

**EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DE UN EQUIPO
DESHIDRATADOR DE FRUTA PARA LA OBTENCIÓN DE MORA DE
CASTILLA DESHIDRATADA EN UNA EMPRESA DE ALIMENTOS**

**KELLY JOHANNA CAMARGO RODRIGUEZ
MARIA CATALINA CARRILLO CONTRERAS**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERAS
PROGRAMA DE INGENIERA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C
2018**

**EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DE UN EQUIPO
DESHIDRATADOR DE FRUTA PARA LA OBTENCIÓN DE MORA DE
CASTILLA DESHIDRATADA EN UNA EMPRESA DE ALIMENTOS**

**KELLY JOHANNA CAMARGO RODRIGUEZ
MARIA CATALINA CARRILLO CONTRERAS**

**Proyecto integral de grado para optar el título de:
INGENIERO QUÍMICO**

**Director
JOHN JAIRO GAMBOA
Ingeniero Químico**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERAS
PROGRAMA DE INGENIERA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C
2018**

Nota de aceptación:

Ing. Edgar Fernando Moreno T.
Presidente del Jurado

Jairo E. Rubiano.
Jurado

Mauricio F. Calle.
Jurado

Bogotá D.C. Febrero, 2018

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro.

Dr. JAIME POSADA DÍAZ

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos.

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Posgrados.

Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS

Secretario General

Dr. JUAN CARLOS POSADA GARCÍA-PEÑA

Decano Facultad de Ingenierías.

Ing. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI

Director Programa de Ingeniería Química.

Ing. LEONARDO DE JESÚS HERRERA GUTIERREZ

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

A Dios por ser mi pastor, apoyo y fortaleza siempre; a mis padres Luis Eduardo y Nancy Cecilia por su amor, por apoyarme en todo momento y darme toda su confianza, por ser mis primeros maestros y enseñarme lo incondicional que es la familia; a mi hermano por escucharme siempre; a mi novio por llenarme de alegría y amor, acompañarme y animarme a ser mejor; a toda mi familia por compartir conmigo buenos y malos momentos y a todas las personas que de cierta manera hicieron parte de este camino.

María Catalina Carrillo Contreras.

Doy gracias a Dios por permitirme culminar esta etapa de mi vida por medio de este proyecto, a mis padres por darme la vida, educación e incentivarme a crecer como persona y profesional, a mi hermano por siempre estar conmigo dándome apoyo, a mis amigos por sus consejos y palabras diarias de motivación. A todas y cada una de las personas que han hecho parte de este proceso y que me han acompañado en cada paso, que han visto mi esfuerzo para culminar de la mejor manera este objetivo para lograr uno de las metas más importantes en mi vida. Dios puso en mi vida una familia, amigos y profesores que me guiaron a diario y que hoy hacen parte de este logro.

Kelly Johanna Camargo Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por habernos permitido llegar a este momento tan especial en nuestras vidas y habernos dado salud para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor, por los triunfos y los momentos difíciles que nos han enseñado a valorarlo cada día más.

A nuestros padres por la oportunidad que nos dieron de formarnos como profesionales, por darnos una infancia llena de felicidad, por la formación y educación que con mucho esfuerzo e ímpetu lograron enseñarnos, por darnos unos hermanos tan maravillosos y por darnos la lección más grande de vida que es la vida misma.

A la empresa de alimentos que nos brindó su apoyo por darnos la oportunidad de desarrollar el proyecto de grado con ellos; a nuestro director por dirigirnos por el camino adecuado para la culminación de este proyecto; a Jairo Lindate, Maestro pastelero, por ayudarnos a llevar a cabo con éxito las pruebas de laboratorio; a Luis Eduardo Carrillo, Gerente de mezclas, por darnos todo su apoyo y acompañamiento durante el proceso de desarrollo del proyecto.

Al personal de la planta de procesos de vegetales de la Universidad Nacional de Colombia por el préstamo de sus instalaciones y equipos.

Al asesor de proyecto Fernando Moreno por su disposición, consejo y ayuda durante las asesorías.

CONTENIDO

| | pág |
|---|-----|
| INTRODUCCIÓN | 18 |
| OBJETIVOS | 19 |
| 1. MARCO TEÓRICO | 20 |
| 1.1 MÉTODOS DE DESHIDRATACION DE FRUTA | 20 |
| 1.1.1 Deshidratación Osmótica | 20 |
| 1.1.2 Secado al sol | 21 |
| 1.1.3 Secado por aire | 22 |
| 1.2 PRINCIPIOS DE LA DESHIDRATACION DE FRUTA | 22 |
| 1.2.1 Parámetros de la mezcla aire-vapor de agua | 23 |
| 1.2.2 Difusión de la humedad | 24 |
| 1.2.3 Curvas de secado | 25 |
| 1.2.4 Periodos de deshidratación | 26 |
| 1.2.5 Presión | 27 |
| 1.2.6 Actividad de agua (Aw) | 28 |
| 1.2.7 Preparación de los productos para el secado | 29 |
| 1.3 DESHIDRATADORES DE CILINDRO O RODILLO | 29 |
| 1.3.1 Generalidades | 30 |
| 1.3.2 Tipos de secadores de rodillos | 31 |
| 1.3.2.3 Secador de cilindro sencillo | 31 |
| 1.3.2.2 Secador de cilindro doble | 31 |
| 1.3.2.3 Secador de rodillos gemelos | 31 |
| 1.3.3 Transferencia de calor del secado por rodillos | 32 |
| 2. DIAGNOSTICO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE LA MORA DE CASTILLA (RUBUS GLAUCUS) | 33 |
| 2.1 GENERALIDADES DE LA MORA | 33 |
| 2.1.1 Ubicación geográfica y ciclos de producción. | 34 |
| 2.2 CARACTERISTICAS DE LA MORA DE CASTILLA | 35 |
| 2.2.1 Clasificación botánica | 36 |
| 2.2.2 Composición nutricional general | 36 |
| 2.2.3 Propiedades físicas | 38 |
| 2.2.4 Propiedades químicas | 41 |

| | |
|--|----|
| 3. EVALUACIÓN DE CONDICIONES DE OPERACIÓN EN LA DESHIDRATACIÓN DE MORA DE CASTILLA A NIVEL LABORATORIO | 42 |
| 3.1 DISEÑO DE EXPERIMENTOS | 42 |
| 3.1.1 Hipótesis | 42 |
| 3.1.2 Selección de variables del diseño de experimentos | 43 |
| 3.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTACIÓN | 44 |
| 3.2.1 Proceso de deshidratación por rodillos | 45 |
| 3.2.1.1 Selección | 46 |
| 3.2.1.2 Despitonado | 46 |
| 3.2.1.3 Lavado y desinfectado | 47 |
| 3.2.1.4 Escaldado | 48 |
| 3.2.1.5 Despulpado | 48 |
| 3.2.1.6 Secado | 50 |
| 3.2.2 Caracterización fisicoquímica del producto deshidratado | 50 |
| 3.2.2.1 Humedad | 50 |
| 3.2.2.2 Actividad de agua (A_w) | 51 |
| 3.2.2.3 pH | 51 |
| 3.2.2.4 Cenizas | 52 |
| 3.3 RESULTADOS EXPERIMENTACIÓN | 52 |
| 3.3.1 Adecuación de materia prima | 53 |
| 3.3.2 Secado | 54 |
| 3.3.2.1 Humedad inicial | 56 |
| 3.3.2.2. Curvas de secado | 57 |
| 3.3.2.3 Rendimiento | 61 |
| 3.3.2.4 Análisis fisicoquímico | 62 |
| 3.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS EXPERIMENTACION | 69 |
| 3.4.1 ANOVA | 70 |
| 3.4.2 Gráficas de interacción multivariable | 72 |
| 3.4.2.1 Análisis de resultados | 74 |
| 3.5 ESTIMACIÓN DE CONDICIONES CRÍTICAS DEL PROCESO | 75 |
| 3.5.1 Balance de masa | 75 |
| 4. EVALUACIÓN DE COSTOS | 80 |
| 4.1 COSTOS DE PRODUCCIÓN | 80 |
| 4.1.1 Costos indirectos | 80 |
| 4.1.1.1 Depreciación | 80 |
| 4.1.1.2 Mantenimiento | 81 |
| 4.1.2 Costos directos | 83 |
| 4.1.2.1 Mano de obra | 84 |
| 4.1.2.2 Materia prima | 84 |
| 4.1.2.3 Servicios | 84 |
| 5. CONCLUSIONES | 88 |

| | |
|--------------------|----|
| 6. RECOMENDACIONES | 89 |
| BIBLIOGRAFÍA | 90 |
| ANEXOS | 94 |

LISTA DE TABLAS

| | pág. |
|---|------|
| Tabla 1. Área, producción y rendimiento de la mora por departamentos | 35 |
| Tabla 2. Taxonomía de la mora de castilla | 36 |
| Tabla 3. Composición general de la mora de castilla en 100 g de pulpa | 37 |
| Tabla 4. Propiedades físicas de la mora de castilla | 39 |
| Tabla 5. Propiedades químicas de la Mora de Castilla | 41 |
| Tabla 6. Datos generales de la experimentación por el método de rodillos | 56 |
| Tabla 7. Humedades iniciales de mora de Castilla | 57 |
| Tabla 8. Resultados humedad en base seca a 100 rpm y 20 psi | 58 |
| Tabla 9. Resultados humedad en base seca a 100 rpm y 30 psi | 58 |
| Tabla 10. Resultados humedad en base seca a 100 rpm y 40 psi | 59 |
| Tabla 11. Rendimientos de pruebas de deshidratación de mora de castilla. | 62 |
| Tabla 12. Resultados del porcentaje de humedad del producto a 100 rpm y 20, 30, 40 psi | 63 |
| Tabla 13. Resultados del porcentaje de humedad del producto a 200 rpm y 20, 30 y 40 psi | 63 |
| Tabla 14. Resultados del porcentaje de humedad del producto a 300 rpm y 20, 30 y 40 psi | 63 |
| Tabla 15. Resultados del porcentaje de Aw del producto a 100 rpm y 20, 30 y 40 psi | 64 |
| Tabla 16. Resultados de porcentaje de Aw del producto a 200 rpm y 20, 30 y 40 psi | 65 |
| Tabla 17. Resultados de porcentaje de Aw del producto a 300 rpm y 20, 30 y 40 psi | 65 |
| Tabla 18. Resultados de porcentaje de pH del producto a 100 rpm y 20, 30 y 40 psi | 66 |
| Tabla 19. Resultados de porcentaje de pH del producto a 200 rpm y 20, 30 y 40 psi | 66 |
| Tabla 20. Resultados de porcentaje de pH del producto a 300 rpm y 20, 30 y 40 psi | 67 |
| Tabla 21. Resultados del porcentaje de cenizas del producto a 20, 30 y 40 psi | 68 |
| Tabla 22. Resultados del porcentaje de grasa del producto a 20, 30 y 40 psi | 68 |
| Tabla 23. Resultados del porcentaje de proteínas del producto a 20, 30 y 40 psi | 69 |
| Tabla 24. Resultados obtenidos en las pruebas para humedad | 70 |
| Tabla 25. Resultados obtenidos en las pruebas para Aw | 70 |
| Tabla 26. ANOVA multifactorial para humedad | 71 |
| Tabla 27. ANOVA multifactorial para Aw | 71 |
| Tabla 28. Tabla comparativa de resultados | 74 |

| | |
|---|----|
| Tabla 29. Balance de masa del secado | 78 |
| Tabla 30. Balance de masa del proceso | 78 |
| Tabla 31. Índice de precios al consumidor (IPC) | 82 |
| Tabla 32. calculo costos de repuestos 2012-2017 | 82 |
| Tabla 33. calculo costos lubricantes 2012-2017 | 83 |
| Tabla 34. Resumen costos mantenimiento | 83 |
| Tabla 35. Resumen Costos indirectos | 83 |
| Tabla 36. Nómina personal anual | 84 |
| Tabla 37. Costo servicios | 85 |
| Tabla 38. Resumen costos directos | 85 |
| Tabla 39. Comparación costo por kilogramo mora deshidratada con equipo propio y compra a terceros | 86 |
| Tabla 40. Comparación costos totales por mes y año | 87 |
| Tabla 41. Inversión primer año | 87 |

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

| | pág. |
|---|------|
| Fotografía 1. selección de la mora de Castilla | 46 |
| Fotografía 2. Eliminación de fragmentos no comestibles | 47 |
| Fotografía 3. Método de inmersión en agua | 47 |
| Fotografía 4. Mora de Castilla agregada en la marmita. | 48 |
| Fotografía 5. Máquina despulpadora | 49 |
| Fotografía 6. Semillas y pulpa de mora separadas | 49 |
| Fotografía 7. Medición inicial de sólidos totales de la pulpa de Mora de Castilla | 49 |
| Fotografía 8. Deshidratador de doble rodillo | 50 |
| Fotografía 9. Peso de semillas de Mora de Castilla después del despulpado | 53 |
| Fotografía 10. Sólidos totales iniciales de la pulpa de Mora de Castilla | 54 |
| Fotografía 11. Concentración final pulpa de mora sin deshidratar | 54 |
| Fotografía 12. Secado de pulpa de Mora de Castilla | 55 |
| Fotografía 13. Hojuelas de Mora de Castilla deshidratada (producto final) | 55 |

LISTA DE FIGURAS

| | pág. |
|--|-------------|
| Figura 1. Curva típica de secado a condiciones de secado constantes | 25 |
| Figura 2 .Periodos de secado | 27 |
| Figura 3. Principio de funcionamiento de un secador de rodillos | 30 |
| Figura 4. Deshidratadores de cilindros dobles y cilindros gemelos | 32 |
| Figura 5. Grados de madurez mora de Castilla | 38 |
| Figura 6. Alteración estructural debido a la contracción de tejidos | 40 |
| Figura 7. Diagrama de bloques de la deshidratación de Mora de Castilla por el método de rodillos | 45 |
| Figura 8. Escala del pH para alimentos | 67 |
| Figura 9. Balance de masa del proceso | 79 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | pág. |
|---|------|
| Gráfico 1. Área y producción de la mora por departamentos | 34 |
| Gráfico 2. Curva de secado para la deshidratación de mora a 100 rpm y presiones de 20, 30 y 40 psi | 60 |
| Gráfico 3. Curva de secado para la deshidratación de mora a 200 rpm y presiones de 20, 30 y 40 psi | 60 |
| Gráfico 4. Curva de secado para la deshidratación de mora de 300 rpm y presiones de 20, 30 y 40 psi | 61 |
| Gráfico 5. Interacción entre humedad y presión | 72 |
| Gráfico 6. Interacción entre velocidad de giro, presión y humedad | 72 |
| Gráfico 7. Interacción entre A_w y velocidad de giro | 73 |
| Gráfico 8. Interacción entre velocidad de giro, presión y A_w | 73 |

LISTA DE ANEXOS

| | pág. |
|--|-------------|
| Anexo A. Especificación materia prima | 95 |
| Anexo B. Especificaciones equipo secador | 97 |
| Anexo C. Reporte análisis fisicoquímico | 98 |
| Anexo D. Resultados en base seca de pruebas realizadas a 200 y 300 prm | 102 |
| Anexo E. Cotización equipo deshidratador | 104 |
| Anexo F. Precios de frutos deshidratados en el mercado | 105 |

RESUMEN

En este proyecto se realizó la evaluación de las condiciones de operación de un equipo deshidratador de rodillos dobles para la obtención de mora deshidratada. En primera instancia se muestra un panorama general del proceso de deshidratación de fruta, así como las generalidades y tipos de deshidratadores de rodillos utilizados en la industria de alimentos.

Se muestran las propiedades físicas, químicas y composición nutricional de la mora de Castilla; así como las pruebas de secado que se realizaron teniendo en cuenta dos variables de cambio como velocidad de giro de los rodillos (100, 200, 300 rpm) y presión de vapor (20,30,40 psi) para obtener como respuesta la humedad y el A_w del producto final.

Se realizaron las curvas de secado de este proceso para evidenciar los periodos de secado; también se planteó un diseño de experimentos para determinar qué condiciones permiten obtener un porcentaje de humedad fijado en un rango entre 10 a 12% de humedad y un A_w con valores inferiores a 0,62%.

Se hizo el balance de masa del proceso realizado en las pruebas de secado y finalmente se calculó los costos de producción de mora deshidratada.

Palabras clave: Deshidratación, humedad, actividad de agua, rendimiento, tiempo.

INTRODUCCIÓN

La mora de Castilla es una fruta originaria de la zona andina tropical alta de América. Es la más cultivada en nuestro país por su adaptabilidad y características especiales. Es una planta de vegetación perenne, de porte arbustivo semirrecto, conformada por varios tallos espinosos que pueden crecer hasta tres metros. Los tallos son espinosos con un diámetro entre 1 a 2 centímetros y de 3 a 4 metros de longitud. La fruta es esférica de tamaño variable, 1,5 a 2.5 cm. en su diámetro más ancho, de color verde cuando se están formando, pasando por un color rojo hasta morado oscuro cuando se maduran. La composición química depende en gran medida de la cantidad y madurez del fruto. Otros factores que influyen en las proporciones de los nutrientes y calidad de la mora son las condiciones del suelo y del clima en las que son cultivadas.

El secado mediante tambores o rodillos es uno de los métodos de secado más eficientes en términos de consumo de energía y es muy efectivo para secar líquidos con una alta viscosidad o alimentos. En una operación de secado, el material en forma de líquido, solución acuosa o puré es aplicado como una capa ligera sobre la superficie exterior de un par de tambores que se encuentran girando y que están siendo calentados por dentro mediante vapor. Después el producto se encuentra ya seco y es removido mediante una cuchilla estática. El producto seco es recolectado y transferido, a un molino para reducir el tamaño de su partícula y poder ser empacado. Para poder asegurar un producto que sea consistente y que cumpla con las necesidades del cliente, se requiere desarrollar un balance muy delicado entre la tasa de alimentación de la solución, la velocidad de rotación de los rodillos, el nivel de presión de vapor que alimenta a los rodillos.

El propósito del trabajo de grado radica en saber cuáles son las mejores condiciones de operación de un equipo deshidratador por rodillos de fruta para la obtención de mora de castilla deshidratada, para ello se propuso variar la velocidad y la presión a diferentes condiciones de operación y finalmente realizando diferentes análisis del producto obtenido, con el fin de obtener una mora deshidratada que se adapte a las necesidades de calidad y capacidades tanto económicas como productivas, de una empresa de alimentos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar las condiciones de operación de un equipo a nivel laboratorio para la obtención de mora deshidratada.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Diagnosticar las propiedades físicas y químicas de la mora de castilla (*Rubus Glaucus*).
2. Evaluar diferentes condiciones de operación en la deshidratación de la mora de castilla a nivel laboratorio.
3. Evaluar los costos de las condiciones propuestas.

1. MARCO TEÓRICO

En la actualidad se puede evidenciar gran variedad de preocupaciones acerca de la salud y bienestar del ser humano por lo que en los últimos años se ha notado un cambio en cuanto a la alimentación de las personas. Debido a esto es muy importante que la industria alimenticia busque satisfacer las necesidades de los consumidores ofreciendo productos naturales de consumo práctico, rápido y fácil, libres de colorantes o sabores artificiales; es allí donde los frutos deshidratados cumplen un papel importante pues contienen altas cantidades de vitaminas, nutrientes, minerales y están libres de grasa y colesterol, además estos pueden ser usados como materia prima de otros alimentos o simplemente pueden ser comercializados como producto final.

La deshidratación de frutas no solo busca satisfacer un mercado en crecimiento, sino que tiene como objetivo principal la conservación y preservación de alimentos, manteniendo integralmente sus propiedades organolépticas y nutricionales. Esta técnica permite reducir considerablemente el peso y volumen del fruto lo que facilita su almacenamiento y disponibilidad cuando no es época de cosecha de este.

1.1 MÉTODOS DE DESHIDRATACION DE FRUTA

La deshidratación de frutas es una de las técnicas más antiguas para la conservación de alimentos perecederos, sin embargo, aún es utilizada debido a que es la más efectiva para disminuir el contenido de agua de las frutas reduciendo la posibilidad de su alteración biológica ya que esta es la principal causa de que estos se deterioren ya que los microorganismos están presentes en el ambiente natural del hombre (agua, suelo, aire, etc.) y durante el proceso industrial (equipos, superficies, instrumentos y personal) y pueden traer consecuencias como la alteración del producto, pérdida de propiedades organolépticas y valor comercial o incluso la producción de intoxicaciones y toxiinfecciones graves en el consumidor.

1.1.1 Deshidratación Osmótica. Es una operación que permite eliminar el agua contenida en un alimento al ponerlo en contacto directo con una disolución altamente concentrada. El proceso tiene lugar porque el agua del producto (disolución más diluida) se difunde a través de las membranas celulares que son semipermeables, hacia el medio que las rodea (disolución más concentrada) con el fin de establecer el equilibrio.¹

¹ARANGO VELEZ Lina María; GIRALDO BEDOYA Diana Patricia y MARQUEZ CARDOZO Carlos Julio. Osmodeshidratación de mora de castilla (*Rubus Glaucus*) con tres agentes edulcorantes. En: Revista facultad Nacional de Agronomía Medellín, Vol., 57. No 1 (2004) p.2253-2268.

Se han realizado diversas investigaciones acerca de la aplicación de la ósmosis en la deshidratación de frutas y hortalizas, para la elaboración de productos de humedad intermedia, reduciendo hasta en un 50% el peso del producto fresco; la utilización de estos productos como materia prima para los procesos de secado, disminuyen el consumo de energía y se reducen los posibles daños por calor, dando al producto una estabilidad suficiente para su conservación. Este método de conservación, permite aumentar la vida útil del producto y mejorar sus características sensoriales. Para su aplicación, se requiere de una baja inversión, ya que las sustancias utilizadas como agentes osmóticos son de fácil adquisición en el mercado. ²

Un inconveniente común cuando se quieren alcanzar niveles altos de deshidratación, es el incremento casi en igual medida de la ganancia en sólidos, lo cual no siempre es conveniente, debido a que se alteran considerablemente las propiedades organolépticas del producto, y se dificulta la eliminación de la humedad remanente, en el caso en que el soluto ganado se acumule en la superficie formando un caparazón. ³

El requerimiento energético en la osmodeshidratación es menor que en otros procesos de deshidratación, puesto que no hay cambio en el estado del agua, además a medida que el producto se deshidrata, este se puede impregnar con otras sustancias de interés como; suplementos nutritivos, mejoradores de propiedades sensoriales o conservantes. La mayor parte de la transferencia de agua se produce en las dos primeras horas. Uno de los problemas que plantea la osmodeshidratación, es el fluido residual, para lo cual uno de los posibles usos de este, ha sido, utilizarlo en la fabricación de refrescos o néctares, o como agente saborizante u aromatizante.⁴

1.1.2 Secado al sol. Este método consiste en utilizar el calor radiante del sol para evaporar la humedad de los alimentos es el método de secado más antiguo y extendido por todo el mundo. Sin embargo, presenta muchas limitaciones para producciones a gran escala, entre ellos los largos tiempos de secado.

La temperatura del producto durante el secado al sol oscila entre 5 y 15 °C y el tiempo de secado es de aproximadamente 3 o 4 semanas. Este proceso no es

² ARANGO VELEZ Lina María; GIRALDO BEDOYA Diana Patricia y MARQUEZ CARDOZO Carlos Julio. Osmodeshidratación de mora de castilla (*Rubus Glaucus*) con tres agentes edulcorantes. En: Revista facultad Nacional de Agronomía Medellín, Vol., 57. No 1 (2004) p.2253-2268.

³ ARANGO VELEZ Lina María; GIRALDO BEDOYA Diana Patricia y MARQUEZ CARDOZO Carlos Julio. Osmodeshidratación de mora de castilla (*Rubus Glaucus*) con tres agentes edulcorantes. En: Revista facultad Nacional de Agronomía Medellín, Vol., 57. No 1 (2004) p.2253-2268.

⁴ARANGO VELEZ Lina María; GIRALDO BEDOYA Diana Patricia y MARQUEZ CARDOZO Carlos Julio. Osmodeshidratación de mora de castilla (*Rubus Glaucus*) con tres agentes edulcorantes. En: Revista facultad Nacional de Agronomía Medellín, Vol., 57. No 1 (2004) p.2253-2268.

confiable para usarlo en frutas como la mora debido a que durante el secado solar se pierde azúcar debido a la continua respiración de los tejidos y la fermentación.⁵

1.1.3 Secado por aire. En este método se calienta aire y se hace circular alrededor del producto, la energía para la evaporación es suministrada por convección y el aire sirve como medio de transporte del vapor para desalojarlo de la capa exterior del producto.⁶

En el secado por aire las moléculas de aire se combinan con las del agua al momento de evaporarse, al mismo tiempo es el aire el que sirve como medio de transferencia de energía calórica al producto.⁷

1.2 PRINCIPIOS DE LA DESHIDRATACION DE FRUTA

El objetivo principal de la deshidratación consiste en prolongar la vida útil de un alimento por reducción de su humedad por medio de su difusión, en fase líquida y/o vapor, a través de su estructura interior. Al movimiento del agua líquida le sigue su evaporación en algún punto del alimento, para lo cual es necesario el calor, por lo tanto, este proceso supone realmente un transporte simultáneo de materia y calor.⁸

La transmisión de calor tiene lugar en el interior del alimento y está relacionada con el gradiente de temperatura existente entre su superficie y la correspondiente a la superficie del agua en el interior del alimento. Si se suministra al agua suficiente energía para su evaporación, el vapor producido se transportará desde la superficie de la capa húmeda en el interior del producto hacia la superficie de este. El gradiente de presión existente entre la superficie del agua en el interior y en el aire exterior al alimento, es el que provoca la difusión del vapor de agua hacia la superficie de este, por lo tanto, se producen cuatro procesos de transporte:⁹

- **Transmisión de calor desde el gas hasta la superficie del producto:** puede realizarse por conducción, convección o radiación. Por radiación cuando la transferencia de calor tiene lugar mediante ondas electromagnéticas; por

⁵ VANACLOCHA CASP ANA y ABRIL REQUENA JOSÉ, procesos de conservación de alimentos.2 Edición,2003. P- 349

⁶ MENDOZA HUERTAS ANGELICA MARÍA; MENDOZA HUERTAS ÁLVARO MAURICIO; POSADA BERNAL GERMAN y CAMPO NAVARRO JOSÉ. Diseño y construcción de una maquina deshidratadora de banano. Universidad de San Buenaventura. 2007. P- 45

⁷ MENDOZA HUERTAS ANGELICA MARÍA; MENDOZA HUERTAS ÁLVARO MAURICIO; POSADA BERNAL GERMAN y CAMPO NAVARRO JOSÉ. Diseño y construcción de una maquina deshidratadora de banano. Universidad de San Buenaventura. 2007. P- 45

⁸ VANACLOCHA CASP ANA y ABRIL REQUENA JOSÉ, procesos de conservación de alimentos.2 Edición,2003. P- 333

⁹VANACLOCHA CASP ANA y ABRIL REQUENA JOSÉ, procesos de conservación de alimentos.2 Edición,2003. P-333

conducción cuando el transporte de calor tiene lugar en los sólidos y se produce transmisión directa de la energía molecular y finalmente por convección cuando las transferencias de calor por grupos de moléculas se mueven por diferencia de densidades.

