



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

“ELABORACIÓN DE POLVO SOLUBLE DE PITAHAYA (*Selenicereus Megalanthus*) MEDIANTE LIOFILIZACIÓN, ATOMIZACIÓN Y DESHIDRATACIÓN EN ESTUFA.”

Trabajo de titulación

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

AUTORA: TANYA MARIUXI ORTIZ GAHONA

DIRECTOR: ING. LUIS FERNANDO ARBOLEDA ÁLVAREZ, PHD

Riobamba-Ecuador

2020

©2020, Tanya Mariuxi Ortiz Gahona

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Tanya Mariuxi Ortiz Gahona, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba 29 de enero del 2021

TANYA MARIUXI ORTIZ GAHONA
160062599-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Trabajo Experimental, “**ELABORACIÓN DE POLVO SOLUBLE DE PITAHAYA (*Selenicereus Megalanthus*) MEDIANTE LIOFILIZACIÓN, ATOMIZACIÓN Y DESHIDRATACIÓN EN ESTUFA**, realizado por la señorita **TANYA MARIUXI ORTIZ GAHONA**”, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos y legales, en tal virtud el tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
<p>B.Q. María Verónica González Cabrera</p> <p>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</p>	<p>MARIA VERONICA GONZALEZ CABRERA</p>  <p>Firmado digitalmente por MARIA VERONICA GONZALEZ CABRERA Fecha: 2021.03.04 17:19:43 -05'00'</p>	<hr/>
<p>Ing. Luis Arboleda Álvarez, PhD</p> <p>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</p>	<p>LUIS FERNANDO ARBOLEDA ÁLVAREZ</p>  <p>Firmado digitalmente por LUIS FERNANDO ARBOLEDA ALVAREZ Nombre de reconocimiento (DN): cn=LUIS FERNANDO ARBOLEDA ÁLVAREZ, serialNumber=9603234030, ou=AUTORIDAD DE CERTIFICACION ESPOCH DTIC, o=ESPOCH DTIC, l=RIOBAMBA, c=EC Fecha: 2021.03.03 19:12:10 -05'00'</p>	<hr/>
<p>Ing. Byron Díaz Monroy, PhD</p> <p>MIEMBRO DE TRIBUNAL</p>	<p>BYRON LEONCIO DIAZ MONROY</p>  <p>Firmado digitalmente por BYRON LEONCIO DIAZ MONROY Fecha: 2021.03.04 11:20:47 -05'00'</p>	<hr/>

DEDICATORIA

A mis padres Teobaldo Ortiz y Gabriela Gahona, por sus consejos y apoyo incondicional, por ser mis guías y el pilar fundamental de mi vida, por incentivar me siempre a seguir adelante y nunca darme por vencida, y ahora verme cumplir uno de mis sueños y verme realizada profesionalmente, a mis hermanos Paul y Lorena, a mis 3 bellas sobrinas, que han sido una gran motivación durante mi vida estudiantil, a todos mis familiares cercanos y a Marcelo Rivadeneira que me han ayudado con sus palabras de apoyo, dándome ánimos para nunca desmayar y seguir adelante, a todos mis amigos de aulas, que se han convertido en parte de mi familia y me han extendido su mano en mis momentos difíciles, los voy a extrañar mucho.

Tanya

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la vida, por mis padres, por regalarme paciencia y sabiduría para lograr uno de mis sueños y poder culminar una más de mis etapas estudiantiles, a mis padres por su apoyo moral y económico, sin ustedes no lo hubiera logrado, los amo, a mi director Ing. Luis Arboleda y asesor Ing. Byron Díaz, por la gran paciencia y dedicación que tuvieron conmigo, un reconocimiento especial para ellos, ya que supieron guiarme y orientarme académicamente con su experiencia y profesionalismo y por supuesto, un agradecimiento infinito a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, especialmente a la FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS y a la escuela de CARRERA EN INDUSTRIAS PECUARIAS, a sus docentes y autoridades, por tantos conocimientos impartidos los cuales me ayudaron en mi formación profesional y personal, y contribuyeron para la culminación de mis estudios de tercer nivel.

Tanya

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
1.1.	Pitahaya.....	3
1.1.1.	Características.....	3
1.1.2.	Composición nutricional de la pitahaya.....	4
1.1.3.	Pitahaya en Ecuador.....	4
1.1.4.	Variedades.....	5
1.1.5.	Usos.....	5
1.1.6.	Propiedades medicinales.....	6
1.2.	Deshidratación de frutas.....	6
1.2.1.	Materia prima.....	8
1.2.2.	Operaciones preliminares.....	9
1.3.	Liofilización.....	11
1.3.1.	Fundamentos de la liofilización.....	12
1.3.2.	Equipo utilizado para la liofilización comercial.....	13
1.3.3.	Características de los alimentos liofilizados.....	15
1.4.	Atomización.....	15
1.4.1.	Atomización del líquido.....	16
1.4.2.	Deshidratación de las gotas de líquidos formadas.....	17
1.4.3.	Recuperación del producto.....	17
1.4.4.	Ventajas y desventajas de utilizar este método.....	17

1.4.5.	Características de los productos deshidratados.	18
CAPÍTULO II		
2	MARCO METODOLÓGICO	19
2.1.	Localización y duración del experimento	19
2.2.	Unidades experimentales	19
2.3.	Materiales, equipos e insumos	19
2.3.1.	Materiales	19
2.3.2.	Materiales de uso personal	20
2.3.3.	Equipos	20
2.3.4.	Insumos	20
2.3.5.	Instalaciones	20
2.4.	Tratamientos y diseño experimental	21
2.5.	Mediciones experimentales	22
2.5.1.	Análisis bromatológicos del polvo de pitahaya	22
2.5.2.	Análisis organolépticos	22
2.5.3.	Análisis microbiológicos	22
2.5.4.	Análisis económicos	22
2.6.	Análisis estadísticos y pruebas de significancia	22
2.7.	Procedimiento experimental	23
2.7.1.	Deshidratación en estufa	23
2.7.2.	Liofilización	26
2.7.3.	Atomización	28
2.8.	Metodología de evaluación	30
2.8.1.	Determinación de pH (ANTE INEN 389)	30
2.8.2.	Determinación de Porcentaje de Solubilidad	30
2.8.3.	Determinación de Humedad (NTE INEN 265)	30
2.8.4.	Determinación de cenizas	31
2.8.5.	Determinación de vitamina C	31

2.8.6.	Determinación de glucosa	32
2.8.7.	Determinación de fructosa.....	32
2.9.	Análisis Microbiológicos.....	32
2.9.1.	Determinación de salmonella	32
2.9.2.	Determinación de mohos y levaduras (NTE INEN 1529-10)	33
2.9.3.	Determinación de coliformes fecales (E. coli) (NTE INEN 1529-8)	33
2.10.	Análisis organolépticos	33
2.10.	Análisis económicos.....	34

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
3.1.	Resultados bromatológicos de los tratamientos	35
3.1.2.	Porcentaje de solubilidad.....	36
3.1.3.	Porcentaje de humedad.....	37
3.1.4.	Porcentaje de cenizas.....	39
3.1.5.	Vitamina C	40
3.1.6.	Glucosa	41
3.1.7.	Fructosa.....	43
3.2.	Análisis Organolépticos de los tratamientos	44
3.2.1.	Color	44
3.2.2.	Olor	45
3.2.3.	Sabor	46
3.2.4.	Apariencia	47
3.3.	Análisis microbiológicos de los tratamientos	47
3.3.1.	Salmonella.....	48
3.3.2.	Mohos y levaduras.....	48
3.3.3.	Escherichia coli	49
3.4.	Análisis beneficio - costo	50
	CONCLUSIONES.....	52

RECOMENDACIONES	53
GLOSARIO.....	54
BIBLIOGRAFÍA.....	55
ANEXOS	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Composición nutricional de la Pitahaya (100 g. de fruta)	20
Tabla 2-1: Temperaturas de colapso para algunos alimentos	29
Tabla 1-2: Esquema del tratamiento	37
Tabla 2-2: Esquema de ADEVA	39
Tabla 3-2: Valoración organoléptica para el polvo soluble de pitahaya con diferentes métodos	49
Tabla 4-2: Equivalencia de evaluación	50
Tabla 1-3: Reporte de resultados de pH.....	51
Tabla 2-3: Reporte de resultados de porcentaje de solubilidad	53
Tabla 3-3: Reporte de resultados del porcentaje de humedad	54
Tabla 4-3: Reporte de resultados del porcentaje de cenizas	55
Tabla 5-3: Reporte de resultados de contenido de vitamina C	57
Tabla 6-3: Contenido de azúcares totales en <i>Selenisereus</i> spp, en poblaciones naturales en Monte Escobedo	58
Tabla 7-3: Reporte de resultados del contenido de Glucosa en los tres tratamientos.....	58
Tabla 8-3: Reporte de resultados del contenido de fructosa en el polvo de pitahaya.....	59
Tabla 9-3: Resultados de los análisis microbiológicos para <i>Salmonella</i> spp	64
Tabla 10-3: Resultados de los análisis microbiológicos para mohos y levaduras	65
Tabla 11-3: Análisis microbiológico para <i>E. coli</i>	65
Tabla 12-3: Análisis económicos de los tratamientos evaluados.....	66
Tabla 13-3: Determinación del costo unitario	67
Tabla 14-3: Relación beneficio costo.....	67

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Reporte de resultados del pH.....	52
Gráfico 2-3:	Reporte de resultados del porcentaje de solubilidad.....	53
Gráfico 3-3:	Reporte de resultados del porcentaje de humedad.....	54
Gráfico 4-3:	Reporte de resultados del porcentaje de cenizas.....	56
Gráfico 5-3:	Reporte de resultados del porcentaje de Vitaminas C.....	57
Gráfico 6-3:	Reporte de resultados del porcentaje de glucosa.....	58
Gráfico 7-3:	Reporte de resultados del porcentaje de fructosa.....	60
Gráfico 8-3:	Reporte de resultados del color.....	61
Gráfico 9-3:	Reporte de resultados del olor.....	62
Gráfico 10-3:	Reporte de resultados del sabor.....	62
Gráfico 11-3:	Reporte de resultados de la apariencia.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Diagrama de flujo de deshidratación en estufa	41
Figura 2-2: Diagrama de flujo de liofilización.....	43
Figura 3-2: Diagrama de flujo de atomización.....	45

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Análisis estadístico del pH
- Anexo B:** Análisis estadístico porcentaje de solubilidad
- Anexo C:** Análisis estadístico del porcentaje de humedad
- Anexo D:** Análisis estadístico del porcentaje de cenizas
- Anexo E:** Análisis estadístico del porcentaje de vitamina C
- Anexo F:** Análisis estadístico del porcentaje de glucosa
- Anexo G:** Análisis estadístico del porcentaje de fructosa
- Anexo H:** Análisis sensorial de la elaboración de polvo soluble de pitahaya mediante Liofilización, Atomización y Deshidratación en estufa.

