a las siguientes condiciones:

- Poros uniformes distribuidos en la membrana de manera uniforme.
- Poros del mismo tamaño.
- Sin polarización, ni taponamientos en la concentración.
- Presión Osmótica despreciable.

1.2.6.2 Factores que afectan el flujo de permeado

Según Solís *et al.* (2017), los factores que afectan el flujo de permeado:

- pH
- Presión transmenbranaria
- Material de construcción del equipo empleado para ultrafiltración.
- Orientación de la corriente de alimentación.
- Concentración de solutos retenidos.

1.2.6.3 Presión transmenbranaria

Se domina presión transmenbranaria a la presión que se llega, para permitir el paso de la sustancia a través de la membrana (Solís *et al.* 2017).

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Enfoque de la investigación

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, pues se basará en la medición de los componentes físicos, químicos y funcionales del jugo de naranja y de los productos resultantes obtenidos de la ultrafiltración (permeado y retenido) y cualitativo pues permite establecer una comparación y evaluar la diferencia antes y después del proceso de ultrafiltración empleado, se establecieron los procedimientos para la comprobación de la hipótesis y objetivos mediante la experimentación (Mousalli,2019).

Los factores evaluados fueron presión de trabajo (Bar) y velocidad de alimentación (Hz). Las variables respuesta medidas fueron color (L,C,°H,a,b), sólidos solubles(°Brix), densidad (g/ml), acidez iónica(pH), acidez titulable(%), turbidez (FAU), sólidos totales (g/ml), viscosidad(Pa*s), capacidad antioxidante (μg trolox/100ml) ,compuestos fenólicos totales (mg Ac.Gal/100ml) y ácido ascórbico(mg/100ml). Adicionalmente se realizó un recuento aerobio mesófilos, hongos y levaduras al mejor tratamiento.

2.2 Tipo de investigación

La presente investigación fue experimental pues se evaluaron los efectos de dos factores controlables (presión de trabajo y velocidad de alimentación) sobre las variables respuestas cuantitativas del jugo de naranja fresco, el permeado y el retenido con lo cual cumple con lo manifestado por Rojas (2015) quien indica que una investigación experimental se basa en la comprobación de la hipótesis mediante el planteamiento de variables independientes que influyen sobre la unidad experimental que permite registrar las variables medibles y cuantificables.

2.3 Técnicas e instrumentos

El proyecto de investigación fue realizado en el Área de Investigación y Desarrollo de Productos y Procesos II (Departamento de Nutricio y Calidad) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en la Estación experimental Santa Catalina, ubicada en Panamericana Sur Km. 1, sector Cutuglagua, cantón Mejía, Pichincha, en el cual se empleó la observación, la medición de variables y la recolección de información para su comparación con resultados obtenidos, estas técnicas e instrumentos que fueron empleados son procedimientos y actividades que permitieron al investigador obtener información que ayudo a dar respuesta a la hipótesis, por lo cual estos deben ser confiables y objetivos para que sean válidos y fiables (Sánchez *et al.*, 2021).

2.4 Equipo de Ultrafiltración

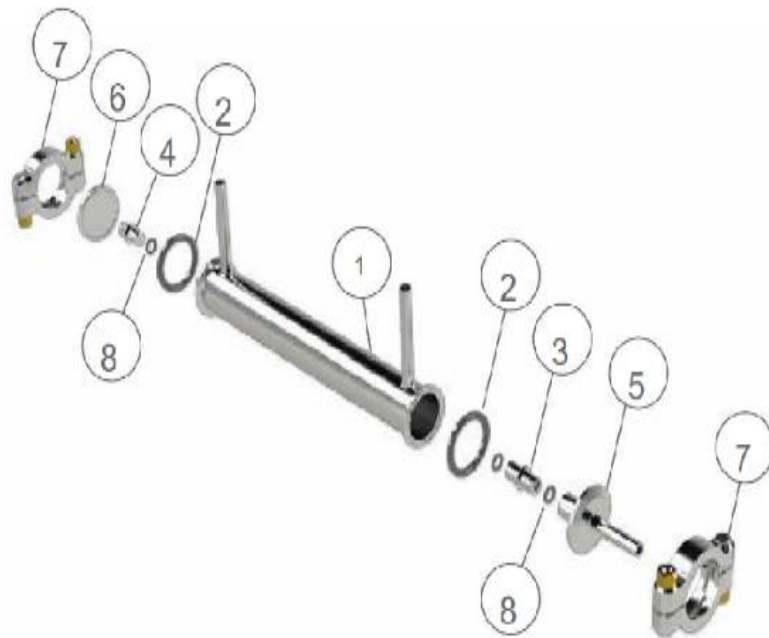
Para la presente investigación se empleó el equipo de ultrafiltración y la membrana con las siguientes características técnicas como se muestra en “Tabla 5”, “Tabla 6” y “Tabla 7”

2.4.1 Partes y características de la carcasa para la ultrafiltración

La carcasa de alta presión de la membrana enrollada espiral consta de las siguientes partes como se muestra en la Figura 7.

Figura 7

Partes de la carcasa 1812



Fuente: Manual de la carcasa de la membrana enrollada en espiral 1812 de alta presión

1. Carcasa de acero inoxidable 316
2. Juntas de 3/8 de pulgada para las tapas de los extremos superiores
3. Junta de 2.5 pulgadas para tubo permeado
4. Tapa del extremo superior
5. Tapa del extremo inferior
6. Accesorios de la abrazadera tripe de 2.5 pulgadas
7. Accesorios de la abrazadera tripe de 1/2 pulgada
8. Casquillos de 3/8 de pulgada, conexión

Tabla 5*Características de la carcasa de la membrana*

| Parámetro | Descripción |
|---|--------------------------------|
| Tipo de membrana | Espiral |
| Área activa de la membrana | Variable (1-5ft ²) |
| Marca | Sterlitech |
| Modelo | 1812-SS316-1180166 |
| Presión máxima | 60 bar |
| Temperatura máxima | 200°C o 400 °F |
| Material | Viton |
| Rango de pH | Dependiente de la membrana |
| Velocidad de flujo transversal | Variable |
| Longitud del tubo | 374.6mm (14.75 pulgadas) |
| Identificación del tubo | 48 mm (1.88 pulgadas) |
| Conexión de entrada /salida/permeado | 9.3 mm (0.365 pulgadas) |

Fuente: Manual de la carcasa de la membrana enrollada en espiral 1812 de alta presión

2.4.2 Características del equipo de ultrafiltración

Tabla 6*Características del equipo de Ultrafiltración*

| Parámetro | Descripción |
|--|----------------------------------|
| Escala del producto de filtración | Investigación |
| Marca | Sterlitech |
| Soporte de fibra | 1812-Hp |
| Área activa de la membrana | 027-046m (3-5pies ³) |

| | |
|--|---|
| Flujo de permeado típico | 30-300 LMH (17.6-176GFD) |
| Caudal típico de permeado por celda | 350-2300ml/min |
| Capacidad del sistema | 194-1.940L/gal (51-510GPD) |
| Volumen mínimo por lote (por celda) | 15L (4 gal) |
| Capacidad máxima de la bomba | 6.8-38 LPM (76 bar) 1,8-10 GPM (1,100 psi) |
| Material celular | SS316 |
| Presión máxima de funcionamiento | Estándar:41 bar (600psi) Alta presión 60 bar (870 psi) |
| Modo de filtración | Flujo cruzado |

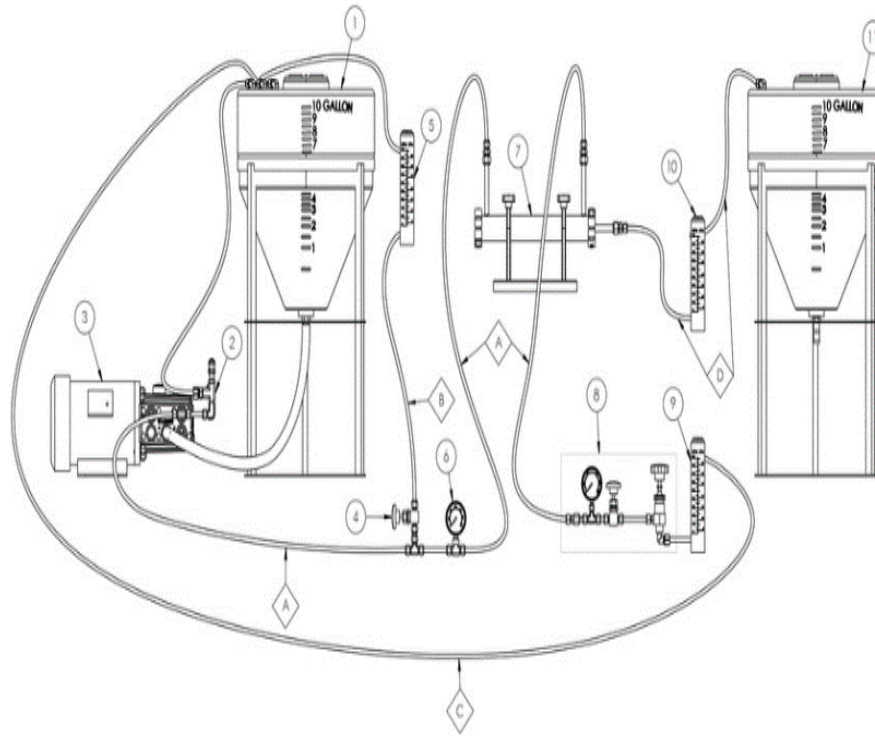
Fuente: Manual de la carcasa de la membrana enrollada en espiral 1812 de alta presión

2.4.3 Elementos que conforman el equipo de ultrafiltración

El equipo que se va a emplear en la investigación es experimental y está conformado de las siguientes partes y conexiones como se puede observar en la figura 8:

Figura 8

Conexiones y partes del equipo de ultrafiltración



Fuente: Manual de la carcasa de la membrana enrollada en espiral 1812 de alta presión

1. Tanque de alimentación
2. Válvula de alivio de presión
3. Bomba de alimentación
4. Válvula de desviación de la alimentación
5. Medidor de flujo de desviación de la alimentación
6. Indicador de presión de alimentación
7. 1812 vivienda
8. Conjunto de válvula de control de concentrado (0-1000 psi)
9. Medidor de flujo concentrado
10. Medidor de flujo permeado
11. Tanque de permeado

- A. Tubería de alta presión de 3/8”, línea de alimentación
- B. Tubería de baja presión de 3/8”, derivación
- C. Tubería de baja presión de 3/5”, línea de retorno
- D. Tubería de baja presión de 3/8”, línea de salida de permeado

Tabla 7

Características de la membrana de ultrafiltración.

| Parámetro | Descripción |
|---|-----------------------------------|
| Material de construcción(polímero) | PVDF (Fluoruro de polivinilideno) |
| Tipo de membrana | Espiral |
| Producto | 1812-TM10-31 |
| Serie | 593247 |
| Fabricante | Trisep |
| pH | 2-11 |
| Diámetro de poro | 10µm |

Fuente: Elaboración propia

2.5 Diseño experimental

Para a presente investigación se evaluó el efecto de la ultrafiltración en las características físicas químicas y funcionales del jugo de naranja con dos niveles de presión y velocidad de alimentación para lo cual se trabajó con un diseño factorial de 2^k con dos niveles y dos corridas siendo un total de unidades experimentales $n=8$ y un testigo que será el jugo de naranja sin ningún tratamiento de ultrafiltración para poder comparará los resultados con los productos obtenidos: el permeado y el retenido. El modelo matemático empleado es el siguiente:

Ecuación 1. Modelo factorial

$$\gamma_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \text{ (Ec.1)}$$

Donde:

μ = el efecto promedio global

τ_i = el efecto del nivel i-esimo del factor A.

β_j = el nivel j-esimo del factor B.

$(\tau\beta)_{ij}$ = el efecto de la interacción entre τ_i y β_j

ε_{ijk} = un componente del error aleatorio con $i=1,2; j=1,2; k= 1, \dots, n$.

2.6 Variables en estudio

Variable dependiente

Jugo de naranja, permeado y retenido (características físicas, químicas y funcionales)

Variable Independiente

Factor A=Presión |

a1=25 Bar

a2=35 Bar

Factor B=Velocidad de alimentación

b1=110 Hz (o ciclos por segundo cps)

b2=130 Hz (o ciclos por segundo cps)

2.7 Factores de estudio

En la tabla 8 se indican los factores de estudio con sus respectivos límites superior e inferior de la presión de trabajo y la velocidad de alimentación. Los niveles han sido establecidos basados en las características del equipo empleado.

Tabla 8

Factores en estudio

| Factor | Límite inferior | Límite superior |
|-------------------------------|------------------------|------------------------|
| A (Presión de equipo) | 25 Bar | 35 Bar |
| B (Velocidad de alimentación) | 110 Hz | 130 Hz |

2.8 Combinación de variables

En la Tabla 9, se encuentran las combinaciones obtenidas al aplicar el diseño estadístico indicado, se empleó el programa STATGRAPHICS Centurion XV_original.

Tabla 9

Combinaciones de los tratamientos en estudio.

| Combinación | Presión (Bar) | Velocidad (Hz) |
|--------------------|----------------------|-----------------------|
| R1C1 | 25 | 110 |
| R1C2 | 35 | 110 |
| R1C3 | 25 | 130 |
| R1C4 | 35 | 130 |
| R2C5 | 25 | 110 |
| R2C6 | 35 | 110 |
| R2C7 | 25 | 130 |
| R2C8 | 35 | 130 |

Nota: R= repetición C= combinación

Fuente: Elaboración propia

2.10 Manejo del experimento

Proceso de elaboración de jugos de naranja clarificados por ultrafiltración.

2.10.1 Recepción de la materia prima

La materia prima fue obtenida en el centro de abasto de la ciudad de Latacunga. Las naranjas correspondían a la variedad Valencia.

2.10.2 Selección de la materia prima

Una vez receptada la materia prima, fue seleccionada con el objetivo de retirar aquellas que no se encuentren en buen estado como: fruta partida o con daños en la piel que comprometan su pulpa y puedan afectar la calidad del jugo.

2.10.3 Lavado

La materia prima fue lavada abundante agua, para retirar residuos como polvo, lodo, orina de insectos, que se encuentren en la capa externa de la fruta. El lavado se lo realizó de manera manual.

Se empleó hipoclorito de sodio en una relación de 7.5 ml para 10 litros de agua con lo cual se logró una concentración de 750 ppm, para una limpieza y desinfección correcta de la fruta.

2.10.4 Extracción de la pulpa

La extracción de la pulpa se lo realizó de manera manual con un exprimidor, previo el corte de la fruta en dos partes iguales.

2.10.5 Filtrado

El jugo obtenido fue filtrado previamente en un tamiz provisorio de malla con un diámetro de 25 μ m.

2.10.6 Ultrafiltración

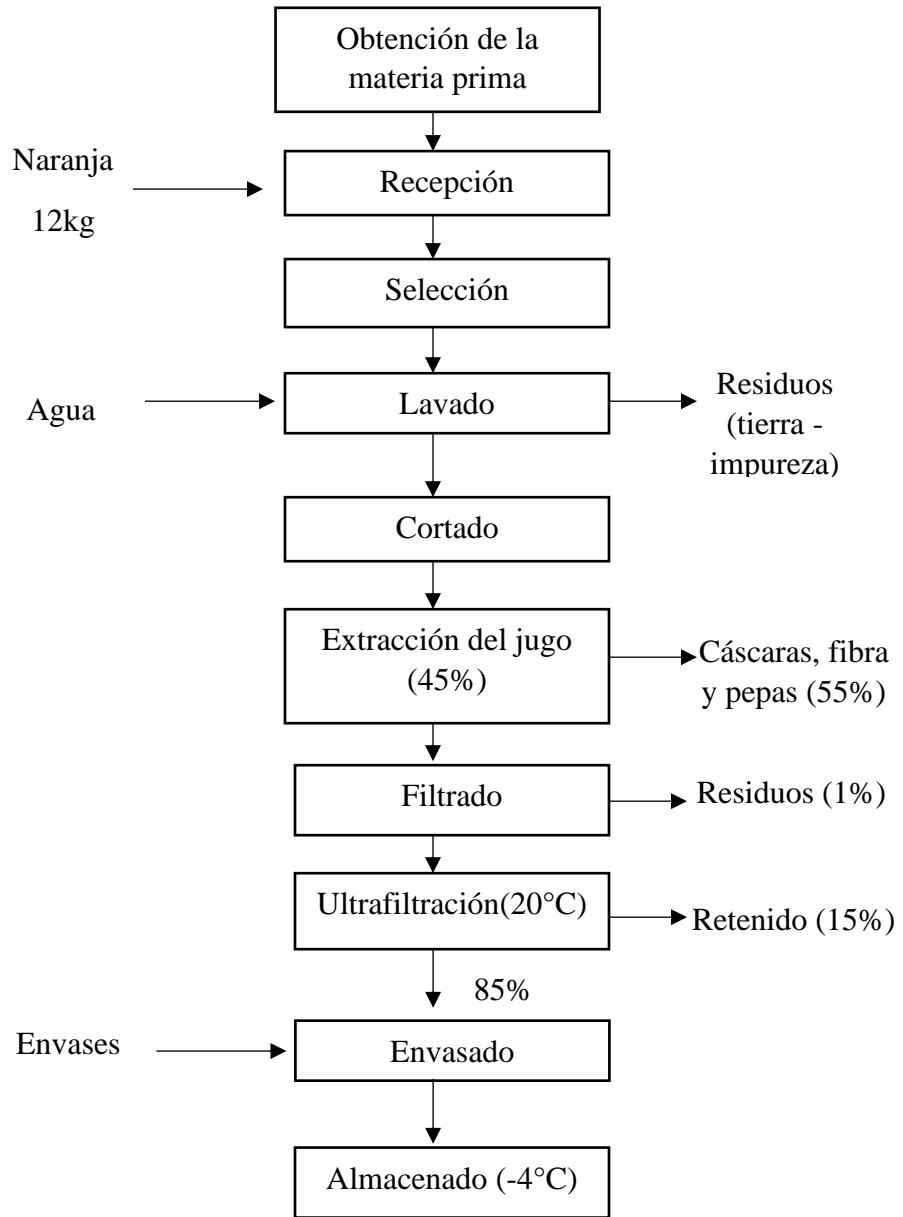
El jugo fue sometido a ultrafiltración mediante una membrana espiral de 10 μ m, en una cantidad de 5litros por tratamiento.

2.10.7 Almacenamiento

Los productos obtenidos (permeado y retenido) fueron caracterizados física y químicamente y almacenados en botellas de polietileno en congelación. Además, se almacenó una contramuestra en frascos ámbar de 30ml a -4°C para su caracterización funcional.

Figura 9

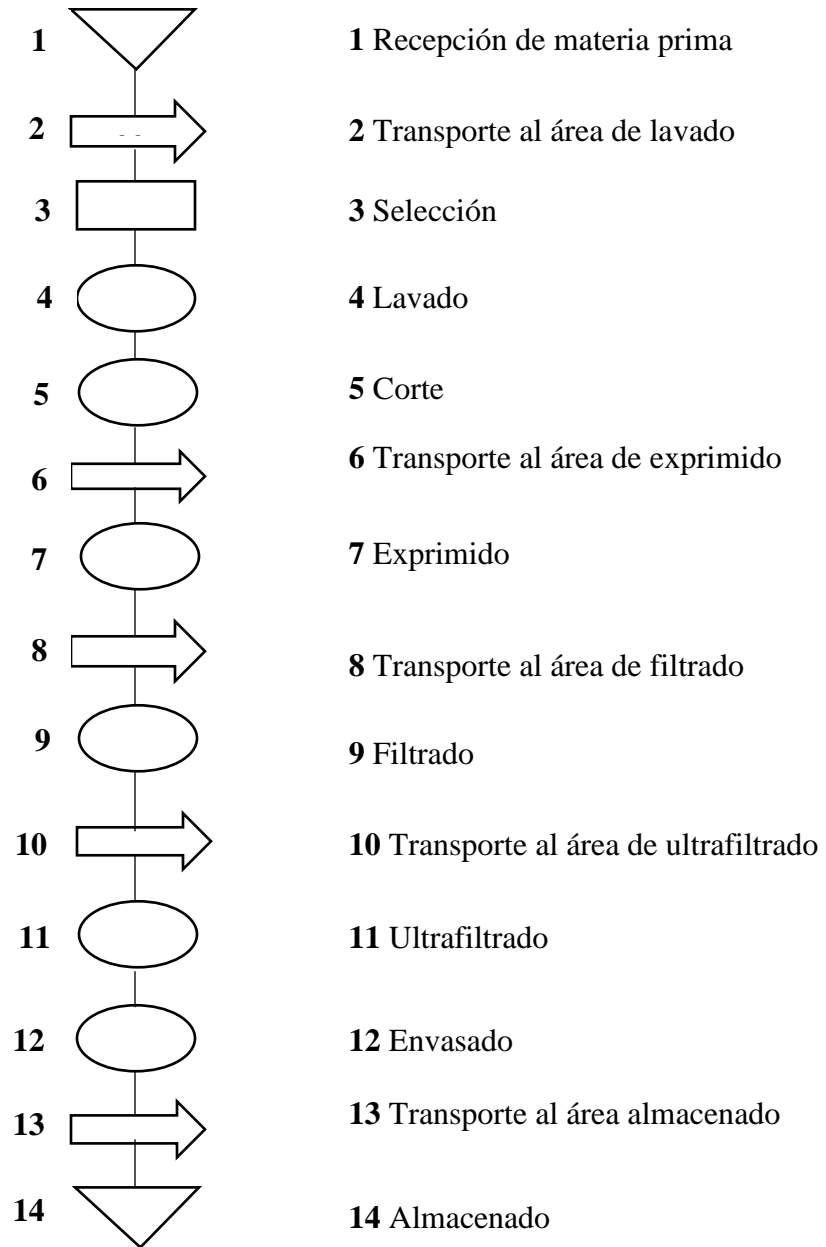
Diagrama de flujo para ultrafiltración del jugo de naranja.