- **Transmisión de calor desde la interfase solido-gas hasta el interior del solido:** solo puede tener lugar por conducción, en régimen no estacionario es decir que las condiciones en cualquier punto varían con el tiempo.¹⁰
- **Transmisión de materia a través del solido:** se puede producir por difusión o por capilaridad. Difusión debida a las diferencias de concentración y capilaridad, aprovechando los capilares existentes. La difusión tiene lugar en la deshidratación de productos con humedades del orden de 25% o inferiores, mientras que la capilaridad se presenta para niveles altos de humedad 65% o más, siempre y cuando en la estructura interna no del producto existan capilares¹¹.
- **Transferencia de vapor desde la interfase solido-gas hacia el seno del gas:** los equipos de deshidratación utilizarán por tanto la transferencia de energía, procesos basados en la convección, conducción o radiación desde la fuente de calor hasta el alimento. Los sistemas más usuales emplean la convección como mecanismo de transferencia de calor y aire como vehículo de esta energía, por lo tanto, la transferencia de calor dependerá, en este caso, de la temperatura del aire, de su humedad, de su caudal, de la superficie expuesta del alimento y de la presión.¹²

1.2.1 Parámetros de la mezcla aire-vapor de agua. En el proceso de deshidratación por aire caliente el objetivo es extraer el agua del alimento, el agua es extraída en forma de vapor, este vapor es mezclado con aire que pasa alrededor del alimento para evacuarlo. Además, el aire que pasa sirve como medio de transferencia de calor.

- **Líquido y vapor saturado:** cuando un líquido y su vapor alcanzan el equilibrio termodinámico (presión y temperatura iguales para las dos fases) durante un proceso de condensación o ebullición, tanto el líquido como el vapor reciben el nombre de líquido saturado y vapor saturado respectivamente. El líquido saturado tiene como característica que es el líquido que contiene la mayor cantidad de vapor posible sin que se dé la ebullición, mientras que el vapor saturado es el vapor que tiene la máxima cantidad de líquido posible sin que se

¹⁰ VANACLOCHA CASP ANA y ABRIL REQUENA JOSÉ, procesos de conservación de alimentos.2 Edición,2003. P-333

¹¹ VANACLOCHA CASP ANA y ABRIL REQUENA JOSÉ, procesos de conservación de alimentos.2 Edición,2003. P-333

¹² VANACLOCHA CASP ANA y ABRIL REQUENA JOSÉ, procesos de conservación de alimentos.2 Edición,2003. P-334

logre condensación.

- **Presión parcial:** la presión parcial de una especie i en una mezcla de gas ideal se define como la presión que la especie i ejercería si ocupara todo el volumen de la mezcla.
- **Presión de vapor de saturación:** la presión de vapor es la presión que ejerce la fase gaseosa o vapor sobre la fase líquida cuando dichas fases se encuentran en equilibrio termodinámico.
- **Humedad absoluta:** la humedad absoluta es la masa total de líquido, especialmente agua, existente en un gas por unidad de volumen, y se expresa en gramos de líquido por metro cúbico de gas.
- **Humedad absoluta:** la humedad absoluta es la masa total del líquido especialmente el agua, existente en un gas por unidad de volumen, y se expresa en gramos de líquido por metro cúbico de gas.
- **Humedad relativa:** es la relación entre la cantidad de líquido que contiene una masa de aire y la masa de humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica. Generalmente se presenta como la razón entre la presión parcial y la presión de saturación del líquido en el aire.

1.2.2 Difusión de la humedad. Una cantidad importante del agua se elimina de los alimentos mediante difusión, en fase líquida y/o vapor, a través de su estructura interior. Al movimiento del agua líquida le seguirá su evaporación en algún punto en el interior del alimento, pudiendo estudiarse el flujo de difusión como si fuera difusión molecular. Así, el flujo de agua es una función del gradiente de la presión del vapor, de la difusividad del vapor en el aire, de la distancia a recorrer y de la temperatura. Además, dado que, para evaporar el agua es necesario calor, el proceso supone realmente un transporte simultáneo de materia y calor.¹³

La eliminación de la humedad del producto dependerá, en parte, de la transferencia de materia por convección hacia la superficie del producto. Aunque este proceso puede no ser el limitante de la velocidad, no debe olvidarse la importancia de mantener las condiciones límite óptimas para el transporte de la humedad.¹⁴

¹³ SINGH, R. PAUL y HELDMAN, DENNIS R, Introducción a la ingeniería de alimentos. 2 Edición, 2009. P-470

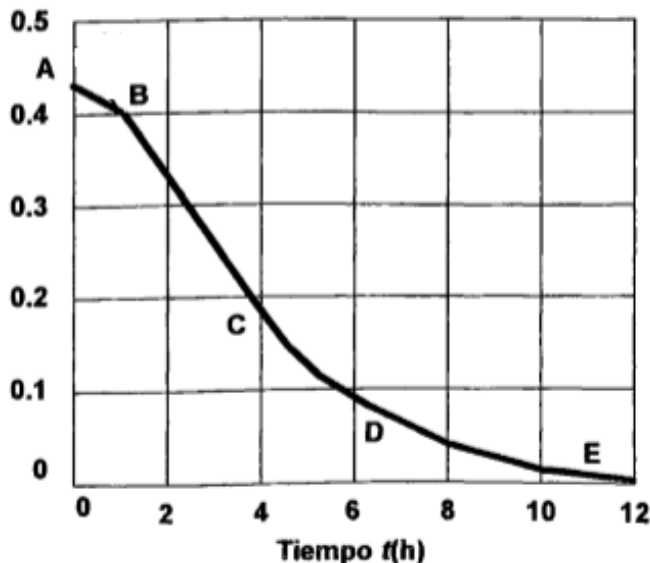
¹⁴ SINGH, R. PAUL y HELDMAN, DENNIS R, Introducción a la ingeniería de alimentos. 2 Edición, 2009. P-470

1.2.3 Curvas de secado. En la curva de secado se quiere observar el comportamiento o cambio de humedad (dx) durante el tiempo que se demore el producto bajo la influencia del flujo de aire caliente que hace que se deshidrate.¹⁵

Cuando un sólido se deseca experimentalmente se pueden registrar los datos que relacionen el contenido de humedad del producto en función del tiempo, obteniéndose curvas que presentan tres etapas cada una de ellas diferenciada entre sí por la velocidad de secado.

Como se muestra en la figura 1 primero transcurre un periodo inicial de estabilización durante en el cual las condiciones de la superficie del sólido se equilibran con las del aire de secado¹⁶ y al final del cual el alimento alcanza la temperatura de bulbo húmedo (**fase A-B**). Luego el agua migra a la superficie del alimento a la misma velocidad que se produce la evaporación, en este periodo la velocidad es constante hasta que alcanza la humedad crítica (**fase B-C**). Sin embargo, todas las partes del alimento no se deshidratan a la misma velocidad, por lo que la velocidad de deshidratación global va descendiendo gradualmente durante el periodo de velocidad constante (**fase C-D-E**).¹⁷ La humedad crítica suele estar claramente identificada debido al cambio drástico de la pendiente en la curva de secado.

Figura 1. Curva típica de secado a condiciones de secado constantes



Fuente: GIRALDO GÓMEZ GLORIA INES, Deshidratación de tomate chonto. Universidad Nacional de Colombia, 1996. P-14.

¹⁵ SINGH, R. PAUL y HELDMAN DENNIS R, Introducción a la ingeniería de alimentos. 2 Edición, 2009. P-470

¹⁶ GIRALDO GOMEZ GLORIA INES, Deshidratación de tomate chonto. Universidad Nacional, 1996. P-14

¹⁷ VALVUENA RODRIGUEZ FAIZULY, VILLAMIZAR CRUZ SONIA, Deshidratación de mora por los métodos de bandejas y rodillos. Universidad de América, 1997. P-43

Los alimentos son sustancias higroscópicas, lo que hace que varíe el comportamiento de secado entre uno y otro. Este fenómeno se estudia experimentalmente midiendo la pérdida de peso de un producto sólido durante un tiempo determinado en función de la humedad del aire seco y la temperatura.¹⁸

1.2.4 Periodos de deshidratación. El proceso de secado está normalmente dividido en tres fases: una fase inicial de precalentamiento, seguida de otra velocidad de secado constante y una o más fases de velocidad de secado decreciente.¹⁹ En la figura 2 se muestra de forma gráfica la representación de los periodos de deshidratación en el secado por convección.

- **Periodo de precalentamiento:** que transcurre por el producto y el agua en él contenida se calientan ligeramente, hasta alcanzar la temperatura de bulbo húmedo características de ambiente secante. El producto a secar al principio está frío, su presión de vapor es igualmente baja, por lo tanto, la velocidad de transferencia de masa es muy lenta. Por el contrario, el gradiente de temperatura entre el aire caliente y la superficie fría del producto es elevada, en consecuencia, la transferencia de calor es alta. El excedente de calor se utiliza entonces en calentar la superficie del producto, lo cual produce una disminución del gradiente de temperatura, que cesará cuando se alcance el equilibrio estacionario.²⁰
- **Periodo de velocidad constante:** durante el cual se produce una reducción importante del contenido de agua, el agua de imbibición se elimina con un flujo másico constante. La evaporación se efectúa en la superficie del producto, a temperatura constante, siendo esta la de bulbo húmedo del aire. Durante este periodo, el flujo de calor intercambiado entre el aire y el producto se utiliza enteramente para la evaporación del agua. Este periodo continúa mientras que la superficie del producto está alimentada por agua desde el interior, fundamentalmente por capilaridad. Comúnmente esta etapa finaliza cuando el contenido medio de humedad del producto alcanza el valor de la humedad crítica.²¹
- **Periodo de velocidad decreciente:** que comienza cuando la superficie del producto en contacto con el aire de secado alcanza el umbral de higroscopicidad. Desde el punto de vista macroscópico, esto corresponde a alcanzar la humedad crítica. La zona de evaporación que se encontraba en la superficie, se desplaza hacia el interior del producto. La brusca reducción de la

¹⁸ SINGH, R. PAUL y HELDMAN DENNIS R, Introducción a la ingeniería de alimentos. 2 Edición, 2009. P-470

¹⁹ VANACLOCHA CASP ANA y ABRIL REQUENA JOSÉ, procesos de conservación de alimentos. 2 Edición, 2003 P-334

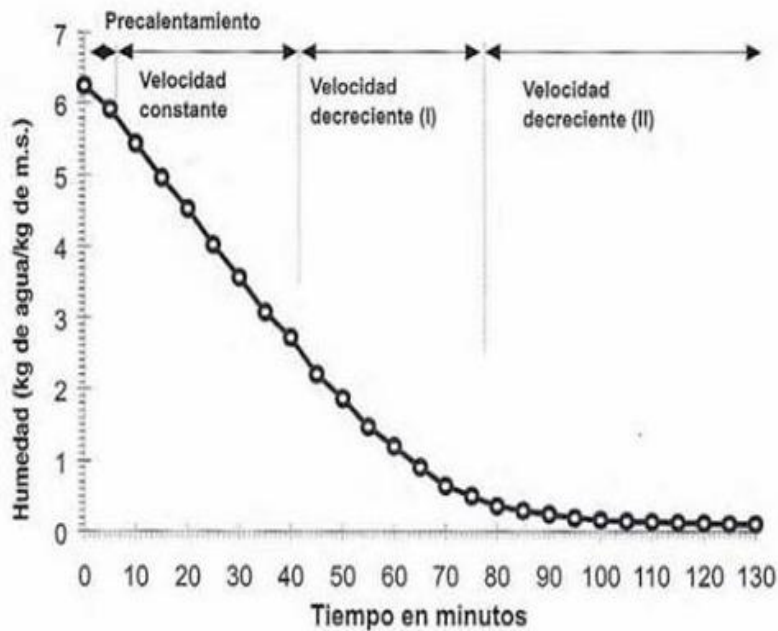
²⁰ VANACLOCHA CASP ANA y ABRIL REQUENA JOSÉ, procesos de conservación de alimentos. 2 Edición, 2003 P-335

²¹ VANACLOCHA CASP ANA y ABRIL REQUENA JOSÉ, procesos de conservación de alimentos. 2 Edición, 2003 P-336

superficie de transferencia, debida a una alimentación insuficiente de agua libre, es la causa de la disminución de la velocidad de secado.²²

- **Segundo periodo de velocidad decreciente o periodo de velocidad final:** este periodo solo existe para los materiales higroscópicos. El flujo másico se reduce más rápidamente que en el periodo anterior. Esta fase se termina cuando el producto alcanza su humedad de equilibrio, que depende como es lógico, de las condiciones de secado.²³

Figura 2 .Periodos de secado.



Fuente: VANACLOCHA CASP ANA Y ABRIAL REQUENA JOSÉ, Procesos de conservación de alimentación. 2 edición, 2003. P-334.

1.2.5 Presión. A cualquier presión por debajo de la atmósfera, la ebullición del agua tiene lugar a una temperatura más baja y cuanto más baja sea la presión, menor será la temperatura. Si se mantiene constante una temperatura a medida que se reduce la presión, la ebullición prosigue a una velocidad alta.²⁴

Los procesos de deshidratación emplean calor y los requerimientos de energía están ligados directamente con el tiempo, es preciso encontrar un tiempo medio entre la velocidad máxima de secado, el óptimo mantenimiento de calidad y el

²² VANACLOCHA CASP ANA y ABRIL REQUENA JOSÉ, procesos de conservación de alimentos.2 Edición,2003 P-337

²³ VANACLOCHA CASP ANA y ABRIL REQUENA JOSÉ, procesos de conservación de alimentos.2 Edición,2003 P-337

²⁴SINGH, R. PAUL y HELDMAN DENNIS R, Introducción a la ingeniería de alimentos. 2 Edición, 2009. P-16

tiempo de operación.²⁵

1.2.6 Actividad de agua (Aw). El agua es, quizás, el factor individual que más influye en la alterabilidad de los alimentos. Se ha demostrado que alimentos con el mismo contenido de agua se alteran de forma distinta, por lo que se deduce que la cantidad de agua no es por sí sola una herramienta indicativa del deterioro de los alimentos. De este hecho surge el concepto de Aw, que indica la fracción del contenido de humedad total de un producto que está libre y, en consecuencia, disponible para el crecimiento de microorganismos y para que se puedan llevar a cabo diversas reacciones químicas que afectan a su estabilidad.²⁶

La Aw es un factor crítico que determina la vida útil de los productos. Este parámetro establece el límite para el desarrollo de muchos microorganismos, mientras que otros parámetros como temperatura, pH o contenido en azúcares, generalmente influyen en la velocidad de crecimiento.²⁷

Los microorganismos necesitan la presencia de agua, en una forma disponible, para crecer y llevar a cabo sus funciones metabólicas. La mejor forma de medir la disponibilidad de agua es mediante la actividad de agua. La Aw de un alimento se puede reducir aumentando la concentración de solutos en la fase acuosa de los alimentos mediante la extracción del agua o mediante la adición de solutos. Algunas moléculas del agua se orientan en torno a las moléculas del soluto y otras quedan absorbidas por los componentes insolubles de los alimentos. En ambos casos, el agua queda en una forma menos reactiva. Varios métodos de conservación utilizan estos conceptos. La deshidratación es un método de conservación de los alimentos basado en la reducción de la Aw (lo que se consigue eliminando el agua de los productos).²⁸

Muchos alimentos logran estabilidad, desde el punto de vista microbiológico, eliminando el agua que contienen (deshidratación) o mediante el agregado de solutos hasta alcanzar un valor bajo de Aw. En la deshidratación, se le aplica energía al alimento en forma de calor, aumentando la presión de vapor del agua presente hasta un nivel tal que el agua de la superficie de los alimentos se evapora. La evaporación de la humedad de los alimentos se debe a la diferencia entre la presión de vapor de la atmósfera y la presión superficial del alimento. A medida que avanza la deshidratación, descende la velocidad de eliminación del agua porque la migración de agua a la superficie tiene un límite; las capas

²⁵ VANACLOCHA CASP, Ana y ABRIL REQUENA José, procesos de conservación de alimentos. 2 Edición, 2003 P-325

²⁶ LAB-FERRER- AQUALAB. Fichas técnicas actividad de agua en alimentos. [En línea] disponible en: <https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/09/actividad-del-agua.pdf>

²⁷ LAB-FERRER- AQUALAB. Fichas técnicas actividad de agua en alimentos. [En línea] disponible en: <https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/09/actividad-del-agua.pdf>

²⁸ NOVASINA THE ART OF PRECISION MEASUREMENT. La importancia de la Aw- actividad de agua. [En línea] disponible en: [http://www.equinlab.com/pdf_/La%20importancia%20de%20la%20actividad%20de%20agua%20\(aw\).pdf](http://www.equinlab.com/pdf_/La%20importancia%20de%20la%20actividad%20de%20agua%20(aw).pdf)

superficiales se hacen menos permeables y el aumento de la concentración de solutos reduce la presión de vapor de la superficie.²⁹

1.2.7 Preparación de los productos para el secado. La efectividad de los tratamientos de conservación de los alimentos depende de su carga microbiana, cuanto más elevada sea más difícil es que sean efectivos, es necesario por lo tanto en todo momento evitar el incremento de la contaminación antes de la conservación. Es necesario por lo tanto realizar antes un lavado de los productos a secar, con el fin de garantizar una higiene constante para evitar todo desarrollo de microorganismos, se recomienda el lavado y remojo con agua clorada seguido de un enjuague con agua limpia.³⁰

En cuanto a la preparación de los productos hay que encontrar un compromiso entre la presentación final y la facilidad de secado. Como regla general interesa aumentar la superficie de intercambio (trozos pequeños), esto presenta varias ventajas, permite disminuir la duración de la primera fase, cuanto más pequeños sean los trozos se dará un secado más efectivo.³¹

En algunos casos es necesario modificar la estructura del producto con el fin de facilitar el secado y evitar contaminación microbiana antes y durante la primera fase de secado y limitar las reacciones bioquímicas posteriores.

Los pre tratamientos más empleados normalmente son:

- Escaldado
- Sulfitado
- Salazón
- Ahumado

1.3 DESHIDRATADORES DE CILINDRO O RODILLO

Los deshidratadores de rodillos son frecuentemente utilizados en la industria alimenticia debido a que son equipos de uso fácil, con velocidades eficientes de desecación, y son económicos en el uso del calor.

Algunas aplicaciones de este tipo de deshidratadores en industria son: secado de la leche descremada, obtención de papa en escamas, secado de tomate, polvo de higo, puré de ciruelas, purés cocinados de habichuelas y obtención de frutos deshidratados para barras de cereal. Sin embargo, para este tipo de equipos la

²⁹OVASINA THE ART OF PRECISION MEASUREMENT. La importancia de la Aw- actividad de agua. [En línea] disponible en:

[http://www.equinlab.com/pdf_/La%20importancia%20de%20la%20actividad%20de%20agua%20\(aw\).pdf](http://www.equinlab.com/pdf_/La%20importancia%20de%20la%20actividad%20de%20agua%20(aw).pdf)

³⁰ VANACLOCHA CASP, Ana y ABRIL REQUENA José, procesos de conservación de alimentos.2 Edición,2003 P-338

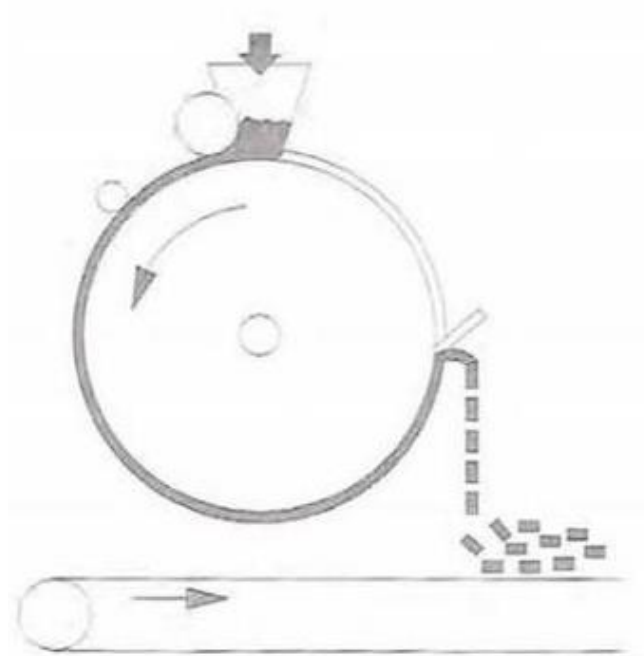
³¹ VANACLOCHA CASP, Ana y ABRIL REQUENA José, procesos de conservación de alimentos.2 Edición,2003 P-339

materia prima debe resistir temperaturas altas durante tiempos cortos y esta debe alimentarse al deshidratador en estado líquido o en papilla.

1.3.1 Generalidades. Es un equipo de desecación por contacto, con una superficie caliente, la cual aporta el calor por conducción. Llamado también secador de película. Este tipo de secador se considera indirecto y continuo, ya que el calor de desecación se transfiere al sólido húmedo a través de una pared de retención. El líquido vaporizado se separa independientemente del medio de calentamiento y la velocidad de desecación depende del contacto que se establezca entre el material húmedo y la superficie caliente.³²

En los secadores de rodillos como se ilustra en la figura 2 el producto se seca sobre la superficie de un rollo giratorio calentado interiormente. Para que pueda realizarse este método el alimento debe ser líquido o semilíquido. El producto se extiende en forma de capa fina sobre la superficie del cilindro horizontal que gira lentamente, y la eliminación del agua tiene lugar en el curso de aproximadamente 300° de una revolución.³³

Figura 3. Principio de funcionamiento de un secador de rodillos



Fuente: VANACLOCHA CASP ANA y ABRIL REQUENA JOSÉ, procesos de conservación de alimentos.2 Edición,2003 P-380

³² VANACLOCHA CASP, Ana y ABRIL REQUENA José, procesos de conservación de alimentos.2 Edición,2003 P-379

³³ VANACLOCHA CASP, Ana y ABRIL REQUENA José, procesos de conservación de alimentos.2 Edición,2003 P-380

El cilindro se calienta interiormente con vapor de agua a presión, o bien con menos frecuencia, con agua caliente u otro líquido transmisor de calor. El producto seco se separa en forma de película continua por medio de una cuchilla que rasca longitudinalmente la superficie del cilindro.³⁴

1.3.2 Tipos de secadores de rodillos. Fundamentalmente existen tres tipos de aparatos, de acuerdo con las disposiciones de los cilindros: cilindro sencillo, cilindros dobles y cilindros gemelos. En general estos equipos vienen acompañados de campanas extractoras que recogen y evacúan el vapor de agua.

1.3.2.3 Secador de cilindro sencillo. Está formado por un solo rodillo. El producto mojado se aplica al tambor por medio de los rodillos del aplicador. Según el número del aplicador los rodillos forman una capa en el tambor. Este arreglo es conveniente para el proceso de productos Pasty o pulpy.³⁵

1.3.2.2 Secador de cilindro doble. Está constituido por dos rodillos que giran acercándose en su parte superior como se muestra en la figura 3. En este equipo se ajusta cuidadosamente la separación entre los rodillos para controlar el espesor del alimento depositado.³⁶ En el caso de cilindro doble, los sistemas de alimentación son de diseño sencillo por la parte superior de los rodillos. Para líquidos viscosos o con cantidades notables de sólidos en suspensión, se recurre a la agitación.

Este sistema híbrido especial es utilizado para impartir ciertas características físicas determinadas en productos específicos.

1.3.2.3 Secador de rodillos gemelos. Ocupan una disposición general similar a la de los cilindros dobles, sin embargo, su sentido de giro es contrario al de estos (figura 3). El material que se secará se bombea, directamente a través de inyectores de aerosol, en el pellizco formado entre dos tambores secadores. Esta es la forma más vieja de secado por tambor.³⁷

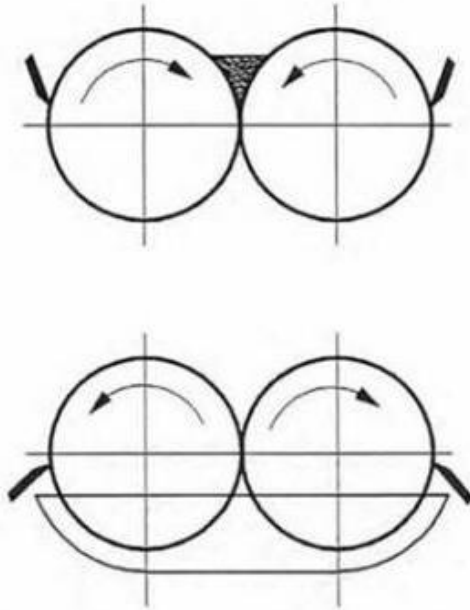
³⁴ VANACLOCHA CASP ANA y ABRIL REQUENA JOSÉ, procesos de conservación de alimentos.2 Edición,2003 P-380

³⁵ VANACLOCHA CASP ANA y ABRIL REQUENA JOSÉ, procesos de conservación de alimentos.2 Edición,2003 P-380

³⁶ VANACLOCHA CASP ANA y ABRIL REQUENA JOSÉ, procesos de conservación de alimentos.2 Edición,2003 P-380

³⁷ VANACLOCHA CASP ANA y ABRIL REQUENA JOSÉ, procesos de conservación de alimentos.2 Edición,2003 P-380

Figura 4. Deshidratadores de cilindros dobles y cilindros gemelos.