RESUMEN

Se elaboró polvo soluble de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) mediante la utilización de tres tratamientos, los mismos que fueron: liofilización, atomización y deshidratación en estufa, para lo cual se utilizó pitahaya amarilla proveniente del cantón Palora, provincia de Morona Santiago; previamente a su procesamiento se realizó un control de calidad tomando como aspectos importantes la parte sensorial de la fruta y posteriormente un control del producto elaborado. La elaboración del polvo soluble de pitahaya se realizó con los equipos de atomización, liofilización y estufas tradicionales del laboratorio de Procesos Industriales de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. También en la facultad de Ciencias Pecuarias, se reportaron y estudiaron los resultados de los análisis bromatológicos del producto como: humedad, cenizas, vitamina C, porcentaje de solubilidad, fructosa, glucosa y pH, así como los resultados de los análisis microbiológicos: *Salmonella*, mohos, levaduras y *Escherichia coli*. Los resultados de los análisis sensoriales fueron: color, olor, sabor y apariencia del producto final de cada uno de los tratamientos. Los resultados de los análisis experimentales obtenidos en la investigación se tabularon y posteriormente se sometió al programa estadístico INFOSTAT, dando como resultado una diferencia significativa entre los tres tratamientos aplicados, de los cuales el tratamiento más destacado fue el representado por la atomización por poseer las mejores características microbiológicas, bromatológicas y sensoriales, además de poseer mayor grado de solubilidad, menor contenido de humedad, entre otras características importantes, y que además ayuda a prolongar la vida útil de esta fruta por mayor tiempo. Se recomienda difundir la presente investigación para motivar la realización de diversos estudios similares encaminados a la utilización de frutas poco convencionales y exóticas de las zonas tropicales como la pitahaya amarilla, sus usos y beneficios en diferentes productos como: jugos, yogures, snacks, conservas, entre otros.

Palabras clave: <INDUSTRIA ALIMENTARIA>, <PITAHAYA AMARILLA (*Selenicereus Megalanthus*)>, <ATOMIZACIÓN>, <<LIOFILIZACIÓN>, <DESHIDRATACIÓN>, <ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS>, <ANÁLISIS BROMATOLÓGICO>, <ANÁLISIS SENSORIAL>.

ABSTRACT

Soluble pitahaya powder (*Selenicereus megalanthus*) was made by using three treatments which were: lyophilization, atomization and dehydration in an oven, for which yellow pitahaya from Palora City, Morona Santiago Province was used. Prior to its processing, a quality control was carried out, taking as important aspects the sensory part of the fruit and later a control of the elaborated product. The production of soluble pitahaya powder was carried out with the equipment for atomization, lyophilization and traditional stoves of the Laboratory of Industrial Processes of the Faculty of Sciences of the Polytechnic School of Chimborazo. Also in the Faculty of Animal Sciences, the results of the bromatological analyzes of the product were reported and studied. These were: humidity, ash, vitamin C, percentage of solubility, fructose, glucose and pH, as well as the results of the microbiological analyzes: Salmonella, molds, yeasts and Escherichia coli. The results of the sensory analyzes showed the color, smell, taste and appearance of the final product of each of the treatments. The results of the experimental analyzes were tabulated and subsequently subjected to the INFOSTAT statistical program which resulted in a significant difference between the three treatments applied. The most prominent treatment was represented by the atomization because it had the best microbiological, bromatological and sensory characteristics. In addition, it presented a higher degree of solubility, lower humidity and other important characteristics which also help to prolong the useful life of this fruit. It is recommended to publish this research to motivate the performance of various similar studies aimed at the use of conventional and exotic fruits from tropical areas, for example, the yellow pitahaya, their uses and benefits in different products such as: juices, yogurts, snacks, preserves, and others.

Keywords: <FOOD INDUSTRY>, <YELLOW PITAHAYA (*Selenicereus Megalanthus*)>, <ATOMIZATION>, << LYOPHILIZATION>, <DEHYDRATION>, <MICROBIOLOGICAL ANALYSIS>, <BROMATOLOGICAL ANALYSIS>.

INTRODUCCIÓN

La actividad agropecuaria en la región amazónica, después de la tala del bosque primario, viene de uno a tres años de cultivos de ciclo corto como: naranjilla, (*Solanum quitoense*), maíz (*Zea mays*), yuca (*Manihote sculenta* Crantz) y en algunos casos arroz; para luego dar paso a la siembra de otros cultivos como lo es el té y la pitahaya teniendo producciones extensivas, la que en muchos casos, presiona a sus productores a la venta de estos productos a precios muy bajos llegando a obtener grandes pérdidas económicas para muchas familias del cantón Palora (Nieto, 2012, p. 24).

La pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) es un fruto exótico apetecido no sólo por su agradable sabor sino también por su exuberante color y forma, y ha sido considerado en Ecuador y en diferentes países cultivadores como uno de los frutos promisorios de exportación (Ayala, y otros, 2009, p. 51).

Según la Corporación Colombia Internacional (CCI) en el año 2020, Colombia y Ecuador lograron el ingreso de la pitahaya al mercado japonés con exportaciones de 25 toneladas. Esta exportación va en aumento, no solamente por la apertura de nuevos mercados en España, Francia, Alemania y algunos países del medio Oriente, sino por las reconocidas propiedades funcionales y medicinales de este fruto. Su sistema de producción se encuentra bien tecnificado, pero no así su procesamiento, lo que constituye una limitante para la apertura de otros mercados y la generación de valor agregado. No se encuentran investigaciones sobre métodos de conservación o de procesamiento de *Selenicereus megalanthus* que ayuden a resolver, al menos en parte, la falta de alternativas en este campo. (CCI. Corporación Colombia Internacional, 2000, p.87).

El proceso de liofilización es una alternativa de interés como método de conservación de alimentos que permite prolongar el tiempo de vida útil conservando las propiedades físicas y fisicoquímicas relacionadas con la calidad. Consiste en la eliminación del agua de un producto por sublimación del agua libre de la fase sólida acompañada de la evaporación de algunas porciones remanentes de agua no congelable. La sublimación ocurre cuando la presión de vapor y la temperatura de la superficie del hielo se encuentran por debajo del punto triple del agua. La liofilización se considera uno de los mejores métodos de conservación de las propiedades organolépticas y nutricionales de productos biológicos. Los productos liofilizados se caracterizan por su baja actividad de agua, bajos cambios de volumen y de forma, alta capacidad de rehidratación, aumento en su porosidad y por presentar un estado vítreo. (Rodríguez, Narváez, & Restrepo, p. 116).

En la industria es de gran importancia la elaboración de frutas deshidratadas tanto por la facilidad de manejo, para favorecer la mezcla con otros ingredientes, así como para alargar la vida de anaquel de diversos productos que se deterioran con facilidad.

Uno de los métodos de obtención de estas frutas es el secado por atomización que nos ayuda a obtener productos con buenas características tanto sensoriales como nutricionales y para esto se requiere conocer los diferentes factores que afectan las propiedades del producto (Lantigua, 2014, p. 87).

La deshidratación en estufa es otro método para obtener frutas deshidratadas, este método es una de las formas más antiguas para procesar este tipo de alimentos, consiste en eliminar una buena parte de la humedad de los alimentos, para evitar que estos se deterioren.

Se considera de mucha importancia la conservación de alimentos pues esto nos permite alargar la vida útil de las frutas y poder tener acceso a mercados más distantes, otra de las ventajas de conservar frutas deshidratadas es debido a que se puede contar con frutas en épocas que normalmente no se producen, logrando así mejores precios.

Por medio del calor se elimina el agua que contienen algunos alimentos mediante la evaporación de esta. Esto impide el crecimiento de las bacterias, que no pueden vivir en un medio seco, por ejemplo, a las piñas, manzanas y banano. Los alimentos deshidratados mantienen gran proporción de su valor nutritivo original si el proceso se realiza en forma adecuada (Gil, 2015, p.57).

Tanto las frutas secas como los polvos obtenidos de las frutas se obtienen mediante un secado especial, con lo cual se desea llegar a reducir el contenido de humedad de las mismas hasta llegar a un 20% del peso o menos. En Bolivia se aplican distintos métodos artesanales tanto para la deshidratación como para el empaque final del producto siempre manteniendo las cualidades nutricionales de sus diferentes frutas como: durazno, manzana, papaya, mango, kiwi y banana. Las capacidades de producción son muy altas en diferentes ciudades de Bolivia, por lo contrario, en diferentes ciudades o cantones de Ecuador la capacidad industrial es inferior, dedicándose solamente a la producción agrícola mas no al valor agregado de las mismas. (Alarcón, p.75).

Para la realización de este trabajo investigativo se tomó en cuenta los siguientes objetivos.

- Conocer el grado de solubilidad de las muestras de pitahaya aplicando los tres métodos planteados.
- Determinar el mejor método de obtención del producto (polvo soluble de pitahaya) en base a sus características.
- Determinar el costo de producción del producto.

CAPÍTULO I

1. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Pitahaya

La pitahaya es una fruta conocida como fruta del dragón. Se ha utilizado este nombre para referirse a distintos frutos de plantas como: *Hylocereus*, *Selenicereus* y *Ereus ssp.* Surgió en países de Centro América, especialmente en aquellos con climas tropicales. Sus principales atractivos radican en los colores, apariencia y beneficios nutricionales que estas frutas poseen.

“Es originaria de América Tropical, siendo México, Centro América y el Caribe los lugares que presentan mayor número de especies” (Oirsa, 2000, p. 81). Fuentes aseguran que la pitahaya es conocida desde antes de la conquista, siendo Gonzalo Fernando de Oviedo la primera persona en hacer una descripción completa de la fruta en 1527 durante su estancia en Nicaragua. En Ecuador surgió como cultivo por primera vez en la región amazónica, ya que para su producción requiere zonas con climas tropicales, además la calidad del suelo, pH, humedad y otros factores climatológicos influyen en el tamaño de la fruta y nivel de dulce que tendrá al momento de la cosecha.

Su producción se ha realizado desde hace muchos años en los patios de las casas ubicadas en la zona rural de los países centro americanos. En la actualidad su producción se ha expandido a otros países de América Central y del Sur, incrementando el área de producción lo que ha permitido la exportación de pitahaya como fruta fresca a Europa y como pulpa congelada a Estados Unidos.