Fuente: Elaboración propia

Figura 10

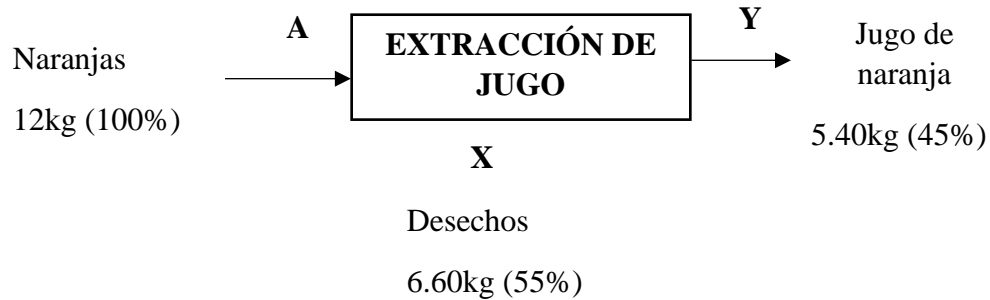
Diagrama de operaciones para la ultrafiltración del jugo de naranja.



Fuente: Elaboración propia

2.10.8 Balance de materiales

- **Extracción de jugo**



Balance total

$$A = X + Y$$

$$12\text{kg} = 6.60\text{kg} + 5.40\text{kg}$$

$$12\text{kg} = 12\text{kg}$$

Ecuación 2. Rendimiento

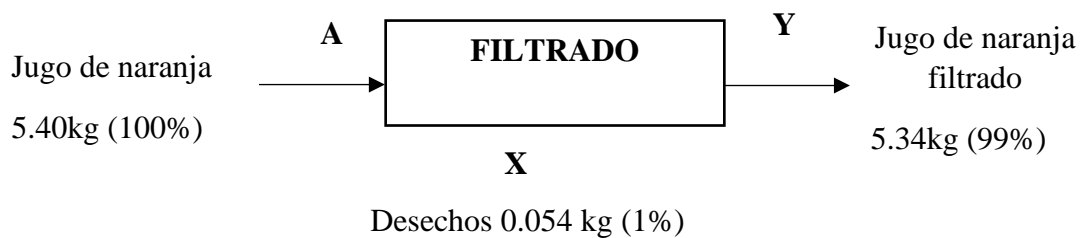
$$\% \text{Rendimiento} = (\text{Peso Final del Producto} / \text{Peso Inicial}) * 100$$

$$\% \text{Rendimiento} = (5.40\text{kg} / 12\text{kg}) * 100$$

$$\% \text{Rendimiento} = 45\%$$

Interpretación: En el proceso de extracción del jugo de naranja partiendo de la fruta se obtuvo un 45% de rendimiento, el cual es bajo dado que la naranja es una fruta que tiene mucha cascara y por lo cual la pérdida es alta, se debe considerar que el kilo de naranja es barato por lo cual el jugo es económico.

- **Filtrado**



Balance total

$$A=X+Y$$

$$5.40\text{kg}=0.054\text{kg}+5.34\text{kg}$$

$$5.40\text{kg}=5.40\text{kg}$$

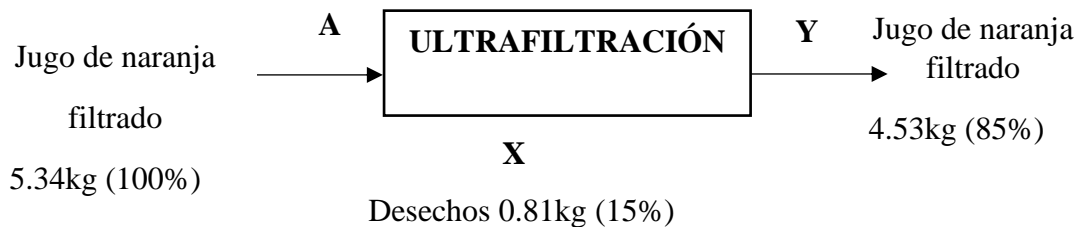
$$\% \text{Rendimiento} = (\text{Peso Final del Producto/Peso Inicial}) * 100$$

$$\% \text{Rendimiento} = (5.34\text{kg}/5.40\text{kg}) * 100$$

$$\% \text{Rendimiento} = 99\%$$

Interpretación: en el proceso de filtración se obtuvo un rendimiento alto del 99% ya que se quedaron residuos de los sacos membranosos que contienen el jugo.

- **Ultrafiltración del jugo**



Balance total

$$A=X+Y$$

$$5.34\text{kg}=0.81\text{kg}+4.53\text{kg}$$

$$5.34\text{kg}=5.34\text{kg}$$

$$\% \text{Rendimiento} = (\text{Peso Final del Producto/Peso Inicial}) * 100$$

$$\% \text{Rendimiento} = (4.53\text{kg}/5.34\text{kg}) * 100$$

$$\% \text{Rendimiento} = 85\%$$

Interpretación: En el proceso de ultrafiltración se quedaron retenidos sólidos solubles en el retenido obteniendo un rendimiento del 85%, siendo este muy bueno como una alternativa de clarificación para la industria.

2.11 Métodos específicos empleados en la investigación

Caracterización físico química del permeado y retenido obtenido por ultrafiltración del jugo de naranja natural.

2.11.1 Color

Para la determinación del color se empleó el método de CIEL* a*b*, mediante el uso de un colorímetro de triestímulo DR LANGE Spectro color modelo LZM 268 serie 300074. La muestra fue colocada en una caja Petri sobre una base de color blanco (Proaño *et al.*s.f). Los valores obtenidos corresponden a: L*=claridad, a*=coordenada rojo-verde y b*=coordenada amarillo-azul (X-rite 2012). Se realizaron tres mediciones por muestra.

2.11.2 Acidez iónica

Para la determinación de la Acidez iónica se empleó 50 ml de muestra la cual fue medida directamente utilizando el equipo InoLab, modelo WTW como lo menciona en la metodología AOAC: 981.12_(AOAC,2019). La lectura fue registrada cuando el valor indicado en el equipo fue estable. La medición se realizó por triplicado.

2.11.3 Acidez titulable

Se determinó en un peso de muestra llevado a un volumen conocido, mediante la adición de agua destilada, luego se tituló con una solución estandarizada alcalina hasta

el viraje de color a un pH 8,2, usando fenolftaleína como indicador (Brito y Vasquez,2013). La acidez titulable se expresó como ácido cítrico, (Ecuación 3) pues es el ácido predominante en la muestra.

Ecuación 3.Acidez titulable

$$\text{Acidez titulable}(\%) = \frac{V_{NaOH}(ml) * N * meq * Vt(ml)}{Pm(g) * Va(ml)} * 10 \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

V_{NaOH} = Volumen de hidróxido de sodio consumidos en la titulación

N =Normalidad del hidróxido de sodio

Meq = miliequivalentes del ácido predominante para la naranja es el cítrico 0.064

Vt = Volumen final

Pm = Peso de la muestra

Va = Volumen de la alícuota

2.11.4 Sólidos solubles

En la determinación del contenido de solidos solubles (°Brix), se empleó la metodología AOAC 932.12(AOAC,2019), se tomó 3 ml de muestra y se vertió en el prisma del Refractómetro de Abbe NAR-1T LIQUID marca Atago. Las mediciones fueron realizadas por triplicado.

2.11.5 Densidad relativa

Para determinar la densidad se usó un densímetro de manera directa (AOAC,1996). Se colocó 250 ml de muestra en una probeta y se introdujo el densímetro de marca Boeco Germany modelo BOE6707 sin termómetro y se registró la lectura. La temperatura se registró con ayuda de un termómetro lasser, pues la temperatura varia y el densímetro es de calibración a temperatura de 20°C, por lo cual de debió realizar una corrección de densidad cuya fórmula empleada es para jugos naturales y jarabes de 10-40°C, en función del contenido de sólidos solubles y de la temperatura (Alvarado y Lopez,1986), l se empleó la ecuación 4.

Ecuación 4. *Corrección de la densidad.*

$$Dj=1008+4,15Br-0,6*T. \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

Dj=densidad en kg/m³

Br= Grados Brix(°Brix)

T= Temperatura

2.11.6 Sólidos totales

Para determinar los sólidos totales en las muestras se empleó el método AOAC 930.15 (AOAC.2019), las muestras fueron colocadas en cajas Petri, previamente taradas, los pesos iniciales fueron registrados. Las cajas fueron llevadas a la estufa a 105°C por un

tiempo de 24 horas. Luego se tomaron los pesos en seco. El análisis fue realizado en duplicado. Para determinar el contenido de sólidos se aplicó la ecuación 5.

Ecuación 5. *Concentración de sólidos totales.*

$$\text{Concentración ST} = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{\text{Volumen}} \quad (\text{Ec. 5})$$

2.11.7 Viscosidad

La viscosidad se midió con un viscosímetro de vidrio Cannon Frenske a temperatura de 25°C, empleando la metodología mencionada por Moreano (2011). Se utilizó 25ml de muestra y se aplicó la ecuación 6.

Ecuación 6. *Viscosidad*

$$\eta = \frac{\text{Tiempo de flujo de la muestra}}{\text{tiempo de flujo del agua}} * \rho * \eta_{H2O(25^{\circ}C)} \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde:

η = Viscosidad (Cp)

ρ = Densidad

$\eta_{H2O(25^{\circ}C)}$ = Viscosidad del agua a 25°C (Cp)

2.11.8 Turbidez

Para la medición de turbidez se empleó el equipo Photometer PF-11(17165), marca Macherey Nagel, el cual tiene un rango de medición de 10-40 FAU (Unidad de Atenuación Formacina), el método esta referenciado en métodos estándar alemanes para el análisis de agua, aguas residuales y lodos (DIN EN ISO 7027 C2).

Primero se tomó dos tubos de ensayo, en él se colocó agua destilada como muestra-blanco para encerrar el equipo, luego a en el otro tubo de ensayo 14mm de la muestra a ser analizada, la cual es medida en el método denominado 921. Luego se registran los resultados. Se realizó tres mediciones por cada muestra.

2.11.9 Actividad Antioxidante

2.11.9.1 Método de decoloración del catión radical ABTS⁺

Para determinar la actividad antioxidante se empleó la metodología mencionada por Ramakrishnan *et al.*, (2018), para lo cual fue necesario elaborar una curva estándar de Trolox.

Para elaborar la curva se preparó una solución de base diluyendo 0.025g de Trolox en 50ml de metanol al 100%, después se prepararon diluciones sucesivas de concentraciones de: 200,300,400,500,600,700 μm de Trolox l^{-1} .

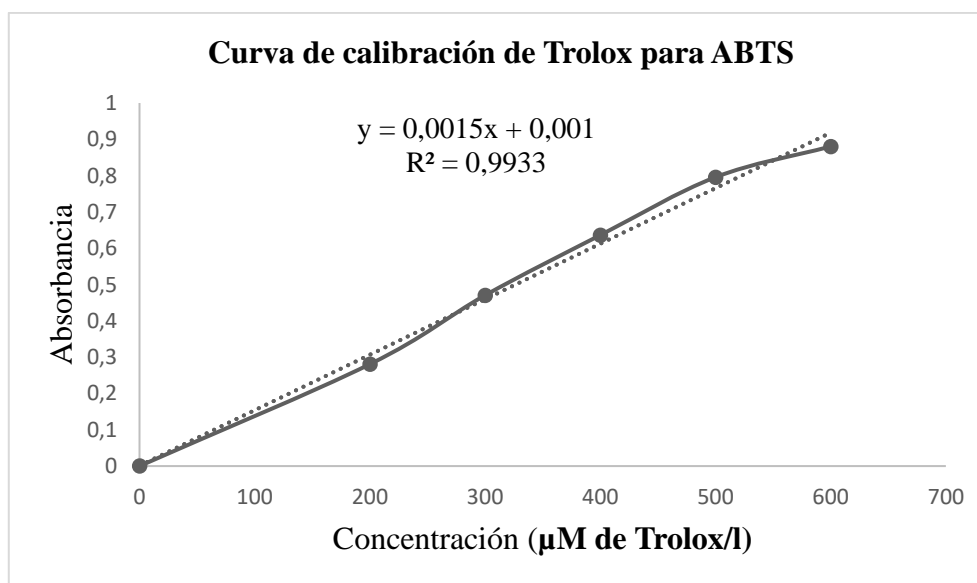
También se preparó la solución madre de ABTS en relación 1:1 reactivo A y reactivo B. Reactivo A: solución de AZBTZ (10 mg de AZBTS en 2.8ml de agua destilada) y reactivo B: solución de persulfato de potasio (6.62mg de $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ en 10ml de agua destilada). La solución madre se preparó en un frasco protegido de la luz y se dejó reaccionar por un tiempo de 16 horas a temperatura ambiente en y en condiciones de oscuridad. A partir de la solución madre se preparó la solución diluida de ABTS que

se empleó en los análisis, diluyendo 3.9ml de solución madre ABTS en 110ml de etanol al 96%.

Se tomó 150µl de cada solución a distinta concentración y se añadió 2850 µl de solución diluida de ABTS en tubos de ensayo. También se elaboró una muestra-blanco, para la cual se tomó 150 µl de metanol al 80% y se añadió 2850 µl de la solución diluida de ABTS. Las muestras fueron mezcladas homogéneamente y se pusieron en reposo en la oscuridad por 10 minutos, se volvió agitar y se esperó otros 10 minutos, finalmente las muestras fueron leídas en el espectrofotómetro UV-VIS marca Evolución modelo 201 calibrado a una absorbancia de 734nm. Las mediciones se realizaron por triplicado. Una vez obtenidos los datos se elaboró la curva de calibración que se empleó, como se indica en la figura 11.

Figura 11

Curva de calibración estándar, empleada para la determinación de actividad antioxidante por el método de ABTS.



Al ser muestras líquidas el jugo natural, el permeado y el retenido se trabajó directamente, no fue necesario hacer una extracción como en las muestras secas.

El procedimiento a seguir en las muestras es el mismo que se empleó, cuando se elaboró la curva de calibración. Para los cálculos primero se hizo una corrección de la absorbancia de las muestras y luego se empleó la ecuación obtenida de la curva de calibración figura 10, y se aplicó la ecuación 7 y 8.

Ecuación 7. *Absorbancia real*

$$Abs\ real = Bl_M - Abs_M \quad (Ec. 7)$$

Ecuación 8. *Capacidad antioxidante ABTS*

$$ABTS = \frac{Abts-b}{a} * \frac{V*FD*100}{PM*1000} \quad (Ec. 8)$$

Donde:

ABTS: Capacidad antioxidante en μg trolox/100g

Abs: Absorbancia

a-b: pendientes de la curva de calibración de trolox y el punto de corte.

V= Volumen total en ml

PM= peso de la muestra seca en g

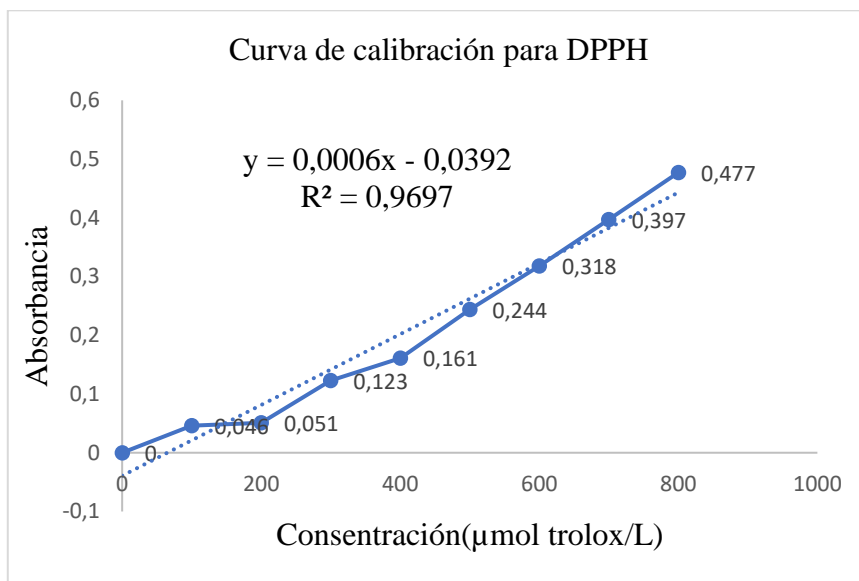
FD= Factor de dilución

2.11.9.2 Método DPPH

Para determinar actividad antioxidante por DPPH se empleó la metodología descrita por Shimada *et al.*, (1992), se elaboró una curva de calibración, primero se preparó la solución patrón (2mg de Trolox en 10ml de metanol al 80%) y luego distintas soluciones de Trolox en un rango de concentraciones que van de 100 a 800 $\mu\text{mol/L}$. Una vez obtenidos los datos se elaboró la curva de calibración, la cual se indica en la figura 12.

Figura 12

Curva de calibración estándar, empleada para la determinación de actividad antioxidante por el método de DPPH.



La solución del radical DPPH, fue preparada con 3.9mg de radical DPPH con 100mL de metanol al 80%. Se agitó de manera vigorosa en un agitador magnético para tener una correcta disolución. Previo al análisis, las muestras se prepararon aforando 2.5mL de muestra a 10mL con agua destilada. Para el análisis se tomó 0.1mL de cada muestra y se le adicionó 2.9 mL de la solución del radical DPPH, se agitó vigorosamente en el

vortex, y se puso mantuvo en la oscuridad por 30 minutos. Luego las muestras fueron leídas en el espectrofotómetro UV-VIS marca Evolución modelo 201 calibrado a una absorbancia de 517nm. Las mediciones se realizaron por triplicado. Para la muestra blanco se colocó 0.15mL de metanol al 80% y se realizó el procedimiento explicado anteriormente. Para los cálculos se hizo una corrección de la absorbancia de las muestras con la ecuación 7 y luego se empleó la ecuación obtenida de la curva de calibración figura 12, y se aplicó en la ecuación 9.

Ecuación 9. *Capacidad antioxidante DPPH*

$$DPPH = \frac{Abts-b}{a} * \frac{V*FD*100}{PM*1000} \quad (\text{Ec. 9})$$

2.11.10 Recuento microbiológico

Para validar el mejor tratamiento y la reducción de microorganismos se realizó recuentos en placas Petrifilm 3M de aerobios, hongos y levaduras del mejor tratamiento para el permeado y el retenido obtenidos del proceso de ultrafiltración, que se contrarresto con un recuento microbiológico realizado en el jugo fresco de naranja.

Se trabajó con dos muestras: la muestra sin dilución y una dilución 10^{-2} .

Para los cultivos de aerobios, hongos y levaduras, en el cual se empleó las muestras sin dilución, se colocó la placa Petrifilm en la cámara de siembra para tener un área estéril se ayudó de un mechero y luz UV. Se levantó la lámina semitransparente superior, se colocó la muestra de manera perpendicular a la placa Petrifilm, con ayuda de una pipeta, 1ml de muestra se vertió en el centro de la película cuadrículada inferior

Se liberó la película superior dejando que caiga sobre la muestra. Se deslizó la película inferior hacia abajo suavemente, evitando el escape de la muestra y el atrapamiento de burbujas de aire.

Con ayuda del dispersador se distribuyó la muestra sobre el área circular, evitando giros y deslizamientos del dispersador. Es importante realizar este paso para distribuir la muestra en forma uniforme, antes de incubar la placa.

Se levantó el dispersor, se rotuló y se procedió a la incubación. El tiempo de incubación fue 72 horas a una temperatura de 30°C.

Para las muestras con dilución se extrajo 1ml de muestra y se la diluyó en 9ml de agua estéril en un frasco, se agito muy bien y se tomó la muestra. La siembra de la muestra se realizó según el procedimiento descrito.

Una vez concluido el tiempo de incubación se procedió al contaje de colonias y reporte de resultados.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización fisicoquímica del jugo de naranja

Se ejecutó la caracterización fisicoquímica del jugo extraído de la naranja, los resultados se presentan en las tablas 10 y 11. El jugo de naranja fresco presentó 10°Brix, densidad 1.052g/ml, acidez titulable 0.96%, turbidez 312 FAU, concentración de sólidos solubles, 0.12g/ml, viscosidad 0.0012Pa*s, capacidad antioxidante 156526.77 y 52113.07 μg Trolox Eq./100ml por el método ABTS Y DPPH respectivamente, fenoles totales 1.86 mg Ac.Gal/100ml y ácido ascórbico 42.64mg/100ml mientras que para el color luminosidad 33,83, cromaticidad 12,48 y un ángulo Hue (tono) 99,25°.