Fuente: VANACLOCHA CASP ANA y ABRIL REQUENA JOSÉ, procesos de conservación de alimentos.2 Edición,2003 P-381

1.3.3 Transferencia de calor del secado por rodillos. La eliminación de agua de un alimento húmedo lleva consigo la incorporación de dos fenómenos fundamentales la transferencia de calor que aporta la energía necesaria para la transformación del agua en vapor y la transferencia de agua a través y fuera del alimento.³⁸

Debido a que en el proceso de secado la humedad se evapora o sublima es necesario aplicar calor al material a secar. Existen tres formas en las que se transfiere el calor a la muestra; convección de un gas caliente en contacto con el material, conducción desde una superficie caliente en contacto con el material y radiación desde un gas o una superficie que esta “a la vista” del material. También es posible generar calor en el material por medio de calentamiento dieléctrico o microondas.³⁹

La información anterior es significativa debido a que da un panorama general a los temas relacionados al contenido del proyecto, y que durante desarrollo del mismo se tomarán en cuenta para los análisis de resultados y conclusiones.

³⁸ VANACLOCHA CASP ANA y ABRIL REQUENA JOSÉ, procesos de conservación de alimentos.2 Edición,2003 P-471

³⁹ VANACLOCHA CASP ANA y ABRIL REQUENA JOSÉ, procesos de conservación de alimentos.2 Edición,2003 P-471

2. DIAGNOSTICO DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE LA MORA DE CASTILLA (*Rubus Glaucus*)

Las frutas y verduras en general son productos ricos en agua que poseen escaso contenido en grasa y bajo contenido de proteínas. Entre los componentes sólidos de estas se destacan los carbohidratos que son uno de los principales nutrientes en la alimentación del ser humano y ayudan a proporcionar energía al cuerpo. La mayoría presentan bajo aporte calórico, siendo normalmente mayor en las frutas; debido a que su contenido en carbohidratos suele ser más elevado que el de las verduras.

Las frutas también se destacan por su aporte de vitaminas (especialmente vitaminas C, vitamina A y folato), minerales (especialmente potasio y magnesio) y fibra. Además, contienen numerosos componentes bioactivos que presentan efectos beneficiosos sobre la salud.

2.1 GENERALIDADES DE LA MORA

La mora es un fruto perteneciente al grupo de las bayas esta tiene semilla en su interior y puede ser de distintos tamaños; sus colores varían desde el rojo hasta el púrpura cuando está maduro, se caracteriza principalmente por ser fuente de minerales y vitaminas contribuyendo así un importante aporte nutricional, además contiene un bajo valor calórico (63 Kcal)⁴⁰ ya que tiene bajo aporte de carbohidratos (5,6 g)⁴¹ ayudando al metabolismo. Esta fruta es rica en Vitamina C (26.3 mg)⁴² incluso contiene valores cercanos a los de algunos cítricos (mandarina: 26.7 mg; lima: 29.1 mg)⁴³, también es muy rica en vitamina A, potasio, y cuenta con características antioxidantes lo que implica un alto interés agroindustrial. Este fruto tiene un elevado contenido de agua por lo que es muy perecedera, por lo tanto, requiere de especiales cuidados durante la cosecha y el transporte.

⁴⁰ INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR ICBF. tabla de composición de alimentos colombianos.2015. [En Línea] Disponible en (http://www.icbf.gov.co/portal/page/portal/PortalICBF/bienestar/nutricion/tabla-alimentos/TCAC_2015_IMP.PDF)

⁴¹ INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR ICBF. tabla de composición de alimentos colombianos.2015. [En Línea] Disponible en (http://www.icbf.gov.co/portal/page/portal/PortalICBF/bienestar/nutricion/tabla-alimentos/TCAC_2015_IMP.PDF)

⁴² INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR ICBF. tabla de composición de alimentos colombianos.2015. [En Línea] Disponible en (http://www.icbf.gov.co/portal/page/portal/PortalICBF/bienestar/nutricion/tabla-alimentos/TCAC_2015_IMP.PDF)

⁴³ UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTUR, USDA Food Composition Databases. 2017. [EN LINEA]. Disponible en (<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list?qlookup=09159>)

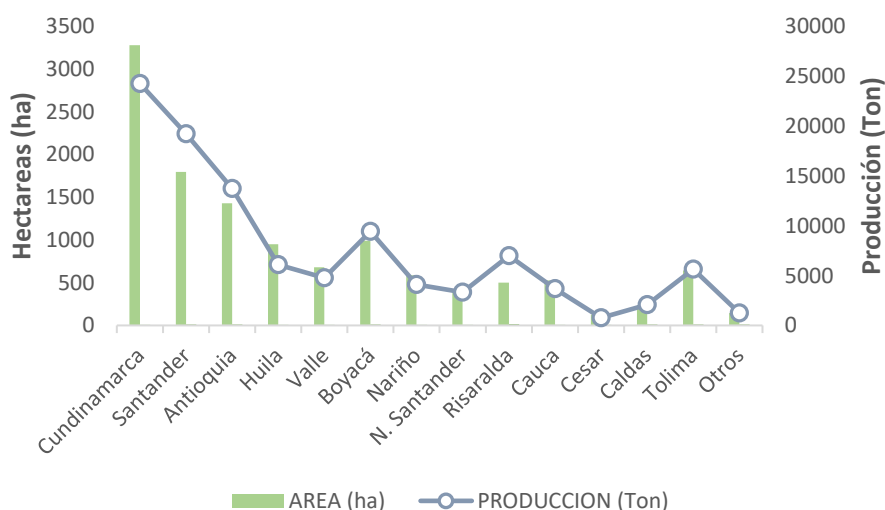
2.1.1 Ubicación geográfica y ciclos de producción. Esta planta es originaria de las zonas altas y tropicales de América, y se puede encontrar en Colombia, Panamá, Guatemala, Honduras, Ecuador, Costa Rica, Perú y México, entre otros países.

La vida útil del cultivo de esta especie es de 12 a 15 años, dependiendo la técnica de explotación; Esta especie es de fructificación continua, por lo que da frutos a lo largo de todo el año, pero especialmente en los meses de junio, julio, agosto y septiembre, siendo el resto del año la cosecha significativamente inferior.

Esta planta se adapta a diferentes alturas en rangos desde los 1200 y los 3500 metros sobre el nivel del mar sin embargo la altura más apropiada para su crecimiento está entre los 1800 y los 2400 metros así se logra mayor productividad, resistencia a las heladas moderadas y menores problemas fitosanitarios; por encima de los 2400 metros de altitud se ve afectado el tamaño del fruto y su calidad. Para un mejor crecimiento la temperatura debe variar entre 12 y 18 °C con una humedad relativa del 70 al 80%.

Como se muestra en el gráfico 1 en Cundinamarca se encuentra la mayor área de mora sembrada en el país, cuenta con 3275.48 hectáreas llegando a una producción anual de 24 239 toneladas que representan el 27% de la producción nacional; seguido de los departamentos de Santander y Antioquia con el 15% y 12% respectivamente; sin embargo, en la tabla 1 se evidencia que el mayor rendimiento lo tienen el eje cafetero y norte de Santander. Otras zonas productivas son los departamentos de Huila, valle del cauca, Boyacá y Nariño.

Gráfico 1. Área y producción de la mora por departamentos.



Fuente: ESCOBAR TORRES CARLOS H. Cadena productiva nacional de la mora. Ministerio de agricultura y desarrollo rural. Marzo del 2015. [En Línea] Disponible en(<https://sioc.minagricultura.gov.co/Mora/Documentos/002%20-%20Cifras%20Sectoriales/Cifras%20Sectoriales%20%E2%80%93%202015%20Marzo.pdf>)

Tabla 1. Área, producción y rendimiento de la mora por departamentos.

| DEPARTAMENTO | AREA (ha) | PRODUCCION (Ton) | RENDIMIENTO (Ton/ha) |
|--------------|-----------|------------------|----------------------|
| Cundinamarca | 3275.48 | 24239 | 7.4 |
| Santander | 1793.5 | 19190 | 10.7 |
| Antioquia | 1430 | 13728 | 9.6 |
| Huila | 950 | 6080 | 6.4 |
| Valle | 680 | 4760 | 7 |
| Boyacá | 990.8 | 9413 | 9.5 |
| Nariño | 587 | 4109 | 7 |
| N. Santander | 395 | 3318 | 8.4 |
| Risaralda | 499.4 | 6991.6 | 14 |
| Cauca | 527 | 3689 | 7 |
| Cesar | 127 | 762 | 6 |
| Caldas | 237 | 2062 | 8.7 |
| Tolima | 644.12 | 5630 | 8.7 |
| Otros | 145 | 1247 | 8.6 |

Fuente: ESCOBAR TORRES CARLOS H. Cadena productiva nacional de la mora. Ministerio de agricultura y desarrollo rural. Marzo del 2015. [En Línea] Disponible en (<https://sioc.minagricultura.gov.co/Mora/Documentos/002%20-%20Cifras%20Sectoriales/Cifras%20Sectoriales%20%E2%80%93%202015%20Marzo.pdf>)

2.2 CARACTERISTICAS DE LA MORA DE CASTILLA

La mora de castilla es una planta de origen silvestre. Constituye un recurso alimenticio de excelente calidad. Es rica tanto en minerales como en vitaminas, es aromática, ligeramente dulce y de muy buen sabor. Se consume en estado natural, así como en refrescos, mermeladas y conservas.

Esta variedad de mora es la más cultivada en Colombia por su adaptabilidad y la existencia de zonas apropiadas para su cultivo sin embargo presenta limitaciones de susceptibilidad fitosanitaria y bajo contenido de azúcares; De acuerdo con Corpoica a pesar de la riqueza y del gran potencial de la mora de castilla, esta especie no ha adquirido el grado de importancia esperado, lo cual puede atribuirse a limitaciones dentro de las que se destaca la baja calidad genética del material de siembra.⁴⁴

⁴⁴ DANE, MinAgricultura. Boletín mensual insumos y factores asociados a la producción agropecuaria “El cultivo de la mora de castilla (*Rubus Glucus Benth*) frutal de clima frío moderado, con propiedades curativas para la salud humana” Edición número 17. 2013. Página 1. [En línea] Disponible en (https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_nov_2013.pdf)

2.2.1 Clasificación botánica. La mora de castilla es una planta de porte arbustivo, semirrecta y de naturaleza trepadora y alcanza varios metros de altura, los tallos son redondeados y espinosos; hojas trifoliadas con bordes aserrados, de color verde oscuro el haz y blanquecino el envés.⁴⁵ En la tabla 2 se muestra de manera resumida la clasificación biológica a la cual pertenece la mora de Castilla específicamente.

Tabla 2. Taxonomía de la mora de castilla.

| REINO | VEGETAL |
|---------------|-------------------------------|
| DIVISIÓN | Anfotita |
| CLASE | Dicotiledónea |
| SUBCLASE | Aquiclamidea |
| ORDEN | Rosales |
| FAMILIA | Rosasea |
| GÉNERO | Rubus |
| ESPECIE | Glaucus |
| NOMBRE VULGAR | Mora Andina, mora de castilla |

Fuente: GALVIS MURILLO BEATRIZ. Estudio de la durabilidad de la pulpa de mora de Castilla y mora San Antonio. Universidad Nacional, 2003. Página 16. [En Línea] disponible en (<http://www.bdigital.unal.edu.co/1056/1/beatrizsirleygalvismurillo.2003.pdf>)

En Colombia existen aproximadamente 44 especies de la familia de las rosáceas, de las cuales sólo 9 son comestibles y el resto se consideran malezas. Se incluyen la zarzamora, frambuesa, ciertas especies ornamentales y plantas silvestres. La mora de castilla es la más importante comercialmente y la más cultivada en el país⁴⁶.

2.2.2 Composición nutricional general. La composición química depende en gran medida de la cantidad y madurez del fruto. Otros factores que influyen en las proporciones de los nutrientes y calidad de la mora son las condiciones del suelo y del clima en las que son cultivadas. La tabla 3 recopila información sobre las características nutricionales de la mora de castilla a modo resumen, allí se puede encontrar información sobre las proteínas, vitaminas y minerales además de otros nutrientes como fibra, calorías o colesterol y la cantidad de cada uno.

⁴⁵ CARVAJAL CARDONA LUZ MARINA. Producción, transformación y comercialización de pulpas de frutos tropicales. Universidad de Antioquia. 2003

⁴⁶ CARVAJAL CARDONA LUZ MARINA. Producción, transformación y comercialización de pulpas de frutos tropicales. Universidad de Antioquia. 2003

Tabla 3. Composición general de la mora de castilla en 100 g de pulpa.







| COMPONENTE | UNIDAD | CANTIDAD |
|-------------------------------|--------|----------|
| Ácido ascórbico | mg | 8 |
| Ácidos grasos monoinsaturados | g | 0.041 |
| Ácidos grasos polinsaturados | g | 0.207 |
| Ácidos grasos saturados | g | 0.027 |
| Agua | g | 87.68 |
| Azúcares totales | g | 10.7 |
| Calcio | mg | 42 |
| Calorías | Kcal | 63 |
| Carbohidratos | g | 5.6 |
| Colina | mg | 12.3 |
| Fosforo | mg | 38 |
| Fibra | g | 1.7 |
| Glucosa | g | 2.6 |
| Grasa | g | 0.39 |
| Hierro | mg | 1.7 |
| Magnesio | mg | 18 |
| Niacina | mg | 0.3 |
| Omega 6 | g | 0.206 |
| Parte comestible | g | 90 |
| Potasio | mg | 194 |
| Proteínas | g | 1.44 |
| Riboflavina | mg | 0.05 |
| Sodio | mg | 10 |
| Tiamina | mg | 0.02 |
| Vitamina B1 | mg | 0.029 |
| Vitamina B2 | mg | 0.101 |
| Vitamina B6 | mg | 0.05 |
| Vitamina C | mg | 26.2 |
| Vitamina E | mg | 0.87 |

Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR ICBF tabla de composición de alimentos colombianos.2015. [En Línea] Disponible en (http://www.icbf.gov.co/portal/page/portal/PortallICBF/bienestar/nutricion/tabla-alimentos/TCAC_2015_IMP.PDF)

2.2.3 Propiedades físicas. La mora Andina o mora de castilla es una baya de color azul oscuro o morado cuando está en su estado máximo de madurez (figura 5), están formadas por drupas y dentro de cada drupa hay una semilla. Estos frutos pueden ser de diferentes tamaños (5-7mm) de diámetro y pesar aproximadamente 0,2 g cada uno.

Las propiedades físicas más importantes de la mora de castilla (*Rubus Glaucus*) presentes en la tabla 4 fueron diagnosticadas para los frutos que fueron utilizados para la experimentación mediante la revisión y análisis de la ficha técnica del proveedor de la materia prima presente en el Anexo A y la recolección de información del estudio de diferentes autores.

Figura 5. Grados de madurez mora de Castilla.

| GM* | Características | |
|------|--|---|
| GM 1 | Fruto de color amarillo verdoso con ¼ de área rosado |  |
| GM 2 | Frutos con mitad de área amarillo verdoso y mitad rosada |  |
| GM 3 | Fruto de color rojo |  |
| GM 4 | Fruto de color rojo con ¼ de área rojo intenso |  |
| GM 5 | Fruto con mitad de área roja y mitad morada |  |
| GM 6 | Fruto morado oscuro |  |

Fuente: AYALA S. LADY CAROLINA; VALENZUELA CLAUDIA; BOHORQUEZ YANNETH. Caracterización fisicoquímica de mora de castilla (*Rubus Glaucus Benth*) en seis estados de madurez.

Tabla 4. Propiedades físicas de la mora de castilla.

| PROPIEDAD | |
|---------------------------------------|--------------------|
| Forma | Cónica |
| Color de la pulpa | morado hasta negro |
| Sabor | Agridulce |
| Color de la semilla | Amarillo |
| Diámetro longitudinal | 3 a 4 cm |
| Diámetro ecuatorial | 1.8 cm |
| Peso individual | 0.2 g |
| Humedad promedio | 88% |
| Temperatura congelación ⁴⁷ | (- 40 °C) |

Fuente: PROVEEDOR EMPRESA DE ALIMENTOS. Ficha técnica materia prima. 2017

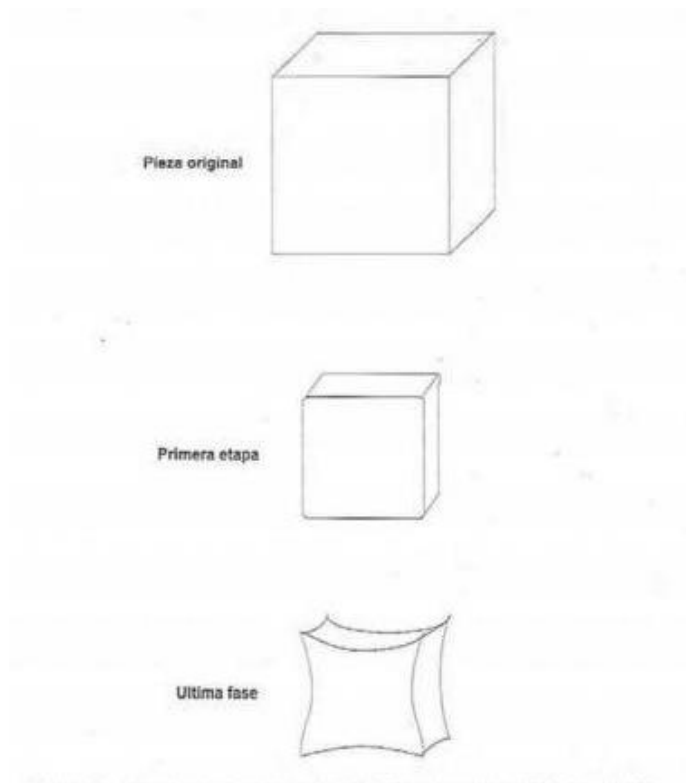
Después de la deshidratación la mora de castilla sufre alteraciones de naturaleza física, entre los más importantes están los cambios en su estructura, debido a que la pared celular sufre una compresión y al superar el límite de resistencia y elasticidad la modificación de la estructura se hace irreversible. Al cesar la fuerza causante de la deformación la célula no vuelve a su estructura original libre de tensión.

En la figura 6 se pueden apreciar los cambios que se producen durante el secado de tejidos vegetales. Se toma una pieza en forma de cubo, donde el tejido celular será sometido a presión y la membrana celular está bajo tensión, se expone a una corriente de aire caliente y el primer efecto es la evaporación de agua desde la superficie. La concentración de solutos en la superficie aumenta, el agua de las soluciones diluidas de las capas más profundas se mueve hacia la superficie a través de las paredes celulares como consecuencia del gradiente de concentraciones. Esta pérdida de fluido celular provoca una contracción del volumen de la célula.⁴⁸

⁴⁷ ORREGO ALZATE CARLOS EDUARDO. Congelación y Liofilización de alimentos. Edición 1. 2008. P- 50. [En Línea] Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/7837/1/9789584444363.pdf>

⁴⁸ VANACLOCHA CASP, Ana y ABRIL REQUENA José, procesos de conservación de alimentos.2 Edición,2003 P-345

Figura 6. Alteración estructural debido a la contracción de tejidos.



Fuente: VANACLOCHA CASP, Ana y ABRIL REQUENA José, procesos de conservación de alimentos. 2 Edición, 2003 P-345

En la primera etapa la contracción de los tejidos es la de presión de la capa superficial de las células, produciendo un encogimiento de hasta un núcleo húmedo e incompresible. A medida que prosigue el secado, las células de las capas superficiales se aplastan cada vez más. En la última fase la contracción tiene lugar en el centro y toma formas distorsionadas irregularmente.

También se produce con la deshidratación una pérdida irreversible del sabor característico del fruto ya que se evaporan casi todos los componentes orgánicos volátiles responsables del aroma y el sabor pues estos tienen puntos de ebullición más bajos que el del agua.

2.2.4 Propiedades químicas. Las propiedades químicas más importantes de la mora de castilla fresca utilizada durante el desarrollo de las pruebas se registraron en la tabla 5 de acuerdo a la ficha técnica del proveedor que está presente en el anexo A. Estas propiedades son importantes debido a que todas ellas influyen de manera significativa en la vida útil del fruto.

Tabla 5. Propiedades químicas de la Mora de Castilla.

| Propiedad | |
|------------------|-----------|
| pH | 2,95 |
| Solidos solubles | 6.5 °Brix |
| Acidez | 2,80% |

Fuente: PROVEEDOR EMPRESA DE ALIMENTOS. Ficha técnica materia prima. 2017.

Como se evidencia en la tabla 5 la mora de castilla fresca tiene un pH menor de 4,6 lo que indica que este fruto se considera de alta acidez, los sólidos solubles indican el contenido de sólidos disueltos (sobre todo sacarosa), este contenido de azúcar es esencial ya sea para el consumo del fruto fresco mejorando el sabor de este como para elaboración de productos; el valor de los sólidos solubles indica que hay 6.5 % de sacarosa en 8,5 g de muestra.

El porcentaje de acidez se define como la cantidad de ácido predominante en las frutas ⁴⁹ y en el caso de la mora de castilla este es el ácido málico; la acidez en alimentos, por otra parte, está ligada a qué puede o no tener una sensación agradable al paladar. Como se observa en la tabla la mora tiene un porcentaje de acidez bajo por lo que los frutos utilizados en las pruebas no son frutos ácidos.

⁴⁹ FLOREZ FAURA Rafael, Manejo de postcosecha de frutas y hortalizas especializados. NRI. SENA. DFID.

3. EVALUACIÓN DE CONDICIONES DE OPERACIÓN EN LA DESHIDRATACIÓN DE MORA DE CASTILLA A NIVEL LABORATORIO

La deshidratación de frutas es una técnica muy utilizada hoy en día ya que permite reducir el grado de humedad de las frutas y verduras ayudando a detener el crecimiento de microorganismos los cuales son la principal causa de que estos se deterioren. Entre los equipos para deshidratar frutas se encuentra el deshidratador de rodillos, este método de secado indirecto y continuo con periodos de exposición al calor, evaporándose toda la pulpa de la fruta durante el giro del rodillo. Es un equipo de desecación por contacto, con una superficie caliente, la cual aporta el calor por conducción mirando las variables de operación de la deshidratación en el proceso.

3.1 DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Bajo manipulación controlada de las variables que intervienen en cada uno de los procesos de deshidratación, se realizó un diseño de experimentos con el que se pretende saber si las variables independientes tienen efecto significativo o no sobre las variables dependientes y así mediante el análisis de datos encontrar las mejores condiciones de operación que permitan la obtención de un producto deshidratado de excelente calidad tanto en humedad como en A_w .

El diseño de experimentos se planteó mediante un diseño factorial 3^2 con dos variables independientes, cada una con tres niveles es decir 9 combinaciones de prueba y en los análisis fisicoquímicos se realizaron 3 réplicas por prueba. Los factores de diseño seleccionados fueron velocidad de giro de rodillos y presión de vapor, los factores de que se mantuvieron constantes fueron temperatura de vapor y espaciamiento entre rodillos que pueden tener cierto efecto en la variable respuesta, pero para fines del experimento no son de interés por lo que mantuvieron fijos en un nivel de $100\text{ }^\circ\text{C}$ y 1 mm respectivamente.

3.1.1 Hipótesis. Con el fin de establecer las condiciones de operación adecuadas para la deshidratación de mora de castilla y obtener un producto con alta calidad microbiológica se partió de las siguientes hipótesis para cada uno de los factores:

Para humedad:

- H_0 = La velocidad de giro de rodillos no tiene un efecto significativo sobre la humedad final del producto.
- H_1 = La velocidad de giro de los rodillos tiene un efecto significativo sobre la humedad final del producto.
- H_0 = La presión de vapor no tiene un efecto significativo sobre la humedad final del producto.

- H_1 = La presión de vapor tiene un efecto significativo sobre la humedad final del producto.
- H_0 = La velocidad de giro de rodillos y la presión de vapor no tienen efecto significativo sobre la humedad final del producto.
- H_1 = la velocidad de giro de rodillos y la presión de vapor tienen efecto significativo sobre la humedad final del producto.

Para A_w :

- H_0 =La velocidad de giro de rodillos no tiene un efecto significativo sobre el A_w del producto.
- H_1 = La velocidad de giro de los rodillos tiene un efecto significativo sobre el A_w del producto.
- H_0 = La presión de vapor no tiene un efecto significativo sobre la humedad final del producto.
- H_1 = La presión de vapor tiene un efecto significativo sobre el A_w del producto.
- H_0 = La velocidad de giro de rodillos y la presión de vapor no tienen efecto significativo sobre el A_w del producto.
- H_1 = la velocidad de giro de rodillos y la presión de vapor tienen efecto significativo sobre el A_w del producto.

3.1.2 Selección de variables del diseño de experimentos. La metodología del diseño de experimentos estudia cómo variar las condiciones habituales de realización de un proceso para aumentar la probabilidad de detectar cambios significativos en la respuesta; de esta forma se obtiene un mayor conocimiento del comportamiento del proceso de interés.

Las variables de un proceso son propiedades que se manipulan, se controlan, se miden en el transcurso de una investigación, también es todo aquello que puede asumir diferentes valores desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo. Todas las variables que intervienen en la experimentación deben ser susceptibles de medición.