1.1.1. Características

Jordan (2009, p. 99), manifiesta que el nombre de pitahaya significa fruta escamosa, nombre puesto por los conquistadores españoles quienes fueron las primeras personas que la vieron en su forma silvestre, también a esta fruta se le considera flor de cáliz, pitahaya amarilla, pitaja, pitajaya, pitajaja y pitaya. Esta especie proviene de la familia de los Cactaceae y es de origen centroamericano, muy resistente a la sequía, a las plagas y enfermedades, propias de los climas tropicales como son en Colombia principal productor de pitahaya y Ecuador está dando sus primeros pasos de producción de esta planta (Jordan, 2009, p. 74).

Wiener (2009, p. 56).indica que la pitahaya tiene un aspecto similar a la tuna, puede tener pulpa blanca o rojiza con pequeñas pepas que de morderlas tienen aspectos laxantes. En Ecuador y Colombia hay plantaciones de pitahaya. La pitahaya es una planta perenne, leñosa, que se cosecha a lo largo del año, produce hasta 60 frutos por planta, 8 a 12 kg a los 3 años cuando ya ha madurado.

(Andrade, 2017, p. 537). sostiene que la pitahaya, con un sabor delicadamente dulce, tiene forma oblonga- ovalada, color rojo o amarillo intenso, con pupos en su contorno. Su pulpa es consistente y espumosa, blanca (variedad amarilla) y blanca rojiza (variedad roja), con pequeña y suaves pepas comestibles.

1.1.2. *Composición nutricional de la pitahaya*

La fruta es el producto más demandado, ya sea para consumirse como tal o para ser utilizada en distintas preparaciones. La selenicereus megalanthus contiene captina, utilizado como tónico cardiaco, mientras que sus semillas contienen un aceite de suave y seguro efecto laxante.

En la tabla 1-1 se muestra la composición nutricional de la pulpa de la pitahaya la misma que presenta un alto contenido de agua y carbohidratos y aunque sin mayores atributos, si se le reconocen propiedades medicinales importantes. Su valor energético es elevado (superior al de la zanahoria y la lechuga), la vitamina A es reducida, las vitaminas B1, B2 y C casi están ausentes, tienen baja cantidad de potasio, la presencia de fosforo es casi nula y su contenido de hierro es más elevado que en la mayoría de verduras. (García, 2003, p. 67).

Tabla 1-1: Composición nutricional de la Pitahaya (100 g. de fruta)

Factor Nutricional	Contenido	Factor Nutricional	Contenido
Calorías	50.0	Fosforo	16.0 mg
Agua	85.4 g	Hierro	0.3 mg
Carbohidratos	13.2 g	Niacina	0.2 mg
Fibra	0.5 g	Riboflavina	0.0 mg
Proteínas	0.4 g	Tiamina	0.0 mg
Cenizas	0.4 g	Vitamina A	U.I
Calcio	10.0 mg	Ácido Ascórbico	Mg

Fuente: (Food and Agriculture Organization, 2020)

Realizado por: Ortiz, Tanya, 2019.

1.1.3. *Pitahaya en Ecuador*

El cultivo de pitahaya es nuevo en el Ecuador, menos de diez años, con variedades que fueron introducidas desde Colombia al sector noroccidente de Pichincha, Colombia fue un gran exportador de Pitahaya y uno de los pioneros en el mercado europeo. Hace unos cinco a seis años se identificó una variedad local indígena del oriente ecuatoriano, en el sector del Cantón Palora en la provincia de Morona Santiago. La fruta originaria del oriente es más grande, de mayor

contenido de materia seca y por lo tanto más peso, más grados Brix y de mejor apariencia física que la colombiana. Actualmente en Ecuador se está produciendo y exportando la variedad amarilla, que presenta diferencias, principalmente en tamaño según lugar de cultivo. El mayor porcentaje de la cosecha en la región oriental ecuatoriana (60%) salen entre el 15 de febrero y el 15 de marzo, lo que dificulta su comercialización en cualquier mercado internacional. Un 5% se produce en el mes de junio, el 15% entre septiembre y la primera semana de octubre y un 20% entre mediados de noviembre y primera semana de diciembre. Los productores en coordinación con el INIAP y otras instituciones de investigación, deberían realizar estudios tendientes a extender el ciclo de cosecha de la fruta, para mejorar la oferta internacional en forma más escalonada (Andrade, 2017, p. 65).

1.1.4. Variedades

Según Jordan (2009, p. 61) se tienen las siguientes variedades de pitahaya:

- La variedad roja (*Cereus Ocampis*) de pulpa rosada o roja y sabor insípido no es tan popular comercialmente, siendo su principal exportador Vietnam.
- La variedad amarilla (*selenicereus megalanthus*) de pulpa blanca, tienen una mejor producción, siendo más comercial debido a su sabor y mayor resistencia al transporte y almacenamiento.
- En el Ecuador, se encuentran variedades que fueron introducidas de Colombia siendo este país pionero en la exportación al mercado europeo, también existe un tipo de variedad local indígena en el sector del Cantón Palora en la provincia de Morona Santiago.

1.1.5. Usos

Angarita (2014, p. 24), señala que para sacarle el mejor provecho a la pitahaya se la debe consumir fresca y al natural. También se puede preparar como gelatina, helado, yogurt y mermelada.

Ilana (2009, p. 63), indica que la pitahaya puede ser utilizada como un tinte natural y colorante para los alimentos preparados, también como una materia prima en la preparación de otros alimentos tales como mermeladas, dulces y conservas. La pitahaya se cree que ayuda a aliviar problemas comunes de estómago, y también es utilizada contra la diabetes y problemas endocrinos.

Jordan (2009, p. 63), reporta que los usos y aplicaciones que se le dan a esta fruta son variados, entre los cuales anota:

- Se utiliza para preparación de refrescos, utilizando su pulpa y semillas licuadas donde se obtiene un jugo rico en proteínas.
- Con su extracto se utiliza para jarabes, dulces y otros confites.

- La aplicación en farmacéuticas para tónico cardiaco regulando la presión arterial, laxante, propiedades curativas y protectoras contra úlceras y acidez estomacal.
- Se lo utiliza para arreglos decorativos en platos gourmet, ensaladas y postres, en ocasiones también para arreglos florales y de frutas exóticas.

1.1.6. Propiedades medicinales

La pitahaya por su alto contenido de vitamina C, tiene acción antioxidante y ayuda a combatir la anemia. También ayuda a prevenir la gota reduciendo el ácido úrico de la sangre (Pun, 2008, p. 57).

Andrade (2017, p. 71) indica que esta deliciosa fruta exótica tiene las siguientes propiedades:

- En primer lugar, se debe destacar su contenido de “cactina” que es un tónico cardiaco que regula la presión arterial.
- Igual importancia tiene el alto contenido de aceites esenciales que tienen sus semillas lo cual le confiere las propiedades de un poderoso y eficaz laxante natural con lo que también se previene y desinflama las hemorroides.
- La contextura viscosa de la pulpa de da las propiedades curativas y protectantes contra úlceras estomacales y acidez estomacal.
- De la corteza se extrae un látex que limpia, humecta y suaviza la piel evitando las arrugas.
- En los tratados de medicina natural se recomienda el consumo de pitahaya para contrarrestar inflamaciones bronquiales y hay constancia que desde tiempos ancestrales los Shamanes de la Amazonia y los brujos Tsachilas lo recomiendan para tratar enfermedades intestinales y renales. (Andrade, 2017, p. 87).

Angarita (2014, p. 25). manifiesta que los médicos la recomiendan a personas que sufren de anemia ferropénica (ausencia de hierro). También ayuda a reducir el nivel de ácido úrico en la sangre previniendo la llamada gota (enfermedad que afecta las articulaciones, especialmente el dedo gordo del pie). Además de contener fibra, hierro, fosforo y calcio, tiene en sus semillas negras una grasa natural que mejora el funcionamiento del tracto digestivo. Por lo tanto, tiene efecto laxante y su consumo se aconseja cuando hay problemas de estreñimiento. Aunque también señala que hay quienes le dan usos medicinales para otras afecciones. Por ejemplo, la cactina, una sustancia que se encuentra en el fruto, se emplea como calmante para los nervios. Se dice que, si se extrae el jugo de su tallo, se puede utilizar para aliviar los pies cansados y maltratados.

1.2. Deshidratación de frutas

La deshidratación es el proceso en el cual se remueve casi la totalidad del agua de un producto, dando como resultado un sólido con un contenido de humedad significativamente bajo.

La deshidratación de alimentos, ayuda a evitar el deterioro durante largos periodos de tiempo, probablemente es la forma más antigua de conservación de alimentos. El aprovechamiento del viento y el sol para eliminar el agua de los alimentos data de épocas muy remotas; aunque los métodos naturales se siguen utilizando en algunas áreas donde las condiciones climáticas son favorables, principalmente en regiones tropicales y subtropicales, resultan lentos e inconsistentes por lo que su uso a nivel comercial es muy restringido. El desarrollo de los deshidratadores artificiales, desde principios de 1900 reemplazo al secador solar. El establecimiento de industrias con producción de alimentos deshidratados a gran escala trajo consigo no solo la necesidad de desarrollar nuevos y mejores sistemas de deshidratación de alimentos, sino el desarrollo paralelo de procesos de formulación y manufactura, así como el empleo de diversas técnicas y materiales para su envasado (Irezabal, 2010, p. 485).

En la actualidad, la deshidratación es uno de los métodos de conservación de alimentos más ampliamente utilizados para la manufactura de productos, ya sean intermedios o finales, siendo un rubro de mucha importancia económica dentro de los alimentos procesados en todos los países de mundo. Para la distribución de alimentos obtenidos por agricultura u otros medios de producción se utiliza con mucha frecuencia procesos de deshidratación con objeto de asegurar la estabilidad de los productos durante el transporte y almacenamiento.

La gran demanda y aceptación que tienen por los productos deshidratados puede atribuirse a que ha crecido la preocupación de las personas por cuidar su salud y alimentarse sanamente, por lo que disponen de poco tiempo para preparar sus alimentos. Los productos deshidratados ofrecen una solución sencilla y práctica (Irezabal, 2010, p. 487).

Además de la conservación del alimento, al reducir el contenido de agua hay otras ventajas en los alimentos deshidratados, entre las que pueden mencionarse:

- Vida útil muy prolongada (12-24 meses), sin la necesidad de aditivos.
- Almacenamiento a temperatura ambiente.
- Reducción del peso y en ocasiones, del volumen del producto, lo que facilita y reduce los costos de empaque almacenamiento y transporte.
- Comodidad en el uso del producto.
- Compatibilidad con otros alimentos en mezclas secas.
- Rehidratación a la concentración deseada.
- Menor producción de residuos.
- Disponibilidad constante a lo largo del año y precios estables (Colina, 2010, p. 43).