Tabla 10*Parámetros fisicoquímicos y funcionales del jugo de naranja.*

| Parámetro | Promedio ±DE* |
|--|----------------------|
| Sólidos solubles (°Brix) | 10.00 ±1.00 |
| Densidad real (g/ml) | 1.052 ±0.002 |
| Acidez iónica (pH) | 3.4 ±0.1 |
| Acidez titulable (%) | 0.96 ±0.006 |
| Turbidez (FAU) | 312 ±1.0 |
| Sólidos totales (concentración g/ml) | 0.12 ±0.001 |
| Viscosidad (Pa*s) | 0.0012 ±0.001 |
| Antioxidantes ABTS (µg trolox Eq./100ml) | 157377.46 ±0.01 |
| Antioxidantes DPPH (µg trolox Eq./100ml) | 62880.65 ±0.01 |
| Fenoles totales (mg Ac. Gal/100ml) | 18.58 ±0.01 |
| Ácido ascórbico (mg/100ml) | 42.64 ±0.05507571 |

Nota: *desviación estándar 3 repeticiones. FAU=Unidad de Atenuación de Formacina. DE= desviación estándar

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11*Color del jugo de naranja*

| Componentes del Color del jugo natural | |
|---|------------------------|
| Parámetro | Promedio ±D.E.* |
| L | 33.83 ±1.6 |
| C | 12.48 ±1.3 |
| °H | 99.25 ±0.7 |

Nota: *D.E.=desviación estándar (n= 3 repeticiones.). L=luminosidad, C= cromaticidad, °H= ángulo Hue (tono),

Fuente: Elaboración propia

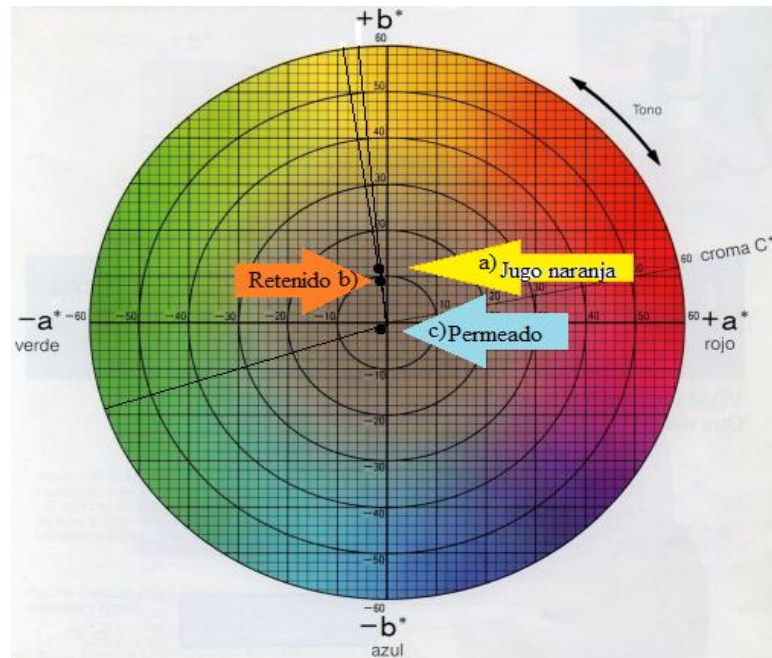
3.2 Caracterización físico química del permeado y retenido.

3.2.1 Efecto de la presión (A) y velocidad de alimentación (B) sobre los componentes del color.

En el método de CIELab, las coordenadas rectangulares corresponde L, a, b , mientras que las coordenadas cilíndricas responden: L, H, C , de acuerdo con Brito y Vázquez (2013) indica que, L , es la luminosidad o claridad, cuando el valor tiende a cero, la pulpa tiende hacer oscura u opaca, si la lectura tiende a cien indica que la pulpa es clara o radiante, “ a ,” es un componente del color verde y rojo, por lo cual si la lectura es positiva indica que el color se enmarca en el tono rojo, mientras tanto que si es negativo posee tonos verdes, b , indica el color entre amarillo y azul; si la lectura es positiva posee un tono amarillo mientras que si es negativa es de tono azul.

Figura 13

*Ubicación del jugo fresco, permeado y retenido en el diagrama de color $L^*a^*b^*$*



Fuente: Elaboración propia

C, es la cromaticidad o el nivel de coloración, haciendo referencia a mayor o menor intensidad, lo que significa que si el valor es alto este posee un color más claro o puro y si es bajo este posee un color oscuro u opaco, °H, es el denominado ángulo Hue que indica el tono de la muestra, la unidad que emplea es el grado sexagesimal, que puede ser representada en el plano cartesiano con los ejes a y b en un intervalo de 0-360°, como se indica en la figura 13, en el cual se encuentran ubicados los referenciales para: el jugo de naranja(a), el retenido(b) y el permeado(c).

En la tabla 11, se indican las coordenadas de los colores del jugo de naranja natural y de los permeados, es evidente el cambio de color. El valor del jugo de naranja es de L=33.83 y en un promedio los permeados L=46.95, lo que indica que los permeados presentan mayor claridad, mientras que para el componente (a) todos los valores incluido el del jugo natural corresponde al eje de coordenadas comprendido entre los tonos verdes y el de (b), para el jugo natural es positivo correspondiendo a un color levemente amarillo, mientras que para los permeados de los diferentes tratamientos el valor “b” fue negativo, correspondiente al tono azul. Para cromaticidad C, el valor más alto corresponde al jugo natural pues este tiene un color amarillo más intenso.

Tabla 12

Componentes del color de los permeados con relación al jugo de naranja sin tratamiento de ultrafiltración.

| Muestra | L | C | °H | a | b |
|---------------------|--------------|-------------|---------------|--------------|--------------|
| Jugo naranja | 33,83 | 12,48 | 99,25 | -2,01 | 12,32 |
| T1P1 | 47,32 | 1,65 | 225,45 | -1,16 | -1,18 |
| T2P1 | 46,26 | 6,42 | 262,97 | -0,79 | -6,37 |
| T3P1 | 48,21 | 8,56 | 268,73 | -0,19 | -8,56 |
| T4P1 | 47,52 | 1,53 | 229,51 | -0,99 | -1,16 |
| T5P2 | 44,81 | 1,15 | 171,54 | -1,14 | 0,17 |
| T6P2 | 45,75 | 0,94 | 154,94 | -0,85 | 0,40 |
| T7P2 | 48,18 | 6,37 | 266,22 | -0,42 | -6,36 |
| T8P2 | 47,52 | 1,53 | 229,51 | -0,99 | -1,16 |
| Promedio | 46,95 | 3,52 | 226,11 | -0,82 | -3,03 |

Nota:L=luminosidad, C= cromaticidad, °H= ángulo Hue (tono), a=componente a, b= componente b, T= Tratamiento, P= permeado.

Fuente: Elaboración propia

La intensidad del color del permeado o jugo clarificado disminuyó después de haber atravesado por la membrana, debido a que los sólidos suspendidos del jugo fresco fueron eliminados completamente en el proceso de ultrafiltración (Mirsaeedghazi *et al.*,2010) y el permeado resultó un líquido transparente con una tonalidad ámbar (Cassano *et al.*,2007). En la tabla 12, se presentan las coordenadas obtenidas del jugo natural con relación al retenido de cada tratamiento, evidenciándose la similitud de color de los retenidos con el jugo natural, por la acumulación de sólidos suspendidos como se puede observar en la figura 13. El retenido presentó una luminosidad de $L=38.58$ superando al jugo natural en un 14.03%, lo cual indica que mantiene la tendencia de un jugo luminoso. Para el componente (a) los retenidos provenientes de los tratamientos presentaron una tonalidad verde y para el componente (b), la lectura positiva indica la tendencia al color amarillo. La cromaticidad del jugo retenido fue casi similar al jugo natural, correspondiente a un color intenso, claro y puro.

Figura 14.

Apariencia del permeado y retenido del jugo de naranja ultrafiltrado.



Fuente: Elaboración propia

El retenido conservó los colores característicos del jugo natural con una mayor intensidad, razón por la cual, esta técnica se podría emplear como una alternativa para reconstituir los jugos que han perdido el color y viscosidad, luego de un proceso térmico. Sin embargo, a pesar de que la calidad microbiológica de los jugos ultrafiltrados es superior al jugo natural, el color de los permeados no agrada totalmente a los consumidores (Castro *et al.*,2010).

Tabla 12.

Componentes del color de los retenidos con relación al jugo de naranja sin tratamiento de ultrafiltración.

| Muestra | L | C | °H | a | b |
|-----------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|
| Jugo | | | | | |
| naranja | 33.83 | 12.48 | 99.25 | -2.01 | 12.32 |
| T1R1 | 39.700 | 16.62 | 106.680 | -4.77 | 15.92 |
| T2R1 | 37.77 | 11.55 | 105.43 | -3.07 | 11.13 |
| T3R1 | 38.95 | 13.31 | 108.33 | -4.19 | 12.63 |
| T4R1 | 37.85 | 9.95 | 102.71 | -2.19 | 9.71 |
| T5R2 | 39.67 | 10.19 | 102 | -2.12 | 9.97 |
| T6R2 | 37.77 | 9.06 | 94.1 | -0.65 | 9.04 |
| T7R2 | 39.04 | 10.44 | 100.2 | -1.85 | 10.28 |
| T8R2 | 37.85 | 9.95 | 102.71 | -2.19 | 9.71 |
| Promedio | 38.57 | 11.38 | 102.77 | -2.628 | 11.04 |

Nota:L=luminosidad, C= cromaticidad, °H= ángulo Hue (tono), a=componente a, b= componente b, T= Tratamiento, R= retenido.

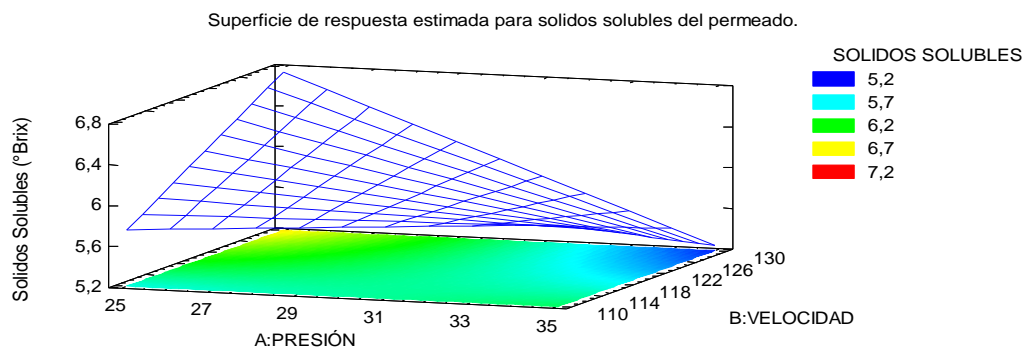
Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Efecto de la presión(A) y velocidad de alimentación (B) sobre sólidos solubles.

Para los sólidos solubles del permeado y retenido, los resultados obtenidos se analizaron mediante análisis 2^k y se usaron los coeficientes del modelo para los niveles de significancia. El Análisis de varianza para los sólidos solubles del permeado (Tabla

15, Anexo 1), permite visualizar los efectos lineales de interacción y cuadráticos de cada variable independiente. Se observó un efecto significativo de la variable lineal presión de trabajo(A) ($p_A=0.0447^*$). y de la interacción del factor A con el factor B (AB) ($p_{AB}=0.0156^*$) y no hubo significancia estadística de la variable lineal velocidad de alimentación (B), sobre el contenido de sólidos solubles. Mientras que, para el retenido, tabla 16 (Anexo 1), no se determinó un efecto significativo de la variable lineal presión de trabajo(A) y de la variable lineal velocidad de alimentación(B) o de la interacción entre variables sobre los sólidos solubles.

a)



b)

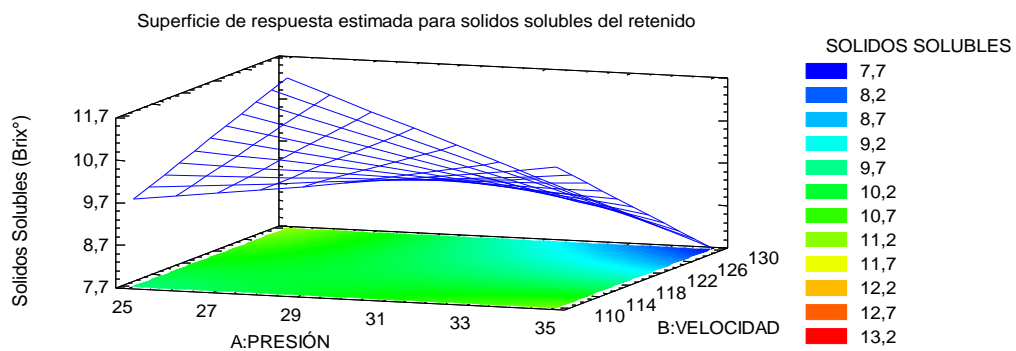


Figura 15

Superficie de respuesta del contenido de sólidos solubles en función de la presión de trabajo (Bar) y la velocidad de alimentación (Hz) para a) permeado y b) retenido.

Fuente: Elaboración propia

Los efectos de las variables independientes sobre el contenido de sólidos solubles del retenido se muestran en la figura 15(a), con la finalidad de minimizar el contenido. Se evidencia que el contenido de sólidos solubles disminuye con el incremento de la presión y la velocidad de alimentación; mientras que los sólidos solubles del retenido figura 15 (b) presentan un alto nivel de extracción en las diferentes presiones a una baja velocidad de alimentación

En las frutas principalmente los sólidos solubles son azúcares, ácidos orgánicos, vitaminas y pigmentos (Brito & Vásquez, 2013) y por efecto de la ultrafiltración estos componentes disminuyen, lo cual concuerda con lo indicado por Urošević *et al.*, (2017), quienes señalan que el permeado presenta un bajo contenido de azúcares como resultado de la ultrafiltración, la reducción puede ir en un rango de 5-6% (Abd-Razak *et al.*,2019) mientras que en el retenido los sólidos solubles se elevan, no en su totalidad pues parte de estos quedan retenidos en las membrana de filtración por el efecto de colmatación.

En esta investigación se determinó una reducción promedio de los sólidos solubles en el orden del 40.63% en los jugos clarificados obtenidos a partir del jugo fresco de naranja, el cual inicialmente presentó 10°Brix (Cobell,2016). Estos resultados son opuestos a los obtenidos por Galaverna *et al.*, (2007), quienes indicaron que en el proceso de la ultrafiltración hay una retención de microorganismos y moléculas de gran tamaño (lípidos, proteínas y coloides), mientras aumenta la fluidez de los solutos pequeños como: vitaminas, sales y azúcares de manera conjunta con el agua.

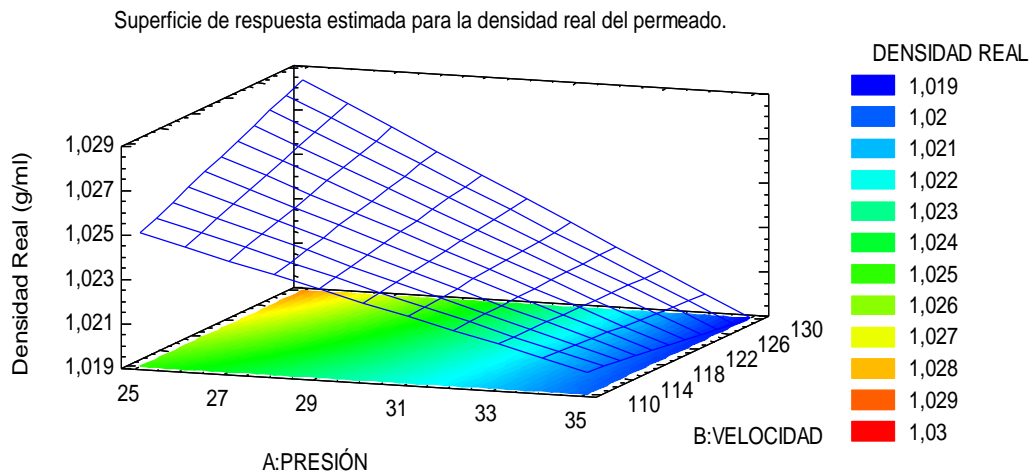
En esta investigación se evidenció reducción de sólidos solubles dentro de los cuales están los azúcares en el permeado y un incremento de sólidos solubles del 3.57% en el retenido lo cual interfiere en la medición del índice de refracción (Cassano *et al.*2007).

3.2.3 Efecto de la presión(A) y velocidad de alimentación (B) sobre la densidad real.

Para la densidad real, los resultados obtenidos del permeado y retenido se analizaron mediante análisis 2^k y se usaron los coeficientes del modelo para los niveles de significancia. En la tabla 17 (Anexo 1) que corresponde al Anova del permeado y del retenido, se visualizan los efectos lineales de interacción y cuadráticos de cada variable independiente. Se observó que no existe un efecto significativo de la variable lineal presión de trabajo(A) y de la variable lineal velocidad de alimentación(B) o de la interacción entre variables sobre la densidad real. En este caso, a la ausencia de efecto correspondió un valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

En la tabla 18 que corresponde al Anova del retenido, se observa un efecto significativo en la interacción del factor A con el factor B (AB) ($p_{AB}=0.0106^*$) y no se determinó significancia estadística de la variable lineal presión de trabajo(A) y de la variable lineal velocidad de alimentación (B), sobre la densidad real.

a)



b)

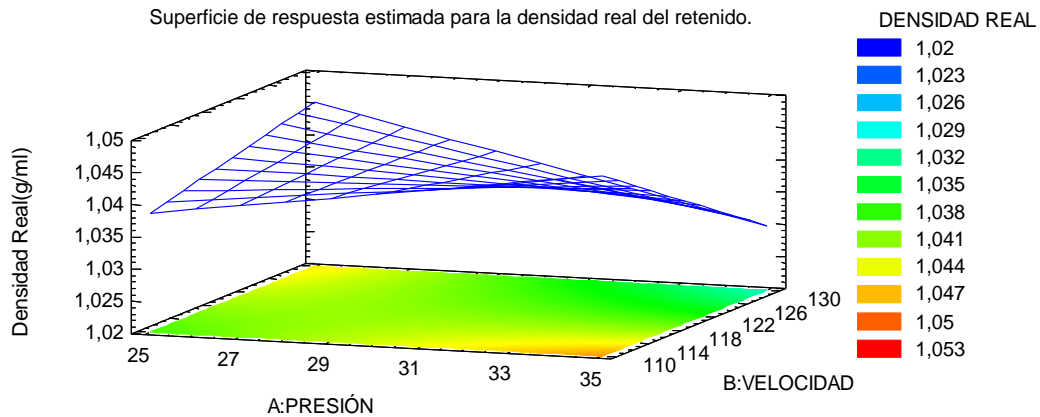


Figura 16

Superficie de respuesta de la densidad real en función de la presión de trabajo (Bar) y la velocidad de alimentación (Hz) para a) permeado y b) retenido.

Fuente: Elaboración propia

Los efectos de las variables independientes sobre la densidad real se muestran en la figura 16(a), para el permeado en cual la densidad real disminuye con el incremento de la presión en todo el rango de velocidad de alimentación, lo cual se debe a que los sólidos se quedan retenidos en la membrana de ultrafiltración formando una capa de ensuciamiento por la combinación de partículas suspendidas e impurezas macromoleculares adsorbidas o conformando el retenido resultante por lo cual existe una notable disminución de la densidad real en el jugo permeado, estos resultados concuerdan con lo manifestado por Cassano *et al.*, (2007), quienes señalan que la disminución de sólidos en suspensión en el jugo clarificado (permeado) se debe a la concentración de ellos en el retenido del proceso de ultrafiltración.

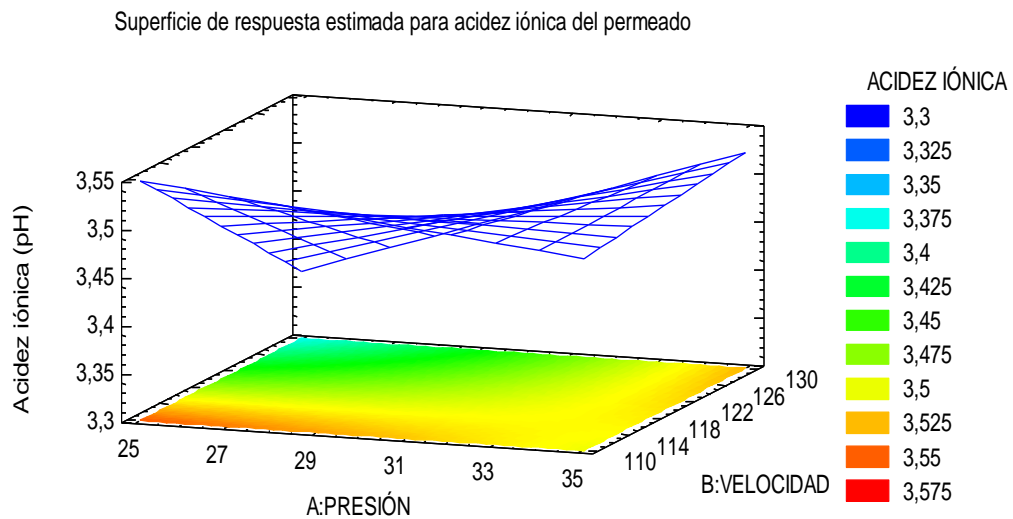
En la investigación realizada hubo una reducción promedio de la densidad real del 2.74% en los jugos clarificados en relación al jugo fresco de naranja. Mientras, para los retenidos en la figura 16 (b), existe un ligero incremento, pues estos se mantienen

altos, por efecto de la presión baja e intermedia y en velocidad de alimentación alta; mientras que al aplicar presión alta y velocidad baja existe mejor retención generando una densidad alta. Las condiciones óptimas para maximizar la densidad en los retenidos es aplicar 35 Bar de presión y 110(Hz) de velocidad de alimentación.