- **Variables independientes.** Se intervienen en este proceso como variables independientes la presión de operación y la velocidad de giro de los rodillos. La velocidad de giro influye directamente sobre la obtención o no de una hojuela de mora de castilla. Se tomaron como niveles de experimentación unas condiciones de operación de tres velocidades 100, 200 y 300 rpm y presión de vapor de 20, 30 y 40 psi. Las velocidades se tomaron partiendo de pruebas anteriores de deshidratación de frutas realizados en el ICTA de la Universidad Nacional con el mismo equipo donde se determinó que la velocidad adecuada para el secado de frutos era 100 rpm y las otras dos velocidades se tomaron de manera aleatoria; por medio de referencias bibliográficas de dos proyectos de grado sobre la deshidratación de frutos en el que tomaron varias condiciones de presión, se tuvieron en cuenta las presiones donde se obtuvo el

producto deshidratado con mejores características utilizando el mismo equipo, siendo 40 psi tomada de una tesis de la Universidad de América donde se realizaron pruebas con mora de Castilla⁵⁰ y 30 psi escogida de una tesis de la Universidad Nacional donde se usó como materia prima tomate chonto⁵¹, así mismo se escogió una presión aleatoria de 20 psi.

- **Variables dependientes.** El efecto de las variables independientes que son la velocidad de los rodillos y la presión de vapor, estas se reflejan sobre el porcentaje de humedad del producto final que en este caso es sobre la mora lo que hace que la humedad se permita seleccionarla como variable respuesta, esta debe estar comprendida de 10% a 12% de acuerdo a la revisión de un proyecto de grado realizado por egresados de la universidad de América⁵² y la Resolución 3929 de 2013 que estipula que se considera fruta deshidratada si contiene al menos 12 % de humedad. Otra variable respuesta que se tomará en cuenta es el Aw que debe estar comprendido en valores inferiores a 0.62% debido a que en este rango no se produce crecimiento microbiológico.⁵³

3.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTACIÓN

La experimentación se realizó a nivel laboratorio en las instalaciones de la planta de procesos de vegetales del instituto de ciencia y tecnología de alimentos (ICTA) de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Se utilizó un equipo deshidratador de doble rodillo con alimentación en la parte superior marca Reliance Electric Company cuyas especificaciones se encuentran en el anexo B; partiendo de mora de castilla fresca con características físicas y químicas descritas en el capítulo anterior.

Estas pruebas se realizaron con el objetivo de determinar las condiciones de operación que aseguren una humedad, Aw, tiempo, peso del producto final y rendimiento que aseguren un producto deshidratado de calidad.

⁵⁰ VALBUENA RODRÍGUEZ FAIZULY, VILLAMIZAR CRUZ SONIA JULIETTE, Deshidratación de mora por los métodos de bandejas y rodillos, Universidad de América, 1997, P-64

⁵¹ GIRALDO GOMEZ GLORIA INES, Deshidratación de tomate chonto, Universidad Nacional de Colombia, 1996, P-27

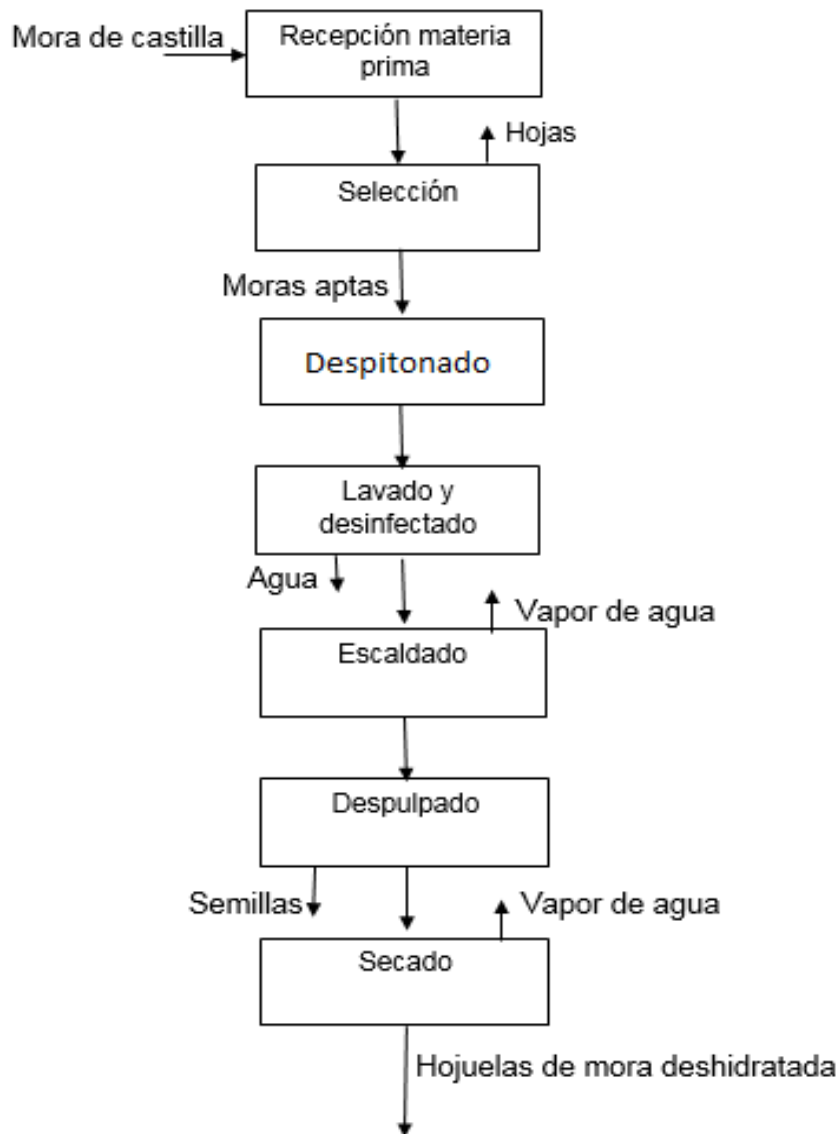
⁵² VALBUENA RODRÍGUEZ FAIZULY, VILLAMIZAR CRUZ SONIA JULIETTE, Deshidratación de mora por los métodos de bandejas y rodillos, Universidad de América, 1997, P-90

⁵³ MEGÍAS PÉREZ, GAMBOA SANTOS, SORIA, MONTILLA Y VILLAMIEL, evaluación de la calidad en frutas deshidratadas comerciales comunes y exóticas, 2008, P- 5 [EN LINEA]. Disponible en : <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/humedad%20y%20aw.pdf>

3.2.1 Proceso de deshidratación por rodillos. En el proceso de deshidratación se busca el incremento de la vida útil del fruto sin cambiar sus características nutricionales, para lo cual se deben establecer condiciones adecuadas que reduzcan al mínimo estos cambios. Además, este proceso también se realiza con el fin de que el producto final no tenga peligros microbiológicos.

Este proceso involucra diferentes operaciones previas al secado donde se realiza la adecuación de la materia prima para que sea adecuada para el proceso de deshidratación. Estas operaciones se realizaron siguiendo la disposición mostrada en el diagrama de bloques correspondiente a la figura 7.

Figura 7. Diagrama de bloques de la deshidratación de Mora de Castilla por el método de rodillos.



A continuación, se presentará una breve descripción de las operaciones unitarias involucradas en el proceso de secado de la mora de castilla.

3.2.1.1 Selección. Como se muestra en la fotografía 1 se escogieron moras de castilla que habían alcanzado un grado de madurez avanzado (grado 5 y grado 6) sin llegar al deterioro, estas se caracterizan por su color mitad de área roja y mitad de área morada para el grado 5 de madurez y morado oscuro para el grado 6⁵⁴ también por su aroma, olor, sabor y su textura firme que con un ligero inicio de ablandamiento permite obtener un producto de buena calidad.

Fotografía 1. selección de la mora de Castilla.



3.2.1.2 Despitonado. En la fotografía 2 se evidencia la mora de castilla después de que se eliminaron los fragmentos no comestibles del fruto como son las hojas, residuos de tierra y tallos que pueden afectar la calidad física, química y microbiológica de la materia prima.

⁵⁴ AYALA SANCHEZ LEIDY, VALENZUELA REAL CLAUDIA Y BOHORQUEZ PEREZ YANNET, variables determinantes de la madurez comercial en la mora de Castilla. Revista Scientia Agroalimentaria. Vol 1. 2013.

Fotografía 2. Eliminación de fragmentos no comestibles.



3.2.1.3 Lavado y desinfectado. En este proceso se utilizó el método de inmersión en agua como se muestra en la Fotografía 3, que consiste en sumergir la mora de castilla en una solución de agua con hipoclorito de sodio con el fin de separar los materiales extraños y reducir la carga bacteriana que tenga la mora.

Fotografía 3. Método de inmersión en agua.



3.2.1.4 Escaldado. En condiciones de una temperatura promedio de 80°C y 300 ml de agua por un tiempo de 3 minutos, la mora ya desinfectada se agregó en una marmita como se muestra en la Fotografía 4, realizando la operación para inactivar la carga microbiana que puede estar presente en la mora, de esta manera contribuir a la inocuidad del producto, ablandándolo y permitiendo así una fácil separación de las semillas.

Fotografía 4. Mora de Castilla agregada en la marmita.



3.2.1.5 Despulpado. Mediante el uso de una máquina despulpadora (fotografía 5) se separó por completo la pulpa de las semillas de la mora de castilla como se observa en las Fotografía 6, el principio en que se basa este proceso es el de hacer pasar la mora a través de una malla logrando que el fluido pase a través de los orificios de esta y las semillas se desprendan debido a la acción de la temperatura en la marmita.

Después del despulpado se tomó la pulpa de mora y se determinó la concentración de sólidos totales mediante un refractómetro como se muestra en la fotografía 7, esto se realizó con el fin de asegurarse que la pulpa era apta para empezar el proceso de deshidratación debido a que, para empezar el secado, la concentración de sólidos totales debe estar entre 11-12 °Brix. de lo contrario el producto se adhiere al rodillo del equipo dificultando el secado. ⁵⁵

⁵⁵ GIRALDO GOMEZ GLORIA INES, Deshidratación de tomate chonto, Universidad Nacional de Colombia, 1996, P-22

Fotografía 5. Máquina despulpadora.



Fotografía 6. Semillas y pulpa de mora separadas.

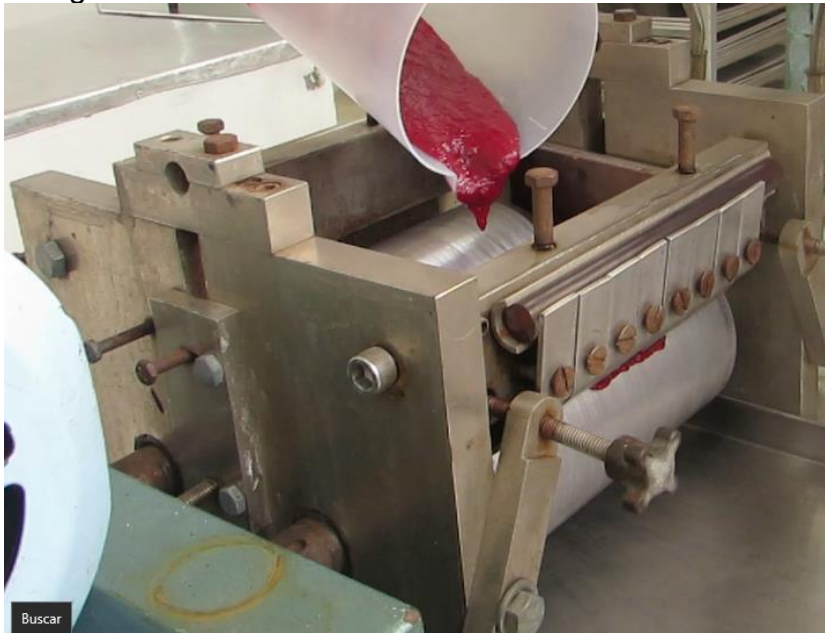


Fotografía 7. Medición inicial de sólidos totales de la pulpa de Mora de Castilla.



3.2.1.6 Secado. Este proceso se realizó en un equipo deshidratador de doble rodillo alimentando la pulpa de mora de castilla por la parte superior del equipo como se evidencia en la Fotografía 8; durante la experimentación la temperatura y espaciamento entre rodillos fueron constantes en todas las pruebas realizadas mientras que la velocidad de giro de los rodillos y la presión de vapor fueron variados.

Fotografía 8. Deshidratador de doble rodillo.



En este proceso no se utilizó colorantes, aditivos, conservantes ni azúcar adicional, lo que garantiza que sea un producto natural y saludable.

3.2.2 Caracterización fisicoquímica del producto deshidratado. Este análisis se llevó a cabo con el fin de evaluar la calidad del producto deshidratado a las diferentes condiciones de operación propuestas debido a que durante el proceso de deshidratación se pueden producir una serie de cambios fisicoquímicos que pueden afectar de forma importante la calidad y bio-actividad del producto.

En el análisis fisicoquímico realizado por la empresa se determinaron diferentes propiedades como humedad, actividad de agua, pH, cenizas, grasa y proteína del producto obtenido durante las pruebas de secado el reporte de estos resultados por parte de la empresa se encuentra presentes en el anexo C.

3.2.2.1 Humedad. Fué una de las determinaciones analíticas más importantes y utilizada en gran medida durante el procesamiento y control de la mora. El índice de humedad se utiliza como indicador de calidad y estabilidad.

La prueba en la que se determinó el porcentaje de humedad se realizó empleando el método AACC 44-15A, este método según la NTC 524 determina el contenido de humedad como la pérdida de peso de una muestra, cuando esta se calienta bajo condiciones específicas.⁵⁶ Para desarrollar este método primero se tomó una muestra de producto deshidratado y se puso en un plato de humedad tarado y se registró el peso, seguido a esto se procedió a poner el plato en el horno a la altura del bulbo de termómetro y se calentó por aproximadamente 4 horas. Pasado este tiempo con una pinza se sacó la muestra e inmediatamente se puso en un desecador hasta que el plato alcanzó la temperatura ambiente y se registró el peso determinando la pérdida de peso como humedad; este procedimiento se realizó tres veces por cada muestra.

3.2.2.2 Actividad de agua (Aw). El análisis de actividad de agua mide la fuerza con que la humedad está químicamente o estructuralmente ligada en el producto deshidratado. La medición del Aw ayuda a establecer la estabilidad microbiana y además se puede predecir el tipo de microorganismo al cual puede ser susceptible el producto⁵⁷.

Para determinar el porcentaje de actividad de agua del producto se empleó un equipo Novasina aw Sprint TH-500, provisto de un sensor previamente calibrado con patrones de humedad y Aw conocida el cual arroja el resultado de manera digital.

3.2.2.3 pH. Este es un indicador del estado general del producto ya que tiene influencia en la expansión de microorganismos. Se puede determinar por colorimetría mediante los indicadores adecuados, pero para su mayor exactitud se ha de recurrir a métodos eléctricos mediante el uso de pH-metros.⁵⁸

El pH del producto se determinó empleando el método AACC 02-52 el cual determina la actividad de iones de hidrógeno al suspenderse en agua.⁵⁹ Para el desarrollo de este método se disolvió la muestra de producto en agua y se empleó un potenciómetro previamente calibrado con una solución buffer para determinar el pH de la muestra.

⁵⁶ ICONTEC, NTC 529 Cereales y productos cereales determinación del contenido de humedad, 2009, P-8. [En Línea]. Disponible en: (<https://es.slideshare.net/fredymelo/102947683-ntc529>)

⁵⁷ MEJIA PEREZ R, GAMBOA SANTOS J, SORIA AC Y VILLAMIEL M. Evaluación de la calidad en frutas deshidratadas comunes y exóticas. Instituto de investigación en ciencias de la alimentación. 2010.

⁵⁸ FLOREZ FAURA Rafael, Manejo de postcosecha de frutas y hortalizas especializados. NRI. SENA. DFID.

⁵⁹ AACC INTERNATIONAL. Approved methods of analysis, Edición 11. 2017. [En Línea]. Disponible en: (<http://methods.aaccnet.org/summaries/02-52-01.aspx>)

3.2.2.4 Cenizas. Las cenizas de un alimento son un término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica. Las cenizas obtenidas no tienen necesariamente la misma composición que la materia mineral presente en el alimento original, ya que pueden existir pérdidas por volatilización o alguna interacción entre los constituyentes.⁶⁰

El método utilizado para determinar el porcentaje de cenizas de las muestras de mora deshidratada fue el método químico 08-01 de la AACC; el procedimiento de este inició tomando un crisol el cual se llevó a una mufla durante 1 hora a 600 °C, pasado este tiempo mediante un desecador se enfrió el crisol y se registró su peso, luego se tomó una muestra previamente pesada de la mora deshidratada y se puso en crisol, este se llevó a la mufla nuevamente durante 8 horas a 600 °C, después se puso en un desecador hasta que alcanzara la temperatura ambiente y se pesó el residuo. Luego se calculó el porcentaje de cenizas mediante la siguiente ecuación:

$$\%cenizas = \frac{\text{peso del residuo}}{\text{peso de la muestra}} \times 100 \text{ }^{61} \quad (1)$$

Este procedimiento se realizó tres veces por cada muestra.

3.3 RESULTADOS EXPERIMENTACIÓN

Mediante el desarrollo de la experimentación se buscaba determinar las condiciones mediante las cuales se obtuviera un producto en hojuelas o láminas que estuvieran entre los valores adecuados de humedad y A_w propuestos en el diseño de experimentos para tener una carga microbiológica que no afectara el producto teniendo en cuenta también el tiempo de secado y rendimiento.

Siguiendo el diagrama descrito para llevar a cabo la deshidratación de mora de castilla, se dividió este proceso para su análisis en dos grandes partes: la adecuación de la materia la cual incluye desde la recepción de la materia prima hasta el despulpado, y el secado en el que se realizó un análisis más detallado.

⁶⁰ PERALTA GONZÁLEZ FANNY, MALDONADO ENRÍQUEZ EMILIO JESUS, CENTENO ZUÑIGA MARTHA ISABEL, comisión responsable de la elaboración del manual de prácticas para laboratorios de alimentos, Universidad de Juárez Autónoma de Tabasco, PAG-7,13 [EN LINEA], Disponible en: http://www.archivos.ujat.mx/2015/div_rios/MP-DAMR-LBR-R01.pdf

⁶¹ GUTIERREZ MARIA, MIRANDA ALEJANDRA, GALICIA LUIS. Laboratorio de calidad nutricional de maíz y análisis de tejido vegetal. 2012. P-05.

3.3.1 Adecuación de materia prima. Adecuación de materia prima. Desde la recepción de la materia prima se tomaron 5 kg de mora de Castilla fresca para todo el experimento, sin embargo, toda esta no era apta para el proceso de deshidratación ya que había frutos muy verdes y por eso en el proceso de selección se tomaron solamente los frutos que presentaban grado 5 y 6 de madurez por lo que para iniciar con el proceso de despigonado se tomaron 4.82 Kg, seguido se removieron los fragmentos no comestibles. Para la desinfección y lavado se dejó la materia prima en la solución de hipoclorito-agua durante 15 minutos.

El proceso de despulpado de inició con 3.126 Kg y al separar la pulpa de las semillas mediante el uso de la máquina se observó que era necesario realizar este proceso dos veces ya que las semillas no salían completamente separadas de la pulpa, también se pudo evidenciar que las semillas representan una pérdida considerable de peso de 272.5 g como se evidencia en la fotografía 9. En el momento de tomar la concentración de sólidos totales, la pulpa de mora registró una concentración de 8.6 Brix (fotografía 10) por lo que fue necesario llevar la pulpa de nuevo a la marmita y por medio de agitación incrementar la concentración donde se llevó hasta 11.1 Brix como se observa en la fotografía 11 después de esto la pulpa ya estaba en las condiciones adecuadas para iniciar las pruebas de secado.

Fotografía 9. Peso de semillas de Mora de Castilla después del despulpado.



Fotografía 10. Sólidos totales iniciales de la pulpa de Mora de Castilla.



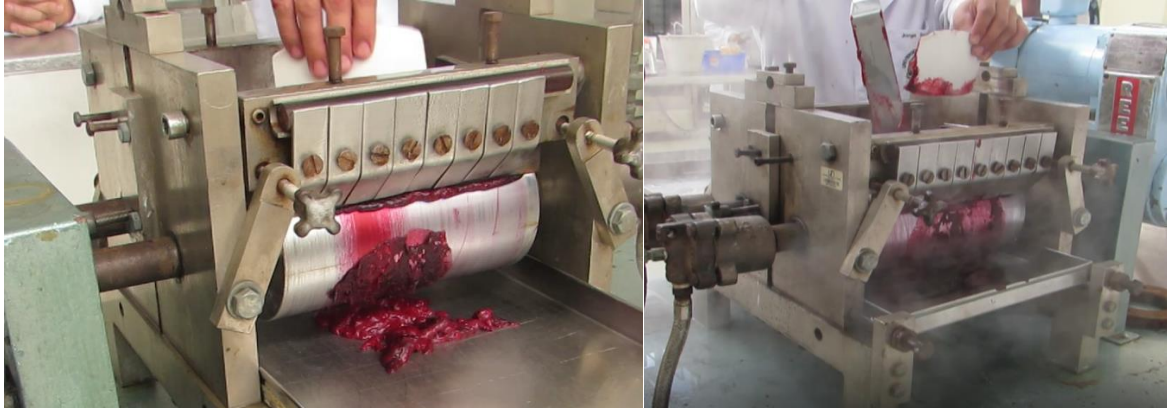
Fotografía 11. Concentración final pulpa de mora sin deshidratar.



3.3.2 Secado. Para realizar este proceso se tomaron tres velocidades de giro diferentes (100,200 y 300 rpm) y tres presiones (20,30,40 psi) para obtener como producto final hojuelas de mora deshidratada, se realizaron 9 pruebas en total (una por cada presión y velocidad de giro) teniendo de la adecuación de la materia prima 2853.5 g de pulpa de mora de Castilla para cada prueba se tomaron aproximadamente 300 g de pulpa pesados en una balanza analítica.

Durante la realización de las pruebas se evidenció que caía pulpa de mora a la bandeja por lo que fué necesario utilizar espátulas de cocina para recolectar esta pulpa y ponerla de nuevo en la zona de alimentación del equipo (fotografía 12).

Fotografía 12. Secado de pulpa de Mora de Castilla.



Mediante la variación de la presión de vapor y de la velocidad de giro de los rodillos se buscaba determinar las condiciones mediante las cuales se obtuviera un producto en hojuelas o láminas lo cual se logró en todas las pruebas realizadas, una muestra del producto obtenido se observa en la fotografía 13.

Fotografía 13. Hojuelas de Mora de Castilla deshidratada (producto final).



Los datos generales tomados en la experimentación se presentan en la Tabla 6, donde se pueden evidenciar los resultados de las 9 pruebas realizadas con respecto al tiempo que se tarda la pulpa de mora en deshidratarse obteniendo hojuelas, y el peso final de las muestras obtenidas para determinar el porcentaje de agua.

Tabla 6. Datos generales de la experimentación por el método de rodillos.

| Masa inicial (g) | Velocidad (rpm) | Presión (psi) | Tiempo de secado (min) | Masa producto (g) | Temperatura (°C) | Producto final (Hojuelas) |
|------------------|-----------------|---------------|------------------------|-------------------|------------------|---------------------------|
| 301.1 | 100 | 20 | 33.2 | 39 | 100 | SI |
| 300.9 | 100 | 30 | 21.5 | 42.9 | 100 | SI |
| 300.7 | 100 | 40 | 14.5 | 40.7 | 100 | SI |
| 301 | 200 | 20 | 26.3 | 30.1 | 100 | SI |
| 300.4 | 200 | 30 | 17.9 | 30.3 | 100 | SI |
| 302.2 | 200 | 40 | 15.1 | 34.5 | 100 | SI |
| 301 | 300 | 20 | 37.7 | 27.2 | 100 | SI |
| 300.7 | 300 | 30 | 21.4 | 39.9 | 100 | SI |
| 303.4 | 300 | 40 | 18.3 | 33.8 | 100 | SI |

3.3.2.1 Humedad inicial. Para calcular el porcentaje de humedad inicial de la pulpa de mora en cada prueba se tomó la masa inicial y la masa final después del proceso de secado; con esta información se procedió hallar la humedad inicial mediante la siguiente ecuación:

$$\% H_2O \text{ mora} = \frac{(masa \text{ inicial mora} - masa \text{ final mora})}{masa \text{ inicial mora}} * 100^{62} \quad (2)$$

Remplazando los datos con los resultados de la primera prueba (100 rpm; 20 psi) se obtiene:

$$\% H_2O \text{ mora} = \frac{(301.1-39)}{301.9} * 100$$

$$\% H_2O = 87.04 \%$$

En la tabla 7 se encuentran resumidas las humedades iniciales para las otras pruebas realizadas utilizando la misma metodología descrita anteriormente.

⁶² VALBUENA RODRÍGUEZ FAIZULY, VILLAMIZAR CRUZ SONIA JULIETTE, Deshidratación de mora por los métodos de bandejas y rodillos, Universidad de América, 1997, P-150

Tabla 7. Humedades iniciales de mora de Castilla.

| velocidad giro de rodillo (rpm) | presión (psi) | % agua mora |
|---------------------------------|---------------|-------------|
| 100 | 20 | 87.04 |
| | 30 | 85.74 |
| | 40 | 86.46 |
| 200 | 20 | 90 |
| | 30 | 89.91 |
| | 40 | 88.58 |
| 300 | 20 | 90.96 |
| | 30 | 86.73 |
| | 40 | 88.85 |

3.3.2.2. Curvas de secado. Se introdujeron al deshidratador de doble rodillo muestras de aproximadamente 300 g bajo las condiciones de velocidad y presión mencionadas anteriormente. Las muestras fueron retiradas del equipo en intervalos de tiempo hasta obtener el producto deseado (hojuelas) para registrar el peso y así poder determinar la cantidad de agua remanente en el fruto en función del tiempo.