Sin embargo, los alimentos deshidratados también pueden presentarse con ciertas desventajas, como son:

- En algunos casos, dificultad para una completa rehidratación (depende del método y condiciones de la deshidratación).
- Modificación de la textura en alimentos sólidos.
- Modificaciones de sabor, color, olor en algunos productos.
- Algunos métodos de deshidratación (como la liofilización) tienen un costo relativamente elevado.

Es importante tener en cuenta que el proceso de deshidratación no solo afecta en contenido de agua del producto, sino que también sus características físicas y químicas, tomando en cuenta que los alimentos son sistemas biológicos muy complejos, tanto en composición química, por la gran cantidad de componentes presentes, como en su estructura (Colina, 2010, p. 185).

1.2.1. Materia prima

En cualquier proceso de transformación, el producto final será el reflejo de la materia prima empleada y del proceso específico al que está siendo sometido. Por ello, se debe contar con materia prima y demás ingredientes con las características necesarias para la obtención de los productos deseados, además de utilizar métodos y empaques adecuados con el fin de lograr productos de calidad aceptables y uniformes (Bosquez, 2012, p. 57).

1.2.1.1. Calidad de la materia prima

La calidad de la materia prima es un elemento que influye en el producto resultante y puede verse afectada por casi cualquier variable implícita en la producción, cosecha y entrega a las plantas procesadoras. La evaluación de la calidad ser subjetiva u objetiva. En la mayoría de los casos, aun se depende de la evaluación subjetiva dado que, incluso con las pruebas objetivas desarrolladas, no es fácil reflejar con precisión el delicado balance de sabor, textura y apariencia que determina la “aceptabilidad” de las frutas y hortalizas como materia prima para el uso al que será destinada. Debido a ello, ha habido un creciente interés por determinar las características de la materia prima y los factores que afectan su empleo en el procesamiento (Bosquez, 2012, p. 59).

1.2.1.2. Factores que afectan la calidad de las frutas como materia prima

Según (Bosquez, 2012, pág. 34), los productos agrícolas como las frutas y las hortalizas están sujetos a la influencia de un complejo conjunto de factores ambientales de prácticas de cultivo que determinan su calidad, entre los principales factores se encuentran los siguientes:

- Área Productora.
- Clima.
- Relaciones suelo- planta.

- Labores de cultivo.
- Variedad.
- Estado de desarrollo o madurez.
- Daños debidos a microorganismos, insectos, enfermedades de la planta, cosecha y traslado a planta procesadora.

1.2.2. Operaciones preliminares

Las operaciones preliminares del proceso tanto para frutas como para hortalizas, independientemente del producto final, suelen realizarse antes del proceso específico, las cuales pueden variar según la especie, procedencia y producto que se desee obtener, estas pueden ser las siguientes:

- Recepción de la Materia prima.
- Limpieza.
- Selección y clasificación.
- Pelado.
- Reducción de tamaño (Bosques, 2012, p. 59).

1.2.2.1. Recepción de la materia prima

El arribo de la materia prima al lugar de procesamiento siempre va acompañado de un registro de procedencia y las características de calidad. La alimentación de la materia prima a la línea de proceso puede realizarse manual o de manera mecánica, húmeda o seca; la primera se emplea en productos que son muy sensibles a los daños mecánicos y la alimentación en seco se realiza en productos resistentes. Muchos productos, al llegar al área de recepción de la planta, requieren algún tratamiento especial para separar la porción comestible o deseada.

1.2.2.2. Limpieza

La limpieza de la materia prima tiene las siguientes finalidades:

- Eliminación de contaminantes, que constituyen un peligro para la salud o que son estéticamente desagradables.
- Control de la carga microbiana, que repercute en la eficacia del proceso térmico y en la calidad del producto final.

Se mencionará algunos de los contaminantes que pueden ser encontrados en frutas y hortalizas como materia prima:

- Minerales: tierra, arena, piedras, partículas metálicas.
- Plantas: ramas, hojas, tallos, cascara.
- Animales: huevos de insectos, larvas, excreciones.
- Productos químicos: residuos fitosanitarios, fertilizantes.
- Microbios: microorganismos y subproductos.

Una operación de limpieza eficaz nos permite una mayor separación de contaminantes, dejar la superficie de la materia prima en estado aceptable, utilizar menos desinfectantes en las mismas (Bosquez, 2012, p. 61).

1.2.2.3. Selección y clasificación

La selección consiste en separar la materia prima en categorías según sus características físicas: tamaño, forma y color. La clasificación, por su parte, estriba en separar la materia prima en categorías de acuerdo con su calidad, la cual se refiere al conjunto de atributos que hacen que estos insumos tengan las características visuales y de palatabilidad adecuadas para el producto o proceso al que serán sometidos o destinados (Bosquez, 2012, p. 66).

La selección de la materia prima por sus características físicas es fundamental para lograr la eficiencia y control de los procesos y obtener productos finales uniformes y adecuados (Bosquez, 2012, p. 57).

Debido a que la clasificación pretende separar la materia prima en categorías de calidad y esto implica un conjunto de atributos determinados, la clasificación es un atributo que difícilmente puede efectuarse de manera mecánica, por lo que casi siempre se realiza de manera manual, visual, táctil, etc. Y estas se pueden clasificar de acuerdo a su estado de madurez, presencia de defectos, entre otros (Bosquez, 2012, p. 56).

1.2.2.4. Pelado

El pelado consiste en la eliminación de la cascara o de la piel de la materia prima, lo cual es deseable o necesario en la elaboración de diversos productos por una o varias de las siguientes razones:

- Prolongar la presencia más atractiva de los productos, como es el caso de algunas frutas.
- Debido a que la cascara es una parte incomedible en el caso de papaya, mango, pitahaya, sandía, etc.
- Con el objeto de evitar el paso de componentes indeseables presentes en la cascara hacia el producto terminado, como los fenoles, aceites esenciales, pigmentos, plaguicidas entre otros (Bosquez, 2012, p. 75).

1.2.2.5. Reducción de tamaño

Para obtener diversos productos de frutas y hortalizas, es necesario reducir el tamaño del producto original, por una o varias de las siguientes razones:

- Presentación del producto, como sería el caso de mitades, rebanadas o segmentos de frutas.
- Elaboración de productos específicos.
- Facilidad y/o aumento en la eficiencia de operaciones de procesamientos, como escaldado, tratamiento térmico, deshidratación y congelación.

Por su alto contenido de humedad, la gran mayoría de frutas pertenece al grupo de alimentos fibrosos, para los cuales la reducción de tamaño puede efectuarse por medio del corte, despulpado o extracción de pulpa y extracción de jugos (Bosquez, 2012, p.59).

1.3. Liofilización

La deshidratación por congelación o liofilización es el método de deshidratación en donde la mayor parte del agua del alimento se elimina mediante su sublimación, desde el estado congelado al ejercer un suficiente vacío en el sistema.

La liofilización permite obtener alimentos deshidratados de calidad muy superior comparada con cualquier otro método de deshidratación, la que la convierte en un atractivo método para extender casi inmediatamente la vida de almacenamiento de los alimentos. Las bajas temperaturas de procesamiento y la relativa ausencia de agua minimizan las reacciones deteriorantes como la desnaturalización de proteínas y el oscurecimiento enzimático, entre otras, lo cual evita cambios en textura, apariencia, sabor, aroma y valor nutricional de los alimentos.

Además, los productos liofilizados pueden ser reconstituidos prácticamente a su estructura y forma originales cuando se les adiciona agua. La eliminación de la mayor parte de agua por sublimación impide la aglomeración de sólidos en la superficie de los productos y origina un producto ligero de estructura porosa que conserva el tamaño y forma del producto original y permite una rehidratación rápida y completa.

Las mayores desventajas de la liofilización son el elevado costo energético y de las instalaciones, así como mayor tiempo de deshidratación comparado con la deshidratación convencional. Además, la estructura porosa hace a los productos liofilizados muy susceptibles a daños mecánicos y oxidación, por lo que requieren ser envasados y manejados en condiciones adecuadas. Hoy en día gran diversidad de alimentos de mucho valor, alto contenido nutricional o de aroma y textura delicados se liofilizan con fines comerciales, entre lo que se incluyen: extractos

de café y té, hortalizas, frutas, carnes, mariscos, pescados, especias y alimentos con fines especiales (Colina, 2010, p. 88).

1.3.1. Fundamentos de la liofilización

El proceso de liofilización consiste básicamente en tres etapas:

- Congelación del alimento, que propicia la separación del agua de los componentes hidratados del producto, mediante la formación de cristales de hielo o mezcla eutécticas.
- La sublimación del hielo bajo presión reducida, eliminando el agua del seno del producto.
- La desorción o evaporación del agua residual, no congelada que se encuentra absorbida por los componentes del alimento (Colina, 2010, p. 87).

1.3.1.1. Etapas de congelación.

La velocidad óptima de congelación con fines de liofilización depende en gran parte a la naturaleza del producto. Esta velocidad afecta el tamaño de los cristales de hielo formados y, por ende, el tamaño del poro en el producto deshidratado, ya que el vapor de agua sublimado, escapa del alimento a través de los conductos que dejan los cristales del hielo formados durante la congelación. Esto a su vez influye tanto en la velocidad de deshidratación como en las características del producto, especialmente en su capacidad de rehidratación. De manera general, para la liofilización de alimentos sólidos se prefiere realizar una congelación rápida para obtener un producto con pequeños cristales de hielo que dañen menos su estructura. En los alimentos líquidos se procura que la congelación sea lenta, con objeto de que se forme una red cristalina con amplios conductos por los que el vapor de agua pueda escapar (Colina, 2010, p. 88).

1.3.1.2. Etapa de sublimación.

Llamada también etapa de deshidratación primaria, involucra la sublimación del hielo bajo condiciones de vacío. Si un alimento se congela se mantiene la presión por debajo de los 610 Pa. Y se suministra la energía suficiente para proporcionar el calor latente de sublimación, el hielo se sublima directamente a vapor sin que el alimento se descongele.

Al iniciar el proceso se sublima el hielo de las capas externas del alimento. Conforme avanza la liofilización, el frente de hielo o frente de sublimación traslada hacia el interior del alimento y el calor latente para la sublimación se conduce hasta allí por conducción y el vapor de agua escapa del alimento a través de la fracción deshidratada del mismo por los canales formados por la sublimación del hielo.

Cuando solo se sublima el agua congelada del alimento, la sublimación elimina alrededor del 90% de la humedad del producto, por los productos salen de esta etapa con un contenido de humedad entre 10 y 15% (Colina, 2010, p. 89).