3.2.4 Efecto de la presión(A) y velocidad de alimentación (B) sobre la acidez iónica

Para la acidez iónica del permeado y retenido, los resultados obtenidos se analizaron mediante análisis 2^k y se usaron los coeficientes del modelo para los niveles de significancia. En las tablas 19 y 20 que corresponde al Anova del permeado y retenido respectivamente, se visualizan los efectos lineales de interacción y cuadráticos de cada variable independiente. Se observó que no existe un efecto significativo de la variable lineal presión de trabajo(A), de la variable lineal velocidad de alimentación (B) y de la interacción entre variables sobre la densidad real, pues en este caso, la ausencia de efectos corresponde a un valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0% para el permeado y retenido.

a)



b)

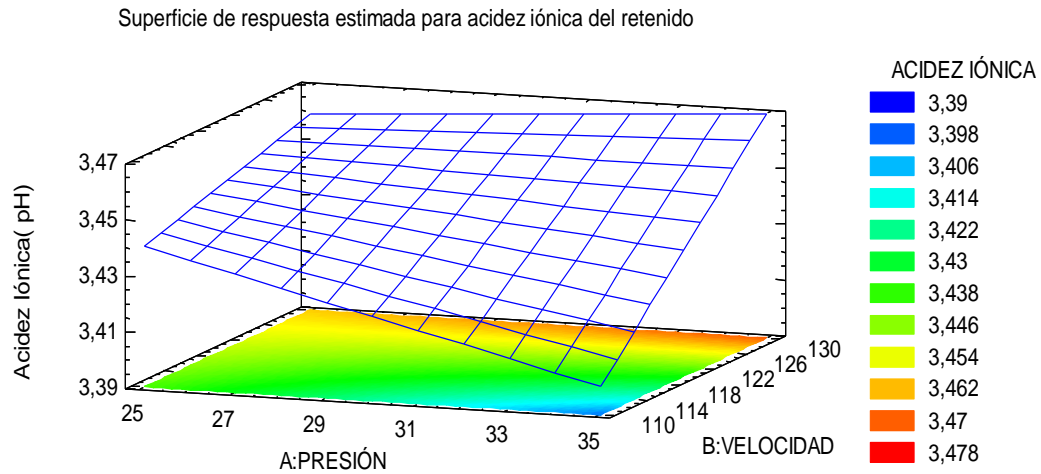


Figura 17

Superficie de respuesta de la acidez iónica en función de la presión de trabajo (Bar) y la velocidad de alimentación (Hz) para a) permeado y b) retenido.

Fuente: Elaboración propia

Los efectos de las variables independientes sobre la acidez iónica se muestran en la figura 17, se muestra que para el retenido figura 17(a), se mantiene estable la acidez iónica con el incremento de la presión y la velocidad de alimentación, por lo tanto, este parámetro aumenta al aplicar baja presión y baja velocidad de alimentación. Mientras que, para el permeado, figura 17 (b), se consigue una baja acidez iónica a una presión alta y a una velocidad de alimentación baja.

El jugo de la naranja es característico por su sabor ácido debido a la alta cantidad de iones de hidrogeno, con un pH bajo. En el estudio, los valores de la acidez iónica (pH) se mantuvieron en un rango de 3.3 a 3.5 para los jugos permeados o clarificados y para el retenido, valores muy similares al jugo fresco pH 3.4 (Abd-Razak, *et al*,2019), manteniéndose dentro de la escala de pH 3, característico de las frutas cítricas. Hours *et al.*, 2005, en su caracterización del jugo de naranja variedad “valencia” obtuvieron valores de pH 3.40 ± 0.18 , sin cambios significativos por efecto de las variables independientes en la ultrafiltración; lo cual concuerda con los resultados presentados

por Hernandez *et al.*,(1995) quienes obtuvieron valores de pH similares para el jugo fresco de naranja (3.20) y el permeado (3,21).El pH es un parámetro de control pues en el almacenamiento o conservación, el incremento es un indicador que hay un crecimiento de microorganismos que pueden ocasionar fermentaciones (Brito y Vasquez,2013).

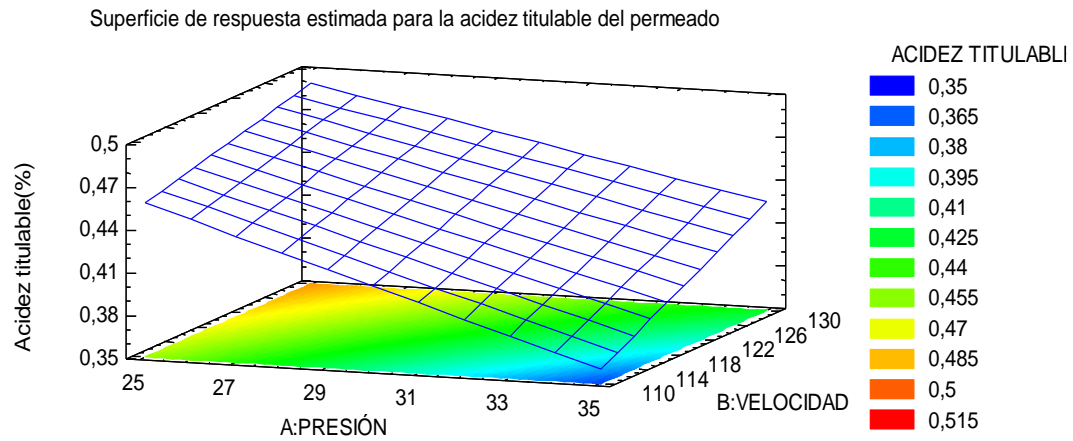
La acidez iónica está vinculada estrechamente con el sabor de los jugos cítricos, pues los iones H⁺ libres son aquellos que interactúan con las papilas gustativas de la lengua (Segurondo *et el*,2013). Cuando este parámetro no varía con respecto al jugo natural y fresco, significa un breve efecto del tratamiento o proceso aplicado.

3.2.5 Efecto de la presión(A) y velocidad de alimentación (B) sobre la acidez titulable.

Para la acidez titulable del permeado y retenido, los resultados obtenidos se analizaron mediante análisis 2^k y se usaron los coeficientes del modelo para los niveles de significancia. En la tabla 21 (Anexo1) del Anova correspondiente al permeado, se visualizan los efectos lineales de interacción y cuadráticos de cada variable independiente. Se observó un efecto significativo de la variable lineal presión de trabajo(A) ($pA=0.0346^*$). y no hubo significancia de la variable lineal velocidad de alimentación (B), así como de la interacción del factor A con el factor B (AB) sobre la acidez titulable. La tabla 22, presenta un efecto no significativo de los factores sobre la acidez titulable del retenido.

Los efectos de las variables independientes sobre la acidez titulable se muestran en la figura 18. Para los permeados (a) que una menor presión provocó un aumento de la acidez titulable y menor velocidad de alimentación facilitó el descenso de la acidez titulable, mientras que para los retenidos una acidez menor (0.48%) se consigue con una presión baja y una velocidad de alimentación alta. La reducción de la acidez es proporcional al incremento de presión y velocidad de alimentación.

a)



b)

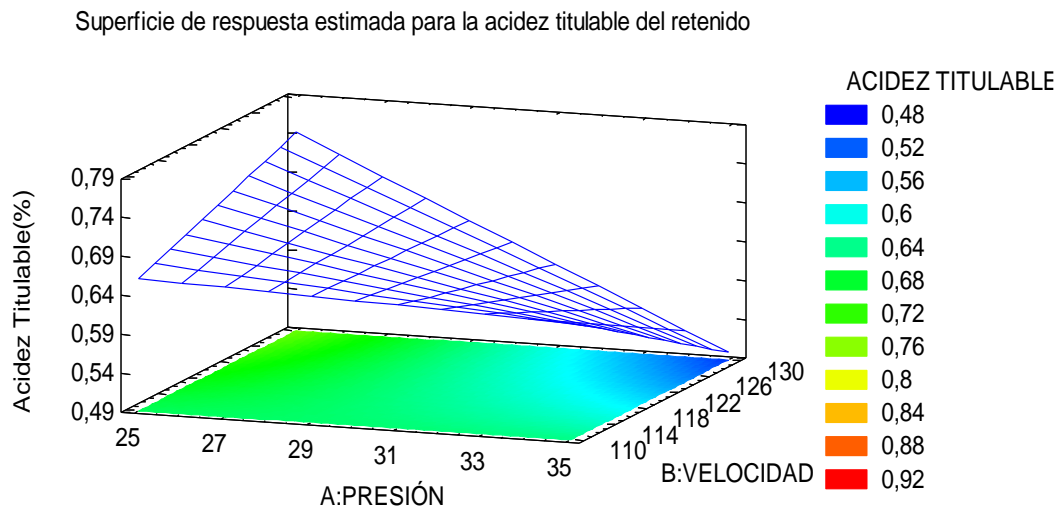


Figura 18

Superficie de respuesta de la acidez titulable en función de la presión de trabajo (Bar) y la velocidad de alimentación (Hz) para a) permeado y b) retenido.

Fuente: Elaboración propia

La acidez en el jugo de naranja natural es del 0.96%, datos que concuerdan con los resultados obtenidos de Rodríguez *et al.*, (2020), quien obtuvo $0.85 \pm 0.08\%$, mientras que para los permeados es 0.43% y para los retenidos 0.68%, determinándose una

reducción considerable en el jugo permeado. Al respecto en la norma NTE INEN 2 337:2008, no se establecen parámetros mínimos o máximos para la acidez titulable de jugos de frutas naturales, pero se debe considerar que este es un parámetro importante puesto que mide el número total de hidrógenos de los ácidos ya sea que se encuentren en forma libre en la solución como iones H^+ o sin disociar (Segurondo *et al.*,2013), indicando el grado de acidez del jugo.

El interés en este parámetro radica en su relación con la composición de ácidos orgánicos de los jugos y su influencia en las propiedades sensoriales de los mismos (Schwab *et al.*,2013), en algunos casos los cambios bruscos, en especial en las frutas cítricas podría traer como consecuencia un rechazo del consumidor (Castro *et al.*,2010).

3.2.6 Efecto de la presión(A) y velocidad de alimentación (B) sobre la turbidez

Para la turbidez del permeado, los resultados obtenidos no se pudieron analizar mediante análisis 2^k , puesto que todos los valores obtenidos son iguales a 10 FAU para las muestras de permeado, esta unidad de medida expresada en unidades de atenuación de formacina son empleadas para determinar la turbidez en agua. Los resultados obtenidos concuerdan con lo mencionado por Hernández *et al.*,(1995) quien afirma que el proceso de ultrafiltración del zumo de naranja reduce la pulpa y casi en su totalidad la pectina del jugo, lo que permite que el jugo obtenido (permeado), tenga una baja turbidez inferior al agua que se encuentra entre 40-4000FAU, según la norma NTE-ISO7027:2013-09. En el permeado experimental se determinó un incremento de la transparencia por reducción de la materia no disuelta que se encuentra suspendida; al respecto Abadio *et al.*, (2000) menciona que la turbidez en la clarificación de jugos sufre una reducción acentuada con un aumento de luminosidad en el color del permeado.

En el proceso de ultrafiltración del jugo de naranja hubo una reducción de la turbidez promedio del 96.79% en los jugos clarificados obtenidos, lo que concuerda con los resultados de Forero y Veléz (2013), que muestran una reducción significativa de la

turbidez, permitiendo que el jugo sea más claro, y traslucido, sin la presencia de partículas suspendidas, categoría de producto que se enmarca en la norma NTE INEN 2337:2008-12 para jugos de frutas e indica que éstos pueden ser turbios, claros o clarificados con las características sensoriales propias de la fruta de la cual procede y no establece un rango mínimo o máximo de turbidez para cada tipo.

Para la turbidez del retenido, los resultados obtenidos se analizaron mediante análisis 2^k y se usaron los coeficientes del modelo para los niveles de significancia. En la tabla 23 de Anova, se visualizan los efectos lineales de interacción y cuadráticos de cada variable independiente. Se observó que no existe un efecto significativo de la variable lineal presión de trabajo (A), de la variable lineal velocidad de alimentación (B) y de la interacción entre variables sobre la turbidez, pues en este caso, los efectos tienen un valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero, con un nivel de confianza del 95.0%.

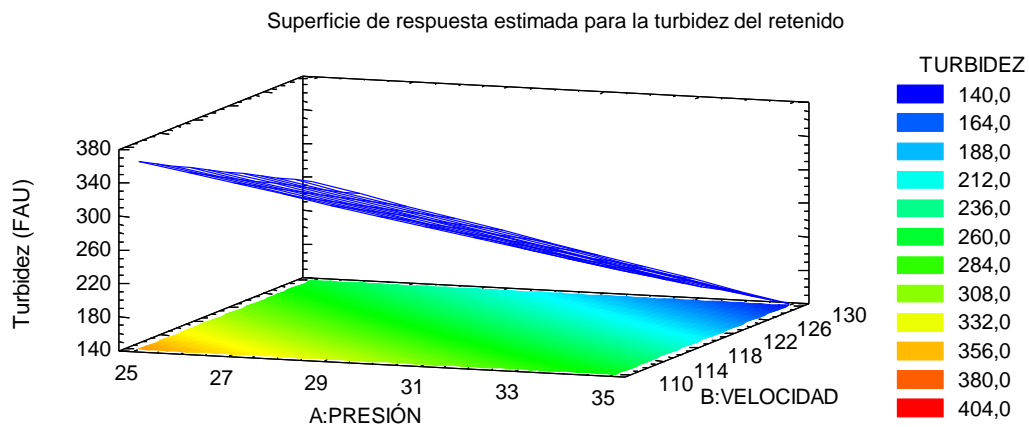


Figura 19

Superficie de respuesta de la turbidez en función de la presión de trabajo (Bar) y la velocidad de alimentación (Hz) para el retenido.

Fuente: Elaboración propia

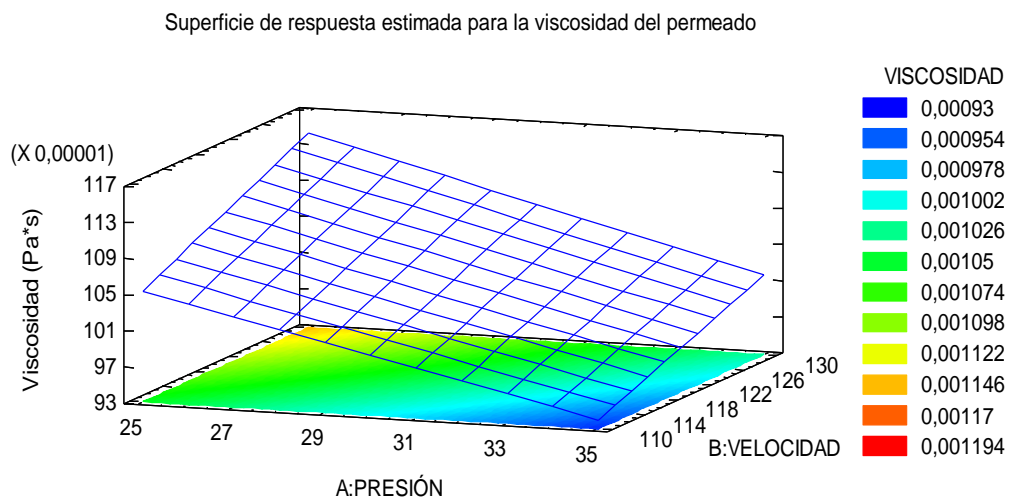
Los efectos de las variables independientes sobre la turbidez de los retenidos se reducen conforme aumenta la presión y velocidad de alimentación, como se observa en la figura 19, se produce un incremento de la turbidez final del retenido, el permeado pierde

compuestos y el retenido acumula solutos suspendidos (Forero y Veléz,2013). Las condiciones óptimas para minimizar la turbidez de los permeados es una presión de 35 Bar y una velocidad de alimentación de 130 Hz.

3.2.7 Efecto de la presión(A) y velocidad de alimentación(B) sobre la viscosidad.

Para la viscosidad de los permeados y retenidos, los resultados obtenidos se analizaron mediante análisis 2^k y se usaron los coeficientes del modelo para los niveles de significancia. En la tabla 24 (Anexo1) del Anova correspondiente al permeado y en la tabla 25(Anexo 1) del Anova correspondiente al retenido, se visualizan los efectos lineales de interacción y cuadráticos de cada variable independiente. Se observó que no existe un efecto significativo de la variable lineal presión de trabajo(A) y de la variable lineal velocidad de alimentación (B) o de la interacción entre variables sobre la viscosidad, pues en este caso, los efectos tienen una valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0% para ambos casos.

a)



b)

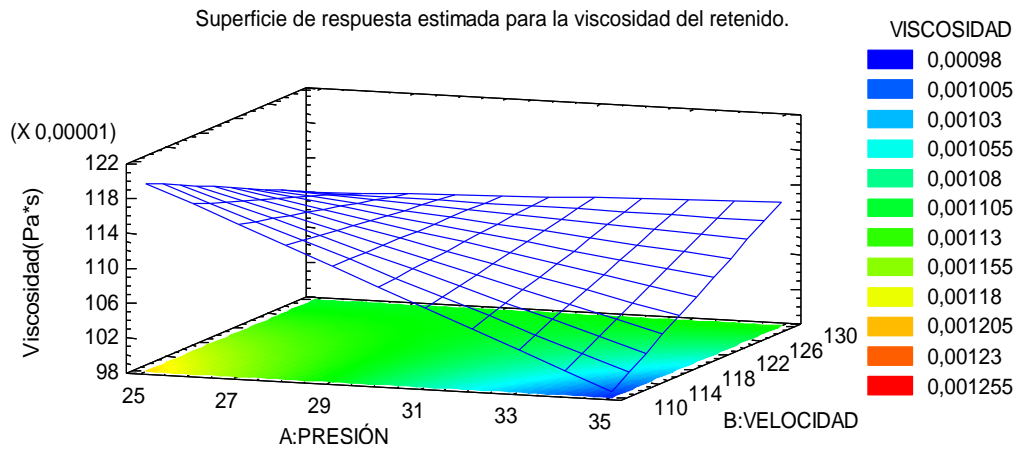


Figura 20

Superficie de respuesta de la viscosidad en función de la presión de trabajo (Bar) y la velocidad de alimentación (Hz) para a) permeado y b) retenido.

Fuente: Elaboración propia

Los efectos de las variables independientes sobre la viscosidad del permeado se muestran en la figura 20 (a), a una presión alta y una velocidad de una viscosidad baja, este comportamiento concuerda con lo manifestado por Hernández *et al.*, (1995), quienes indican que la viscosidad del jugo natural de naranja sometido a ultrafiltración, cambia por la reducción de sólidos solubles suspendidos y la pectina, lo cual facilita el alimentación del jugo permeado, pues se reduce apreciablemente, acercándose a la viscosidad del agua (Forero & Vélez, 2013).

En el proceso de ultrafiltración del jugo de naranja hubo una reducción de la viscosidad promedio del 17.91% en los jugos clarificados obtenidos. Mientras que, para los retenidos (figura 20 b), hay incremento de la viscosidad, por la acumulación de los sólidos solubles suspendidos. Para reducir esta variable que es lo que se busca para mejorar las características del permeado las condiciones óptimas son una presión de 35(Bar) a una velocidad de alimentación de 110 Hz.

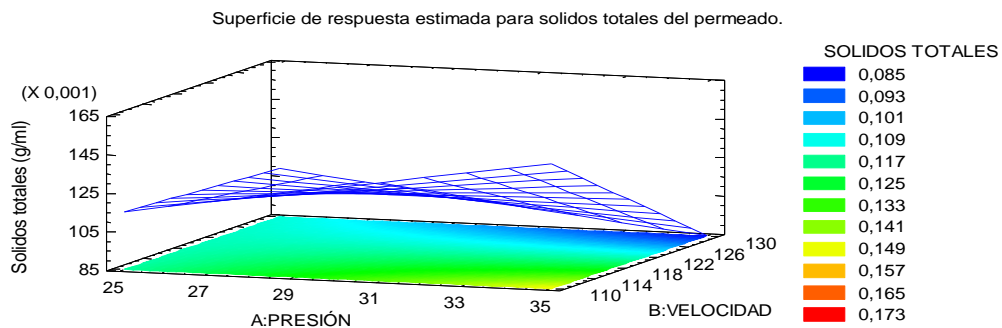
3.2.8 Efecto de la presión(A) y velocidad de alimentación (B) sobre los sólidos totales.