El valor de la ordenada de los gráficos es el contenido de humedad en base seca del fruto, este se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{g \text{ H}_2\text{O}}{g \text{ sólido seco}} = \frac{(S_w - S_s)}{S_s} \quad (3)$$

Donde,

S_w = Peso de mora a diferentes intervalos de tiempo

S_s = Peso del sólido seco

Para determinar el peso de sólido se tuvo en cuenta el porcentaje de humedad del producto final

$$\text{Sólido seco} = P_f (1 - H_f) \quad (4)$$

Donde,

P_f = Masa de producto deshidratado

H_f = Porcentaje de humedad producto deshidratado

⁶³ VALBUENA RODRÍGUEZ FAIZULY, VILLAMIZAR CRUZ SONIA JULIETTE, Deshidratación de mora por los métodos de bandejas y rodillos, Universidad de América, 1997, Apéndice 2.

⁶⁴ VALBUENA RODRÍGUEZ FAIZULY, VILLAMIZAR CRUZ SONIA JULIETTE, Deshidratación de mora por los métodos de bandejas y rodillos, Universidad de América, 1997, Apéndice 2

El porcentaje de humedad de producto deshidratado se muestra en el Anexo C donde se encuentra el reporte de la empresa de los resultados fisicoquímicos de las muestras. En el caso de la primera prueba (100 rpm; 20 psi) el porcentaje de humedad promedio fue 16,20 % y de acuerdo con la prueba que se realizó a partir de 301.1 g de pulpa se obtuvieron 39 g de producto deshidratado por lo tanto la masa de sólido seco es:

$$\begin{aligned} \text{Masa sólido seco} &= 39 \text{ g} (1 - 0.1620) \\ \text{Masa sólido seco} &= 32.682 \text{ g} \end{aligned}$$

Por lo tanto:

$$\begin{aligned} \frac{g \text{ H}_2\text{O}}{g \text{ sólido seco}} &= \frac{(301.1 \text{ g} - 32.682 \text{ g})}{32.682 \text{ g}} \\ \frac{g \text{ H}_2\text{O}}{g \text{ sólido seco}} &= 8.2130 \end{aligned}$$

En las tablas 8,9 y 10 se muestran los resultados de las humedades en base seca de las pruebas realizadas a 100 rpm a diferentes tiempos de secado. Así mismo se evidencia el tiempo en el cual se obtiene el producto deshidratado deseado.

Tabla 8. Resultados humedad en base seca a 100 rpm y 20 psi.

| tiempo (min) | masa (g) | Humedad |
|--------------|----------|---------|
| 0 | 301.1 | 8.21 |
| 5 | 210.7 | 5.45 |
| 10 | 145.1 | 3.44 |
| 15 | 98.8 | 2.02 |
| 20 | 62.1 | 0.90 |
| 25 | 50.2 | 0.54 |
| 30 | 42.3 | 0.29 |
| 33,2 | 39 | 0.19 |
| 35 | 0 | 0 |

Tabla 9. Resultados humedad en base seca a 100 rpm y 30 psi.

| tiempo (min) | masa (g) | Humedad |
|--------------|----------|---------|
| 0 | 300.9 | 7.27 |
| 5 | 216.4 | 4.95 |
| 10 | 132.6 | 2.64 |
| 15 | 75.3 | 1.07 |
| 20 | 46.4 | 0.27 |
| 21,5 | 42.9 | 0.18 |
| 25 | 0 | 0 |
| 30 | 0 | 0 |
| 35 | 0 | 0 |

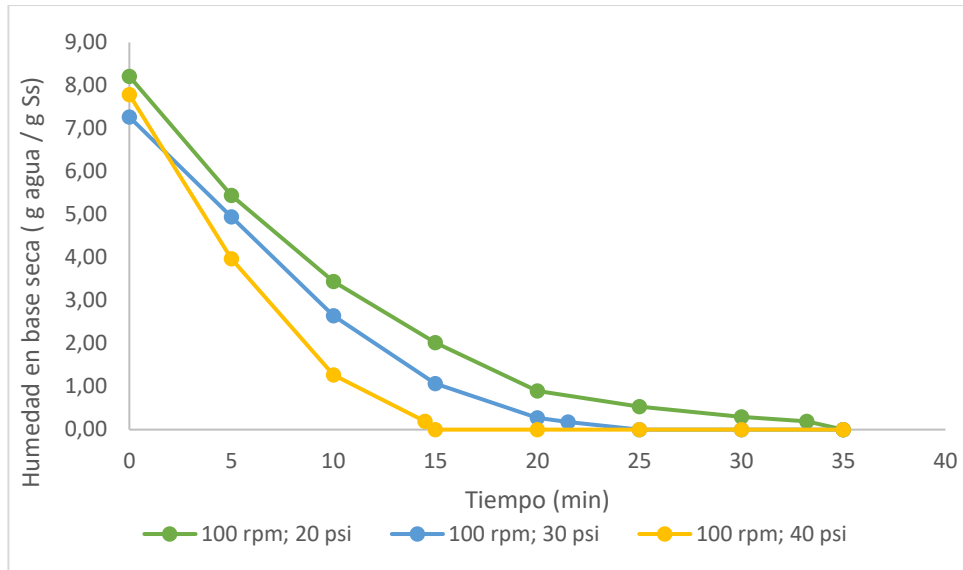
Tabla 10. Resultados humedad en base seca a 100 rpm y 40 psi.

| tiempo (min) | masa (g) | Humedad |
|--------------|----------|---------|
| 0 | 300.7 | 7.79 |
| 5 | 170 | 3.97 |
| 10 | 77.6 | 1.27 |
| 14,5 | 40.7 | 0.19 |
| 15 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 |
| 25 | 0 | 0 |
| 30 | 0 | 0 |
| 35 | 0 | 0 |

Después de tener las humedades del fruto a diferentes tiempos de secado hasta obtener hojuelas de mora deshidratada es posible construir las curvas de secado.

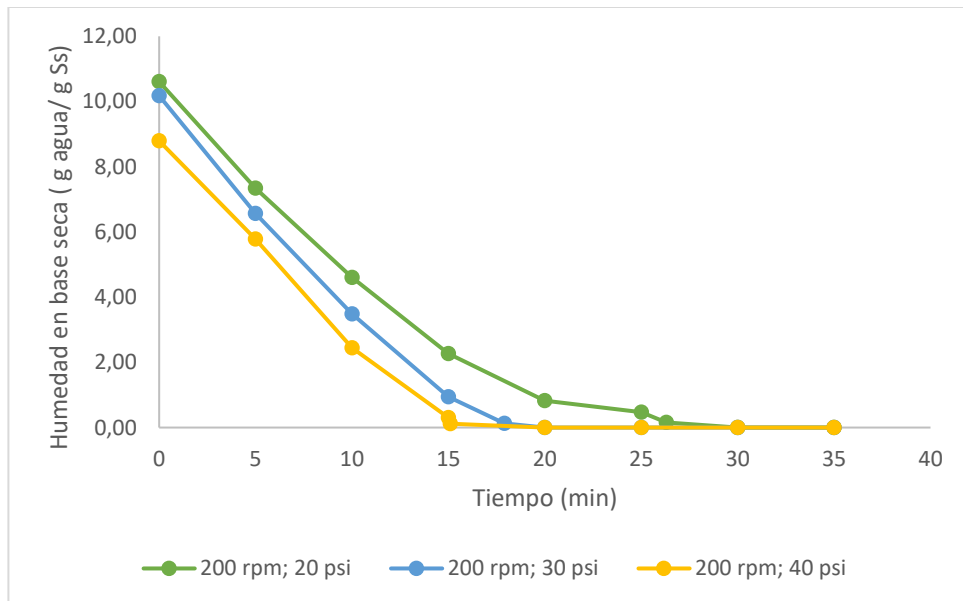
El gráfico 2 muestra la curva de secado de la deshidratación de mora por el método de rodillos a 100 rpm y presiones de 20, 30 y 40 psi, donde se evidencia que a medida que se aumenta la presión de vapor el tiempo que tarda la pulpa en convertirse en hojuelas es menor y así mismo la humedad en base seca también es menor. También se observa que la mayor pérdida de humedad de la mora se da en el tiempo de 0-5 min, mientras que el periodo de velocidad constante se representa de 5- 15 min y de 15-30 min no se presenta una variación grande de la cantidad de agua, sin embargo, para el caso de la prueba a 100 rpm y 40 psi el tiempo de secado es menor por lo que el periodo de velocidad constante es de 5-10 min y el de velocidad decreciente en de 10.15 min.

Gráfico 2. Curva de secado para la deshidratación de mora a 100 rpm y presiones de 20, 30 y 40 psi.



Los resultados de humedad en base seca y los tiempos de secado de las pruebas realizadas a 200 y 300 rpm se encuentran en el Anexo D.

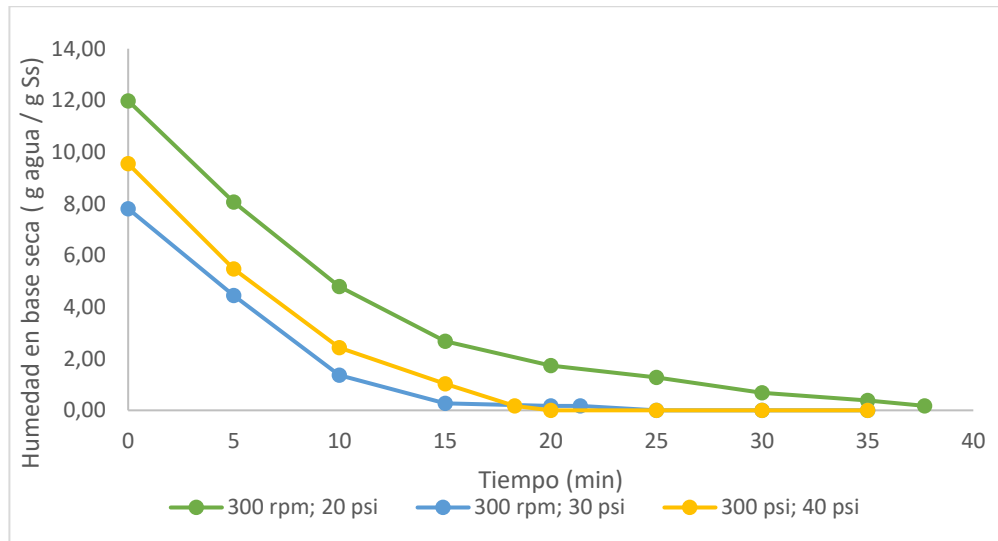
Gráfico 3. Curva de secado para la deshidratación de mora a 200 rpm y presiones de 20, 30 y 40 psi.



Como se observa en el gráfico 3 el periodo de calentamiento se da de 0-5 min, para el caso de la prueba a 200 rpm y 20 psi el periodo de velocidad constante se

presenta de 5- 15 min mientras que para las otras dos pruebas este periodo se da entre 5 y 10 min. También se evidencia que en esta prueba se alcanzaron los menores tiempos de secado.

Gráfico 4. Curva de secado para la deshidratación de mora de 300 rpm y presiones de 20, 30 y 40 psi.



A pesar de que la velocidad de giro de rodillos fue la máxima alcanzada por el deshidratador en el gráfico 4 se muestra que el tiempo de secado fue mayor que el de las otras pruebas.

3.3.2.3 Rendimiento. Este equivale a la relación de lo obtenido con lo que se tenía al principio por esta razón para calcular el rendimiento de las pruebas deshidratación de mora de castilla se tomó el peso del producto deshidratado y el peso de pulpa que se alimentó y se calculó como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Rendimiento = \frac{g \text{ de producto deshidratado}}{g \text{ pulpa alimentada}} * 100^{65} \quad (5)$$

Remplazando con los resultados obtenidos en la primera prueba (100 rpm; 20 psi) se obtiene:

$$Rendimiento = \frac{39 \text{ g}}{301.1 \text{ g}} * 12,95 \%$$

⁶⁵ VALBUENA RODRÍGUEZ FAIZULY, VILLAMIZAR CRUZ SONIA JULIETTE, Deshidratación de mora por los métodos de bandejas y rodillos, Universidad de América, 1997, P-90

Los resultados de los rendimientos de las otras pruebas realizadas se encuentran resumidos en la tabla 11 siguiendo la metodología mostrada anteriormente.

Tabla 11. Rendimientos de pruebas de deshidratación de mora de castilla.

| Velocidad (rpm) | Presión (psi) | Rendimiento |
|-----------------|---------------|-------------|
| 100 | 30 | 14.25% |
| 100 | 40 | 13.53% |
| 200 | 20 | 10% |
| 200 | 30 | 10.08% |
| 200 | 40 | 11.41% |
| 300 | 20 | 9.04% |
| 300 | 30 | 13.26% |
| 300 | 40 | 11.14% |

Como se puede ver en la tabla anterior el proceso de deshidratación de mora de castilla tiene rendimientos bajos debido a que este fruto está compuesto en su mayoría de agua y esta se evapora en este proceso. Sin embargo, las condiciones en las cuales se obtuvo mayor rendimiento fueron 100 rpm de velocidad de giro del rodillo y 30 psi de presión, esta condición es importante tenerla en cuenta en el momento de tomar de decisiones sobre las condiciones de operación adecuadas para el proceso de deshidratación de mora de castilla junto con el pH, Aw, humedad y otras condiciones estudiadas a continuación.

3.3.2.4 Análisis fisicoquímico. El análisis de las propiedades fisicoquímicas de los alimentos, es uno de los aspectos principales en el aseguramiento de su calidad. Cumple un papel importante en la determinación del valor nutricional, en el control del cumplimiento de los parámetros exigidos por los organismos de salud pública y también para el estudio de las posibles irregularidades, tanto en alimentos terminados como en sus materias primas. Este análisis se llevó a cabo con el fin de evaluar la calidad del producto deshidratado obtenido con las condiciones de operación que fueron variadas, de acuerdo a los resultados de las pruebas realizadas se realizó un análisis fisicoquímico como humedad, Aw, pH, cenizas, grasas, proteínas para así saber la calidad en la que se encuentra la mora ya deshidratada.

- **Humedad:** Se tomó 1.48 g para cada muestra analizada, con una temperatura ambiente de recepción de muestra, llevando la muestra a un horno por el método AACC 44 - 15 A, para así saber su porcentaje de humedad, finalmente se registraron los resultados del porcentaje de humedad mostrada en la tabla 12, 13 y 14.

Tabla 12. Resultados del porcentaje de humedad del producto a 100 rpm y 20, 30, 40 psi.

| Unidad | Método de análisis | 100 RPM 20 PSI 33,2 min | 100 RPM 30 PSI 21 min | 100 RPM 40 PSI 15 min |
|--------|--------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| % | AACC 44 - 15 A | 16.20 | 15.57 | 16.43 |
| % | AACC 44 - 15 A | 16.20 | 15.04 | 15.71 |
| % | AACC 44 - 15 A | 16.09 | 14.88 | 15.59 |

Tabla 13. Resultados del porcentaje de humedad del producto a 200 rpm y 20, 30 y 40 psi

| Unidad | Método de análisis | 200 RPM 20 PSI 26,32 min | 200 RPM 30 PSI 17,09 min | 200 RPM 40 PSI 15,21 min |
|--------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| % | AACC 44 - 15 A | 13.95 | 11.18 | 10.69 |
| % | AACC 44 - 15 A | 14.03 | 11.41 | 10.66 |
| % | AACC 44 - 15 A | 13.57 | 11.32 | 10.28 |

Tabla 14. Resultados del porcentaje de humedad del producto a 300 rpm y 20, 30 y 40 psi

| Unidad | Método de análisis | 300 RPM 20 PSI 37,07 min | 300 RPM 30 PSI 21,45 min | 300 RPM 40 PSI 18,37 min |
|--------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| % | AACC 44 - 15 A | 14.60 | 13.63 | 14.72 |
| % | AACC 44 - 15 A | 14.85 | 15.26 | 15.34 |
| % | AACC 44 - 15 A | 14.77 | 14.40 | 14.60 |

Como se observa en las tablas 12, 13 y 14, el contenido del porcentaje de humedad haciendo un promedio de los resultados de cada prueba realizada, se encuentran en el intervalo de 10.54–16.20 %. Según la resolución 3929 del

Ministerio de Salud y Protección Social ⁶⁶ la mora debe tener un porcentaje del 12% de humedad y de acuerdo a la revisión bibliográfica de un proyecto de grado de la Universidad de América⁶⁷ la humedad debe estar comprendida entre 10 % y 12 %. De acuerdo a esto, los resultados con una humedad adecuada cumpliendo la resolución y la revisión bibliográfica son los de la tabla 13, resultados del porcentaje humedad del producto a 200 rpm con 30 y 40 psi, en el que fueron unos de los menores tiempos de 17.09 y 15.21 minutos lo que hace que estos valores sean adecuados para asegurar la calidad microbiológica del producto deshidratado.

- **Actividad de agua (Aw):** Se tomó 1.48 g de cada muestra para saber el contenido de Aw, con una temperatura ambiente de recepción de muestra, se evaluó empleando el equipo Novasina Aw Sprint TH-500. Finalmente se registraron los resultados mostrados en las tablas 15, 16 y 17.

Tabla 15. Resultados del porcentaje de Aw del producto a 100 rpm y 20, 30 y 40 psi.

| Unidad | Método de análisis | 100 RPM 20 PSI 33,2 min | 100 RPM 30 PSI 21 min | 100 RPM 40 PSI 15 min |
|--------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| % | Novasina aw Sprint TH-500 | 0.30 | 0.31 | 0.36 |
| % | Novasina aw Sprint TH-500 | 0.30 | 0.30 | 0.36 |
| % | Novasina aw Sprint TH-500 | 0.30 | 0.31 | 0.36 |

⁶⁶ MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL, Resolución 3929, 2013, PAG-21, [EN LINEA]. Disponible en: <https://www.invima.gov.co/images/pdf/normatividad/alimentos/resoluciones/resoluciones/2013/Resolucion-3929-2013.pdf>

⁶⁷ VALBUENA RODRÍGUEZ FAIZULY, VILLAMIZAR CRUZ SONIA JULIETTE, Proyecto de grado Deshidratación de mora por los métodos de bandejas y rodillos, 1997, Disponible en: Fundación Universidad de América

Tabla 16. Resultados de porcentaje de Aw del producto a 200 rpm y 20, 30 y 40 psi.

| Unidad | Método de análisis | 200 RPM 20 PSI 26,32 min | 200 RPM 30 PSI 17,09 min | 200 RPM 40 PSI 15,21 min |
|--------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| % | Novasina aw Sprint TH-500 | 0.30 | 0.31 | 0.27 |
| % | Novasina aw Sprint TH-500 | 0.32 | 0.30 | 0.27 |
| % | Novasina aw Sprint TH-500 | 0.30 | 0.29 | 0.26 |

Tabla 17. Resultados de porcentaje de Aw del producto a 300 rpm y 20, 30 y 40 psi.

| Unidad | Método de análisis | 300 RPM 20 PSI 37,07 min | 300 RPM 30 PSI 21,45 min | 300 RPM 40 PSI 18,37 min |
|--------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| % | Novasina aw Sprint TH-500 | 0.33 | 0.34 | 0.38 |
| % | Novasina aw Sprint TH-500 | 0.32 | 0.33 | 0.38 |
| % | Novasina aw Sprint TH-500 | 0.33 | 0.33 | 0.38 |

Como se observa en las tablas 15, 16, 17, el contenido de actividad de agua haciendo un promedio de los resultados de cada prueba realizada, se encuentran en el intervalo de 0,26 a 0,38. La actividad de agua es una de las herramientas más importantes para saber la estabilidad de los alimentos. Mientras más alta sea la Aw y más se acerque a 1.0, que es la del agua pura, mayor será su inestabilidad⁶⁸. Dependiendo de su cantidad de agua se clasifican en alimentos húmedos, alimentos de humedad intermedia y alimentos secos. Los alimentos de humedad intermedia tienen una actividad de agua de 0.65 a 0.86 y los alimentos húmedos una Aw superior a 0.86.⁶⁹ De acuerdo a los resultados, la mora deshidratada presenta ser un alimento seco ya que se encuentra en intervalos de 0.26 a 0.38 de Aw según los análisis.

⁶⁸ BADUI BERGAL SALVADOR, Química de los alimentos cuarta edición, Pearson educación de México, 2006, P- 20,21,22, [EN LINEA], Disponible en: <https://deymerg.files.wordpress.com/2013/07/quimica-de-los-alimentos1.pdf>

⁶⁹ MAMANI CACERES WENCESLAO HERNAN, Química Agroindustrial , Universidad Nacional de Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, 2016, PAG -13, [EN LINEA], Disponible en: <https://es.scribd.com/document/328630686/DETERMINACION-DE-ACTIVIDAD-DE-AGUA-EN-ALIMENTOS>

- **pH.** La prueba en la que se determinó el pH con una muestra de 1.48 g para cada análisis, se evaluó empleando el método de AACC 02-52 en el que este determina la actividad de iones de hidrógeno (pH) que no liberan gases que pueden cambiar el pH, al suspenderse en agua. Finalmente se registraron los resultados mostrados en las tablas 18, 19 y 20.

Tabla 18. Resultados de porcentaje de pH del producto a 100 rpm y 20, 30 y 40 psi

| Unidad | Método de análisis | 100 RPM 20 PSI 33,2 min | 100 RPM 30 PSI 21 min | 100 RPM 40 PSI 15 min |
|--------|--------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| N.A | ACC 02-52 | 3.02 | 3.04 | 3.02 |
| N.A | ACC 02-52 | 3.02 | 3.03 | 3.01 |
| N.A | ACC 02-52 | 3.02 | 3.02 | 3.01 |

Tabla 19. Resultados de porcentaje de pH del producto a 200 rpm y 20, 30 y 40 psi.

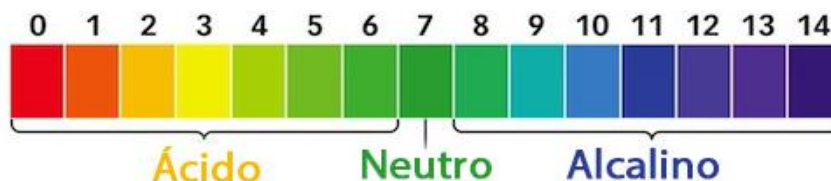
| Unidad | Método de análisis | 200 RPM 20 PSI 26.32 min | 200 RPM 30 PSI 17.09 min | 200 RPM 40 PSI 15.21 min |
|--------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N.A | ACC 02-52 | 3.02 | 3.07 | 3.06 |
| N.A | ACC 02-52 | 3.04 | 3.06 | 3.06 |
| N.A | ACC 02-52 | 3.04 | 3.06 | 3.05 |

Tabla 20. Resultados de porcentaje de pH del producto a 300 rpm y 20, 30 y 40 psi

| Unidad | Método de análisis | 300 RPM 20 PSI 37.07 min | 300 RPM 30 PSI 21.45 min | 300 RPM 40 PSI 18.37 min |
|--------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| N.A | ACC 02-52 | 3.03 | 3.22 | 3.16 |
| N.A | ACC 02-52 | 3.03 | 3.22 | 3.17 |
| N.A | ACC 02-52 | 3.03 | 3.22 | 3.17 |

En el ámbito nutricional y de la alimentación la escala de pH es el principal indicador del contenido ácido que contiene la mora, así como este valor que varía entre 0 y 14 como lo muestra la figura 8.

Figura 8. Escala del pH para alimentos



Fuente: VIDAVIDA, El pH de los alimentos, junio 13 del 2017[EN LINEA]. Disponible en: <https://vidacina.com/el-ph-de-los-alimentos/>

De acuerdo a los resultados obtenidos el pH de la mora deshidratada en el que se hicieron tres análisis por cada prueba, se encuentra en el intervalo de 3.01- 0.16 %, en el que, por debajo de los 7 grados de grado de acidez y alcalinidad, se considera un alimento ácido. Por lo cual de acuerdo a los intervalos de los resultados de las tablas 19, 20 y 21, la mora deshidratada se consideró como un alimento ácido. En el anexo B se encuentra el reporte de los resultados correspondientes de las diferentes pruebas del análisis de humedad, pH y Aw.

- **Cenizas.** Se tomó 6.55 g para cada muestra analizada, con una temperatura ambiente de recepción de muestra, realizando el análisis por el método AACC 08-01, para así saber la cantidad de cenizas presentes en la mora deshidratada, finalmente se registraron los resultados mostrados en la tabla 21.

Tabla 21. Resultados del porcentaje de cenizas del producto a 20, 30 y 40 psi

| Unidad | Método de análisis | 20 PSI | 30 PSI | 40 PSI |
|--------|--------------------|--------|--------|--------|
| % | AACC 08-01 | 6.17 | 6.45 | 6.13 |
| % | AACC 08-01 | 6.15 | 6.24 | 6.25 |

Las cenizas se determinan como el residuo que queda al quemar en una mufla los componentes orgánicos a 600 °C.⁷⁰ Son una parte del análisis próximo para la evaluación nutricional. Las cenizas son el primer paso en la preparación de una muestra de alimentos para análisis elemental. De acuerdo a los resultados promediados de las tablas anteriores dieron en un rango de 6.16 y 6.35 con las diferentes presiones, lo que indica que tenían bajo porcentaje de residuos inorgánicos, esto hace que la mora deshidratada tenga unas buenas condiciones para un análisis próximo para la evaluación nutricional.

- **Grasa.** Se tomó 4.55 g para cada muestra analizada, con una temperatura ambiente de recepción de muestra, realizando el análisis por el método AOAC 963.15, para así saber la cantidad de grasa presentes en la mora deshidratada, finalmente se registraron los resultados mostrados en la tabla 22.

Tabla 22. Resultados del porcentaje de grasa del producto a 20, 30 y 40 psi

| Unidad | Método de análisis | 20 PSI | 30 PSI | 40 PSI |
|--------|--------------------|--------|--------|--------|
| % | AOAC 963.15 | 0.27 | 0.29 | 0.25 |
| % | AOAC 963.15 | 0.28 | 0.25 | 0.24 |

El contenido de grasa es uno de los cinco parámetros más importantes para valorar la calidad de los alimentos. La mora en cuanto a la información nutricional tiene un contenido de grasa del 1.1 %.⁷¹ En la anterior tabla se muestran los resultados del porcentaje de grasa que fueron promediados dando como resultado un rango entre 0.25 a 0.28% para la mora deshidratada, según esto la mora a

⁷⁰ PERALTA GONZÁLEZ FANNY, MALDONADO ENRÍQUEZ EMILIO JESUS, CENTENO ZUÑIGA MARTHA ISABEL, comisión responsable de la elaboración del manual de prácticas para laboratorios de alimentos, Universidad de Juárez Autónoma de Tabasco, P-7,13 [EN LINEA], Disponible en: (http://www.archivos.ujat.mx/2015/div_rios/MP-DAMR-LBR-R01.pdf)

⁷¹ AVILA JOSE, SOLER CORRALES JOSE, Capítulo 1 generalidades de la mora diccionario de los alimentos, 2005, P- 3 [EN LINEA] disponible en: (<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/11442/3/CAPITULO%201.pdf>)

diferentes presiones (20, 30 y 40 psi) presenta 25.45 % menos grasa que la mora de estado fresco.