1.3.1.3. Etapa de desorción.

Llamada también etapa de deshidratación secundaria, comienza cuando el producto ya no contiene hielo y la humedad residual (entre 10 y 15%) proviene de agua unida, de tal manera a los componentes, que no se congela. Esta humedad no congela, que posee mayor temperatura de vaporización que la del hielo, debe ser eliminada mediante

evaporización, manteniendo las condiciones de vacío en la cámara a temperaturas entre 20 y 60°C, para conseguir productos con contenido de humedad final de alrededor de 2% (Colina, 2010, p.91).

1.3.2. Equipo utilizado para la liofilización comercial

La liofilización a nivel comercial normalmente se efectúa en cámaras al vacío con sistemas de calentamiento para proporcionar el calor latente de sublimación, y que están conectadas a sistemas de extracción del vapor o condensadores (Colina, 2010, p. 97).

1.3.2.1. Transferencia de calor

Debe suministrarse calor al producto que se está deshidratando para proveer la energía de sublimación o vaporización. Esto se realiza mediante el uso de placas de calentamiento huecas dentro de las cuales circula un líquido calentado. En ciertos equipos de liofilización, el material que se va a deshidratar, previamente congelado, se coloca sobre charolas o bandas dispuestas en medio de dos placas de calentamiento y la sublimación del hielo únicamente se efectúa por una cara del producto, lo que resulta en tiempos de liofilización prolongados (6 a 8 horas) (Colina, 2010, p. 97).

Es importante considerar que las temperaturas empleadas, tanto en la congelación como en la deshidratación, afectan determinadamente las propiedades de los productos liofilizados, como se observa en la tabla 2-1, las temperaturas de colapso para diferentes alimentos.

Tabla 1-1: Temperaturas de colapso para algunos alimentos.

Productos	Temperaturas de colapso (°C)
Papas	-1.5
Jugo de naranja	-24
Jugo de toronja	-30.5

Jugo de limón	-36.5
Jugo de manzana	-41.5
Ju8go de uva	-46
Extracto de café	-20 a -26
Gelatina	-8
Sacarosa	-22 a -32
Glucosa	-40
Fructuosa	-48
Lactosa	-19 a -31

Fuente: (Colina, 2010)

Realizado por: Ortiz, Tanya,2019.

Para obtener un producto de calidad, la temperatura durante la deshidratación debe mantenerse por debajo de su temperatura de fusión, pues de lo contrario, la movilidad de la base concentrada aumenta, provocando un cambio en la densidad aparente del producto y el colapso de su estructura porosa, lo cual trae consecuencias que los conductos se cierren, reduciendo la velocidad de deshidratación y deteriorando la calidad del producto deshidratado. La temperatura a la cual ocurre el colapso es en función del contenido de humedad y de los solutos del alimento (Colina, 2010, p. 101).

1.3.2.2. Liofilización en operación por lotes

En los procesos de liofilización por lotes, normalmente se utilizan cámaras, dentro de las cuales se colocan charolas cargadas con el producto congelado, la cámara se cierra, se evacua el aire y se fija la temperatura para una duración de ciclo específico que normalmente es del orden de 7 a 8 horas. Al final del ciclo de deshidratación, la cámara se llena de un gas inerte y se abre (Colina, 2010, p. 111).

1.3.2.3. Liofilización en operación continua

Los procesos continuos resultan más económicos y requieren menos mano de obra, en comparación con el proceso por lotes. Hay diferentes tipos de liofilizadores continuos, que pueden ser en charolas que se mueven a través del deshidratador de manera continua, o bien de banda, placas circulares, placas vibratorias y lecho fluidizado, entre otros.

Los equipos industriales de gran capacidad poseen sistemas de congelación separados del deshidratador para acelerar el proceso de congelación. El material congelado es alimentado a los liofilizadores para efectuar el proceso de deshidratación (Colina, 2010, p. 112).

1.3.3. Características de los alimentos liofilizados

Los alimentos liofilizados, adecuadamente envasados, conservan la mayor parte de sus características físicas, sensoriales y valor nutricional por largo tiempo.

Las bajas temperaturas de proceso empleadas en la liofilización evitan cambios adversos en las vitaminas como la Tiamina y ácido ascórbico, y en componentes como: proteínas, almidones y otros carbohidratos. Además gran parte de los componentes volátiles responsables del aroma de los alimentos, normalmente no se encuentran en el agua libre que se congela y no son arrastrados por el vapor de agua durante la sublimación, sino que son retenidos en la matriz del alimento liofilizado, por lo que la liofilización es una buena alternativa para conservar alimentos como: carnes, hortalizas y frutas, que contienen gran cantidad de proteínas o componentes volátiles y que son susceptibles a reacciones de oscurecimiento.

Los alimentos liofilizados contendrán una estructura porosa, tipo esponja, por los espacios vacíos ocupados previamente por los cristales de hielo, que dan lugar a productos muy livianos en peso (10 a 15 % de su peso original), es decir de baja densidad y que permite una rehidratación fácil y completa, por lo que la liofilización resulta muy útil en la obtención de los productos instantáneos (Colina, 2010, p. 117)

1.4. Atomización

La deshidratación por atomización es el proceso donde una pequeña gota de líquido se deshidrata rápidamente al ponerse en contacto directo con una corriente de aire caliente, que suministra el calor necesario para evaporar el agua. El equipo que se utiliza, consiste en grandes cámaras cilíndricas, por lo general verticales, donde simultáneamente se asperja el producto que va a ser deshidratado (que debe ser un fluido) y se introduce un volumen de aire caliente suficiente para efectuar la transferencia de calor y de masa. El pequeño tamaño de las gotas del líquido permite una deshidratación más rápida, por lo que el tiempo de estancia del material dentro del deshidratador es del orden de segundos.

El flujo del aire utilizado para la deshidratación con respecto al del producto por deshidratar puede ser concurrente, a contracorriente o mixto. Para la deshidratación de alimentos, debido a su sensibilidad al calor, normalmente se emplea flujo de aire paralelo al producto, de tal manera que el aire caliente de entrada se mezcla con las gotas recién formadas por el atomizador. El producto y el aire se mueven en la misma dirección, mientras ocurre la deshidratación, por lo que el producto deshidratado está en contacto con un aire cuya temperatura ha sido reducido de manera importante.

El producto deshidratado, en forma de polvo, se separa del aire mediante separadores tipo ciclón y/o filtros que evitan que los polvos finos sean arrastrados con la corriente de aire. Después de recolectar el producto deshidratado por lo común se procede a su enfriamiento, mediante una columna de aire frío, para evitar que sufra daño térmico.

Para este tipo de deshidratación existen tres aspectos fundamentales: la atomización del líquido, la deshidratación de las gotas de líquido formadas y la recuperación del producto deshidratado (Colina, 2010, p. 116).

1.4.1. Atomización del líquido.

La función principal de la atomización es generar pequeñas gotas que originen una gran área superficial para la evaporación de la humedad. Además, el atomizador controla el flujo de producto al deshidratador. Hay diferentes tipos de atomizadores utilizados para esta deshidratación, entre ellos se encuentran: boquillas de dos fluidos, boquillas a presión y atomizadores centrífugos (Colina, 2010, p. 121).

1.4.1.1. Boquillas de dos fluidos

Se basa en la fragmentación del fluido alimentado por una corriente de aire a gran velocidad, que es el aire utilizado para la deshidratación. Por este sistema pueden obtenerse tamaños de partículas muy pequeños (Colina, 2010, p. 123).

1.4.1.2. Boquillas a presión

Provocan que los fluidos a alta presión se dispersen en gotas al pasar a través de un pequeño orificio, con un núcleo interno que imparten movimiento centrífugo al fluido por atomizar, producen un tamaño de gotas más grande y uniforme, también proporciona volúmenes de producción suficientemente grandes para la deshidratación de alimentos a nivel industrial (Colina, 2010, p. 124).

1.4.1.3. Atomizadores centrífugos

Consiste en sistemas rotatorios que utilizan la fuerza centrífuga para atomizar el material que se alimenta al deshidratador, puede utilizarse para fluidos poco homogéneos, con sólidos en suspensión y elevada viscosidad. Los atomizadores centrífugos producen un tamaño de gota muy uniforme, no requieren de una alimentación a presión elevada y poseen una vida mayor que las boquillas a presión (Colina, 2010, p. 127).

1.4.2. Deshidratación de las gotas de líquidos formadas.

Al salir del atomizador, las gotas de líquido se ponen en contacto con el aire caliente por lo que su superficie pierde agua con rapidez. Por tratarse de deshidratación por aire, se presenta un periodo de velocidad constante y uno de velocidad decreciente. El periodo de velocidad constante termina cuando la superficie de la gota empieza a ser sólida, debido a que los solutos y sólidos suspendidos del líquido, forman una capa sobre la superficie de la partícula, a través de la cual debe difundirse el agua del interior para salir la velocidad de deshidratación disminuye y comienza el periodo de velocidad decreciente que dependerá a gran medida de la velocidad de transferencia de masa. La temperatura de la partícula se incrementa y el líquido atrapado en el interior de la partícula se vaporiza generando presión e hinchando la partícula, lo que finalmente rompe la capa dura, liberando el vapor. Esto da como resultado que las partículas deshidratadas por aspersion consistan en esferas huecas, con excelentes propiedades de rehidratación y, en ocasiones, esta capa dura previene la volatilización de compuestos del aroma y sabor (Colina, 2010, p. 128).

1.4.3. Recuperación del producto

El polvo grueso, puede recuperarse directamente por la parte inferior de la cámara de deshidratación o ser arrastrado por el aire de salida junto con el polvo fino y separado de este mediante sistemas externos al deshidratador, polvo debe ser recuperado de una manera efectiva, a fin de evitar, por un lado, la pérdida de producto y por otro, una excesiva contaminación del aire atmosférico con polvo. Puede efectuarse mediante sistemas de ciclones, filtros de bolsas o precipitadores electrostáticos.

Los sistemas de ciclones emplean la fuerza centrífuga para separar las partículas y se utilizan ampliamente, poseen bajo costo, no necesitan mantenimiento, pueden manejar la mayoría de los productos deshidratados y soportan altas temperaturas (Colina, 2010, p. 129).

1.4.4. Ventajas y desventajas de utilizar este método.

Este método tiene una serie de ventajas sobre los otros conocidos:

- Se produce un secado prácticamente instantáneo, pues al atomizarse el producto presenta una gran superficie expuesta al fluido secador.
- Aunque se emplea aire a elevadas temperaturas, el secado de las partículas se produce a temperaturas relativamente bajas. Puede decirse que la temperatura de cada partícula se aproxima a la del bulbo húmedo del aire que lo rodea, mientras dura el secado y hasta que la humedad es completamente eliminada.