Para los sólidos totales de los permeados y retenidos, los resultados obtenidos se analizaron mediante análisis 2^k y se usaron los coeficientes del modelo para los niveles de significancia. En la tabla 26 que corresponde al Anova del permeado y la tabla 27 que corresponde al retenido, se visualizan los efectos lineales de interacción y cuadráticos de cada variable independiente; no existe un efecto significativo de la variable lineal presión de trabajo(A) y de la variable lineal velocidad de alimentación(B) o de la interacción entre variables sobre los sólidos totales pues en este caso, cero efectos tienen un valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

Los efectos de las variables independientes sobre los sólidos totales se muestran en la figura 21 (a) y (b), se observa, a mayor presión con un incremento de la velocidad de alimentación, los sólidos totales se reducen, debido a que en el proceso de ultrafiltración, los sólidos se encuentran retenidos, lo cual concuerda con lo mencionado por Hernández *et al.*, (1995), afirma que en la ultrafiltración del jugo de naranja se produce una eliminación de sólidos en suspensión, reduciéndose en los permeados e incrementándose en los retenidos (Forero&Vélez,2013).

Las condiciones óptimas para que el contenido se pueda maximizar en el retenido es aplicar una presión de 35(Bar), una velocidad de alimentación de 110(Hz), pues se busca mejorar las características del permeado.

a)



b)

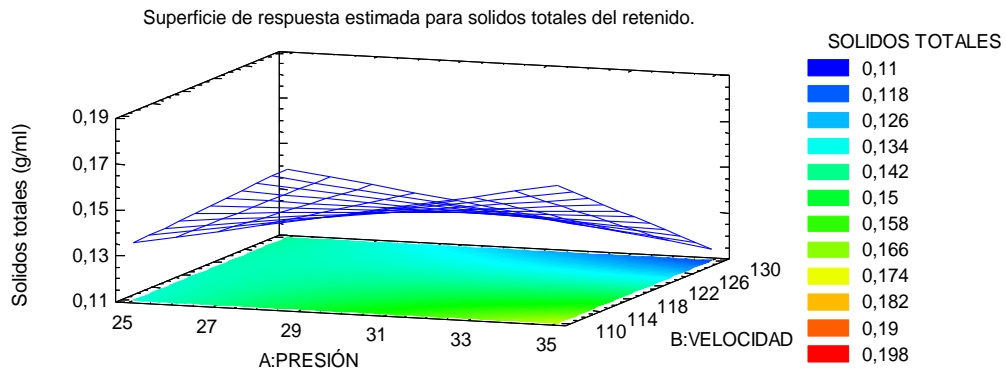


Figura 21

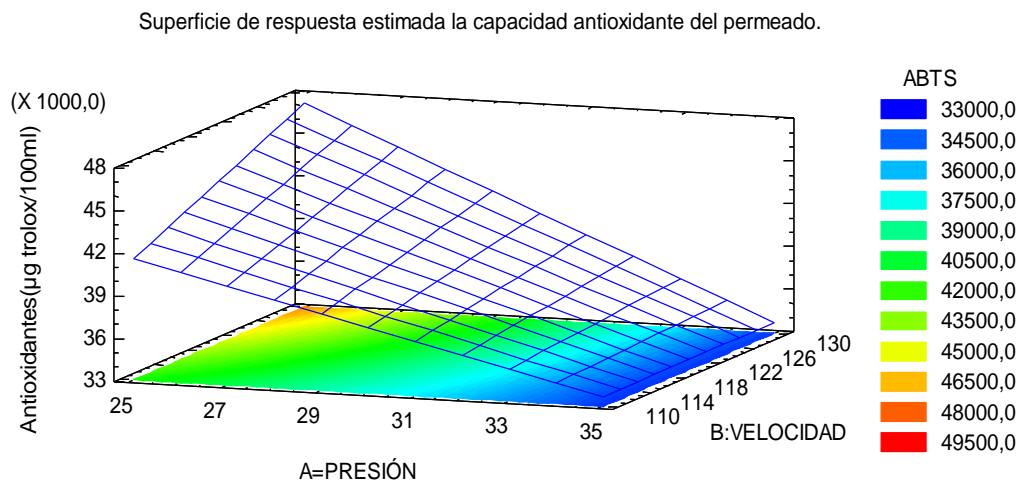
Superficie de respuesta del contenido de solidos totales en función de la presión de trabajo (Bar) y la velocidad de alimentación (Hz) para a) permeado y b) retenido.

Fuente: Elaboración propia

3.2.9 Efecto de la presión(A) y velocidad de alimentación (B) sobre la capacidad antioxidante por el método ABTS.

Para la capacidad antioxidante (ABTS) para el permeado y el retenido, los resultados obtenidos se analizaron mediante análisis 2^k y se usaron los coeficientes del modelo para los niveles de significancia. En la tabla 28(Anexo1) del Anova del permeado y la tabla 29 del Anova del retenido (Anexo1), se visualizan los efectos lineales de interacción y cuadráticos de cada variable independiente. Se observó que no existe un efecto significativo de la variable lineal presión de trabajo(A), de la variable lineal velocidad de alimentación (B) y de la interacción entre variables sobre los antioxidantes del permeado o retenido, pues en este caso, los efectos tienen un valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

a)



b)

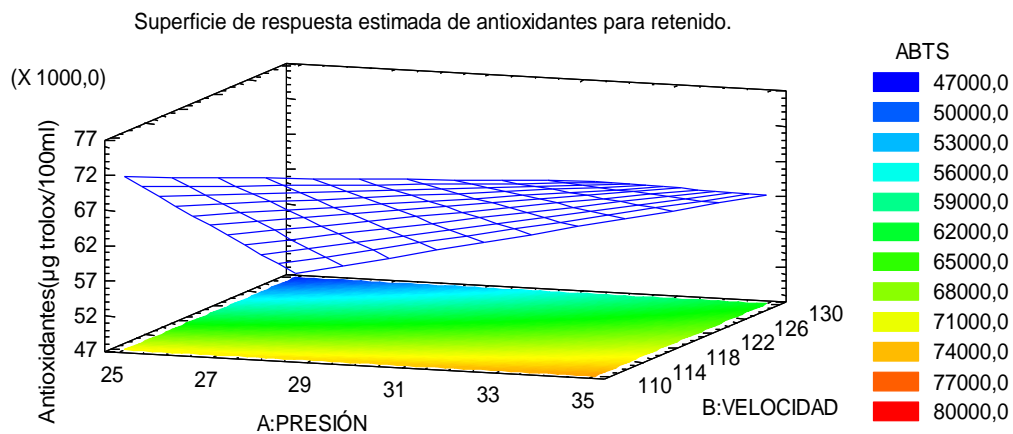


Figura 22

Superficie de respuesta de la capacidad antioxidante en función de la presión de trabajo (Bar) y la velocidad de alimentación (Hz) para a) permeado y b) retenido.

Fuente: Elaboración propia

Los efectos de las variables independientes sobre la capacidad antioxidante se muestran en la figura 22. En la figura 22(a), se observa que disminuyó la capacidad antioxidante en el permeado a medida que se incrementó la presión, pero es independiente de la velocidad de alimentación. Para maximizar la capacidad antioxidante las condiciones

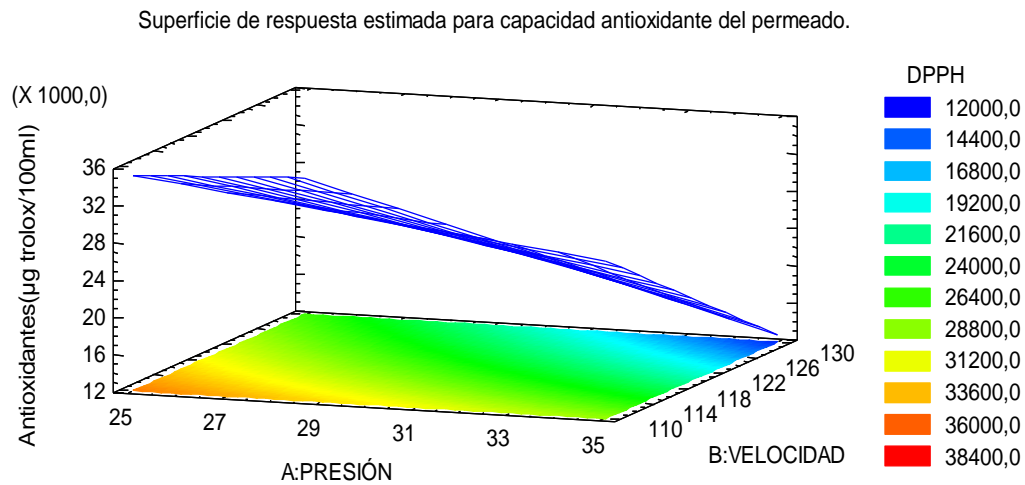
óptimas fueron presión de 25Bar y velocidad de alimentación de 130(Hz), y para el retenido (figura 22b), al aplicar estas condiciones se tendrá una menor capacidad antioxidante, pues estos atravesarán la membrana para concentrarse en el permeado.

La capacidad antioxidante obtenida por el método de ABTS no varió en forma significativa en el jugo natural en estado fresco y el permeado lo cual armoniza con lo señalado por Cassano *et al.*,(2007) quien en su investigación presentó una baja reducción (1.5%) de la capacidad antioxidante del permeado con respecto al jugo fresco de la naranja roja, empleando el método de decoloración ABTS. Galaverna *et al.*, (2007) también reportaron valores similares de capacidad antioxidante en el permeado y el jugo fresco.

3.2.10 Efecto de la presión(A) y velocidad de alimentación (B) sobre la capacidad antioxidante por el método DPPH.

Para la capacidad antioxidante de los permeados y de los retenidos por el método de DPPH, los resultados obtenidos se analizaron mediante análisis 2^k y se usaron los coeficientes del modelo para los niveles de significancia. En las tablas 30 y 31 que corresponde al Anova del permeado y retenido, respectivamente, se visualizan los efectos lineales de interacción y cuadráticos de cada variable independiente. No se determinó un efecto significativo de la variable lineal presión de trabajo(A), de la variable lineal velocidad de alimentación(B) y de la interacción entre variables sobre los antioxidantes pues en este caso, los efectos tienen una valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

a)



b)

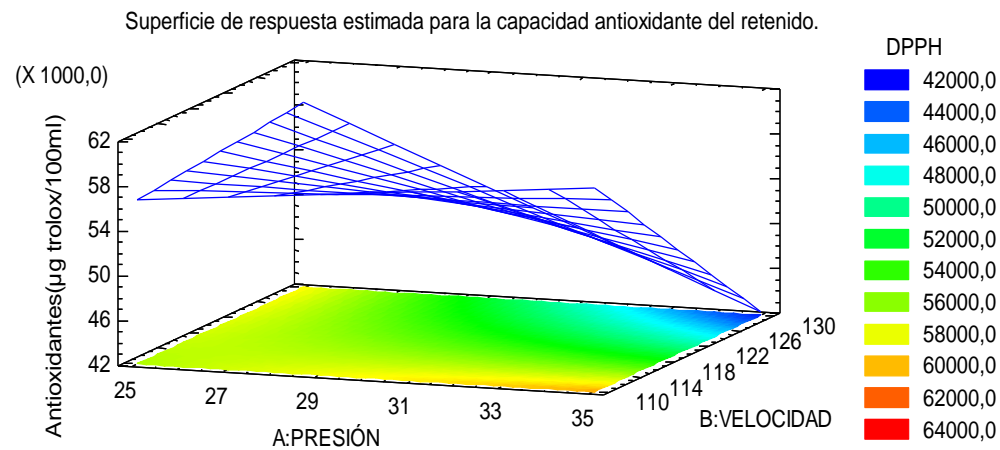


Figura 23.

Superficie de respuesta de la capacidad antioxidante en función de la presión de trabajo (Bar) y la velocidad de alimentación (Hz) para a) permeado y b) retenido.

Fuente: Elaboración propia

Los efectos de las variables independientes sobre la capacidad antioxidante se muestran en la figura 23(a), en donde se puede observar que la capacidad antioxidante disminuye en el permeado a medida que se incrementó la presión y la velocidad de alimentación,

para poder maximizar la capacidad antioxidante, las condiciones óptimas fueron una presión de 25Bar y velocidad de alimentación 110(Hz) en la figura 23(b), se observa que la capacidad antioxidante se reduce con el incremento de la presión y velocidad de alimentación.

La capacidad antioxidante obtenida para el permeado por el método de DPPH reveló que hubo un descenso con respecto al jugo fresco, lo cual concuerda con lo mencionado por Abd-Razak *et al.*, (2019), quienes analizaron los retenidos en las membranas de ultrafiltración de distintos materiales (fluoro polímero, celulosa regenerada y polietersulfona) y determinaron una retención de los antioxidantes entre 10-23%, resultado en el que consideraron el material la membrana y las características como la carga superficial, la rugosidad en la superficie y la relación de incrustante-membrana.

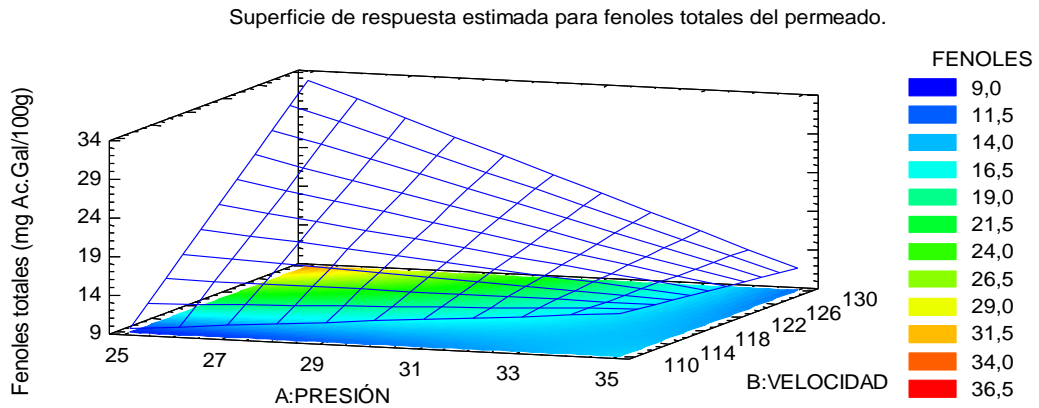
3.2.11 Efecto de la presión(A) y velocidad de alimentación (B) sobre el contenido de compuestos fenólicos.

Para el contenido de fenoles totales en los permeados y retenidos, los resultados obtenidos se analizaron mediante análisis 2^k y se usaron los coeficientes del modelo para los niveles de significancia. En las tablas 32 y 33 (Anexo1) que corresponde al Anova, se visualizan los efectos lineales de interacción y cuadráticos de cada variable independiente. No se determinó un efecto significativo de la variable lineal presión de trabajo(A), velocidad de alimentación (B) y de la interacción entre variables sobre los fenoles pues en este caso, los efectos tienen un valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

Los efectos de las variables independientes sobre el contenido de compuestos fenoles se muestran en la figura 24. En la figura 24(a), se evidencia que estos compuestos se concentran en el permeado a una baja presión y velocidad de alimentación. A medida que se incrementó la presión y la velocidad de alimentación estos bajaron parcialmente, pues se acumulan en el retenido figura 24(b), para maximizar el contenido de fenoles

totales las condiciones óptimas de presión fueron 25(Bar) y velocidad de alimentación 130(Hz).

a)



b)

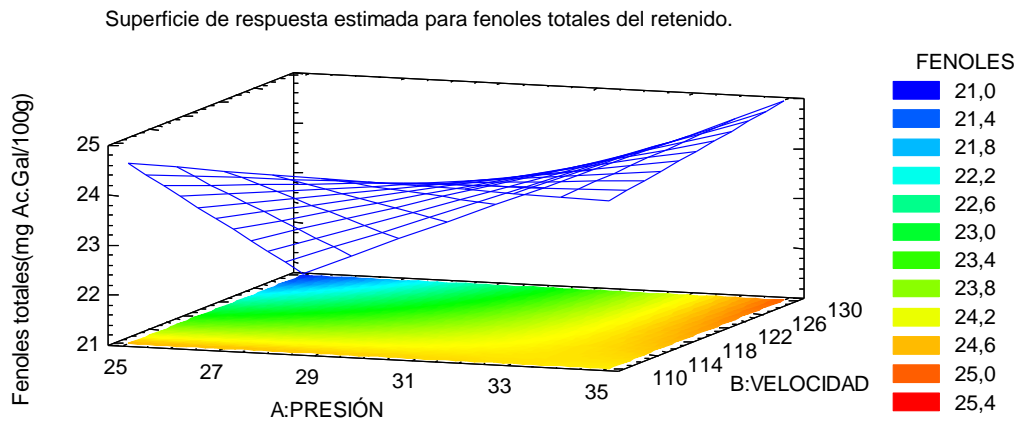


Figura 24

.Superficie de respuesta del contenido de compuestos fenoles en función de la presión de trabajo (Bar) y la velocidad de alimentación (Hz) para a) permeado y b) retenido.

Fuente: Elaboración propia

La naranja en su composición, posee una fracción hidrofílica compuesta de vitamina C y de compuestos fenólicos como los ácidos hidroxicinámicos entre los cuales se encuentran: el ácido ferúlico, el ácido ρ -cumárico, el ácido sinápico y el ácido caféico, además posee flavonoides glicosilados principalmente las flavanonas tales como: la hesperidina y la narirutina (Moreno *et al.*,2014).

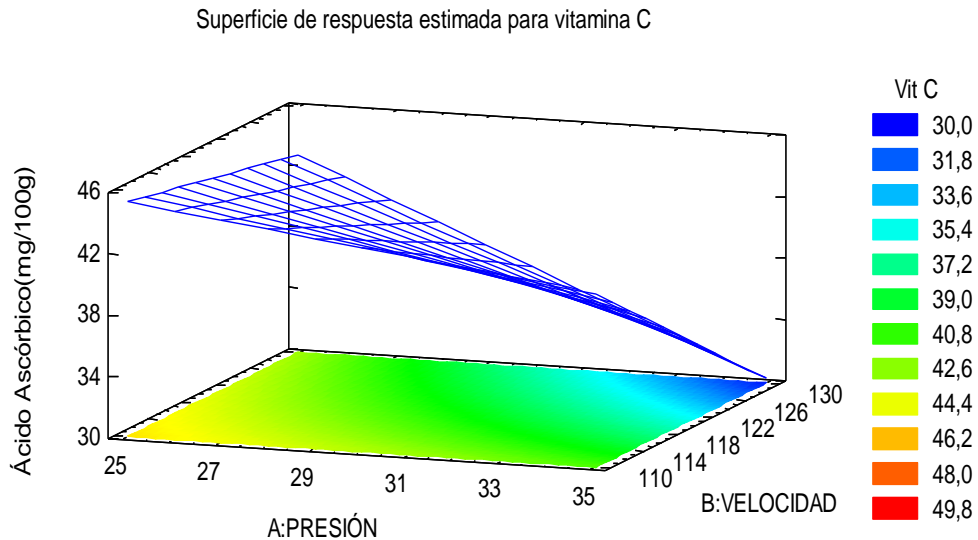
Los compuestos fenólicos aportan a la actividad antioxidante que posee el jugo de naranja (Abd-Razak *et al.*, 2019), la mayor cantidad se encuentra presente en la cáscara o piel, pues se asocia con los bioactivos que conforman parte de sistema de defensa del fruto (Corbino y Arroyo, 2021). Los compuestos fenólicos obtenidos en el jugo permeado, indicaron que hubo una leve reducción con relación al jugo natural lo cual revela que los compuestos fenólicos se recuperan en el jugo clarificado que se obtiene del tratamiento de ultrafiltración (UF), en el que se han eliminado los sólidos en suspensión principalmente la pectina y se registró valores bajos de rechazo (retenido) en la membrana en un rango entre 0.4-6.9% (Destani *et al.*,2013), la retención se produjo por la colmatación de lo que puede afectar la rentabilidad del proceso al retener polisacáridos y polifenoles, en este caso el principal problema es la irreversibilidad de la colmatación como consecuencia de las interacciones fisicoquímicas de los componentes y las impurezas de la membrana (Mendoza,2010).

En la figura 24(a) se observa como el contenido de ácido ascórbico se concentra en los permeados a una presión de trabajo baja y a una velocidad de alimentación alta, el objetivo de la operación es maximizar el contenido, para lo cual las condiciones óptimas es 25Bar y velocidad de alimentación 130Hz mientras que para el retenido (figura 24b) se visualiza que el comportamiento es inverso.