- **Proteínas.** Se tomó 5.56 g para cada muestra analizada, con una temperatura ambiente de recepción de muestra, realizando el análisis por el método AOAC 960.52, para así saber su cantidad de proteínas presentes en la mora deshidratada, finalmente se registraron los resultados mostrados en la tabla 23.

Tabla 23. Resultados del porcentaje de proteínas del producto a 20, 30 y 40 psi

| Unidad | Método de análisis | 20 PSI | 30 PSI | 40 PSI |
|--------|--------------------|--------|--------|--------|
| % | AOAC 960.52 | 10.08 | 10.08 | 10.26 |
| % | AOAC 960.52 | 9.91 | 10.06 | 10.32 |

El contenido de proteínas en los alimentos está conformado por una mezcla compleja de proteínas. Estas existen en una combinación con carbohidratos o lípidos, que pueden ser físicos o químicos.⁷² Según referencias bibliográficas la mora tiene un contenido de proteína alrededor de 8.9⁷³ a 10.6⁷⁴ De acuerdo a lo anterior los resultados del análisis de proteína de la tabla 24 haciendo un promedio con cada prueba analizada con las tres diferentes presiones están en un rango de 9.95 y 10.29, lo que indica que la mora deshidratada analizada contiene una cantidad de proteína apta para la calidad nutricional.

3.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS EXPERIMENTACION

Para la deshidratación de mora de castilla por el método de doble rodillo se hizo un diseño estadístico donde se tomaron tres velocidades de rotación del rodillo y tres presiones de vapor diferentes para comparar la humedad y el Aw (actividad de agua) del producto final en cada uno de los procesos cabe resaltar que para este análisis se tomaron los datos de las tres replicas hechas en el análisis de humedad por el método AACC 4415A y de Aw con el equipo Novasina aw Sprint TH-500 presentes en el anexo B.

⁷² PERALTA GONZÁLEZ FANNY, MALDONADO ENRÍQUEZ EMILIO JESUS, CENTENO ZUÑIGA MARTHA ISABEL, comisión responsable de la elaboración del manual de prácticas para laboratorios de alimentos, Universidad de Juárez Autónoma de Tabasco, PAG-7,13 [EN LINEA], Disponible en: (http://www.archivos.ujat.mx/2015/div_rios/MP-DAMR-LBR-R01.pdf)

⁷³ MAPRYSER, S.L, PZA. JOAN CORNUDELL, Mora deshidratada ecológica valores nutricionales, [EN LINEA], Disponible en: (http://www.mapryser.es/eco/files/Mora_deshidratada.pdf)

⁷⁴ HLTA S.A., Mora liofilizada ficha técnica, Madrid, [EN LINEA], Disponible en: (<http://hltsa.es/frutos-secos-y-deshidratados/237-mora-liofilizada-8421615029156.html>)

3.4.1 ANOVA. Para el análisis estadístico del diseño de experimentos se realizó un análisis de varianza ANOVA debido a que este evalúa la importancia de uno o más factores al comparar las medias de la variable respuesta en los diferentes niveles de los factores. Para llevar a cabo este análisis se utilizó la herramienta informática de STATGRAPHICS centurión.

En la tabla 24 se muestran los resultados de humedad de todas las pruebas realizadas durante la experimentación para cada velocidad y presión y así comparar la humedad obtenida en cada tratamiento, así mismo en la tabla 25 se encuentran los resultados de Aw para las mismas condiciones.

Tabla 24. Resultados obtenidos en las pruebas para humedad

| presión (psi) | 20 | 30 | 40 |
|-------------------------|--------|--------|--------|
| velocidad de giro (rpm) | | | |
| 100 | 16.20% | 15.57% | 16.43% |
| | 16.20% | 15.04% | 15.71% |
| | 16.09% | 14.88% | 15.59% |
| 200 | 13.95% | 11.18% | 10.69% |
| | 14.03% | 11.41% | 10.66% |
| | 13.57% | 11.32% | 10.28% |
| 300 | 14.70% | 15.26% | 14.72% |
| | 14.85% | 13.63% | 15.34% |
| | 14.77% | 14.40% | 14.60% |

Tabla 25. Resultados obtenidos en las pruebas para Aw.

| presión (psi) | 20 | 30 | 40 |
|-------------------------|-------|-------|-------|
| velocidad de giro (rpm) | | | |
| 100 | 0.30% | 0.31% | 0.36% |
| | 0.30% | 0.30% | 0.36% |
| | 0.30% | 0.31% | 0.36% |
| 200 | 0.30% | 0.31% | 0.27% |
| | 0.32% | 0.30% | 0.27% |
| | 0.30% | 0.29% | 0.26% |
| 300 | 0.33% | 0.34% | 0.38% |
| | 0.32% | 0.33% | 0.38% |
| | 0.33% | 0.33% | 0.38% |

Los resultados de presentes en la tabla 24 se ingresaron en el programa STATGRAPHICS centurión para obtener la tabla ANOVA de la tabla 26.

Tabla 26. ANOVA multifactorial para humedad

Análisis de Varianza para HUMEDAD (%) -

| <i>Fuente</i> | <i>Valor-P</i> |
|----------------------|----------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | |
| A: PRESION (psi) | 0,0000 |
| B: VELOCIDAD (rpm) | 0,0000 |
| INTERACCIONES | |
| AB | 0,0000 |
| RESIDUOS | |
| TOTAL (CORREGIDO) | |

Fuente: StatGraphics Centurión; modificado por los autores.

Tenido en cuenta un nivel de significancia de 0.05, la tabla ANOVA descompone la variabilidad de Humedad en contribuciones debido a varios factores. Los valores P evalúan la significación estadística de cada uno de los factores. Dado que 3 valores P son inferiores a 0,05 se rechazan las hipótesis nulas planteadas en el diseño de experimentos por lo que estos factores (velocidad de giro del rodillo, presión y la interacción entre estas) tienen un efecto estadísticamente significativo en la humedad al 95% de nivel de confianza.

Para la actividad de agua se realizó el mismo procedimiento donde los resultados de presentes en la tabla 25 se ingresaron en el programa STATGRAPHICS centurión para obtener la tabla ANOVA (tabla 27).

Tabla 27. ANOVA multifactorial para Aw.

Análisis de Varianza para Aw (%) -

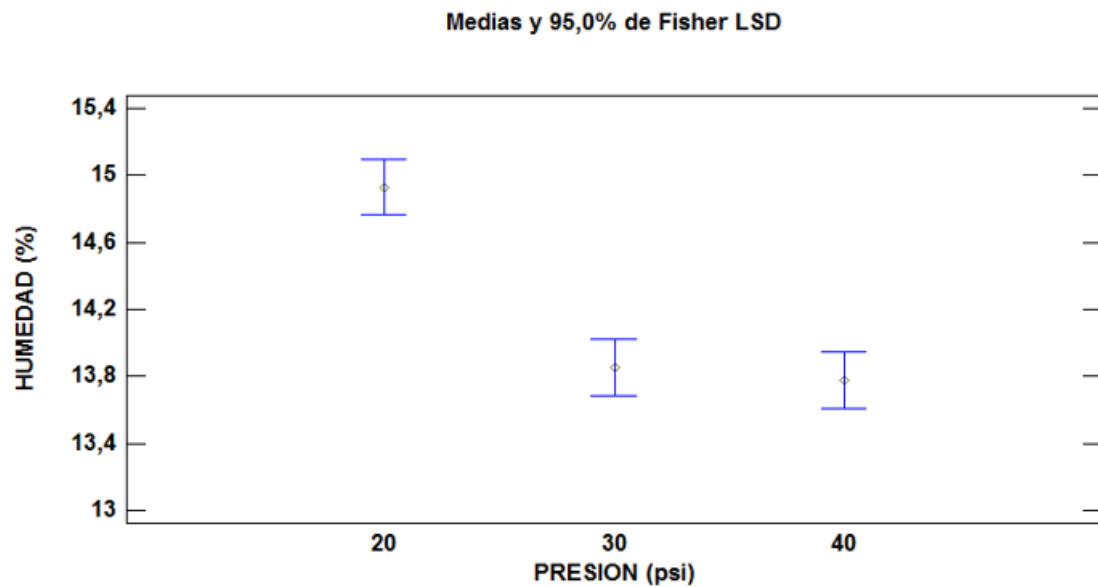
| <i>Fuente</i> | <i>Valor-P</i> |
|----------------------|----------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | |
| A: VELOCIDAD (rpm) | 0,0000 |
| B: PRESION (psi) | 0,0000 |
| INTERACCIONES | |
| AB | 0,0000 |
| RESIDUOS | |
| TOTAL (CORREGIDO) | |

Fuente: StatGraphics Centurión; modificado por los autores.

Como se observa en la tabla 27, tres valores P son inferiores a 0,05 lo que quiere decir que también se rechazan las hipótesis nulas para Aw planteadas en el diseño de experimentos por lo que todas las variables tienen un efecto estadísticamente significativo en el Aw, al 95% de nivel de confianza.

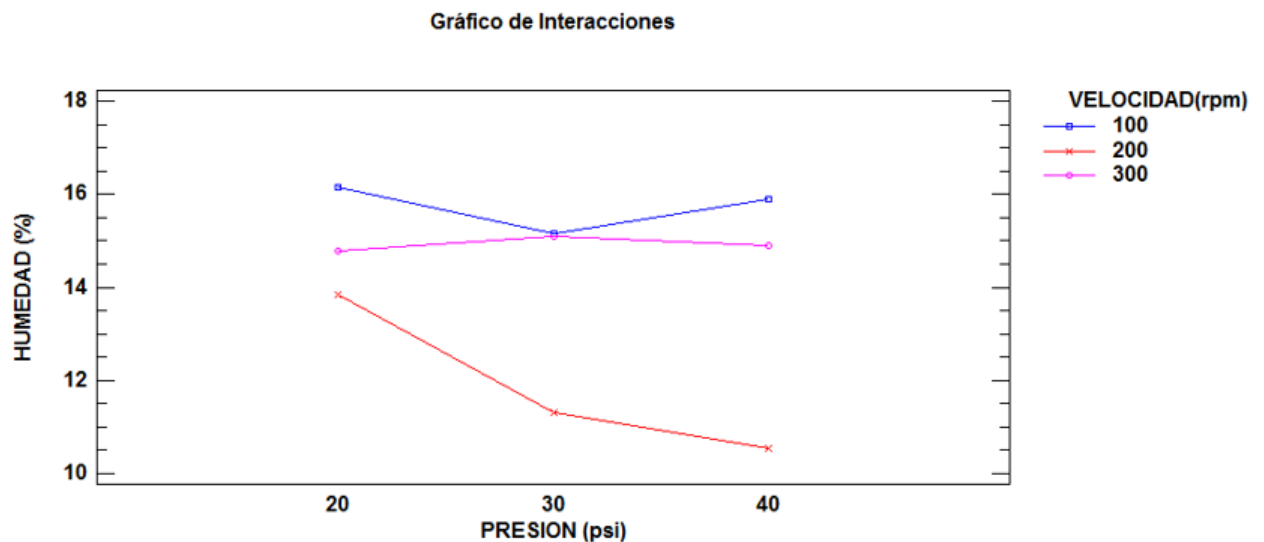
3.4.2 Gráficas de interacción multivariable. Después de haber realizado el análisis de varianzas, por medio del programa también es posible obtener las gráficas de interacción de las variables con la humedad final y el Aw para determinar las mejores condiciones de operación a nivel laboratorio para la deshidratación de mora de castilla.

Gráfico 5. Interacción entre humedad y presión.



Fuente: StatGraphics Centurion; modificado por los autores.

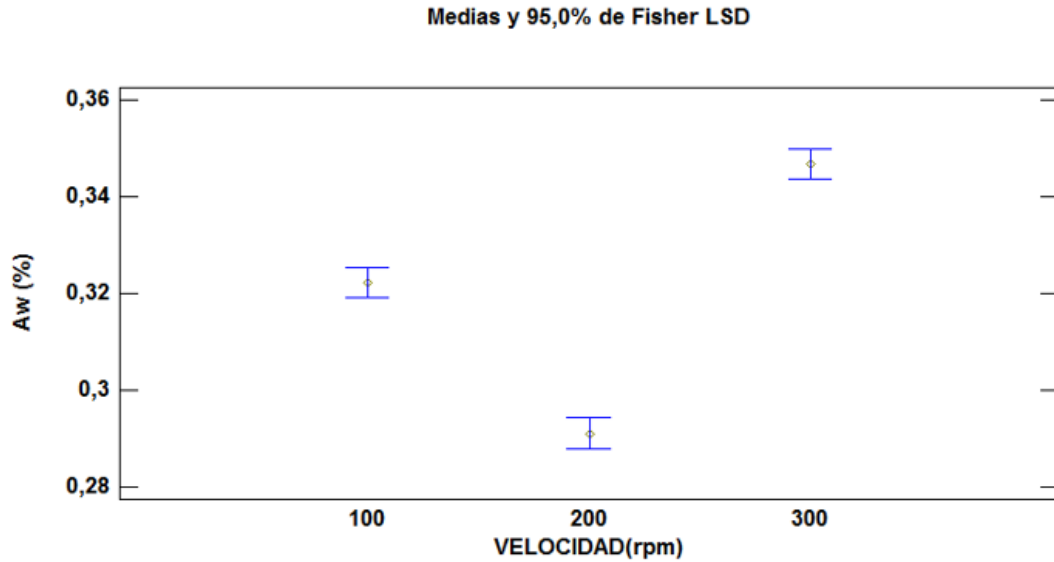
Gráfico 6. Interacción entre velocidad de giro, presión y humedad.



Fuente: StatGraphics Centurion; modificado por los autores

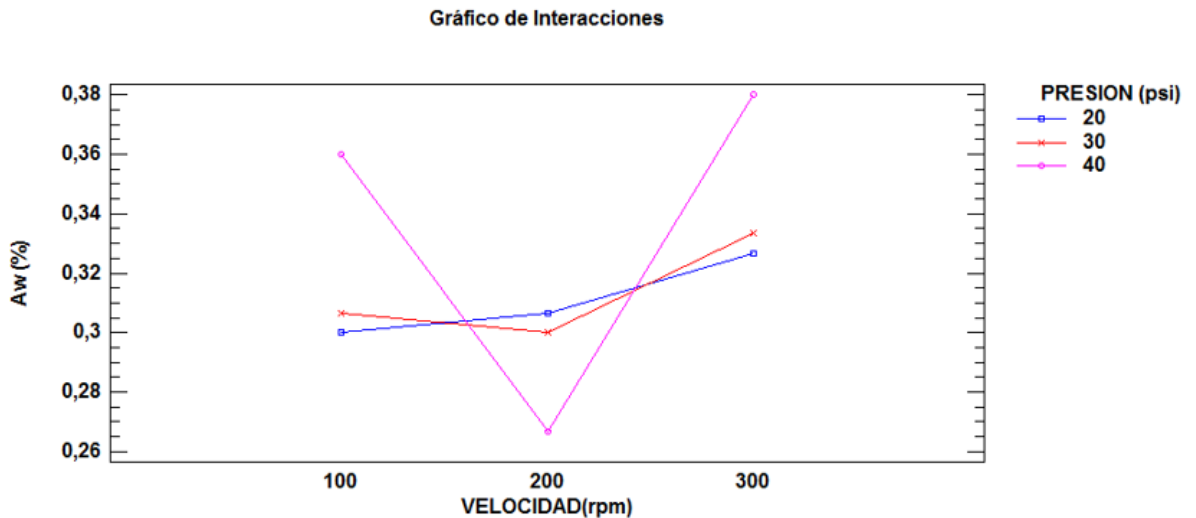
En el gráfico 5 se puede observar la interacción entre la humedad final y la presión donde se evidencia que la menor humedad se obtiene cuando la presión es de 40 psi, sin embargo, en el gráfico 6 se muestra la interacción entre la velocidad de giro del rodillo, la presión y la humedad, aquí se observa que a 200 rpm y 20 y 30 psi se cumplen las condiciones fijas de humedad.

Gráfico 7. Interacción entre Aw y velocidad de giro.



Fuente: StatGraphics Centurion; modificado por los autores

Gráfico 8. Interacción entre velocidad de giro, presión y Aw.



Fuente: StatGraphics Centurion; modificado por los autores

Como se puede ver en los gráficos 7 y 8 todos los resultados obtenidos para el Aw están dentro del rango establecido es decir valores inferiores de 0.62 no obstante el tratamiento que obtuvo menor actividad de agua fue 200 rpm y 40 psi.

3.4.2.1 Análisis de resultados. De acuerdo con los resultados obtenidos en el ANOVA las condiciones adecuadas para la deshidratación de mora de castilla según los rangos establecidos de humedad y Aw son: según el estudio de humedad son 200 rpm, 30 psi y 40 psi y según el estudio de Aw cualquiera de las condiciones propuestas arroja valores validos por lo que para tomar una decisión para establecer las condiciones de operación es necesario estudiar también el tiempo de secado y el rendimiento del proceso.

En la tabla 28 se muestra un resumen de los resultados obtenidos durante la experimentación para realizar una comparación de estos para que juntos a los resultados arrojados por el diseño de experimentos se puedan establecer las condiciones de operación para la deshidratación de mora de castilla por el método de rodillos dobles.

Tabla 28. Tabla comparativa de resultados.

| | 20 psi, 100 rpm | 20 psi, 200rp m | 20 psi, 300rpm | 30 psi, 100rp m | 30 psi, 200rp m | 30 psi, 300rp m | 40 psi, 100rp m | 40 psi, 200rp m | 40 psi, 300rp m |
|-----------------|--------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Humedad (%) | 16.16 | 13.85 | 14.77 | 15.16 | 11.3 | 14.43 | 15.91 | 10.54 | 14.88 |
| Aw (%) | 0.3 | 0.306 | 0.326 | 0.306 | 0.3 | 0.33 | 0.36 | 0.27 | 0.38 |
| Tiempo (min) | 33.2 | 26.3 | 37.7 | 21.5 | 17.9 | 21.4 | 14.5 | 15.1 | 18.3 |
| Peso final (g) | 39 | 30.1 | 27.2 | 42.9 | 30.3 | 39.9 | 40.7 | 34.5 | 33.8 |
| Rendimiento (%) | 12.95 | 10 | 9.04 | 14.25 | 10.08 | 13.26 | 13.53 | 11.41 | 11.14 |

De acuerdo a lo anterior se considera que las condiciones adecuadas para deshidratar mora de castilla a nivel laboratorio con un secador de rodillos dobles son 40 psi de presión y 200 rpm de velocidad de giro de rodillos, debido a que a estas condiciones la humedad y Aw son menores (10.54% y 0.27% respectivamente) y están dentro de los rangos establecidos (10-12% para humedad y valores inferiores a 0.62 para Aw) , además el tiempo fue el menor registrado en todas pruebas (15.1 minutos) y el rendimiento es mayor (11,41%) comparado con la otra posibilidad de condiciones que cumplen con los parámetros (10.08%), lo que es un factor importante puesto que si se desea llevar este proceso a nivel industrial no solo se busca tener un buen producto a nivel de calidad sino obtener altos rendimientos.

3.5 ESTIMACIÓN DE CONDICIONES CRÍTICAS DEL PROCESO

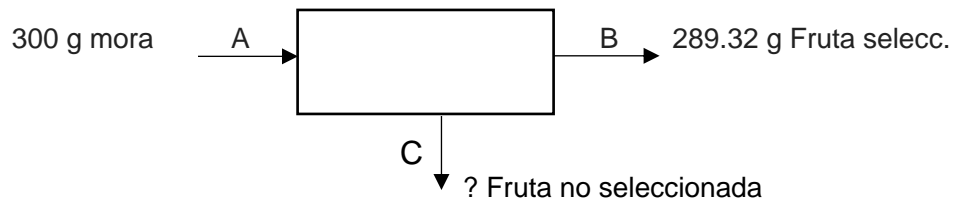
Se quiere estimar las condiciones del proceso realizando un balance de materia en el que este sirve para Las principales aplicaciones de los balances son el estudio de operaciones básicas, proyectar plantas industriales, comprobación y funcionamiento de los procesos. La realización del balance es importante para el cálculo del tamaño de los aparatos que se emplean y por ende para evaluar sus costos. Los cálculos de balance de masa son casi siempre un requisito previo para todos los demás cálculos, además, las habilidades que se adquieren al realizar los balances de masa se pueden transferir con facilidad a otros tipos de balances.

3.5.1 Balance de masa. El balance de masa es una expresión de la conservación de la materia, también se conoce como balance de materia. La masa que entra en un sistema debe salir del sistema o acumularse dentro de él, así:

Masa que entra = Masa que sale + Masa acumulada

Base de cálculo = 300g de mora de castilla fresca que entra

- Selección

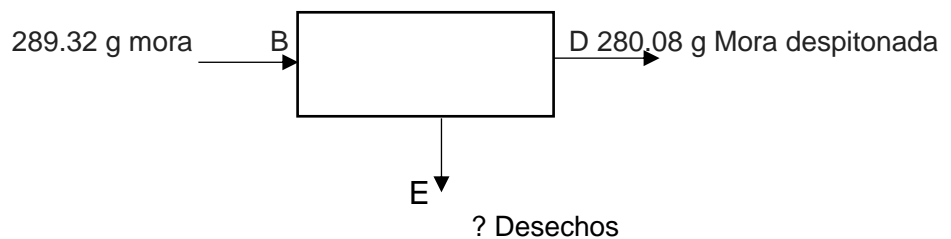


$$A = B + C$$

$$C = 300 \text{ g} - 289.32 \text{ g}$$

$$C = 10,68 \text{ g Fruta no seleccionada}$$

- Despionado

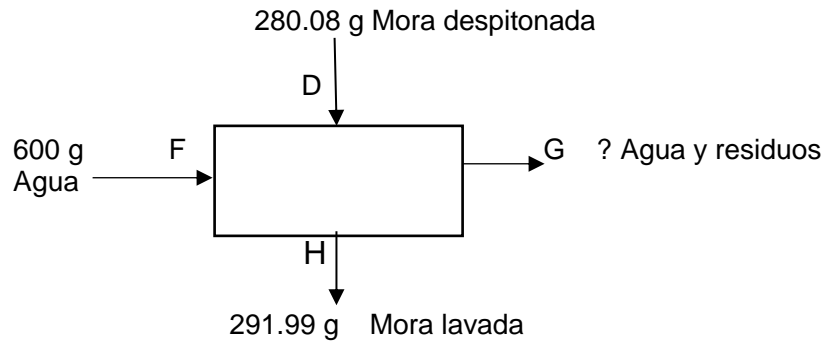


$$B = D + E$$

$$E = 289.32 \text{ g} - 280.08 \text{ g}$$

$$E = 9.24 \text{ g de desechos}$$

- Lavado y desinfectado

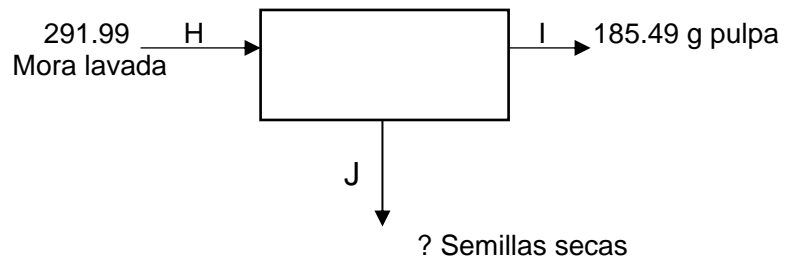


$$D + F = G + H$$

$$G = 280.08 \text{ g} + 600 \text{ g} - 291.99 \text{ g}$$

$$G = 588.09 \text{ g de agua y residuos}$$

- Despulpado

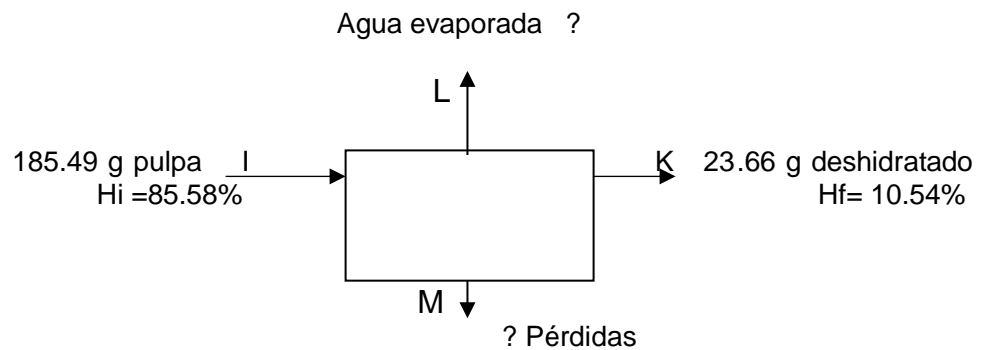


$$H = I + J$$

$$J = 291.99 \text{ g} - 185.49 \text{ g}$$

$$J = 106.5 \text{ g de semillas secas}$$

- Secado



$$I = K + L + M \quad \text{Balance total}$$

$$I_s = K_s + M_s \quad \text{Balance de sólidos}$$

$$I_w = K_w + M_w \quad \text{Balance de agua}$$

Balance de sólidos totales:

$$I_s = K_s + M_s$$

$$I_s = 185.49 \cdot (1 - 0.8858)$$

$$I_s = 21.19 \text{ g sólidos secos}$$

$$K_s = 23.66 \text{ g} \cdot (1 - 0.1054)$$

$$K_s = 21.17 \text{ g sólidos secos}$$

$$M_s = I_s - K_s$$

$$M_s = 21.19 \text{ g} - 21.17 \text{ g}$$

$$M_s = 0.02 \text{ g de sólido seco}$$

Agua evaporada (L)

$$L = 185.49 \text{ g} \cdot 0.8858 - 23.66 \text{ g} \cdot 0.1054$$

$$L = 161.81 \text{ g de agua evaporada}$$

Pérdidas (M)

$$M = I - K - L$$

$$M = 185.49 \text{ g} - 23.66 \text{ g} - 161.81 \text{ g}$$

$$M = 0.02 \text{ g de pérdidas}$$

Tabla 29. Balance de masa del secado.