- Durante el secado, las partículas flotan o se mueven en el seno de la corriente gaseosa, evitándose el contacto con la superficie metálica caliente de las paredes de la cámara, con su consiguiente peligro de recalentamiento.
- El producto final se obtiene en forma de polvo que fluye con facilidad.
- Los productos sensibles al calor se pueden secar con éxito.
- Se puede alcanzar grandes velocidades de producción (Multon, 1999, p. 157).

En relación a las desventajas, a continuación se describen algunas:

- Necesidad de grandes inversiones debido al tamaño y complejidad de los equipos requeridos.
- Necesidades de tener un líquido de alimentación en condiciones tales que pueda ser bombeado sin dificultades.
- Necesidad de tener que incorporar algún sistema adicional para recuperación de polvos finos que pueden ser arrastrados por el aire de calefacción para evitar pérdida del producto o su contaminación.
- Requerimientos de energía elevados (Multon, 1999, p. 86).

1.4.5. Características de los productos deshidratados.

La composición y características del alimento fluido que se va a deshidratar, como viscosidad, concentración y tipo de sólidos presentes, así como las condiciones empleadas en la deshidratación por aspersión como: flujo y temperatura de alimentación, tipo de atomizador, temperatura y humedad del aire utilizado para la deshidratación, tienen un notable efecto en las propiedades físicas del polvo obtenido. Además, el contenido de humedad, algunas características importantes en los productos deshidratados incluyen: tamaño de la partícula, densidad aparente, porosidad de la partícula, y su capacidad de rehidratación o reconstitución (Colina, 2010, p. 131).

CAPÍTULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

2.1. Localización y duración del experimento

La presente investigación se realizó en diferentes laboratorios: en el laboratorio de procesos industriales de la FACULTAD DE CIENCIAS se elaboró del producto con diferentes métodos, los análisis bromatológicos se realizaron en el laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal, los análisis Microbiológicos se realizaron en el laboratorio de Biotecnología y Microbiología Animal y los análisis organolépticos fueron realizados en el Laboratorio de Procesamiento de los Alimentos de la FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS todos de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, ubicada en la Av. Panamericana Sur km 1 1/2 en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo. A una altitud de 2754 msnm, y con una longitud Oeste de 18°28'00'' y una altitud Sur de 01°38'02''. La presente investigación tuvo un tiempo de duración 180 días.

2.2. Unidades experimentales

Para la realización de la presente investigación se utilizaron 9 Kg de fruta, las cuales pertenecen a 3 tratamientos de estudios con 3 repeticiones por tratamiento; el tamaño de la unidad experimental es de 1 kg por cada tratamiento y por cada repetición, (dando un total de 9 kg de fruta).

2.3. Materiales, equipos e insumos

Los materiales, equipos e insumos que se emplearán para el desarrollo de la presente investigación se distribuyen de la siguiente manera:

2.3.1. *Materiales.*

- Pitahaya amarilla
- Cajas de aluminio.
- Papel aluminio.
- Toallas.
- Desinfectantes.
- Varilla de agitación.

2.3.2. *Materiales de uso personal*

- Mascarilla.
- Cofia.
- Mandil
- Guantes

2.3.3. *Equipos*

- Liofilizador.
- Atomizador.
- Secador de bandeja.
- Balanza.
- Flexómetro.
- Calibrador.
- Termómetro.
- Peachimetro.

2.3.4. *Insumos*

- Malto dextrina.
- Agua destilada.
- Fehling A
- Fehling B
- Fructosa
- HCl
- Almidón

2.3.5. *Instalaciones*

- Laboratorio de Procesos Industriales, F.C-ESPOCH.
- Laboratorio de Biotecnología y Microbiología Animal, F.C.P-ESPOCH.
- Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal, F.C.P-ESPOCH.
- Laboratorio de Procesamiento de Alimentos y conservas, F.C.P- ESPOCH.

2.4. Tratamientos y diseño experimental

En la presente investigación se evaluaron tres tratamientos que corresponden a los tres métodos que se utilizaron (liofilización, atomización y deshidratación en estufa) con tres repeticiones por cada tratamiento. Las unidades experimentales serán modeladas bajo un diseño completamente al azar (DCA), que se ajustarán al siguiente modelo lineal aditivo.

Métodos para la obtención de polvo de pitahaya

T1= Método de liofilización

T2= Método de atomización

T3= Método de deshidratación en estufa

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ijk}$$

Dónde

Y_{ijk} = Valor del parámetro en determinación.

μ = Efecto de la media por observación.

α_i = Efecto de los tratamientos.

ϵ_{ijk} = Efecto del error experimental.

En la tabla 1-2 se muestra el esquema del experimento.

Tabla 1-2: Esquema del tratamiento

Tratamiento	Código	Repeticiones	T.ue(kg)	TOTAL Kg/trat
Liofilización	T1	3	1	3
Atomización	T2	3	1	3
Deshidratación en estufa	T3	3	1	3
Total, kg de fruta para muestra.			3	9 kg

Realizado por: Ortiz, Tanya, 2019.

2.5. Mediciones experimentales

2.5.1. Análisis bromatológicos del polvo de pitahaya

- PH
- Porcentaje de solubilidad
- Glucosa total
- Fructosa libre
- Humedad
- Cenizas
- Vitamina C

2.5.2. Análisis organolépticos

- Color
- Olor
- Sabor
- Apariencia

2.5.3. Análisis microbiológicos

- Salmonella
- Mohos y Levaduras
- Coliformes fecales (E. coli)

2.5.4. Análisis económicos

- Relación benéfico-costo

2.6. Análisis estadísticos y pruebas de significancia

Los resultados de los análisis experimentales obtenidos en la investigación se tabularon en una hoja electrónica Excel de Office 2016, y posteriormente se sometió al programa estadístico IFOSTAT versión 1 (2018) que fueron:

- ADEVA de los tratamientos, $P \leq 0,05$
- Separación de medias según la prueba de significación Tukey al 5%.
- Estadística descriptiva para análisis microbiológicos
- Prueba Hedónica en una escala de 5 puntos para los resultados del análisis sensorial.

En la siguiente tabla se puede apreciar el esquema del ADEVA del presente trabajo de titulación.

Tabla 2-2: Esquema de ADEVA

FV		GL
Total	(n-1)	8
Tratamiento	(t-1)	2
Error	(n-1) -(t-1)	6

Realizado por: Ortiz, Tanya.2019

2.7. Procedimiento experimental

Los procedimientos que se realizaron para elaboración del polvo soluble de pitahaya fueron los siguientes:

2.7.1. *Deshidratación en estufa*

Descripción del proceso

- Recepción de la Materia Prima

Se receipto pitahaya fresca proveniente del cantón Palora, provincia de Morona Santiago, y se realizó una inspección en este paso, para eliminar todo tipo extraño que mezclado o adherido desmejora la presentación de la fruta (Reina, 1998, p. 657).

- Acondicionamiento de la fruta

Se realizó una selección cuidadosa de las frutas para separar frutas en estado de deterioro, además, se realizó un lavado para retirar cualquier partícula o sustancia extraña o ajena de la fruta.

Se retiró la cascara de las frutas y se cortó las pulpas en rodajas con el menor espesor posible y fueron pesadas y colocadas en diferentes bandejas de aluminio.

- Pesar la bandeja de aluminio

Antes de ser colocadas en el secador, las bandejas con la fruta fueron pesadas y registradas.

- Colocar y pesar la muestra en la bandeja del secador

Se colocan las bandejas de aluminio en cada piso del secador, cerrando herméticamente el equipo, nos asegurando que el mismo este correctamente conectado y encendido.

- Deshidratación

Para la deshidratación de las frutas en la estufa se debe mantener la temperatura en un rango de 70 – 75°C.

- Pesar

Se pesa las bandejas cada 30 minutos, hasta que el peso se mantuvo constante por 90 minutos.

- Apagar el secador de bandejas (Apolo, 2019, p. 101).

Una vez el peso permaneció constante se apaga el equipo y se desconecta

- Triturado

Se enfrió y procedió a triturar la fruta deshidratada con un mortero, para después obtener partículas más finas en una licuadora.

En la siguiente figura se presenta el diagrama de proceso de la deshidratación en estufa de pitahaya:

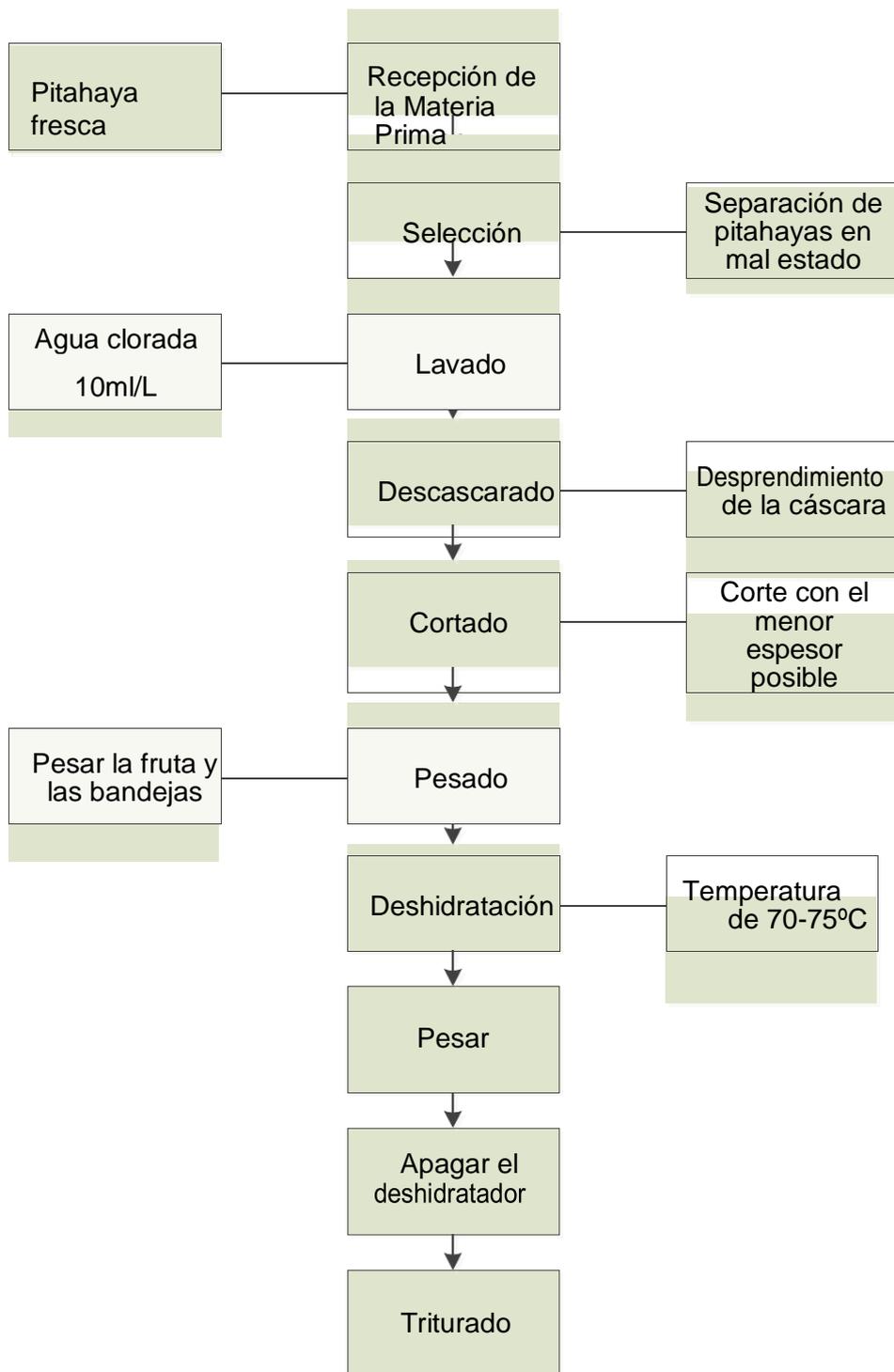


Figura 1-2: Diagrama de flujo de deshidratación en estufa

Realizado por: Ortiz, Tanya. 2020

2.7.2. *Liofilización*

Descripción del proceso

- Recepción de la Materia Prima.

Recepción de pitahaya fresca proveniente del cantón Palora, provincia de Morona Santiago, y se realizó previamente la inspección adecuada.

- Selección.

Se realizó una previa inspección y selección a la fruta recibida para evitar que esta, presente anomalías tanto externas como internas.

- Acondicionamiento de la fruta.

La fruta se acondicionó, realizando el lavado adecuado, se ha retirado la cáscara y la pulpa se realizó rodajas con el menor espesor posible.

- Congelado

Una vez realizado las rodajas de la pulpa, las mismas se colocaron en un congelador por 5 horas, para de esta manera facilitar de mejor manera el proceso.

- Pesaje

Se realizó el pesaje de las bandejas y de la fruta en rodajas y congeladas.

- Deshidratado.

Se encendió el secador de lecho fluidizado, y automáticamente se encendió la cámara de secado, se abrió la compuerta de la tolva de secado para que la muestra pueda ingresar.

Se introdujo la fruta congelada en la tolva de alimentación de la cámara de secado, controlando y revisando cada 30 minutos la salida del líquido de la cámara, así por 24 horas.

- Pesaje.

El tiempo de secado culminó cuando en el panel se observó que el porcentaje de humedad se mantiene constante, y se realizó el pesaje del sólido seco (Apolo, 2019, p. 107).

- Triturado

Una vez retirado de la tolva y pesado, las frutas secas se trituraron con un mortero y posteriormente se realizó un licuado en seco.

En la siguiente figura se muestra el diagrama de procesos de la liofilización de pitahaya.

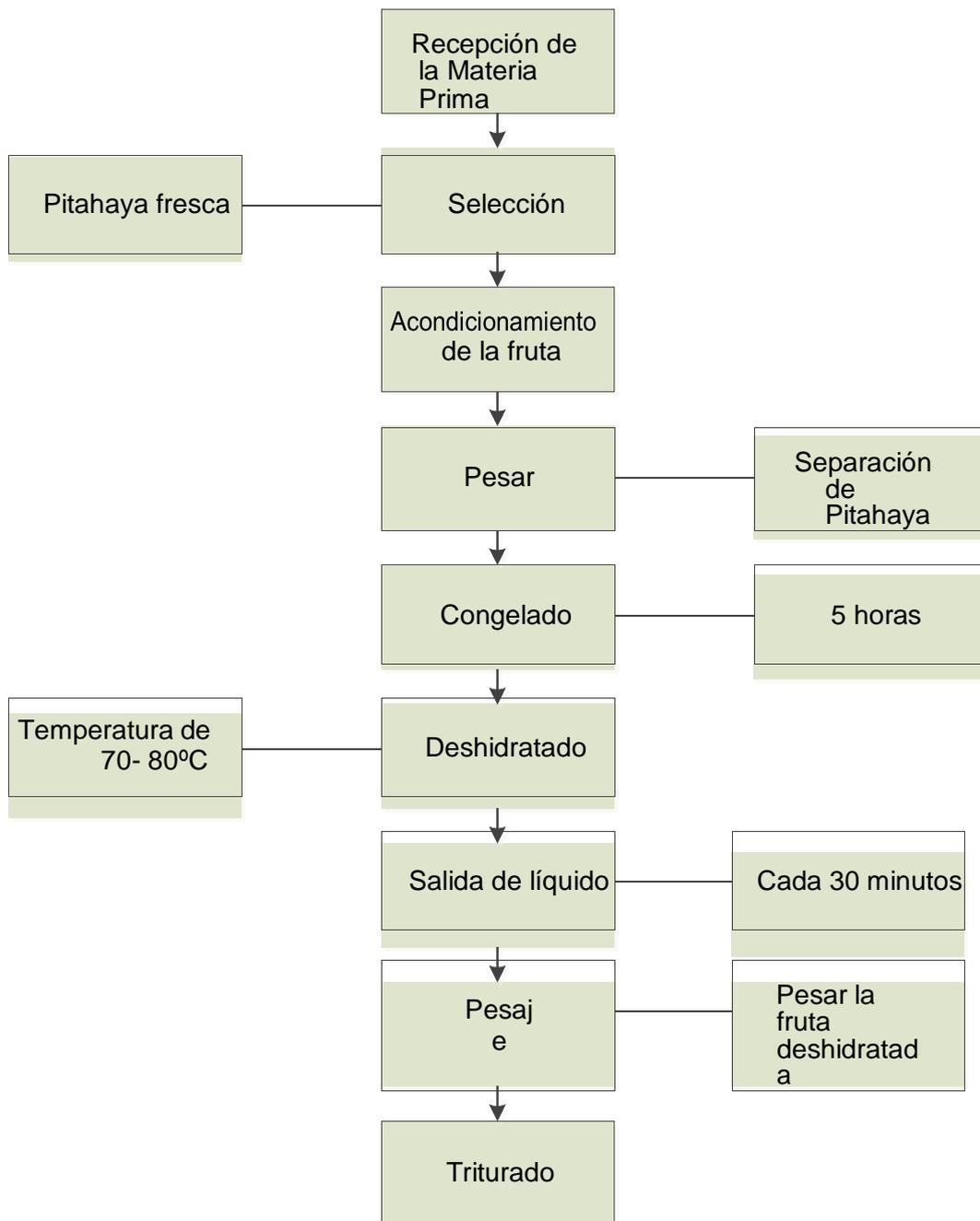


Figura 2-2: Diagrama de flujo de liofilización

Realizado por: Ortiz, Tanya. 2020

2.7.3. Atomización

Descripción del proceso

- Recepción de la Materia Prima.

Al igual que para los procesos anteriores, la fruta fresca receptada fue del cantón Palora, provincia de Morona Santiago.

- Lavado y Selección

Las frutas fueron lavadas adecuadamente con agua clorada y posteriormente seleccionadas para de esta manera evitar tener frutas con algún tipo de anomalía tanto externas como internas.

- Acondicionamiento de las frutas

Las frutas previo a la selección se procedió a realizar el despulpado, además con la ayuda de una licuadora se convirtió la pulpa en zumo y se colocó en el mismo 100 g de maltodextrina (encapsulante) por cada 200g de zumo de pitahaya, después se realizó un filtrado para evitar la presencia de partículas de mayor tamaño en la muestra (semillas).

- Pesaje

Una vez acondicionada la pulpa de la fruta, se realiza un pesaje de la misma, en primer lugar, encerrando la balanza digital, primero se pesa el recipiente y luego el recipiente junto con el zumo de pitahaya para de esta manera conocer la cantidad de zumo que ingresan en el atomizador.

- Deshidratación y control de temperatura

En primero lugar se desancla la boquilla de atomización, se enciende la bomba y se hace operar con agua para asegurar su limpieza, se prendió la resistencia y se espera que se establezca la temperatura de trabajo a 120°C, a continuación se colocas la alimentación (zumo de fruta) en el tanque de alimentación del equipo, este trabajo se hizo con dos personas, el cual la una controla la temperatura, para que esta no exceda los 120°C y la otra persona controla la caída del líquido al equipo para que sea una caída acorde a la caída del vapor sobre la misma, se abrió las válvulas del paso de alimentación y aire comprimido, y se encendió nuevamente la bomba y el compresor.

- Recolección de muestra

Se recolectó en un recipiente el polvo deshidratado a la salida del ciclón terminado el proceso, además, se desarmo el equipo y se recogió toda la muestra seca que aún se encontraba en el mismo.

- Apagado de equipo

Se apagó las resistencias, se cerró las válvulas del paso de alimentación y aire comprimido, se apaga la bomba y el compresor, esperar que la temperatura descienda hasta 20°C, apagar el ventilador y desconectar el equipo de la toma de corriente (Apolo, 2015, p. 107).

En la siguiente figura se observa el diagrama de proceso de la obtención del polvo soluble de pitahaya mediante el método de atomización.