3.2.12 Efecto de la presión(A) y velocidad de alimentación (B) sobre el contenido de ácido ascórbico.

Para el contenido de ácido ascórbico en el permeado y en el retenido, los resultados obtenidos se analizaron mediante análisis 2^k y se usaron los coeficientes del modelo para los niveles de significancia. En las tablas 34 y 35, que corresponde al Anova, se visualizan los efectos lineales de interacción y cuadráticos de cada variable independiente. No existe un efecto significativo de la variable lineal presión de trabajo(A), de la variable lineal velocidad de alimentación (B) y la interacción entre variables sobre el ácido ascórbico, pues en este caso, los efectos tienen un valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

a)



b)

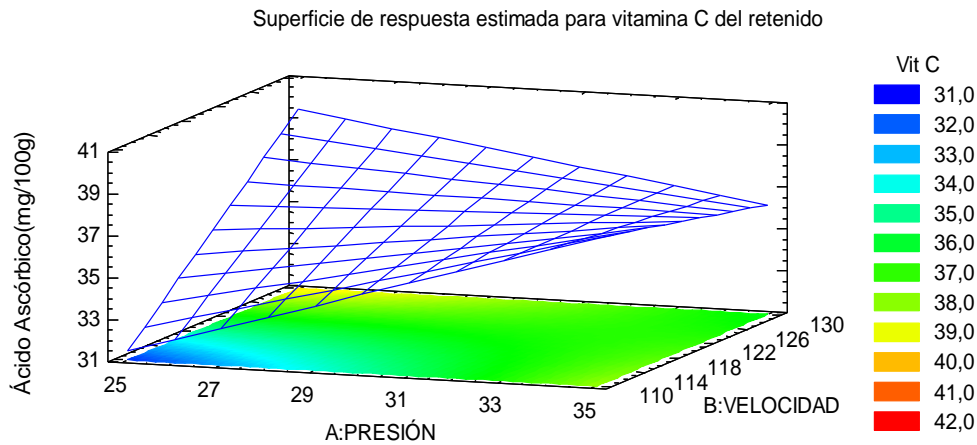


Figura 25

Superficie de respuesta del contenido de ácido ascórbico en función de la presión de trabajo (Bar) y la velocidad de alimentación (Hz) para a) permeado y b) retenido.

Fuente: Elaboración propia

Los efectos de las variables independientes sobre el contenido de ácido ascórbico se muestran en la figura 25, se observa una disminución en el permeado (figura 25a), conforme sube la presión y la velocidad de alimentación, pero se concentran en el retenido a una baja presión y velocidad de alimentación. La figura 25(b) confirmó lo anteriormente mencionado pues con la presión alta y velocidad de alimentación habría una concentración de ácido ascórbico en el retenido, pero la condición deseable es que este nutriente se acumule en el permeado y para poder maximizar el contenido, las condiciones óptimas corresponden a una presión 25(Bar) y velocidad de alimentación 110(Hz).

El jugo de naranja es conocido por su alto contenido de vitamina C el cual se ve afectado por diversos factores, en el-jugo fresco estos se mantuvieron en un 93.64%, habiendo una reducción del 6.36%, en el permeado, lo que concuerda con los resultados reportados por Cassano *et al.*,(2007), quien indicó que en el jugo clarificado hay una

reducción de 8,41% por retención en la membrana de ultrafiltración la pérdida o reducción está relacionada directamente con la oxidación, producida por el reciclaje continuo del jugo en el circuito de ultrafiltración (UF) en el equipo piloto empleado, esto fue ratificado por Galaverna *et al.*,(2007), que registró un descenso del 15% del ácido ascórbico durante la ultrafiltración.

El procedimiento de ultrafiltración con membrana permite una excelente preservación del ácido ascórbico, muy superior a la que se logra con el filtrado a través de tierras, pero se debe considerar un adecuado almacenamiento, pues solo la clarificación por membranas no es suficiente para proteger el ácido ascórbico, este tiende a descender lentamente. El descenso es más rápido en los jugos clarificados que en los jugos comerciales que contienen conservantes (Castro *et al.*,2010).

3.2.13 Optimización de la ultrafiltración del jugo de naranja

Las condiciones óptimas para optimizar el proceso de ultrafiltración para el permeado fueron calculadas con las variables respuesta cuyo coeficiente de R^2 ajustado sea mayor del 70%, según esto las variables determinantes son sólidos solubles y acidez titulable.

La maximización de las variables influyentes como se muestra en la tabla 14, se logra con una presión de 25(Bar) y una velocidad de alimentación de (130Hz), que permiten obtener un contenido de 7°brix y una acidez titulable de 0.469%.

Tabla 13. Optimización de las variables independientes

| Factor | Óptimo |
|--------------------------------|---------------|
| Presión (Bar) | 25 |
| Velocidad de alimentación (Hz) | 130 |

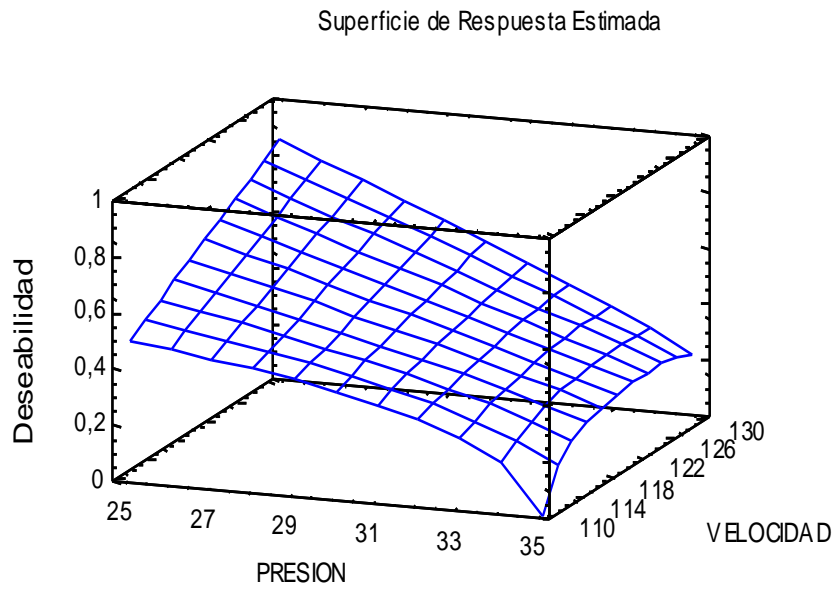
Fuente: Elaboración propia

En la figura 26, se presenta la superficie de respuesta para la optimización de la presión y de la velocidad de alimentación para el equipo de ultrafiltración 1812 de Sterlitech que utiliza una membrana espiral de poro 10 μ m, en un área activa de 0.27-0.46m y trabajando a una baja presión y alta velocidad de alimentación (25Bar-130Hz), se

consigue un alto contenido de sólidos solubles y acidez titulable, característica que reúne el jugo permeado.

Figura 26

Superficie de respuesta para la optimización de las variables dependientes



Fuente: Elaboración propia

3.2.14 Recuento microbiológico

Se realizó un recuento microbiológico del jugo fresco, permeado y retenido, cuyos resultados se visualizan en las figuras que se presentan a continuación

Figura 27

Recuento de aerobios mesófilos en el jugo de naranja natural, permeado y retenido de la ultrafiltración.

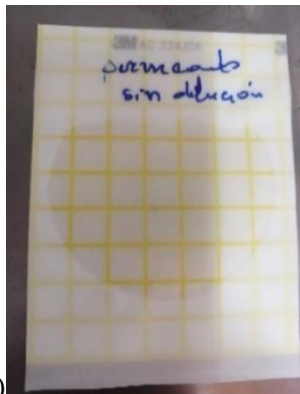
Recuento de aerobios mesófilos en las muestras sin dilución

Nombre de la muestra: Nombre de la muestra: Nombre de la muestra:

Permeado T3

Retenido T3

Jugo de naranja



a)

b)

c)

Recuento de aerobios mesófilos =0UFC/cm³

Recuento de aerobios mesófilos =0UFC/cm³

Recuento de aerobios mesófilos =0UFC/cm³

Nota: UFC= Unidades Formadoras de Colonias

Fuente: Elaboración propia

En el recuento de aerobios mesófilos de las muestras sin dilución no se detectó el crecimiento de colonias (figura 27), posiblemente la concentración de compuestos no permitió un adecuado crecimiento de los microorganismos. Mientras que para las muestras con dilución se determinó presencia de aerobios mesófilos (figura 28). De acuerdo con el instructivo técnico de Petrifilm para el recuento de microorganismos aerobios, el resultado se reporta como “estimado”, cuando existen más de 250 UFC/cm³ (3M Petrifilm,2017).

Se determinó una notable reducción de la carga microbiana en los productos de la ultrafiltración, en el permeado se contabilizó (7 UFC/cm³), y en el retenido (29 UFC/cm³), mientras que en el jugo natural se contabilizó 264 UFC/cm³), resultados que evidencian la retención de los microorganismos en la membrana de ultrafiltración.

La norma NTE INEN 2 337:2008, establece en los requisitos microbiológicos para productos pasteurizados, un límite máximo permisible de 1UFC/cm³ como número de unidades permitidas entre el nivel de aceptación(<10 UFC/ cm³) y nivel de rechazo(10 UFC/ cm³) para recuento estándar en placa REP UFC/ cm³, que es el recuento de microorganismos mesófilos o también denominado Recuento Estándar en Placa (REP), que permite conocer el número de microorganismos como unidades formadoras de colonias (UFC), que son capaces de reproducirse y crecer en un ambiente aerobio (con oxígeno) a 30 °C durante 72 horas.

En la figura 27 se observa que el recuento cumple con lo establecido en la norma para el permeado, que es la fracción que atraviesa la membrana de ultrafiltración, operación que asegura la pasteurización del jugo en frío. En la figura 28 se observa que en la dilución 10⁻², el permeado presenta un recuento de 7 UFC/ cm³, lo cual no supera el límite establecido en la norma INEN, sin embargo, indica una posible contaminación ocurrida durante el almacenamiento de las muestras o mal manejo de ellas al momento del muestreo para realizar la caracterización del tratamiento correspondiente, pero es evidente la reducción del recuento total en comparación con el jugo de naranja fresco, con lo cual se corrobora lo manifestado por ciertos autores, quienes manifiestan que la ultrafiltración es una técnica empleada para reducir de manera efectiva la carga microbiológica, pues las bacterias quedan retenidas en la superficie de la membrana (Naranjo,2014).

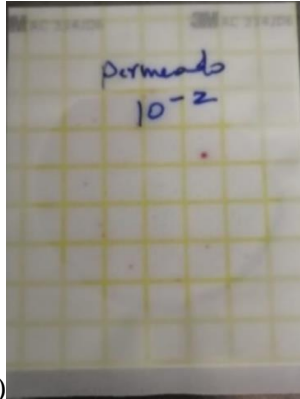
Figura 28

Recuento de aerobios mesófilos en las muestras con dilución.

Recuento de aerobios mesófilos de muestras con dilución (10^{-2})

Nombre de la muestra: Nombre de la muestra: Nombre de la muestra:

Permeado T3



a)

Recuentos aerobios mesófilos =7UFC/cm³

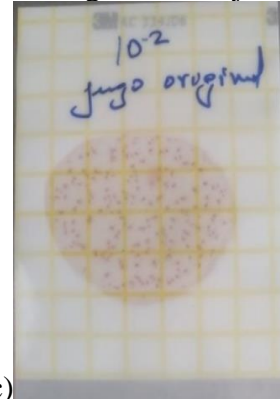
Retenido T3



b)

Recuento de aerobios mesófilos =29 UFC/cm³

Jugo de naranja



c)

Recuento de aerobios mesófilos =264 “estimado” UFC/cm³

Nota: UFC= Unidades Formadoras de Colonias

Fuente: Elaboración propia

En el recuento de hongos y levaduras de las muestras sin dilución (figura 29) se puede observar que, en el retenido T3, hay presencia de levaduras (28 UP/cm^3) las cuales fueron identificadas por el color azul verdoso y el tamaño pequeño que presentan (3M Petrifilm, 2017).

En el recuento de hongos y levaduras de muestras con dilución, como se indica en la figura 30, no hubo presencia de hongos y levaduras.

La norma NTE INEN 2 337:2008, establece en los requisitos microbiológicos para productos pasteurizados, un límite máximo permisible de 1 UP/cm^3 como número de unidades permitidas entre el nivel de aceptación ($<10 \text{ UP/cm}^3$) y nivel de rechazo (10 UP/cm^3) para recuento de mohos y levaduras UP/cm^3 .

Figura 29

Resultado de recuento de hongos y levaduras de muestras sin dilución.

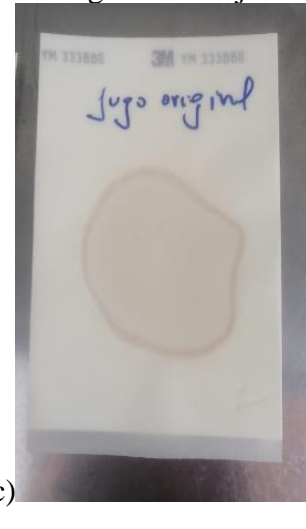
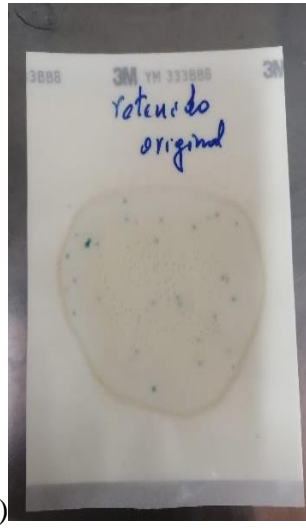
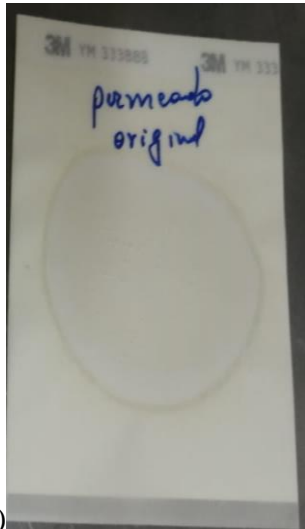
Recuento de hongos y levaduras de muestras sin dilución

Nombre de la muestra: Nombre de la muestra: Nombre de la muestra:

Permeado T3

Retenido T3

Jugo de naranja



Recuento de hongos y levaduras=0UP/cm³

Recuento de hongos y levaduras=28 UP/cm³

Recuento de hongos y levaduras=0 UP/cm³

Nota: UP=Unidades Propagadoras

Fuente: Elaboración propia

En la figura 29 se observa que el recuento cumple con lo requerido por la norma para el permeado que es la fracción que atraviesa la membrana parte. En la figura 30 se observa que en la dilución 10^{-2} del jugo permeado no hay presencia de mohos y levaduras, resultado que se enmarca en lo establecido en la Norma INEN y se verifica la efectividad de la ultrafiltración en la retención de microorganismos, por lo que esta técnica se considera un proceso de pasteurización en frío.

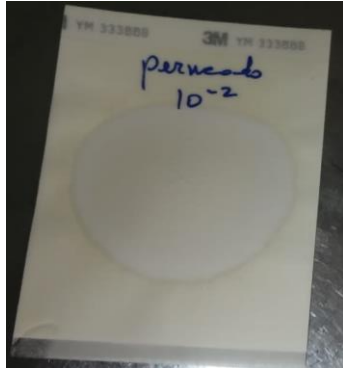
Figura 30

Resultado de recuento de hongos y levaduras de muestras con dilución.

Recuento de hongos y levaduras de muestras con dilución (10^{-2}): a) permeado, b) retenido y c) jugo de naranja.

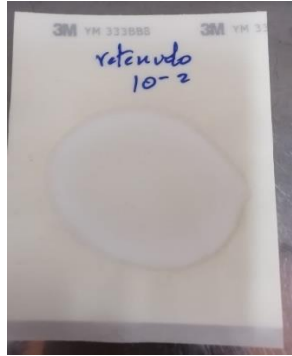
Nombre de la muestra: Nombre de la muestra: Nombre de la muestra:

Permeado T3



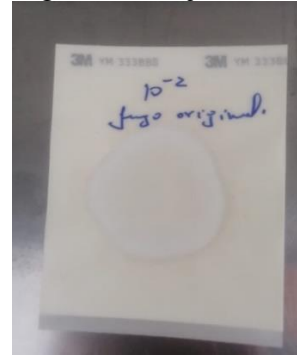
Recuento de hongos y levaduras=0 UP/cm³

Retenido T3



Recuento de hongos y levaduras=0 UP/cm³

Jugo de naranja



Recuento de hongos y levaduras=0 UP/cm³

Nota: UP=Unidades Propagadoras

Fuente: Elaboración propia

El producto obtenido fue comparado con una marca comercial de jugo de naranja pasteurizado, para identificar la variación, como se indica en la figura 31.

Figura 31

Contenido nutricional de jugo de naranja natural pasteurizado.

| Valores nutricionales | | | |
|--|-----------------|-------------------|--|
| Valores nutricionales medios por | 100 ml | 250 ml (Ración) | % Aportados por 1 ración al día/Adulto |
| Valor energético | 174 kJ (41kcal) | 436 kJ (103 kcal) | 5 % |
| Proteínas | 0,6 g | 1,5 g | 3 % |
| Hidratos de carbono de los cuales azúcares | 9,6 g | 24 g | 8 % |
| Grasas de las cuales saturadas | 0 g | 0 g | 0 % |
| Fibra alimentaria | 0,1 g | 0,3 g | 1 % |
| Sodio equivalente en sal | 0 g | 0 g | 0 % |
| | 0 g | 0 g | 0 % |

| Vitaminas por | 100 ml | 250 ml (Ración) | CDB** | |
|---------------|--------|-----------------|--------|--------|
| | | | 100 ml | 250 ml |
| Vitamina C | 20 mg | 50mg | 25% | 62% |

**Cantidad Diaria Recomendada
Este envase contiene 4 raciones de 250 ml.

| E Zumo de naranja | |
|--|--|
| Ingredientes | |
| Zumo de naranja. | |
| Consejos de conservación | |
| Consérvase refrigerado. Una vez abierto conservar refrigerado y consumir en los 4 días siguientes. Agitar antes de servir. | |
| Consumir preferentemente antes del lote. Ver parte superior del envase. | |

Fuente. Alcampo,2017.

El contenido de azúcar es alto, pues del aporte con respecto a la cantidad diaria recomendada es del 47% es decir 9.4g/100ml de azúcares con un contenido de 11°Brix mientras que en nuestro en el jugo clarificado, presenta 7°Brix, un contenido inferior al límite permitido en la norma NTE INEN 2 337:2008, mientras que para el contenido de vitamina C el jugo comercial presenta 20mg/100ml, y el jugo clarificado obtenido presenta 36.46mg/100ml siendo superior.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El jugo de naranja (*Citrus sinensis*) fresco, de la variedad Valencia presentó 10°Brix de sólidos solubles, densidad 1.052g/ml, 3.4 pH, acidez titulable 0.96%, turbidez 312FAU, concentración de sólidos totales 0.12g/ml, viscosidad 0.0012 Pa*s, capacidad antioxidante 157377.46 µg trolox Eq./100ml y 62880.65 µg trolox Eq./100ml por ABTS y DPPH respectivamente, contenido de fenoles totales 18.58 mg Ac.gal/100ml, vitamina C, 42.64 mg/100ml. El color del jugo fue definido por las coordenadas rectangulares y cilíndricas de acuerdo al método CIELab: L:33.83, C:12.48, °H:99.25, a: -2.01 y b:12.32.
- Las características físico-químicas y funcionales del jugo de naranja fueron afectadas con el proceso de ultrafiltración, pues el permeado presentó un bajo contenido de sólidos solubles, experimentando una reducción del 40.63%, la densidad se redujo un 2.74%, en el pH no hubo cambios considerables, la acidez se redujo en un 54.83%, la concentración de sólidos totales no sufrió cambio, la viscosidad se redujo en un 17.91%, lo cual lo hace más ligero. El cambio más notable fue en el color, con una apariencia más luminosa del permeado, debido a la disminución de la turbidez en el orden del 96.79%. en la capacidad antioxidante Para la capacidad antioxidante (método DPPH) se determinó incremento del 34.82%, el contenido de fenoles totales en el permeado se redujo de 18.58 a 17.23 mg Ac. Gal/100ml el ácido ascórbico experimentó una

reducción del 6.36%.

- El retenido resultante del proceso de ultrafiltración presentó características muy similares al jugo natural en cuanto a color, los sólidos solubles se incrementaron un 3.57%, la densidad, el pH, los sólidos totales se mantuvieron muy similares a las del jugo fresco, la acidez titulable se redujo en un 29.61%, la turbidez disminuyó un 7.18%, la viscosidad se redujo un 12.18%. En cuanto a los componentes funcionales en la capacidad antioxidante por DPPH hubo afinidad del 71.01%, el contenido de fenoles totales incrementó de 18.58 a 23.39 mg Ac. gal/100ml y el ácido ascórbico, tuvo una reducción del 13.95%.
- El proceso de ultrafiltración es una técnica no solo de separación sino también de pasteurización en frío, permite mantener los compuestos funcionales de los jugos, reduciendo algunas de sus características como contenido de sólidos solubles, densidad, viscosidad y turbidez, que lo hacen una alternativa prometedora para la industria prescindiendo de procesos térmicos para lograr la pasteurización de los jugos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un estudio de la colmatación de la membrana de ultrafiltración para medir su rendimiento pues se genera saturación y es uno de los principales inconvenientes en el proceso.
- Para tener mejores resultados en el procedimiento se recomienda emplear enzimas previos el proceso de ultrafiltración para disminuir tiempos en el proceso y evaluar si se mejoran las propiedades físico-químicas.
- Es aconsejable realizar estudios de vida útil de los productos obtenidos, para identificar las condiciones óptimas de almacenamiento.
- Se recomienda realizar un análisis sensorial para evaluar la aceptación del jugo clarificado obtenido.
- Se recomienda hacer un estudio económico para determinar la aplicabilidad de

la tecnología de membranas a nivel industrial.