| - | I (g) | L (g) | K (g) | M (g) |
|----------------------|--------|--------|-------|-------|
| Sólidos secos | 23.68 | - | 20.82 | 0.02 |
| Agua | 161.81 | 161.81 | 2.84 | - |
| TOTAL | 185,49 | 161.81 | 23,66 | 0.02 |

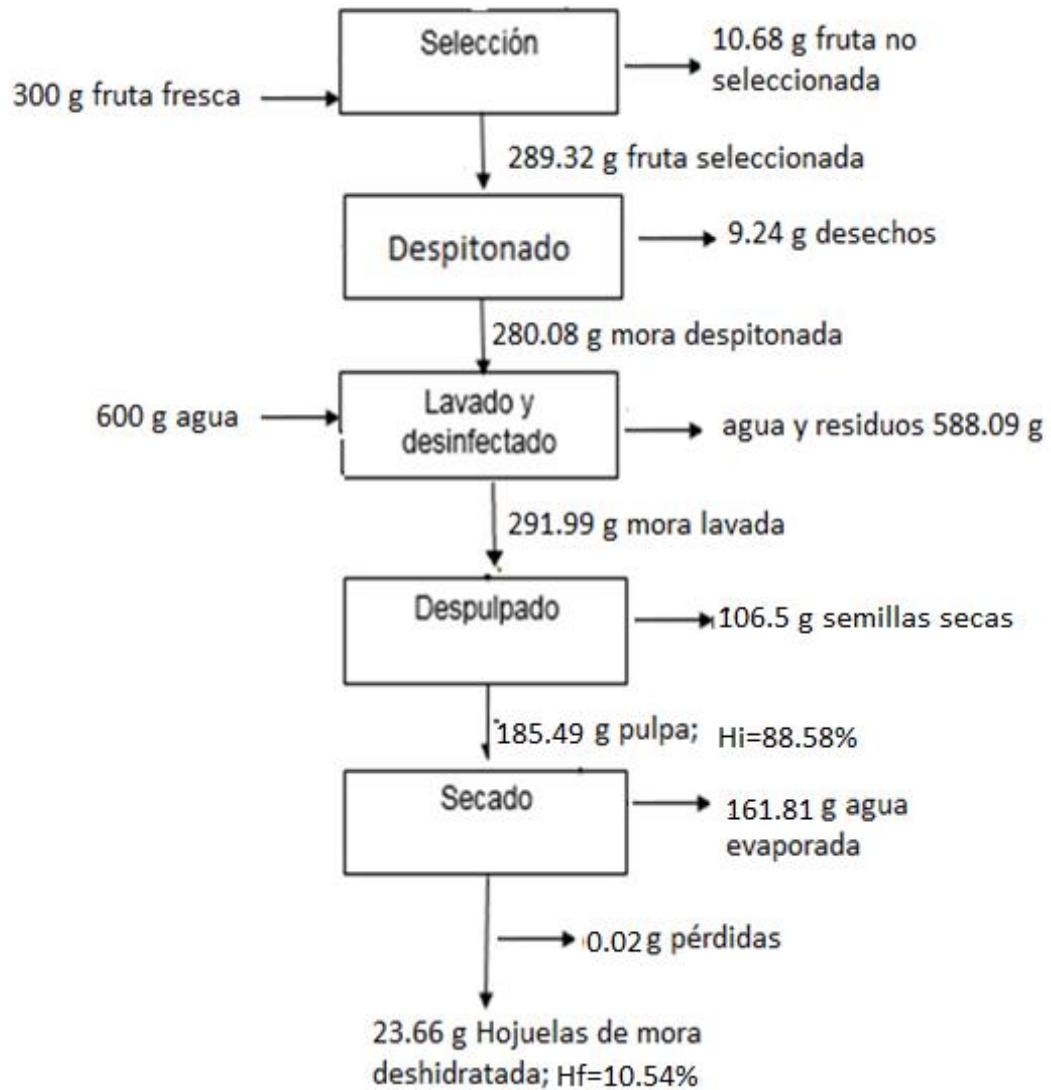
| | |
|----------------------|-------------------|
| Masa entra: 185,49 g | Masa sale: 185,49 |
|----------------------|-------------------|

Tabla 30. Balance de masa del proceso.

| CORRIENTE | ENTRADA | SALIDA |
|------------------------------|-----------|-----------|
| SELECCIÓN | | |
| Mora fresca (A) | 300 g | |
| Fruta seleccionada (B) | - | 289.32 g |
| Fruta no seleccionada (C) | - | 10.68 g |
| DESPITONADO | | |
| Mora fresca (B) | 289.32 g | - |
| Mora despitonada (D) | - | 280.08 g |
| Desechos (E) | | 9.24 g |
| LAVADO Y DESINFECTADO | | |
| Mora despitonada (D) | 280.08 g | |
| Agua (F) | 600 g | |
| Agua y residuos (G) | | 588.09 g |
| Mora lavada (H) | | 291.99 g |
| DESPULPADO | | |
| Mora lavada (H) | 291.99 g | |
| Pulpa (I) | | 185.49 g |
| Semillas (J) | | 106.5 g |
| SECADO | | |
| Pulpa (I) | 185.49 g | |
| Agua evaporada (L) | | 161.81 g |
| Deshidratado (K) | | 23.66 g |
| Perdidas (M) | | 0.02 g |
| TOTAL | 1946.88 g | 1946.88 g |

En la figura 9 se encuentra el balance de masa para el proceso seleccionado con base de cálculo de 300 g.

Figura 9. Balance de masa del proceso.



4. EVALUACIÓN DE COSTOS

En el presente capítulo expone el costo de producción de mora de castilla deshidratada a las condiciones propuestas las cuales fueron especificadas en el capítulo anterior.

4.1 COSTOS DE PRODUCCIÓN

El proceso de producción se define como una serie de insumos se transforman en productos mediante la participación de una determinada tecnología (combinación de mano de obra, maquinaria, métodos, procedimientos de operación, etcétera)⁷⁵ en este caso la deshidratación de mora de castilla es un proceso en serie debido a que su producción es estable en el tiempo.

El Costo de Producción está definido como el valor monetario de los consumos de las actividades económicas destinadas a la producción de un bien o servicio en este caso la producción de mora de castilla. Es de gran importancia conocerlo ya que así tendríamos un análisis del comportamiento de la utilidad, inventario y qué afecta los gastos de la empresa.

Para definir el costo de producción de la mora de castilla deshidratada fué necesario analizar aspectos como los costos directos y los costos indirectos.

4.1.1 Costos indirectos. Son los recursos necesarios para desarrollar las | actividades de producción, comercialización o apoyo pero que no se pueden identificar o medir exactamente cuánto de ellos contiene cada producto.⁷⁶ Dentro de los costos fijos se tomaron en cuenta la depreciación de la maquina deshidratadora, mantenimiento y seguros de la misma.

4.1.1.1 Depreciación. Es el desajuste debido al uso de cada día de operación, disminuye gradualmente la habilidad física de la máquina para llevar a cabo su función. Un buen programa de mantenimiento retarda la velocidad de declinación, pero difícilmente mantiene la precisión esperada por una máquina nueva. Para el cálculo de la depreciación se realizó una cotización (Anexo E) de un secador rotatorio de rodillos con un área de calentamiento de 10 m², cuyo costo FOB es de 300.000 US (836'006.773 COP) cabe resaltar que la empresa ya cuenta con los equipos necesarios para el funcionamiento del equipo de secado.

⁷⁵ CHAIN SAPAG NASSIR, CHAIN SAPAG REINALDO. Preparación y evaluación de proyectos. 5 edición. 2008.P-145.

⁷⁶ BOTERO MANUEL ANTONIO, Clasificación de los costos, 2005, [EN LINEA], Disponible en: (<https://www.gerencie.com/clasificacion-de-los-costos.html>)

Esta depreciación se calculó con una vida útil del equipo de 10 años tomando que el equipo trabaja 192 horas al año. Calculando primero el valor de la amortización y seguido el valor de la depreciación de la siguiente manera.

$$\text{valor de amortización} = \frac{(\text{valor inicial} - \text{valor residual} *)}{\frac{\text{vida util}}{\text{horas de trabajo al año}}} \quad (6)$$

$$\text{valor de amortización} = \frac{836'006.773 \text{ COP} - 200'.000.000 \text{ COP}}{\frac{10 \text{ años}}{192 \text{ h/año}}}$$

$$\text{valor amortización} = 331.254\$/h$$

*valor residual = \$200'000.000.

$$\text{depreciación} = \text{valor amortización} * \text{horas de trabajo al año}. \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \text{depreciación} &= 331.254 \frac{\$}{h} * 192 \frac{h}{\text{año}} \\ \text{depreciación} &= 63'600.677 \frac{\$}{\text{año}} \end{aligned}$$

4.1.1.2 Mantenimiento. Para el cálculo del mantenimiento del equipo se tomó en cuenta la mano de obra indirecta como mecánicos, tecnólogos, personal de aseo, lubricantes y repuestos. Los costos de los lubricantes y repuestos fueron tomados de un proyecto realizado por la empresa para la deshidratación de papa en el año 2012 y se tomó el IPC para el año 2017 (4.09%).

El indicador IPC refleja las variaciones que en conjunto sufren los precios de los bienes que adquieren normalmente los consumidores del país; en Colombia su cálculo es responsabilidad del DANE, institución que mensualmente publica los resultados del indicador para el mes inmediatamente anterior como se muestra en la tabla 31. Es un número que resume las variaciones de los precios de una canasta de bienes, la cual se supone que es representativa del consumo de una familia promedio. El índice es un promedio ponderado de los precios de todos los bienes que componen la canasta.⁷⁷

⁷⁷ BANCO DE LA REPUBLICA. ¿qué es el índice de precios al consumidor (IPC)? 2013. [En Línea] disponible en: (<http://www.banrep.gov.co/es/contenidos/page/qu-ndice-precios-consumidor-ipc>)

Tabla 31. Índice de precios al consumidor (IPC)

| Colombia, Índice de Precios al Consumidor (IPC) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|---------------------------------|-------|-------|------|
| (variaciones porcentuales) 2003 - 2018 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AÑO 2018, MES 01 | | | | | | | | | | | | | Base Diciembre de 2008 = 100,00 | | | |
| Mes | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
| Enero | 1,17 | 0,89 | 0,82 | 0,54 | 0,77 | 1,06 | 0,59 | 0,69 | 0,91 | 0,73 | 0,30 | 0,49 | 0,64 | 1,29 | 1,02 | 0,63 |
| Febrero | 1,11 | 1,20 | 1,02 | 0,66 | 1,17 | 1,51 | 0,84 | 0,83 | 0,60 | 0,61 | 0,44 | 0,63 | 1,15 | 1,28 | 1,01 | |
| Marzo | 1,05 | 0,98 | 0,77 | 0,70 | 1,21 | 0,81 | 0,50 | 0,25 | 0,27 | 0,12 | 0,21 | 0,39 | 0,59 | 0,94 | 0,47 | |
| Abril | 1,15 | 0,46 | 0,44 | 0,45 | 0,90 | 0,71 | 0,32 | 0,46 | 0,12 | 0,14 | 0,25 | 0,46 | 0,54 | 0,50 | 0,47 | |
| Mayo | 0,49 | 0,38 | 0,41 | 0,33 | 0,30 | 0,93 | 0,01 | 0,10 | 0,28 | 0,30 | 0,28 | 0,48 | 0,26 | 0,51 | 0,23 | |
| Junio | -0,05 | 0,60 | 0,40 | 0,30 | 0,12 | 0,86 | -0,06 | 0,11 | 0,32 | 0,08 | 0,23 | 0,09 | 0,10 | 0,48 | 0,11 | |
| Julio | -0,14 | -0,03 | 0,05 | 0,41 | 0,17 | 0,48 | -0,04 | -0,04 | 0,14 | -0,02 | 0,04 | 0,15 | 0,19 | 0,52 | -0,05 | |
| Agosto | 0,31 | 0,03 | 0,00 | 0,39 | -0,13 | 0,19 | 0,04 | 0,11 | -0,03 | 0,04 | 0,08 | 0,20 | 0,48 | -0,32 | 0,14 | |
| Septiembre | 0,22 | 0,30 | 0,43 | 0,29 | 0,08 | -0,19 | -0,11 | -0,14 | 0,31 | 0,29 | 0,29 | 0,14 | 0,72 | -0,05 | 0,04 | |
| Octubre | 0,06 | -0,01 | 0,23 | -0,14 | 0,01 | 0,35 | -0,13 | -0,09 | 0,19 | 0,16 | -0,26 | 0,16 | 0,68 | -0,06 | 0,02 | |
| Noviembre | 0,35 | 0,28 | 0,11 | 0,24 | 0,47 | 0,28 | -0,07 | 0,19 | 0,14 | -0,14 | -0,22 | 0,13 | 0,60 | 0,11 | 0,18 | |
| Diciembre | 0,61 | 0,30 | 0,07 | 0,23 | 0,49 | 0,44 | 0,08 | 0,65 | 0,42 | 0,09 | 0,26 | 0,27 | 0,62 | 0,42 | 0,38 | |
| En año corrido | 6,49 | 5,50 | 4,85 | 4,48 | 5,69 | 7,67 | 2,00 | 3,17 | 3,73 | 2,44 | 1,94 | 3,66 | 6,77 | 5,75 | 4,09 | 0,63 |

Para calcular el IPC de los costos de mantenimiento con respecto a lubricantes y repuestos se realizó de la siguiente manera:

Para repuestos:

$$\text{costo repuestos año 2013} = (\$ 11'815.884 * 0.0194) + \$ 11'815.884 \quad (8)$$

$$\text{costo repuestos año 2013} = \$ 12'045.112$$

Esto se realizó para todos los años teniendo en cuenta su respectivo IPC como se evidencia en la tabla 32.

Tabla 32. calculo costos de repuestos 2012-2017.

| Año | IPC | \$ /Año |
|------|--------|---------------|
| 2012 | 0,0244 | \$ 11.815.884 |
| 2013 | 0,0194 | \$ 12.045.112 |
| 2014 | 0,0366 | \$ 12.485.963 |
| 2015 | 0,0677 | \$ 13.331.262 |
| 2016 | 0,0575 | \$ 14.097.810 |
| 2017 | 0,0409 | \$ 14.674.411 |

Para lubricantes:

$$\text{costo lubricantes año 2013} = (\$2'800.000 * 0.0194) + \$2'800.000 \quad (9)$$

$$\text{costo lubricantes año 2013} = \$ 2'854.320$$

Esto se realizó para todos los años teniendo en cuenta su respectivo IPC como se evidencia en la tabla 33.

Tabla 33. calculo costos lubricantes 2012-2017.

| Año | IPC | \$ /Año |
|------|--------|--------------|
| 2012 | 0,0244 | \$ 2'800.000 |
| 2013 | 0,0194 | \$ 2'854.320 |
| 2014 | 0,0366 | \$ 2'958.788 |
| 2015 | 0,0677 | \$ 3'159.097 |
| 2016 | 0,0575 | \$ 3'340.745 |
| 2017 | 0,0409 | \$ 3'477.381 |

En la tabla 34 se encuentra el resumen de los costos correspondientes al mantenimiento del equipo deshidratador.

Tabla 34. Resumen costos mantenimiento.

| Descripción | Costo (COP)/ año |
|------------------------|------------------|
| Mano de obra indirecta | \$ 28'124.712 |
| Lubricantes | \$ 3'477.381 |
| Repuestos | \$ 14'674.411 |
| TOTAL | \$ 46'276.504 |

Finalmente, los costos indirectos (depreciación y mantenimiento del equipo) se encuentran resumidos en la tabla 35.

Tabla 35. Resumen Costos indirectos.

| Descripción | Costo |
|---------------|----------------|
| Depreciación | \$ 63'600.677 |
| Mantenimiento | \$ 46'276.504 |
| TOTAL | \$ 109'877.181 |

4.1.2 Costos directos. Son los recursos que se pueden identificar medidos exactamente en el producto. Estos corresponden a mano de obra directa, materia prima, servicios y almacenamiento.

4.1.2.1 Mano de obra. La mano de obra constituye uno de los principales ítems de los costos de producción de un producto y por esto se requiere la identificación y cuantificación del personal que se necesitará en la operación para determinar el costo de remuneraciones.

El cálculo de la remuneración se basó en los precios del mercado laboral vigente y se consideró el sueldo con prestaciones sociales.

En la tabla 36 se relacionan el número de cargos y el número de empleados por cada cargo, tomando 8 producciones de 2 horas al mes, debido a que la máquina cotizada tiene una producción bastante amplia (453.3 Kg/ a las condiciones propuestas) por lo que no es necesario realizar producción todos los días y contratar personal para esta.

Tabla 36. Nómina personal anual.

| Mano de obra | Número de personas | sueldo básico persona | Sueldo con prestaciones | Sueldo total anual |
|---------------------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------|
| Recepción materia prima (mora fresca) | 2 | \$ 781.242 | \$ 1'700.00 | \$ 40'800.000 |
| Control calidad mora fresca. | 2 | \$ 900.00 | \$ 1'953.000 | \$ 46'872.000 |
| Auxiliar despulpadora | 1 | \$ 781.242 | \$ 1'700.00 | \$ 20'400.000 |
| Auxiliar equipo deshidratador | 1 | \$ 781.242 | \$ 1'700.00 | \$ 20'400.000 |
| Almacenamiento (mora deshidratada) | 1 | \$ 781.242 | \$ 1'700.00 | \$ 20'400.000 |
| TOTAL | | | | \$ 148'872.000 |

4.1.2.2 Materia prima. Se determinó a partir de la especificación de la máquina cotizada (capacidad de alimentación la cual es 1 000 kg/h) y teniendo en cuenta que se hacen 8 producciones de 2 horas al mes, la alimentación sería 192000 Kg/año.

El costo por kilogramo de mora fresca es de \$2 200 según el proveedor de la empresa por lo tanto el costo anual de la materia prima es \$422'400.000.

4.1.2.3 Servicios. Estos corresponden al servicio de agua, energía eléctrica, combustible y vapor de la caldera. Para el cálculo de estos se utilizaron los datos del consumo de agua y gas natural descritos en el informe de costos de un proyecto para la deshidratación de papa en la empresa con un equipo de características similares a la cotizada.

- **Agua:** se consumen 6.4 m³ / h lo que quiere decir que al año se consumen 1228.8 m³ / año. El precio del metro cubico en el lugar donde está ubicada la

empresa es de \$ 247 lo que quiere decir que el costo total anual del consumo de agua es de \$ 303 513.

- **Electricidad:** para el cálculo este consumo se tomó en cuenta que el equipo deshidratador opera con un motor eléctrico de 20KW de potencia nominal y este operará 16 horas al mes es decir que en un año este equipo funciona 192 hora por lo que el consumo de electricidad al año es de 3 840 Kwh. El kilovatio cuesta \$ 108.08 por lo tanto el costo de la electricidad es de \$ 415 027 al año.
- **Combustible:** el combustible utilizado es gas natural el cual se consume 10.50 m³ /h lo que al año son 2016 m³ / año, el metro cubico de gas cuesta \$854 y esto corresponde a un costo anual de \$1´721.000.
- **Vapor:** la maquina consume 1571 Kg/h de vapor lo que quiere decir que se consume 301 632 Kg/ año. Cada kilogramo de vapor tiene un costo de \$112.87 es decir que al año el costo total es de \$33´809.984.

En la tabla 37 se encuentra el resumen de los costos de servicios anuales de acuerdo al consumo y el costo de cada ítem para la deshidratación de mora de Castilla.

Tabla 37. Costo servicios.

| Descripción | Consumo l | Costo (COP) | Costo total anual (COP) |
|--------------|----------------------------|-------------|-------------------------|
| Agua | 1228.8 m ³ /año | \$ 247 | \$ 303513 |
| Electricidad | 3840Kwh/año | \$ 108.08 | \$ 415027 |
| Gas natural | 2016 m ³ / año | \$ 854 | \$ 1´721.000 |
| Vapor | 301632 kg/ año | \$ 112.87 | \$ 33´809.984 |
| TOTAL | | | \$ 36´249.524 |

El resumen de los costos directos se muestra en la tabla 38.

Tabla 38. Resumen costos directos.

| Descripción | Consumo Anual |
|----------------------|----------------|
| Mano de obra directa | \$ 148´872.000 |
| Materia prima | \$ 422´400.000 |
| Servicios | \$ 36´249.524 |
| Total | \$ 607´521.524 |

Teniendo los anteriores costos se puede precisar que la suma de los costos directos e indirectos es de \$ 717´398.705 y considerando que al año se producen 87 033 Kg de mora deshidratada, el costo de producción por kilogramo se puede calcular de la siguiente manera:

$$\text{costo de producción por Kg} = \frac{\text{costos directos} + \text{costos indirectos}}{\text{producción total de mora deshidratada.}} \quad (10)$$

$$\text{costo de producción por Kg} = \frac{717'398.795 \text{ \$/año}}{87\ 033 \text{ Kg/año}}$$

$$\text{costo de producción} = 8\ 242 \frac{\$}{\text{Kg}}$$

Comercialmente los frutos deshidratados en general tienen un costo promedio de \$ 35 250 por kilo ⁷⁸ como se observa en el anexo F. De acuerdo a esto se miró si era viable o no que la empresa produjera su propia mora deshidratada con el equipo deshidratador cotizado o la compra a terceros, como se muestra en la tabla 39 comparando el costo por kilogramo de producción de la mora deshidratada con el costo promedio de los frutos deshidratados a nivel comercial.

Tabla 39. Comparación costo por kilogramo mora deshidratada con equipo propio y compra a terceros.

| Total costo por Kilogramos equipo propio. | Total costo por kilogramo terceros. |
|---|-------------------------------------|
| \$ 8 242 | \$ 35 250 |

Sabiendo que el equipo deshidratador propio tendría una alimentación de 192 Ton/año y teniendo en cuenta que se hacen 8 producciones de 2 horas al mes y considerando que al año se producirían 87 033 Kg de mora deshidratada lo que quiere decir que mensualmente se producirían 7 253 Kg se realizó una comparación de los costos totales por año y por mes.

$$\text{Total costos mes equipo propio} = 8\ 242 \frac{\$}{\text{kg}} * 7\ 253 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}} \quad (11)$$

$$\text{Total costos mes equipo propio} = 59'779.226 \frac{\$}{\text{mes}}$$

Se realizó el mismo cálculo con la misma producción de mora deshidratada que sería lo que se va comprar, pero con el costo de los frutos secos a nivel comercial.

⁷⁸ INSUALIMENTOS S.A, productos frutas deshidratadas, 2018. [En Línea] disponible en : ([http://www.natumania.co/frutas-deshidratadas.](http://www.natumania.co/frutas-deshidratadas))

$$Total\ costos\ mes\ compra\ a\ terceros = 35\ 250 \frac{\$}{kg} * 7\ 253 \frac{Kg}{mes} \quad (12)$$

$$Total\ costos\ mes\ compra\ a\ terceros = 255'668.250 \frac{\$}{mes}$$

En la tabla 40 de puede observar un comparativo entre los costos de producción de la mora deshidratada teniendo un equipo propio y comprándola a terceros.

Tabla 40. Comparación costos totales por mes y año.

| Total costos equipo propio | | Total costos compra a terceros | |
|----------------------------|-----|--------------------------------|-----|
| \$ 59'779.226 | Mes | \$ 255'668.250 | Mes |
| \$ 717.398.795 | Año | \$ 3.068.019.000 | Año |

Después de realizar esta comparación de costos realizando la deshidratación con un equipo propio y la compra de los frutos a terceros, en la tabla 41 se realizó el cálculo de cómo sería la inversión del primer año para la producción o compra de mora deshidratada teniendo en cuenta que la empresa de alimentos aun no cuenta con productos en los cuales se incluya la mora deshidratada como materia prima.

Tabla 41. Inversión primer año.

| Inversión año 1 equipo propio | | Inversión año 1 compra a terceros | |
|-------------------------------|------------------|-----------------------------------|------------------|
| Inv. equipo | \$ 836'006.773 | - | |
| Costos directos e indirectos | \$ 717'398.795 | Costos compra | \$ 3 068'019.000 |
| TOTAL | \$ 1 553'405.568 | TOTAL | \$ 3 068'019.000 |

De acuerdo a la anterior tabla de inversión del primer año para la producción de mora deshidratada, comparando los costos del equipo deshidratador de rodillos propio que en este caso fue el equipo cotizado en el anexo E y la compra de frutos secos a terceros, se puede inferir que la inversión total para la deshidratación de mora con un equipo propio representa un 50.63% más bajo que invertir en la compra de este a terceros. De acuerdo a esto se puede decir que es viable comprar el equipo deshidratador de rodillos y que la empresa de alimentos produzca su propia mora deshidratada para utilizarla como materia prima para nuevos productos que se desarrollen en el futuro y no comprarla a otros proveedores.

5. CONCLUSIONES

- En las curvas de secado se muestra el comportamiento o cambio de humedad durante el tiempo que se demoró la mora de castilla bajo la influencia del flujo de aire caliente que hizo deshidratarla, a medida que se aumenta la presión de vapor el tiempo que tarda la pulpa en convertirse en hojuelas es menor y así mismo la humedad en base seca también es menor y la mayor pérdida de humedad de la mora se da en tiempos de 0-5 min, mientras que el periodo de velocidad constante se representa de 5-15 min y de 15-30 min no se presenta una variación considerable de la cantidad de agua.
- El proceso de deshidratación de mora de castilla tiene rendimientos bajos debido a que este fruto está compuesto en su mayoría de agua y esta se evapora en este proceso. La muestra a 40 psi de presión y 200 rpm de velocidad de giro de rodillos presenta mayor rendimiento (11.41 %) con un tiempo de secado de 15.1min.
- Las condiciones de operación más eficientes para deshidratar mora de castilla fueron a una presión de 40 psi y con una velocidad de rodillos de 200 rpm en el que arroja los mejores resultados y se obtuviera un producto en hojuelas o láminas que estuvieran entre los valores adecuados de humedad y Aw para tener una carga microbiológica que no afectara el producto, teniendo en cuenta también el tiempo de secado lo que es un factor importante puesto que si se desea llevar este proceso a nivel industrial no solo se busca tener un buen producto a nivel de calidad sino obtener altos rendimientos.
- El costo de producción anual resultante para la deshidratación de mora de castilla realizando 8 producciones de dos horas al mes tomando, en cuenta los costos directos e indirectos es de \$717'398.795 anuales por lo que el costo de producción por kilogramo de mora deshidratada es de \$ 8 242.
- La inversión para la producción de mora deshidratada teniendo la empresa un equipo propio representa un 50.63% mas bajo de la inversión que se haría comprando estos frutos a terceros, por lo que es una opción más económica tener un equipo propio para producir la materia prima de futuros productos que se desarrollen.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda tomar en cuenta los costos de seguros e imprevistos a la maquinaria y los costos de la obra civil en los costos indirectos.
- Se recomienda cotizar otros equipos deshidratadores de fruta con especificaciones parecidas a las mencionadas en el documento.
- Se recomienda realizar un proyecto para el arreglo y puesta en marcha del equipo deshidratador comprado por la empresa hace 23 años.
- Se recomienda tomar en cuenta otros criterios de selección de las mejores condiciones de operación como rendimiento del secador, perdidas y consumo de vapor por pruebas.
- Se recomienda a la empresa realizar los ensayos de laboratorio pertinentes para el desarrollo de los productos nuevos en los cuales se usará mora de castilla deshidratada como materia prima para así realizar el estudio de las utilidades de estos.

BIBLIOGRAFÍA

AACC INTERNATIONAL. Approved methods of analysis, Edición 11. 2017. [En Línea]. Disponible en: (<http://methods.aaccnet.org/summaries/02-52-01.aspx>)

ARANGO VELEZ LINA MARIA; GIRALDO BEDOYA DIANA PATRICIA y MARQUEZ CARDOZO CARLOS JULIO. Osmodeshidratación de mora de castilla (Rubus Glaucus) con tres agentes edulcorantes. Artículos Universidad Nacional, 2004.

AVILA JOSE, SOLER CORRALES JOSE, Capítulo 1 generalidades de la mora diccionario de los alimentos, 2005, P- 3 [En Línea] disponible en: (<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/11442/3/CAPITULO%201.pdf>)

AYALA SANCHEZ LEIDY, VALENZUELA REAL CLAUDIA Y BOHORQUEZ PEREZ YANNET, variables determinantes de la madurez comercial en la mora de Castilla. Revista Scientia Agroalimentaria. Vol 1. 2013.

BADUI BERGAL SALVADOR, Química de los alimentos cuarta edición, Pearson educación de México, 2006, P- 20,21,22, [En Línea], Disponible en: (<https://deymerg.files.wordpress.com/2013/07/quimica-de-los-alimentos1.pdf>)

BANCO DE LA REPUBLICA. ¿qué es el índice de precios al consumidor (IPC)? 2013. [En Línea] disponible en: (<http://www.banrep.gov.co/es/contenidos/page/que-ndice-precios-consumidor-ipc>)

BOTERO MANUEL ANTONIO, Clasificación de los costos, 2005, [En Línea], Disponible en: (<https://www.gerencie.com/clasificacion-de-los-costos.html>)

CARVAJAL CARDONA LUZ MARINA. Producción, transformación y comercialización de pulpas de frutos tropicales. Universidad de Antioquia. 2003

CHAIN SAPAG NASSIR, CHAIN SAPAG REINALDO. Preparación y evaluación de proyectos. 5 edición. 2008.P-145.

DANE, MinAgricultura. Boletín mensual insumos y factores asociados a la producción agropecuaria “El cultivo de la mora de castilla (Rubus Glucus Benth) frutal de clima frio moderado, con propiedades curativas para la salud humana” Edición número 17. 2013. Página 1. [En línea] Disponible en (https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_nov_2013.pdf)

ESCOBAR TORRES CARLOS H. Cadena productiva nacional de la mora. Ministerio de agricultura y desarrollo rural. Marzo del 2015. [En Línea] Disponible en(<https://sioc.minagricultura.gov.co/Mora/Documentos/002%20-%20Cifras%20Sectoriales/Cifras%20Sectoriales%20%E2%80%93%202015%20Marzo.pdf>)

FLOREZ FAURA Rafael, Manejo de postcosecha de frutas y hortalizas especializados. NRI. SENA. DFID.

GALVIS MURILLO BEATRIZ. Estudio de la durabilidad de la pulpa de mora de Castilla y mora San Antonio. Universidad Nacional, 2003. Página 16. [En Línea] disponible en (<http://www.bdigital.unal.edu.co/1056/1/beatrizsirleygalvismurillo.2003.pdf>)

GIRALDO GOMEZ GLORIA INES, Deshidratación de tomate chonto. Universidad Nacional, 1996. P-14

GUTIERREZ MARIA, MIRANDA ALEJANDRA, GALICIA LUIS. Laboratorio de calidad nutricional de maíz y análisis de tejido vegetal. 2012. P-05.

HLTA S.A., Mora liofilizada ficha técnica, Madrid, [En Línea], Disponible en: (<http://hltsa.es/frutos-secos-y-deshidratados/237-mora-liofilizada-8421615029156.html>)

ICONTEC, NTC 529 Cereales y productos cereales determinación del contenido de humedad, 2009, P-8. [En Línea]. Disponible en: (<https://es.slideshare.net/fredymelo/102947683-ntc529>)

INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR ICBF. tabla de composición de alimentos colombianos.2015. [En Línea] Disponible en (http://www.icbf.gov.co/portal/page/portal/PortalICBF/bienestar/nutricion/tabla-alimentos/TCAC_2015_IMP.PDF)

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Sexta actualización. Bogotá: ICONTEC, 2008.

_____Especifica los elementos y su orden en las referencias bibliográficas de las fuentes consultadas para la elaboración de documentos. Norma Técnica Colombiana NTC 5613. Última versión. Bogotá: ICONTEC, 2008.

_____Referencias documentales para fuentes de información electrónicas. Norma Técnica Colombiana NTC 4490. Última versión. Bogotá: ICONTEC, 1998.

INSUALIMENTOS S.A, productos frutas deshidratadas, 2018. [En Línea] disponible en: (<http://www.natumania.co/frutas-deshidratadas>)

MAMANI CACERES WENCESLAO HERNAN, Química Agroindustrial, Universidad Nacional de Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, 2016, P-13, [En Línea], Disponible en: (<https://es.scribd.com/document/328630686/DETERMINACION-DE-ACTIVIDAD-DE-AGUA-EN-ALIMENTOS>)

MAPRYSER, S.L, PZA. JOAN CORNUDELL, Mora deshidratada ecológica valores nutricionales, [En Línea], Disponible en: (http://www.mapryser.es/eco/files/Mora_deshidratada.pdf)

MEGÍAS PÉREZ, GAMBOA SANTOS, SORIA, MONTILLA Y VILLAMIEL, evaluación de la calidad en frutas deshidratadas comerciales comunes y exóticas, 2008, P- 5 [En Línea]. Disponible en: (<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/humedad%20y%20aw.pdf>)

MENDOZA HUERTAS ANGELICA MARÍA; MENDOZA HUERTAS ÁLVARO MAURICIO; POSADA BERNAL GERMAN y CAMPO NAVARRO JOSÉ. Diseño y construcción de una maquina deshidratadora de banano. Universidad de San Buenaventura. 2007. P- 45

MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL, Resolución 3929, 2013, P-21, [En Línea]. Disponible en: (<https://www.invima.gov.co/images/pdf/normatividad/alimentos/resoluciones/resoluciones/2013/Resolucion-3929-2013.pdf>)

ORREGO ALZATE CARLOS EDUARDO. Congelación y Liofilización de alimentos. Edición 1. 2008. P-50. [En Línea] Disponible en (<http://www.bdigital.unal.edu.co/7837/1/9789584444363.pdf>)

PERALTA GONZÁLEZ FANNY, MALDONADO ENRÍQUEZ EMILIO JESUS, CENTENO ZUÑIGA MARTHA ISABEL, comisión responsable de la elaboración del manual de prácticas para laboratorios de alimentos, Universidad de Juárez Autónoma de Tabasco, P-7,13 [En Línea], Disponible en: http://www.archivos.ujat.mx/2015/div_rios/MP-DAMR-LBR-R01.pdf

SINGH, R. PAUL y HELDMAN DENNIS R, Introducción a la ingeniería de alimentos. 2 edición, 2009.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTUR, USDA Food Composition Databases. 2017. [En Línea]. Disponible en (<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list?qlookup=09159>)

VALBUENA RODRÍGUEZ FAIZULY, VILLAMIZAR CRUZ SONIA JULIETTE, Deshidratación de mora por los métodos de bandejas y rodillos, Universidad de América, 1997.

VANACLOCHA CASP ANA y ABRIL REQUENA JOSÉ, procesos de conservación de alimentos.2 Edición,2003.

ANEXOS

ANEXO A.
ESPECIFICACIÓN MATERIA PRIMA

| | | |
|---------------------------|--|----------------------|
| | ESPECIFICACION DE MATERIA PRIMA | Versión: 1 |
| CODIGO: ES-I+D-001 | | PROCESO I+D |

| |
|---|
| <p>Producto: MORA DE CASTILLA</p> <p>Código: 10102</p> <p>1 Descripción: Es una baya globosa entre 5 y 7 mm de diámetro, con cinco a ocho frutos en los gajos, el peso individual está cerca a los 0,2 g, cada fruto tiene numerosas semillas diminutas</p> <p>2 Declaración de Ingredientes: N.A</p> <p>3 Declaración de Alérgenos El material no es alergénico ni posee componentes que causen alergias.</p> <p>4 Presentación: Canastilla de 25 kg aprox.</p> <p>5 Material de Empaque: Envase: Bolsa Interior de Polietileno. Empaque: Canastilla Plástica</p> <p>6 Identificación del Material: N.A</p> <p>7 Condiciones de Recepción: Debe traer una factura que incluya la siguiente información: Nombre completo del material, cantidad total, número de compra y nombre de fabricante.</p> <p><u>Condiciones de rechazo</u> Si el material no cumple con las especificaciones de calidad negociadas, será rechazado y se procederá a su respectiva devolución.</p> <p>8 Condiciones de Almacenaje: Se debe almacenar en un lugar seco y fresco, alejado de sustancias que puedan conferir olores y sabores extraños. Guardar en el empaque original bien cerrado, en las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Sistema de inventario: PEPS (Primero en Entrar, Primero en Salir) ➤ Forma de almacenaje: ➤ En estibas plásticas Permanecer en ambientes limpios, secos y ventilados. ➤ Estar protegido de la luz solar directa y el exceso de polvo. ➤ Mantenerse sobre estibas limpias y en buen estado físico. ➤ Protegerse de infestación por insectos y/o roedores. ➤ Separarse de productos con olores penetrantes tales como jabones, cosméticos, detergentes, perfumes, especias, esencias, pinturas, betunes, ACPM, gasolina, etc. ➤ Mantenerse alejado de la incidencia directa del agua y/o cualquier riesgo de humedad. Conservarse en su empaque original hasta el uso final. ➤ Almacenarse ordenadamente en estibas con separación mínima de 60 cm con respecto a las paredes perimetrales y disponer sobre paletas o tarimas elevadas del piso por lo menos 15 cm de manera que permita la inspección y limpieza. |
|---|

9 Condiciones de Transporte:

Vehículos aptos para el transporte de alimentos. Las carrocerías deben estar libres de olores extraños, material orgánico, plagas y humedad.

10 Plan de Muestreo:

El sistema de muestreo será de acuerdo a la Military Estándar, Procedimiento General de Inspección Nivel I

Defectos Críticos con AQL = 0,1

Defectos Mayores con AQL = 1

Defectos menores con AQL = 6,5

11 Tiempo de Consumo Preferible:

El producto se debe procesar de forma inmediata al ingresar a la planta.

12 Parámetros de Inspección (Se incluyen fisicoquímicos, microbiológicos, contaminantes y plaguicidas):


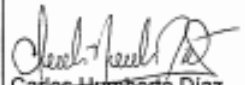

| Características de Inspección | Unidad | Límite Mínimo | Límite Máximo | Método de Análisis |
|--------------------------------|--------|---------------|---------------|---------------------|
| Inspección Visual | N.A | - | Cumple | Instrucción interna |
| Inspección sensorial | N.A | - | Cumple | Instrucción interna |
| Humedad | % | 84 | 92 | AACC 44-15A |
| Sólidos solubles | °Bx | 6,5 | 11 | AACC 02-52 |
| pH | N.A | 2,4 | 3,5 | GC-FID HS |
| Acidez | % | 2,2 | 3,4 | AACC 02-31 |
| Diámetro | cm | 1,8 | - | Instrucción Interna |
| Acilonitrilo | ppm | - | 0,02 | GC-FID HS |
| Melamina | ppm | - | 2,5 | LC-MS/MS |
| Monómeros de cloruro de vinilo | ppm | - | 0,01 | GC-FID HS |
| Plaguicidas | ppm | - | Cumple | GC-MS |

Observaciones:

Cualquier cambio en las especificaciones del material debe ser informado previamente al área de Aseguramiento de Calidad para confirmar su aprobación.

Historial de modificación

| Versión | Motivo del cambio | Aprobado |
|---------|--|-----------------------|
| 1 | Actualización del documento, se incluyen parámetros de inspección normativa (Resoluciones 4506/2014 y 2906/2007) | Juan Manuel Henríquez |

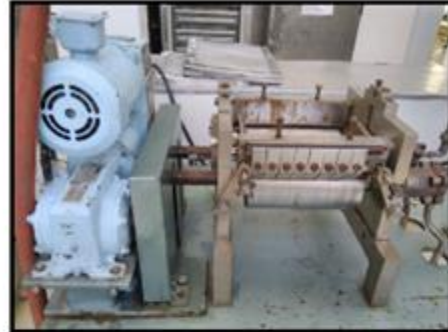
| | | | |
|---|---|--|--|
| Elaborado por:  Libardo Tarazona Coordinador I+D | Revisado por:  Carlos Humberto Díaz Coordinador de Calidad | Aprobado por:  Juan Manuel Henríquez Gerente Técnico | |
|---|---|--|--|

ANEXO B.
ESPECIFICACIONES EQUIPO SECADOR

SECADOR DE RODILLOS DOBLE

IDENTIFICACIÓN : EQP 58
PLACA UN: 2077737

FUNCIÓN: Deshidratador de frutas y hortalizas
OPERACIÓN: Secado
TIPO: doble tambor
CAPACIDAD: 6.6 Kg/h
CARACTERISTICAS:
Numero de rodillos: 2
Longitud de cada rodillo: 0.235 m
Diametro de cada rodillo : 0.125 m
Área total 0.185 m²
Material : Ácero inoxidable
Motor tipo: P Marca: REEVES
RMP max: 1725
H.P: 3
HZ: 60
Voltz: 230
Gear ratio: 70-1
Size: 5C-12



ANEXO C.
REPORTE RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

| | | | |
|--|--|---|------------------------------|
| | REPORTE DE RESULTADOS MATERIAS PRIMAS | | VERSION : 1 |
| | | | Elaboración: |
| | ÁREA: Calidad | RESPONSABLE: Coordinador de Materias Primas | Actualización: --- |

REPORTE ANALISIS FISICOQUIMICO

INFORMACION GENERAL

| | |
|---|-------------------------------------|
| Producto: Mora deshidratada 100 RPM | Lote: N.A |
| Proveedor: I+D | Cantidad de la muestra: 40 g |
| Temp. Recepción de muestra: Ambiente | Fecha de ingreso: 23/10/17 |
| Tipo de envase: Bolsa plástica. | Fecha de reporte: 30/10/17 |


RESULTADOS DE ANALISIS.

| Parámetro a Analizar | Unidad | Método de Análisis | 100 RPM – 20PSI 33,2 min | | | 100 RPM – 30PSI 21 min | | | 100 RPM – 40PSI 15 min | | |
|----------------------|--------|--------------------|-----------------------------|-------|-------|---------------------------|-------|-------|---------------------------|-------|-------|
| | | | | | | | | | | | |
| Humedad | % | AACC 44-15A | 16,20 | 16,20 | 16,09 | 15,57 | 15,04 | 14,88 | 16,43 | 15,71 | 15,59 |
| pH | N.A | AACC 02-52 | 3,02 | 3,02 | 3,02 | 3,04 | 3,03 | 3,02 | 3,02 | 3,01 | 3,01 |
| Aw | % | GRAVIMETRICO | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,31 | 0,30 | 0,31 | 0,36 | 0,36 | 0,36 |

CONCLUSIONES:

*Se reportan resultados de análisis solicitados.

| | |
|---|------------------------------------|
| Realizado Por: | Revisado Por: |
| Karen Andrea Sanchez I. Auxiliar de calidad. | Sara Ñustes Analista de Calidad |

| | | | |
|---|--|---|------------------------------|
|  | REPORTE DE RESULTADOS MATERIAS PRIMAS | | VERSION : 1 |
| | | | Elaboración: |
| | ÁREA: Calidad | RESPONSABLE: Coordinador de Materias Primas | Actualización: --- |

REPORTE ANALISIS FISICOQUIMICO

INFORMACION GENERAL

Producto: Mora deshidratada 300 RPM **Lote:** N.A
Proveedor: I+D **Cantidad de la muestra:** 40 g
Temp. Recepción de muestra: Ambiente **Fecha de ingreso:** 23/10/17
Tipo de envase: Bolsa plástica. **Fecha de reporte:** 30/10/17

RESULTADOS DE ANALISIS.

| Parámetro a Analizar | Unidad | Método de Análisis | 300 RPM – 20PSI 37,07 min | | | 300 RPM – 30PSI 21,45 min | | | 300 RPM – 40PSI 18,37 min | | |
|----------------------|--------|--------------------|------------------------------|-------|-------|------------------------------|-------|-------|------------------------------|-------|-------|
| Humedad | % | AACC 44-15A | 14,70 | 14,85 | 14,77 | 13,63 | 15,26 | 14,40 | 14,72 | 15,34 | 14,60 |
| pH | N.A | AACC 02-52 | 3,03 | 3,03 | 3,03 | 3,22 | 3,22 | 3,22 | 3,16 | 3,17 | 3,17 |
| Aw | % | GRAVIMETRICO | 0,33 | 0,32 | 0,33 | 0,34 | 0,33 | 0,33 | 0,38 | 0,38 | 0,38 |

CONCLUSIONES:

*Se reportan resultados de análisis solicitados.

| | |
|---|------------------------------------|
| Realizado Por: | Revisado Por: |
| Karen Andrea Sanchez I. Auxiliar de calidad. | Sara Ñustes Analista de Calidad |

| | | | |
|--|--|---|------------------------------|
| | REPORTE DE RESULTADOS MATERIAS PRIMAS | | VERSION : 1 |
| | | | Elaboración: --- |
| | ÁREA: Calidad | RESPONSABLE: Coordinador de Materias Primas | Actualización: --- |

REPORTE ANALISIS FISICOQUIMICO

INFORMACION GENERAL

| | |
|---|-------------------------------------|
| Producto: Mora deshidratada 200 RPM | Lote: N.A |
| Proveedor: I+D | Cantidad de la muestra: 40 g |
| Temp. Recepción de muestra: Ambiente | Fecha de ingreso: 23/10/17 |
| Tipo de envase: Bolsa plástica. | Fecha de reporte: 30/10/17 |

RESULTADOS DE ANALISIS.

| Parámetro a Analizar | Unidad | Método de Análisis | 200 RPM – 20PSI 26,32 min | | | 200 RPM – 30PSI 17,09 min | | | 200 RPM – 40PSI 15,21 min | | |
|----------------------|--------|--------------------|------------------------------|-------|-------|------------------------------|-------|-------|------------------------------|-------|-------|
| | | | | | | | | | | | |
| Humedad | % | AACC 44-15A | 13,95 | 14,03 | 13,57 | 11,18 | 11,41 | 11,32 | 10,69 | 10,66 | 10,28 |
| pH | N.A | AACC 02-52 | 3,05 | 3,04 | 3,04 | 3,07 | 3,06 | 3,06 | 3,06 | 3,06 | 3,05 |
| Aw | % | GRAVIMETRICO | 0,30 | 0,32 | 0,30 | 0,31 | 0,30 | 0,29 | 0,27 | 0,27 | 0,26 |

CONCLUSIONES:

*Se reportan resultados de análisis solicitados.

| | |
|---|------------------------------------|
| Realizado Por: | Revisado Por: |
| Karen Andrea Sanchez I. Auxiliar de calidad. | Sara Ñustes Analista de Calidad |

ANEXO D

RESULTADOS EN BASE SECA DE PRUEBAS REALIZADAS A 200 Y 300 RPM

Resultados humedad a base seca a 200 rpm y 20 psi.

| tiempo (min) | masa (g) | Humedad |
|--------------|----------|---------|
| 0 | 301 | 10.61 |
| 5 | 216.3 | 7.34 |
| 10 | 145.4 | 4.61 |
| 15 | 84.7 | 2.27 |
| 20 | 47.4 | 0.83 |
| 25 | 38.2 | 0.47 |
| 26,3 | 30.1 | 0.16 |
| 30 | 0 | 0 |
| 35 | 0 | 0 |

Resultados humedad a base seca a 200 rpm y 30 psi

| tiempo (min) | masa (g) | Humedad |
|--------------|----------|---------|
| 0 | 300.4 | 10.18 |
| 5 | 203.3 | 6.56 |
| 10 | 120.6 | 3.49 |
| 15 | 52.2 | 0.94 |
| 17,9 | 30.3 | 0.13 |
| 20 | 0 | 0 |
| 25 | 0 | 0 |
| 30 | 0 | 0 |
| 35 | 0 | 0 |

Resultados humedad a base seca a 200 rpm y 40 psi

| tiempo (min) | masa (g) | Humedad |
|--------------|----------|---------|
| 0 | 302.2 | 8.79 |
| 5 | 209.4 | 5.78 |
| 10 | 106.3 | 2.44 |
| 15 | 40.2 | 0.30 |
| 15,1 | 34.5 | 0.12 |
| 20 | 0 | 0 |
| 25 | 0 | 0 |
| 30 | 0 | 0 |
| 35 | 0 | 0 |

Resultados humedad a base seca a 300 rpm y 20 psi

| tiempo (min) | masa (g) | Humedad |
|--------------|----------|---------|
| 0 | 301 | 11,98 |
| 5 | 210,2 | 8,07 |
| 10 | 134,3 | 4,79 |
| 15 | 85,2 | 2,68 |
| 20 | 63,4 | 1,73 |
| 25 | 52,7 | 1,27 |
| 30 | 38,9 | 0,68 |
| 35 | 32,1 | 0,38 |
| 37,7 | 27,2 | 0,17 |

Resultados humedad a base seca a 300 rpm y 30 psi

| tiempo (min) | masa (g) | Humedad |
|--------------|----------|---------|
| 0 | 300,7 | 7,81 |
| 5 | 186,1 | 4,45 |
| 10 | 80,5 | 1,36 |
| 15 | 43,3 | 0,27 |
| 20 | 40,2 | 0,18 |
| 21,4 | 39,9 | 0,17 |
| 25 | 0 | 0,00 |
| 30 | 0 | 0,00 |
| 35 | 0 | 0,00 |

Resultados humedad a base seca a 300 rpm y 40 psi

| tiempo (min) | masa (g) | Humedad |
|--------------|----------|---------|
| 0 | 303,4 | 9,55 |
| 5 | 186,3 | 5,48 |
| 10 | 98,4 | 2,42 |
| 15 | 58,4 | 1,03 |
| 18,3 | 33,8 | 0,17 |
| 20 | 0 | 0,00 |
| 25 | 0 | 0,00 |
| 30 | 0 | 0,00 |
| 35 | 0 | 0,00 |

ANEXO E
COTIZACIÓN EQUIPO DESHIDRATADOR

SECADOR DE RODILLOS



Identificación: Earle

Número del modelo: HG

Función: Deshidratador de frutas y verduras

Operación: Secado

Tipo: De rodillos

Capacidad: 1000 kg/h

Potencia: 20 kw

Consumo de vapor: 1571 kg/h

Voltaje: 450 V

Lugar de origen: Jiangsu, China (continental)

Material: acero inoxidable

Precio de la maquina: US \$ 300,000



CHANGZHOU ERLE DRYING EQUIPMENT CO.,LTD
LET THE WORLD LOVES MADE-IN-CHINA



ANEXO F

PRECIOS DE FRUTOS DESHIDRATADOS EN EL MERCADO

| PRODUCTO | PRECIO MERCADO/ Kg |
|--|--|
|  <p data-bbox="428 850 732 884">Banano deshidratado</p> | <p data-bbox="1101 432 1341 466">\$ 17 200</p> |
|  <p data-bbox="428 1312 732 1346">Ciruela deshidratada</p> | <p data-bbox="1105 888 1224 921">\$17 255</p> |
|  <p data-bbox="440 1812 717 1845">Fresa deshidratada</p> | <p data-bbox="1101 1350 1229 1383">\$ 61 770</p> |

| | |
|---|--|
|  <p data-bbox="431 699 727 737">Mango deshidratado</p> | <p data-bbox="1101 222 1224 260">\$40 200</p> |
|  <p data-bbox="431 1209 727 1245">Uchuva deshidratada</p> | <p data-bbox="1101 737 1224 774">\$ 39 650</p> |