- Se recomienda realizar estudios de aplicación para el permeado obtenido del proceso de ultrafiltración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd-Razak, N., Chew, J., Bird, M. (2019) Membrane fouling during the fractionation of phytosterols isolated from orange juice. *Food and Bioprocess Technology*.<https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.09.005>.
- Abadio, F. D. B., Silva, C. A. B., Cabral, L. C., & Carvalho, L. M. J. (2000). Clarificación del zumo de piña (*Ananas comosus* L. Mer.) por ultrafiltración. *Alimentaria: Revista de tecnología e higiene de los alimentos*, (316), 129-132.
- Arrázola., Alvis, A., Osorio, J. (2012). Clarificación combinada y evaluación sensorial de jugo de Marañon (*Anacardium Occidentale* L.). *Zootecnia Tropical - Revista del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas*. Córdoba 18(Supl):3722-3730, 2013. <http://www.scielo.org.co/pdf/mvz/v18s1/v18supla17.pdf>
- Arroyo, P., Mazquiaran, L., Rodríguez, P., Valero, T., Ruiz, E., Ávila, J., Varela, G. (2018). *Informe de estado de situación sobre: "Frutas y hortalizas, nutrición y salud en España del S. XXI"*. Fundación Española de la Nutrición (FEN). <https://www.fesnad.org/resources/files/Noticias/frutasYHortalizas.pdf>
- Ávila, R., y Bullón, J. (2013). La concentración de jugos de fruta: Aspectos básicos de los procesos sin y con membrana. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 28(3), 65-75. <http://ve.scielo.org/pdf/rfiucv/v28n3/art07.pdf>
- Armas, A. (2012). Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/89907/D79618.pdf>
- Bautista, Y. (2019). *Formulación y elaboración de una bebida nutritiva a base de lactosuero con jugo de naranja (Citrus sinensis)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio digital. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3031/FORMULACI%C3%93N%20Y%20ELABORACI%C3%93N%20DE%20UNA%20BEBIDA%20NUTRITIVA%20A%20BASE%20DE%20LACTOSUERO%20CON%20JUGO%20DE%20NARANJA%20%28Citru.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Baraona, M. y Sancho, E. (1991). Fascículo 1. Cítricos. *Fruticultura II. Especial*. (2 a ed.) Editorial Universidad Estatal a Distancia.p19.

https://books.google.com.ec/books?id=CYq_tzwi4FIC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false

Barragán, J. (2008). *Caracterización del uso de la ultrafiltración tangencial para la concentración de biomoléculas de uvilla (Physalis peruviana L.) y granadilla (Passiflora ligularis L.)*. [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional].

[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=gpQzAQAAMAAJ&oi=fnd&pg=PA12&dq=Caracterizaci%C3%B3n+del+uso+de+la+ultrafiltraci%C3%B3n+tangencial+para+la+concentraci%C3%B3n+de+biomoleculas+de+uvilla+\(Physalis+peruviana+L.\)+y+granadilla+\(Passiflora+ligularis+L.\)&ots=l8g-laowvC&sig=WcuJ9cHtYebZo9dWE-](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=gpQzAQAAMAAJ&oi=fnd&pg=PA12&dq=Caracterizaci%C3%B3n+del+uso+de+la+ultrafiltraci%C3%B3n+tangencial+para+la+concentraci%C3%B3n+de+biomoleculas+de+uvilla+(Physalis+peruviana+L.)+y+granadilla+(Passiflora+ligularis+L.)&ots=l8g-laowvC&sig=WcuJ9cHtYebZo9dWE-YqaGHLmUE#v=onepage&q=Caracterizaci%C3%B3n%20del%20uso%20de%20la%20ultrafiltraci%C3%B3n%20tangencial%20para%20la%20concentraci%C3%B3n%20de%20biomoleculas%20de%20uvilla%20(Physalis%20peruviana%20L.)%20y%20granadilla%20(Passiflora%20ligularis%20L.)&f=false)

[YqaGHLmUE#v=onepage&q=Caracterizaci%C3%B3n%20del%20uso%20de%20la%20ultrafiltraci%C3%B3n%20tangencial%20para%20la%20concentraci%C3%B3n%20de%20biomoleculas%20de%20uvilla%20\(Physalis%20peruviana%20L.\)%20y%20granadilla%20\(Passiflora%20ligularis%20L.\)&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=gpQzAQAAMAAJ&oi=fnd&pg=PA12&dq=Caracterizaci%C3%B3n+del+uso+de+la+ultrafiltraci%C3%B3n+tangencial+para+la+concentraci%C3%B3n+de+biomoleculas+de+uvilla+(Physalis+peruviana+L.)+y+granadilla+(Passiflora+ligularis+L.)&ots=l8g-laowvC&sig=WcuJ9cHtYebZo9dWE-YqaGHLmUE#v=onepage&q=Caracterizaci%C3%B3n%20del%20uso%20de%20la%20ultrafiltraci%C3%B3n%20tangencial%20para%20la%20concentraci%C3%B3n%20de%20biomoleculas%20de%20uvilla%20(Physalis%20peruviana%20L.)%20y%20granadilla%20(Passiflora%20ligularis%20L.)&f=false)

Binetti, A., Bailo, N., & Reinheimer, J. (2004). Aplicaciones de la Microfiltración en la industria láctea. *Mundo Lácteo*, 10-14.

http://www.alimentariaonline.com/apadmin/img/upload/MLC002_microfiltracionWSF.pdf

Brito, B. y Vásquez, W.(2013).Control de la calidad en la Pre y Pos Cosecha de las Frutas. Programa Nacional de Fruticultura. Departamento de nutrición y Calidad. Estación Experimental Santa Catalina. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.

Cassano, A., Marchio, M. y Drioli, E. (2007). Clarification of blood juice by Ultrafiltration: analyses of operating parameters, membrane fouling and juice quality, desalination. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2006.08.013>.

Campelo, G. (2020). *Situación actual de los productores de naranja (Citrus sinensis) en el Ecuador*. [Trabajo Complexivo de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Repositorio digital. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8500>

Castro, B., Cascardo, C., Moreno, D. y Xavier, L. (2010). *Procesamiento de jugos de frutas por membranas semipermeables*.

http://www.dedicaciontotal.udelar.edu.uy/adjuntos/produccion/1340_academicas__academic_aarchivo.pdf

Cuatro cantones de Bolívar cultivan el 21% de naranjas que consume el país. (2022,20 de Julio).*El Comercio*:

<https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/cantones-bolivar-cultivo-naranjas-consumo-nacional.html>

Cheryan, M. (1998). Ultrafiltración and Microfiltración. *Handbook,Pensilvania, Technimic*.p.526.

CODEX STAN, 247. (2005). *Norma general para zumos (jugos) y néctares de frutas. Codex Alimentarius*.

https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B247-2005%252FCXS_247s.pdf

Chacón, A. (2006). *Tecnología de membranas en la Agroindustria Láctea*. Agronomía Mesoamericana.p.243-264.

Coronel, M. (2012). Microfiltración tangencial. *Enfoque UTE*, 3(1), 1-7. Universidad Técnica Equinoccial. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=572260835001>

Corbino, G. y Arroyo,L.(2021).Capacidad antioxidante y contenido de fenoles en naranjas(Citrus sinensis,(L).Osbeck) de San Pedro, Buenos Aires.III Congreso Argentino de Biología y Tecnología de Postcosecha. Instituto de los Alimentos. Universidad Nacional del Litoral. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/11192>

Cobell.(2016).Zumo de naranja no procedente de concentrado(NFC).Cobell.Exeter.

Destani, F., Cassano A., Fazio,A., Vincken,J,y Gabriele,B.(2013). Recovery and concentration of phenolic compounds in blood orange juice by membrane operations. Journal of Food Engineering. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.03.001>.

Del Pozo, S. Ávila, J., Ruiz, E., Valero, T., Varela G.(s.f.). *Valor nutricional de las naranjas y clementinas. Fundación Española de la Nutrición*, miembro español de “The European Nutrition Foundation Network”.

<https://www.fen.org.es/storage/app/media/imgPublicaciones/432011819.pdf>

Espinoza, A., Orozco, G., Vázquez, Y., Romo, J., Escalera, F., & Martínez, S. (2019). Una revisión sobre la pulpa de naranja: cantidad, composición y usos. *Abanico Agroforestal*, 1. *El Comercio*. (25 de junio de 2011). La naranja esta de temporada. Obtenido de El Comercio:

<https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/naranja-temporada.html>

Favela, J., González., Ramírez, M., Esquivel, P., Camacho, M del R. (2016). Chemistry and Pharmacology of Citrus sinensis. *Molecules*. doi: 10.3390/molecules21020247. PMID: 26907240; PMCID: PMC6273684.

Forero Longas, F., & Vélez Pasos, C. A. (2013).Optimization of the concentration by osmotic evaporation of passion fruit juice(*Passifora Edullis*) .*Dyna*, 80(179), 90-98.

Galaverna G., Di Silvestro G., Cassano A., Sforza S., Dossena A., Drioli E., Marchelli R. (2007). A new integrated membrane process for the production of concentrated blood orange juice: Effect on bioactive compounds and antioxidant activity.*Food Chemistry*.

Girard, B. & Fukumoto,R. (2000).Menbrana Processing of Fruit Juices and Beverages: a reviw. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* , 40(2), 91-157.

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408690091189293>

Gutiérrez, V. (2017). Cosecha, postcosecha y comercialización de la de la naranja. *Guía para principiantes*.

<https://formaciontecnicabolivia.org/webdocs/publicaciones/2017/GUIA%20COSECHA%20POSTCOSECHA%20Y%20TRANSFORMACION%20DE%20LA%20NARANJA.pdf>

Guevara, A. (2015). *Elaboración de pulpas, zumos, néctares, deshidratados, osmodeshidratados y fruta confitada*. [Tesis de postgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina].
<http://www.lamolina.edu.pe/postgrado/pmdas/cursos/dpactl/lecturas/Separata%20Pulpas%20n%C3%A8ctares,%20merm%20desh,%20osmodes%20y%20fruta%20confitada.pdf>

Hernández, A., Tejerina, F., Arribas, J., Martínez, L. y Martínez, F. (1990). 1.Membranas. Microfiltración, ultrafiltración y ósmosis inversa. Murcia.3 a ed, *Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Murcia*.

https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=jZ0Z9-G8YdoC&oi=fnd&pg=PA6&ots=E9GwjqUv6n&sig=yWySZIipWvgycfC4lFj2zzaF30&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Hernandez,E., Chen,C.S.,Johnson,J. y Carter R.D.(1995).Viscosity changes in Orange juice after ultrafiltration and evaporation. Journal of food Engineering.
[https://doi.org/10.1016/0260-8774\(94\)00013-Y](https://doi.org/10.1016/0260-8774(94)00013-Y).

Hours, R. A., Ferreyra, M. M., Schvab, M. D. C., Gerard, L. M., Zapata, L. M., & Davies, C. V. (2005). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de jugos de naranja destinados a vinificación. *Ciencia, Docencia y tecnología*, 16(31), 319-239

Instituto Ecuatoriano de Normalización. Norma técnica ecuatoriana. NTE-ISO7027:2013-09. Calidad de agua -Determinación de turbidez (IDT). Primera edición

Instituto Ecuatoriano de Normalización. Norma técnica ecuatoriana. NTE INEN 2337:2008-12. Jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de frutas y vegetales.Requisitos.

Incahuanaco, Y. (2013). Optimización de néctar de lactosuero enriquecido con zumo de naranja y controlado con radiación ultravioleta. [Tesis de pregrado. Universidad

Nacional del Altiplano- Puno. <https://1library.co/document/yd75w2jy-optimizacion-nectar-lactosuero-enriquecido-naranja-controlado-radiacion-ultravioleta.html>

Ibáñez, R. (2007). Estudio de la Ultrafiltración de proteínas con membranas cerámicas. [Tesis de Doctoral, Universidad de Granada]. <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/1534/16712183.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Infoagro (2008). Clasificación Taxonómica De La Naranja
[.http://www.infoagro.com/citricos/naranja.htm](http://www.infoagro.com/citricos/naranja.htm)

León, G., & Rosero, A. (2011). *Obtención de jugo clarificado de uvilla (physalis peruviana. l.), utilizando degradación enzimática y microfiltración (Bachelor's thesis)*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Institucional Digital. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/529>

MAG (2020): Resumen Ejecutivo de los Diagnósticos Territoriales del Sector Agrario. Ministerio de Agricultura y Ganadería – Coordinación General de Planificación y Gestión Estratégica. Quito – Ecuador. https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/Resumen-Ejecutivo-Diagn%C3%B3sticos-Territoriales-del-Sector-Agrario_14-08-2020-1_compressed.pdf

Mendoza, J. (2010). Uso de Tecnología de membranas en la clarificación de vinos. Cali-Colombia: Universidad del Valle.

Ministerio de Agricultura y Ganaderia. (2017). *Boletín Situacional Naranja*. Obtenido de http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/boletin_situacional_naranja_2017.pdf

Mirsaeedghazi, H., Emam–Djomeh,Z., Mousavi,SM, Aroujalian,A., Navidbakhsh,M.(2010). Clarificacion de jugp de granada por microfiltración con membranas de PVDF,Desalinizacion.

- Molina, E. (2000). Nutrición y fertilización de la naranja. *Informaciones agronómicas*, 40, 5-11.
- Montalvo, W. (2018). *Diagnóstico de la tecnología local de la producción de la naranja (citrus sinensis L) en Caluma provincia de Bolívar*. [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Digital Institucional. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/29043>
- Montenegro, I., Herculano, K., de Oliveira, G., Arraes, G., & de Figueiredo, R. (2007). Physicochemical Changes during Extraction and Concentration of Acerola Juice (Malpighia emarginata DC.) Using Pectinases and Clarifying Agents. *Brazilian Journal of Food Technology*, 10(4), 266-270.
- Moreiras O., Varela, G., Ávila, J., Beltrán, B., Cuadrado, C. y Del Pozo, S. (2009). *La alimentación española. Características nutricionales de los principales alimentos de nuestra dieta*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Moreano, F., Villacrés, E., & Rodríguez, R. (2011). Determinación del contenido de Beta-Glucanos en líneas avanzadas y en variedades de cebada, procesada y no procesada, por medio de un método enzimático (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato–Ecuador.
- Moreno, E., Ortiz, B., Restrepo, L. (2014). Contenido total de fenoles y actividad antioxidante de pulpa de seis frutas tropicales. *Química Aplicada y Analítica*. Departamento de Química. universidad Nacional de Colombia.
- Mousalli, G. (2016). Métodos y Diseños de Investigación Cuantitativa. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2633.9446>
- Naranjo, S. (2014). Evaluación del efecto de la microfiltración tangencial sobre las propiedades fisicoquímicas, características sensoriales y estabilidad microbiológica de agua de pipa (Cocos nucifera L.) durante el almacenamiento en refrigeración. Costa Rica: Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

NTE INEN 1928. (1992). *Frutas Frescas. Naranja. Requisitos*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1928.pdf>

NTE INEN 2844. (2014). *Norma para la naranja (CODEX STAN 245-2004, MOD)*. Instituto Ecuatoriano de Normalización.

https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2844.pdf

NTE INEN 2337. (2008). *Jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de frutas y vegetales. Requisitos*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2337.pdf>

Ocampo, M., & Saquina, L. (2016). *Parámetros óptimos de pasteurización para la preservación de calidad del zumo y jugo de naranja de las variedades, Valencia y Nacional (citrus sinensis) en la Universidad Estatal de Bolívar*. [Tesis de pregrado, Universidad Estatal de Bolívar]. Repositorio Institucional Digital. <https://docplayer.es/66616677-Universidad-estatal-de-bolivar-tema.html>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación. (2016). *Frutos Cítricos*. <https://www.fao.org/3/y5143s/y5143s0z.htm#TopOfPage>

Ortiz, M., Vélez, C., & Franco, E. (2008). Mathematical models of membrane fouling in cross-flow micro-filtration. *Revista de Ingeniería e Investigación*, 28(1). <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v28n1/v28n1a13.pdf>

Pandolfi, P., & Bórquez, R. (2008). *Aplicación de la tecnología de membranas en el proceso de vinificación*. [Tesis de pregrado, Universidad de Concepción]. Catálogo de Biblioteca UdeC.

Pássaro, C. y Lodoño, J. (2012). Capítulo 11: Industrialización de cítricos y valor agregado. Cítricos: cultivo, postcosecha e industrialización. *Serie Lasallista Investigación y Ciencia*. Corporación Lasallista. (p.307-342). ISBN:978-958-8406-17-6. <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/53415064/citricos-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1665792450&Signature=LG5xWb4JkdFQjum8eoOZLHhf2OIE9v9ZQWNqPZFzQz30Buah7ha2I7esU-Xf8AIKG->

qMgJaUySWoYXISd9jg~LwsBkbnv7h41YJAWFtJqoAKTkGI~ZvBn5pt8V~XMkA
h01i2SXCu872VO~cVhvBS~wxt4IRiON5C8QBY1DKcwYbEKRt0gsaNInaSVq15
AKAiqtNZL3SHajDBus6G1o8uDRLB6IEI8UIyiE1nyt49bYtVxmPyIUMNg5MD~s
KO26wAcDxrTiQ3Oa2CRA24qNsCOCSH8FUNYWay58KB1KVxH1bWnNuMavs
8mQyMGtgadmD7AnVGbR3f~pR0oYE96bpyXw__&Key-Pair-
Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA#page=307

Pro Ecuador. (10 de septiembre del 2019). Continúa el crecimiento de consumo de jugo fresco de frutas en Europa. <https://www.proecuador.gob.ec/continua-el-crecimiento-de-consumo-de-jugo-fresco-de-frutas-en-europa/>

Re,R.,Pellegrini,N., Proteggente,A., Pannala,A., Yang,M. y Rice-Evans, C.A.(1999).Aplicacion de actividad antioxidante y ensayo mejorado de decoloración de cationes radicales ABTS.Radical Libre Biol.Medicina.

Rodríguez Arzave, J. A., Florido Aguilar, A. L., & Torres, H. (2020). Determinación de parámetros fisicoquímicos en jugos de frutas cítricas. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos, 5, 233-238.

Rojas Cairampoma, M. (2015). Tipos de investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. Revista Electrónica de Veterinaria, 16(1), 21–24. <https://n9.cl/vz2u>

Sánchez, Maream J., Fernández, Mariela, & Diaz, Juan C. (2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. Revista Científica UISRAEL, 8(1), 107-121. <https://doi.org/10.35290/rcui.v8n1.2021.400>

Sarh y Bancomext.1995. *La industria de la naranja en México*. Comercio Exterior. p 232-247. <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/244/4/RCE4.pdf>

Saavedra, A., & Romero, J. (s.f.). Aspectos generales sobre procesos y tecnologías de membranas (documento 1). *Grupo de procesos de membranas*.

- Schvab, M. D. C., Ferreyra, M. M., Gerard, L. M., & Davies, C. V. (2013). Parámetros de calidad de jugos de naranja entrerrianas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 14(1), 85-92.
- Segurondo Loza, R., Pantoja, M. R., & Rocha, E. (2013). Determinación de la genuinidad en jugos de naranja comercializados en los supermercados de la Ciudad de La Paz. *Revista Con-Ciencia*, 1(1), 105-112.
- Solís, C., Vélez, A. y Ramírez, J. (2017). *Tecnología de membranas: Ultrafiltración. Entre ciencia e ingeniería*, 11(22), 26-36.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-83672017000200026
- Stinco, C.; Baroni, M.; Naranjo, R.; Wunderlin, D.; Heredia, F.; Meléndez, A.; Vicario, I. (2015). Hydrophilic antioxidant compounds in orange juice from different fruit cultivars: Composition and anti oxidant activity evaluated by chemical and cellular based (*Saccharo myces cerevisiae*) assays. *Journal of Food Composition and Analysis*.
- Sosa, K. & Ramos, M. (2020). “Determinación de las condiciones óptimas del tratamiento enzimático acoplado a un proceso de ultrafiltración para la obtención de jugo clarificado de limón sutil (*Citrus aurantifolia*). Informe de Investigación profesional PATPRO XVIII. Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Nacional de Piura.
- Urošević, T., Povrenović, D., Vukosavljević, P., Urošević, I., Snežana, S. (2017). Recent developments in microfiltration and ultrafiltration of fruit juices. *Food and Bioprocess Processing* <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2017.09.009>
- Valero, T., Rodríguez, P., Ruiz, E., Ávila J., Varela, G. (2018). *La alimentación española: características nutricionales de los principales de nuestra dieta*. 2a. ed. Fundación española de la nutrición. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
<https://www.fen.org.es/storage/app/media/imgPublicaciones/2018/libro-la-alimentacion-espanola.pdf>

X-rite. (2007). A Guide to Understanding Color Communication. United States of America.
http://tqmsystems.nl/uploads/Understand_Color_en.pdf

Yances, S. (2018). *Importancia de la producción de naranja en Caluma y el impacto que tiene en los festivales del cantón: análisis cultural turístico*. [Tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito]. Repositorio Digital Institucional.
<http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/7935>

Zambrano. (2019). *Estabilidad y aceptabilidad de un néctar mix a partir de pulpa naranja (citrus sinnensis) y mandarina (citrus reticulata) con goma xanthann y cmc*. [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. Repositorio institucional digital.

<https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/975/1/TTAI16.pdf>

1812 Spiral Wound Membrane Housing & Operation Manual. (2019). *Sterlitech Corporation*.
<https://www.manualslib.com/manual/1596854/Sterlitech-1812.html?page=20#manual>

3M Petrifilm. (2017). Interpretation guide. AC Anerobic count plate and produc instructions.

https://www.bioser.com/wp-content/uploads/2022/05/IN_Petrefilm-Aerobic-Count-Plate-AC-2.pdf

ANEXOS

Anexo 1 Tabla de ANOVA obtenida en el análisis de datos de la investigación.

SOLIDOS SOLUBLES

Tabla 14

Análisis de Varianza para solidos solubles para el permeado.

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadro Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-------------------------|--------------------------|-----------|---------------------|----------------|----------------|
| A: PRESION | 0,78125 | 1 | 0,78125 | 8,33 | 0,0447* |
| B: VELOCIDAD | 0,03125 | 1 | 0,03125 | 0,33 | 0,5946 |
| AB | 1,53125 | 1 | 1,53125 | 16,33 | 0,0156* |
| Error total | 0,375 | 4 | 0,09375 | | |
| Total (corr.) | 2,71875 | 7 | | | |
| R ² ajustado | 75,89% | | | | |

Tabla 15

Análisis de Varianza para solidos solubles del retenido

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| A: PRESION | 2,53125 | 1 | 2,53125 | 1,37 | 0,3063 |
| B: VELOCIDAD | 1,53125 | 1 | 1,53125 | 0,83 | 0,4137 |
| AB | 11,2813 | 1 | 11,2813 | 6,12 | 0,0687 |
| Error total | 7,375 | 4 | 1,84375 | | |
| Total (corr.) | 22,7188 | 7 | | | |
| R ² ajustado | 43.19% | | | | |

DENSIDAD REAL

Tabla 16

Análisis de Varianza para densidad real del permeado.

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| A: PRESION | 0,000105125 | 1 | 0,000105125 | 7,44 | 0,0525 |
| B: VELOCIDAD | 0,000003125 | 1 | 0,000003125 | 0,22 | 0,6626 |
| AB | 0,000010125 | 1 | 0,000010125 | 0,72 | 0,4449 |
| Error total | 0,0000565 | 4 | 0,000014125 | | |
| Total (corr.) | 0,000174875 | 7 | | | |
| R ² ajustado | 43.45% | | | | |

Tabla 17

Análisis de Varianza para densidad real del retenido.

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| A: PRESION | 0,000018 | 1 | 0,000018 | 1,18 | 0,3384 |
| B: VELOCIDAD | 0,0000605 | 1 | 0,0000605 | 3,97 | 0,1172 |
| AB | 0,0003125 | 1 | 0,0003125 | 20,49 | 0,0106* |
| Error total | 0,000061 | 4 | 0,00001525 | | |
| Total (corr.) | 0,000452 | 7 | | | |
| R ² ajustado | 76,38% | | | | |

ACIDEZ IÓNICA

Tabla 18

Análisis de varianza para acidez iónica para el permeado.

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| A: PRESION | 0,0055125 | 1 | 0,0055125 | 1,05 | 0,3639 |
| B: VELOCIDAD | 0,0120125 | 1 | 0,0120125 | 2,28 | 0,2054 |
| AB | 0,0210125 | 1 | 0,0210125 | 3,99 | 0,1164 |
| Error total | 0,02105 | 4 | 0,0052625 | | |
| Total (corr.) | 0,0595875 | 7 | | | |
| R ² ajustado | 38.17% | | | | |

Tabla 19.*Análisis de varianza para acidez iónica para el retenido.*

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| A: PRESION | 0,00045 | 1 | 0,00045 | 0,64 | 0,4676 |
| B: VELOCIDAD | 0,00405 | 1 | 0,00405 | 5,79 | 0,0739 |
| AB | 0,00125 | 1 | 0,00125 | 1,79 | 0,2524 |
| Error total | 0,0028 | 4 | 0,0007 | | |
| Total (corr.) | 0,00855 | 7 | | | |
| R ² ajustado | 42,69% | | | | |

ACIDEZ TITULABLE**Tabla 20***Análisis de varianza para acidez titulable del permeado.*

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| A: PRESION | 0,0132031 | 1 | 0,0132031 | 17,77 | 0,0135 |
| B: VELOCIDAD | 0,00485112 | 1 | 0,00485112 | 6,53 | 0,0630 |
| AB | 0,000561125 | 1 | 0,000561125 | 0,76 | 0,4339 |
| Error total | 0,0029725 | 4 | 0,000743125 | | |
| Total (corr.) | 0,0215879 | 7 | | | |
| R ² ajustado | 75,90% | | | | |

Tabla 21*Análisis de varianza para acidez titulable del retenido.*

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| A: PRESION | 0,0351125 | 1 | 0,0351125 | 2,26 | 0,2069 |
| B: VELOCIDAD | 0,0015125 | 1 | 0,0015125 | 0,10 | 0,7704 |
| AB | 0,0253125 | 1 | 0,0253125 | 1,63 | 0,2706 |
| Error total | 0,06205 | 4 | 0,0155125 | | |
| Total (corr.) | 0,123988 | 7 | | | |
| R ² ajustado | 49,95% | | | | |

TURBIDEZ

Tabla 22

Análisis de varianza para turbidez del retenido.

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| A: PRESION | 22898,0 | 1 | 22898,0 | 3,25 | 0,1459 |
| B: VELOCIDAD | 26220,5 | 1 | 26220,5 | 3,72 | 0,1261 |
| AB | 144,5 | 1 | 144,5 | 0,02 | 0,8931 |
| Error total | 28207,0 | 4 | 7051,75 | | |
| Total (corr.) | 77470,0 | 7 | | | |
| R ² ajustado | 36,28 | | | | |

VISCOSIDAD

Tabla 23

Análisis de Varianza para viscosidad el permeado

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| A: PRESION | 2,88817E-8 | 1 | 2,88817E-8 | 3,74 | 0,1253 |
| B: VELOCIDAD | 1,44959E-8 | 1 | 1,44959E-8 | 1,88 | 0,2425 |
| AB | 1,08045E-10 | 1 | 1,08045E-10 | 0,01 | 0,9115 |
| Error total | 3,08926E-8 | 4 | 7,72315E-9 | | |
| Total (corr.) | 7,43782E-8 | 7 | | | |
| R ² ajustado | 27,31 | | | | |

Tabla 24

Análisis de Varianza para viscosidad para el retenido

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| A: PRESION | 1,805E-8 | 1 | 1,805E-8 | 1,17 | 0,3408 |
| B: VELOCIDAD | 9,39611E-10 | 1 | 9,39611E-10 | 0,06 | 0,8175 |
| AB | 2,60239E-8 | 1 | 2,60239E-8 | 1,68 | 0,2644 |
| Error total | 6,18792E-8 | 4 | 1,54698E-8 | | |
| Total (corr.) | 1,06893E-7 | 7 | | | |
| R ² ajustado | 0.0% | | | | |

SOLIDOS TOTALES**Tabla 25***Análisis de Varianza para solidos totales del permeado*

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| A: PRESION | 0,00005 | 1 | 0,00005 | 0,01 | 0,9145 |
| B: VELOCIDAD | 0,00245 | 1 | 0,00245 | 0,64 | 0,4684 |
| AB | 0,0018 | 1 | 0,0018 | 0,47 | 0,5304 |
| Error total | 0,0153 | 4 | 0,003825 | | |
| Total (corr.) | 0,0196 | 7 | | | |
| R ² ajustado | 0.0% | | | | |

Tabla 26*Análisis de varianza para solidos totales del retenido.*

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| A: PRESION | 0,00005 | 1 | 0,00005 | 0,01 | 0,9324 |
| B: VELOCIDAD | 0,00125 | 1 | 0,00125 | 0,20 | 0,6749 |
| AB | 0,0018 | 1 | 0,0018 | 0,29 | 0,6165 |
| Error total | 0,0245 | 4 | 0,006125 | | |
| Total (corr.) | 0,0276 | 7 | | | |
| R ² ajustado | 0,0% | | | | |

CAPACIDAD ENTIOXIDANTE (ABTS)**Tabla 27***Análisis de Varianza para ABTS para permeado.*

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>de Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-------------------------|--------------------------|--------------|-----------------------|----------------|----------------|
| A: PRESIÓN | 2,2796E8 | 1 | 2,2796E8 | 2,39 | 0,1967 |
| B: VELOCIDAD | 1,7227E7 | 1 | 1,7227E7 | 0,18 | 0,6925 |
| AB | 1,62428E7 | 1 | 1,62428E7 | 0,17 | 0,7008 |
| Error total | 3,80897E8 | 4 | 9,52243E7 | | |
| Total (corr.) | 6,42328E8 | 7 | | | |
| R ² ajustado | 0,0% | | | | |

Tabla 28*Análisis de Varianza para ABTS para retenido.*

| <i>Fuente</i> | <i>Suma Cuadrados</i> | <i>de Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón- F</i> | <i>Valor- P</i> |
|-------------------------|---------------------------|--------------|---------------------------|---------------------|---------------------|
| A:PRESIÓN | 1,62624E8 | 1 | 1,62624E8 | 0,28 | 0,6236 |
| B:VELOCIDAD | 6,56645E8 | 1 | 6,56645E8 | 1,14 | 0,3461 |
| AB | 6,8908E7 | 1 | 6,8908E7 | 0,12 | 0,7470 |
| Error total | 2,30733E9 | 4 | 5,76832E8 | | |
| Total (corr.) | 3,1955E9 | 7 | | | |
| R ² ajustado | 0,0% | | | | |

CAPACIDAD ANTIOXIDANTE(DPPH)**Tabla 29***Análisis de Varianza para DPPH para el permeado*

| <i>Fuente</i> | <i>Suma Cuadrados</i> | <i>de Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón- F</i> | <i>Valor- P</i> |
|-------------------------|---------------------------|--------------|---------------------------|---------------------|---------------------|
| A:PRESIÓN | 2,01905E8 | 1 | 2,01905E8 | 3,89 | 0,1200 |
| B:VELOCIDAD | 3,02983E8 | 1 | 3,02983E8 | 5,83 | 0,0731 |
| AB | 2,96688E7 | 1 | 2,96688E7 | 0,57 | 0,4918 |
| Error total | 2,07766E8 | 4 | 5,19414E7 | | |
| Total (corr.) | 7,42323E8 | 7 | | | |
| R ² ajustado | 51,02% | | | | |

Tabla 30*Análisis de Varianza para DPPH para el retenido*

| <i>Fuente</i> | <i>Suma Cuadrados</i> | <i>de Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón- F</i> | <i>Valor- P</i> |
|-------------------------|---------------------------|--------------|---------------------------|---------------------|---------------------|
| A:PRESIÓN | 7,8869E7 | 1 | 7,8869E7 | 0,58 | 0,4875 |
| B:VELOCIDAD | 1,29219E8 | 1 | 1,29219E8 | 0,96 | 0,3835 |
| AB | 1,95231E8 | 1 | 1,95231E8 | 1,44 | 0,2957 |
| Error total | 5,40516E8 | 4 | 1,35129E8 | | |
| Total (corr.) | 9,43835E8 | 7 | | | |
| R ² ajustado | 0,0% | | | | |

CONTENIDO DE FENOLES TOTALES

Tabla 31

Análisis de Varianza para fenoles para el permeado

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| A: PRESION | 131,139 | 1 | 131,139 | 0,59 | 0,4843 |
| B: VELOCIDAD | 217,049 | 1 | 217,049 | 0,98 | 0,3780 |
| AB | 345,188 | 1 | 345,188 | 1,56 | 0,2797 |
| Error total | 884,742 | 4 | 221,186 | | |
| Total (corr.) | 1578,12 | 7 | | | |
| R ² ajustado | 1,89% | | | | |

Tabla 32

Análisis de Varianza para fenoles del retenido.

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| A: PRESION | 6,82651 | 1 | 6,82651 | 0,20 | 0,6803 |
| B: VELOCIDAD | 4,33651 | 1 | 4,33651 | 0,13 | 0,7415 |
| AB | 8,75711 | 1 | 8,75711 | 0,25 | 0,6418 |
| Error total | 138,767 | 4 | 34,6917 | | |
| Total (corr.) | 158,687 | 7 | | | |
| R ² ajustado | 0.0% | | | | |

ÁCIDO ASCÓRBICO

Tabla 33

Análisis de Varianza para ácido ascórbico del permeado.

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| A: PRESIÓN | 137,697 | 1 | 137,697 | 1,91 | 0,2387 |
| B: VELOCIDAD | 89,5791 | 1 | 89,5791 | 1,25 | 0,3269 |
| AB | 36,8511 | 1 | 36,8511 | 0,51 | 0,5137 |
| Error total | 287,689 | 4 | 71,9222 | | |
| Total (corr.) | 551,816 | 7 | | | |
| R ² ajustado | 8,76% | | | | |

Tabla 34*Análisis de Varianza para ácido ascórbico del retenido.*

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|-------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| A:PRESION | 5,5112 | 1 | 5,5112 | 0,03 | 0,8656 |
| B:VELOCIDAD | 19,845 | 1 | 19,845 | 0,12 | 0,7493 |
| AB | 49,6008 | 1 | 49,6008 | 0,29 | 0,6170 |
| Error total | 677,061 | 4 | 169,265 | | |
| Total (corr.) | 752,018 | 7 | | | |
| R ² ajustado | 0.0% | | | | |

ANEXO 2. Fotografías de la investigación.



Fotografía 1. Naranja variedad Valencia empleada en la investigación.



Fotografía 2. Recepción de la materia prima.



Fotografía 3. Extracción manual del jugo de naranja



Fotografía 4. Prefiltrado del jugo con lienzo.



Fotografía 5. Caracterización del jugo de naranja natural.



Fotografía 6. Membrana espiral de 10 μ m empleada en la ultrafiltración.



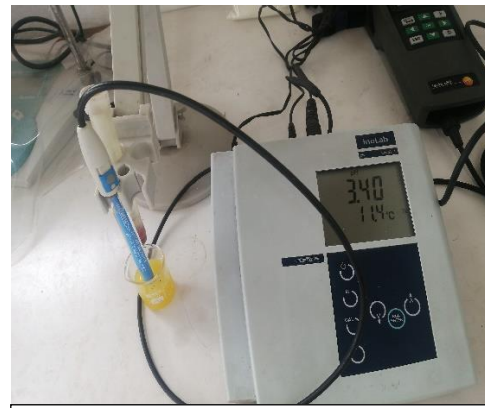
Fotografía 7. Equipo empleado en la clarificación del jugo de naranja



Fotografía 8. Productos obtenidos del proceso de ultrafiltración por membrana(permeado-retenido)



Fotografía 9. Colorímetro DR LANGE empleado para la determinación de color.



Fotografía 10. Determinación de pH en las muestras.



Fotografía 11. Determinación de densidad en jugo de naranja clarificado(permeado)



Fotografía 12. Determinación de densidad en el retenido



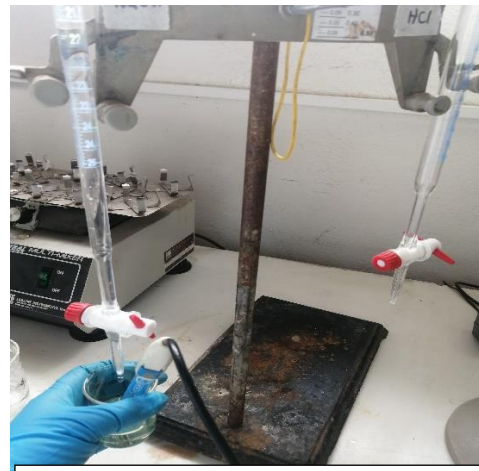
Fotografía 13. Determinación de viscosidad.



Fotografía 14. Determinación de turbidez



Fotografía 15. Determinación de solidos solubles



Fotografía 16. Determinación de acidez titulable



Fotografía 17. Determinación de temperatura en las muestras



Fotografía 18. Secado de las muestras para la determinación de solidos totales en la estufa



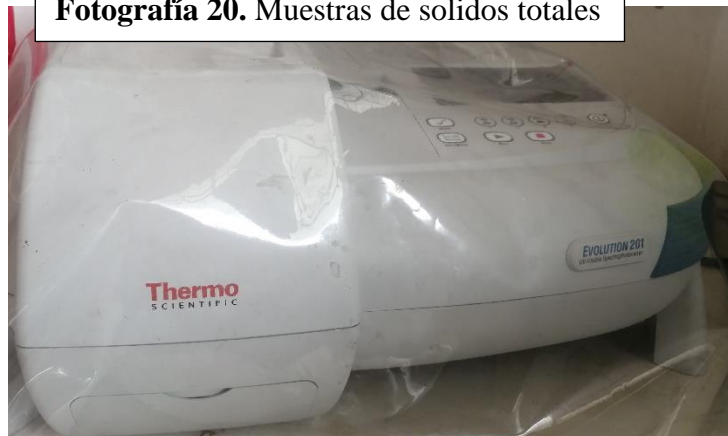
Fotografía 19. Pesado de las muestras para determinación de solidos totales



Fotografía 20. Deseccador con las muestras para determinación de solidos totales



Fotografía 20. Muestras de solidos totales



Fotografía 21. Espectrofotómetro UV-VIS 201 empleado para la determinación de características funcionales.

ANEXO 3. Datos de la investigación

| TRATAMIENTO | SOLIDOS SOLUBLES (°BRIX) | DENSIDAD REAL (g/ml) | ACIDEZ IÓNICA (pH) | ACIDEZ TITULABLE (%) | TURBIDEZ | SOLIDOS TOTALES (CONCENTRACION g/ml) | VISCOSIDAD (Pa*s) | ANTIOXIDANTES ABTS | ANTIOXIDANTES DPPH | FENOLES (mg Ac. Gal/100ml) | ÁCIDO ASCÓRBICO (mg/100ml) |
|---------------------|--------------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------|--------------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | | | | (FAU) | | | µg trolox/100ml | µg trolox/100ml | | |
| Jugo naranja fresco | 10 | 1,052 | 3,4 | 0,96 | 312 | 0,12 | 0,00126559 | 157377,46 | 62880,65 | 18,58 | 42,64 |
| T1P1 | 5 | 1,018 | 3,45 | 0,426 | 10 | 0,13 | 0,00097198 | 35388,66 | 9175925,65 | 7,12 | 22,73 |
| T2P1 | 7 | 1,027 | 3,37 | 0,469 | 10 | 0,17 | 0,00103667 | 51041,34 | 13234509,05 | 12,59 | 39,9 |
| T3P1 | 6 | 1,03 | 3,48 | 0,49 | 10 | 0,16 | 0,00109238 | 45937,2 | 11911056,59 | 8,33 | 36,46 |
| T4P1 | 6 | 1,02 | 3,5 | 0,36 | 10 | 0,15 | 0,00093992 | 46107,34 | 11955172,19 | 14,23 | 40,81 |
| T5P2 | 5,5 | 1,02 | 3,6 | 0,426 | 10 | 0,04 | 0,00106343 | 32156,04 | 8337739,61 | 16,52 | 37,84 |
| T6P2 | 6,5 | 1,03 | 3,37 | 0,512 | 10 | 0,05 | 0,00125378 | 43555,28 | 11293448,55 | 53,52 | 45,85 |
| T7P2 | 5,5 | 1,02 | 3,62 | 0,426 | 10 | 0,07 | 0,0010131 | 37090,04 | 9617076,47 | 10,67 | 54,09 |
| T8P2 | 6 | 1,02 | 3,5 | 0,36 | 10 | 0,15 | 0,00093992 | 21267,22 | 5514377,47 | 14,85 | 41,73 |
| T1R1 | 7 | 1,03 | 3,44 | 0,36 | 29 | 0,17 | 0,00103785 | 47638,58 | 27496,68 | 26,21 | 33,72 |
| T2R1 | 9,5 | 1,04 | 3,44 | 0,64 | 259 | 0,2 | 0,00106305 | 21267,22 | 57639,2 | 16,86 | 36,01 |
| T3R1 | 9,5 | 1,038 | 3,45 | 0,68 | 327 | 0,21 | 0,00134465 | 56145,47 | 51275,78 | 18,33 | 32,34 |
| T4R1 | 11 | 1,048 | 3,4 | 0,64 | 265 | 0,17 | 0,00098687 | 77242,56 | 55629,7 | 27,68 | 55,92 |
| T5R2 | 8,5 | 1,03 | 3,5 | 0,64 | 255 | 0,06 | 0,00120738 | 77242,56 | 57136,83 | 23,75 | 38,75 |
| T6R2 | 13 | 1,051 | 3,48 | 0,85 | 256 | 0,08 | 0,00114404 | 73839,8 | 59313,79 | 25,22 | 43,1 |
| T7R2 | 10 | 1,039 | 3,43 | 0,64 | 400 | 0,06 | 0,00104723 | 86940,41 | 61993,12 | 30,88 | 30,51 |
| T8R2 | 11 | 1,048 | 3,4 | 0,64 | 265 | 0,17 | 0,00098687 | 72138,43 | 64839,92 | 21,04 | 20,21 |

T= Tratamiento, # número de tratamiento, R= Retenido, # número de repetición.

Fuente: Elaboración propia