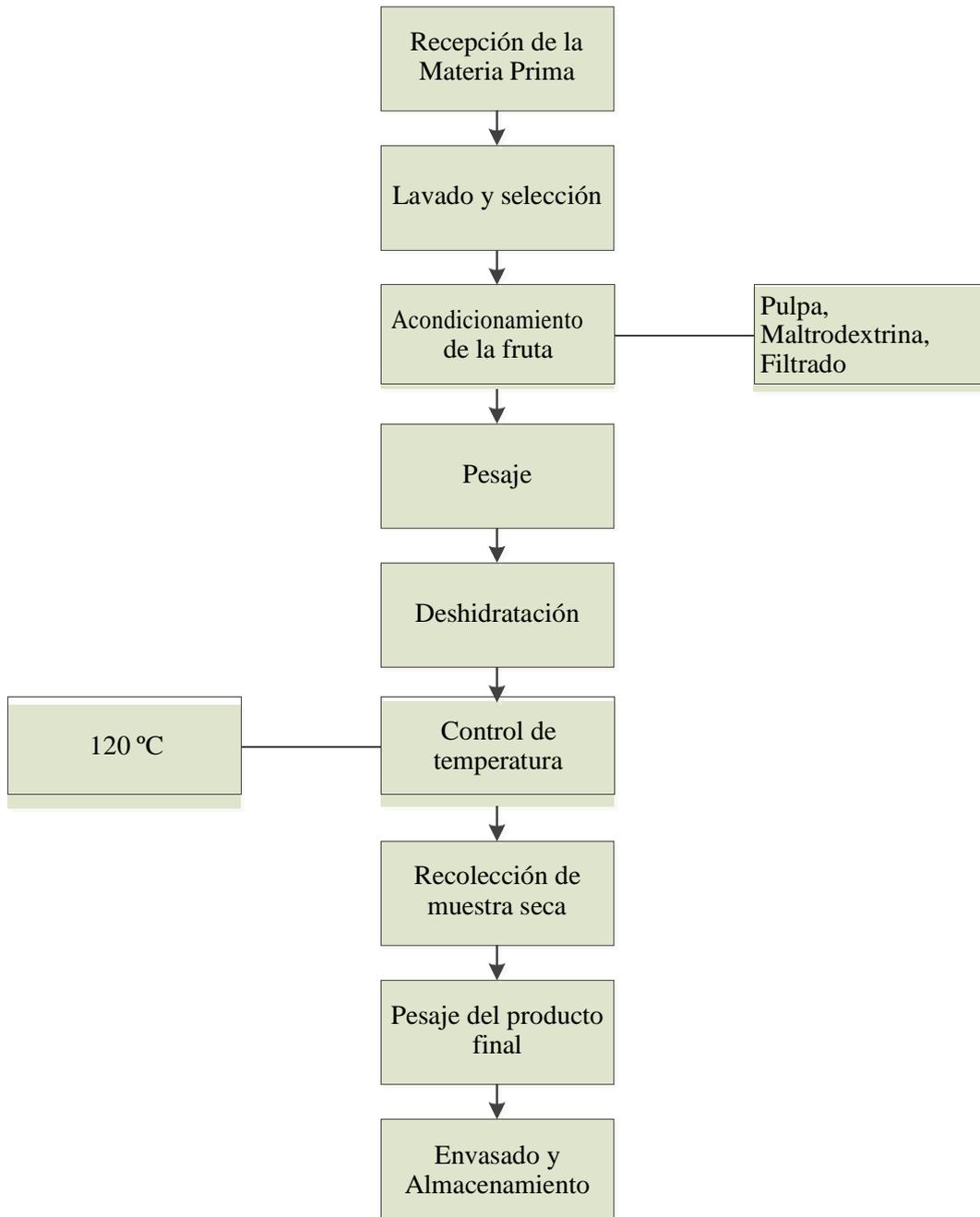


Figura 3-2: Diagrama de flujo de atomización

Realizado por: Ortiz, Tanya. 2020

2.8. Metodología de evaluación

La metodología que se utilizó, para realizar los diferentes métodos experimentales fueron:

2.8.1. Determinación de pH (ANTE INEN 389)

Para la determinación de pH, se pesó 1 gramo de muestra en la balanza analítica, después se diluyó en 9 ml de agua destilada con la ayuda de un agitador, seguido de esto se taró el peachimetro con 5ml de búfer, y se lo sumergió en la muestra diluida y se esperó 2 minutos para leer los resultados, esto se realizó con las tres repeticiones.

2.8.2. Determinación de Porcentaje de Solubilidad

Para determinar el porcentaje de solubilidad del polvo de pitahaya se utilizó el método de inmersión el cual constó en tomar 1 g. de muestra en 9 ml de agua destilada en un vaso de precipitación a 20 °C, bajo una agitación magnética, tomando en cuenta el tiempo de dilución, el residuo no diluido se filtró y se secó, para después ser pesado y los resultados se utilizaron en la siguiente formula:

$$(W \text{ de muestra inicial} - W \text{ de muestra filtrada}) * 100\%$$

Donde:

W= Peso

2.8.3. Determinación de Humedad (NTE INEN 265)

Para la determinación de humedad en primer lugar se tara los crisoles de porcelano por 30 minutos, mientras tanto se pesa 2 gramos de muestra en la balanza analítica y pasado ese tiempo se colocó la muestra en el crisol de porcelana y se lo llevo a la estufa a 100°C aproximadamente por 12 horas, una vez transcurrido ese tiempo se pesó la muestra y considero la pérdida de peso y la humedad mediante la fórmula:

$$\%H = ((w_2 - w_3) / (w_2 - w_1)) * 100$$

Donde:

W1= w de crisol vacío

W2= w del crisol + muestra húmeda

W3= w del crisol + muestra seca

2.8.4. *Determinación de cenizas*

Para determinar las cenizas se pesó 2 gramos de muestra en la balanza analítica y se deseco la muestra en una plancha eléctrica por aproximadamente 1 hora, después se llevó la muestra a la mufla y se incinero a 525°C durante 4 horas, se pesó el residuo el cual es considerado como ceniza se tomaron los datos que quedaron de la materia inorgánica quemada y se determinó el contenido de minerales presentes en el polvo de pitahaya los mismos que se expresaron en la siguiente formula:

$$\text{Ceniza \%} = \frac{B - A}{C - A} * 100$$

En donde:

A= masa del crisol vacío en gramos.

B= masa del crisol y la muestra seca en gramos.

C= masa del crisol y la muestra calcinada en gramos.

2.8.5. *Determinación de vitamina C*

Para la determinación de vitamina C se utilizó la volumetría, el mismo que constó del siguiente proceso:

Se elaboró una dilución al 10% el mismo que consto de 5 gramos de muestra + 5 ml de agua destilada se mezcló y filtró con una gasa, por otro lado, en una bureta se armó el equipo de dilución con yodo, además en un Erlenmeyer se preparó 15 ml de agua destilada, 1ml de HCl y 1ml de almidón y se agregó la muestra filtrada y se comenzó a titular hasta llegar a obtener un color azul bajo, una vez obtenido ese color se toman los datos y se utiliza en la siguiente fórmula:

$$\frac{V}{V_0} = 0,424 \times \frac{V_1 \times N_1}{V_2 \times N_2}$$

Donde:

El volumen de yodo consumido es el volumen añadido al erlenmeyer desde la bureta al titular el preparado de vitamina C.

El volumen de la muestra es el volumen de zumo que se ha puesto en el erlenmeyer con una concentración de vitamina C desconocida.

2.8.6. Determinación de glucosa

Se determinó el contenido de glucosa mediante la cuantificación de azúcares reductores (método fehling), para esto se midió 5 ml de Fehling A y 5 ml de Fehling B y 40 ml de agua destilada y se colocó en un Erlenmeyer, por otro lado se armó el equipo de dilución pesando 10 gramos de muestra+10 ml de agua destilada se mezcló, filtró y se colocó en una bureta para realizar la titulación, la solución del Erlenmeyer se llevó a ebullición y se comenzó a titular gota a gota con la muestra hasta ver un cambio de coloración en el licor de Fehling, una vez terminada esta operación se leyó el volumen gastado y se realizó el cálculo con la siguiente formula:

$$G = \frac{10 \times 0,0037}{\text{volumen gastado}}$$

2.8.7. Determinación de fructosa

Se realizó el siguiente proceso para la obtención de un estándar de fructosa, el cual constó en colocar en una bureta 10 gramos de fructosa y 100 ml de agua destilada y se colocó en la bureta para comenzar a titular, en un Erlenmeyer con el licor de Fehling y se realizó la siguiente formula:

$$Xf = \frac{\text{volumen gastado} \times 10}{100}$$

Donde:

V= volumen de fructosa consumido

Xf= estándar de fructosa

Y este dato se utilizó en la formula anterior con los mismos datos obtenidos:

$$F = \frac{10 \times 0,09}{\text{volumen gastado}}$$

2.9. Análisis Microbiológicos

En los análisis microbiológicos se tomarán muestras de 100g de cada unidad experimental, se procederá a la preparación de las mismas para la siembra, incubación, identificación y conteo de colonias de las bacterias antes mencionados, previo a esto se esterilizó todos los materiales a utilizar (tubos de ensayo, pipetas) según lo estipulado por la norma.

2.9.1. Determinación de salmonella

Para la determinación de *salmonella* se realizó una dilución de 1×10^{-3} para esto se tomó 1 gramo de muestra y se colocó en 9 ml de agua destilada y se puso en un tubo de ensayo, se mezcló bien con la ayuda de un agitador, después se tomó 1 ml de esa mezcla y se lo colocó en otro tubo de

ensayo con 9ml de agua destilada mezclando con la ayuda de un agitador y se vuelve a tomar 1 ml de esa mezcla y se lo colocó en 9ml de agua destilada en otro tubo de ensayo y se mezcla finalmente toma 1 ml de esa mezcla y se realiza la siembra en la placa petrifilm correspondiente (3M *salmonella*) y se puso en la estufa de crecimiento a 40 °C por 24 horas y después se observa si existió o no presencia de *salmonella*.

2.9.2. *Determinación de mohos y levaduras (NTE INEN 1529-10)*

En cuanto a la determinación de mohos y levaduras se realizó un procedimiento muy similar al anterior se hizo una dilución de 1×10^{-3} , lo que cambia es que la siembra de la placa petrifilm correspondiente (3M mohos y levaduras) fue puesta en una estufa de crecimiento a 28 °C por 48 horas y después se realizó el conteo de las colonias.

2.9.3. *Determinación de coliformes fecales (E. coli) (NTE INEN 1529-8)*

Para la determinación de *E. coli* se realizó el mismo procedimiento que fue utilizado la salmonella, pero la siembra fue realizada en la placa petrifilm correspondiente para determinar *E. Coli*, colocándola en la estufa de crecimiento a 40 C por 24 horas, después de este tiempo se realizó el conteo de las colonias existentes.

2.10. *Análisis organolépticos*

Para las características organolépticas se realizó un test en el cual se tomará en cuenta la apariencia, sabor, olor, y color del producto obtenido. Para este análisis se recurrió a diferentes jueces no entrenados los mismos que deberán cumplir con las siguientes normas como: individualidad entre panelistas, disponer de agua con facilidad para equiparar los estímulos gustativos que son percibidos por las papilas gustativas: dulce, salado, agrio, ácido y no haber ingerido bebidas alcohólicas. A cada juez se entregó una encuesta en la que se valoró las muestras en una escala numérica del 1 al 5 predefinida, los parámetros, valoración y equivalencia para los análisis organolépticos se presentan en las siguientes tablas (3-2 y 4-2).

Tabla 3-2: Valoración organoléptica para el polvo soluble de pitahaya con diferentes métodos

Parámetros	Puntos
Apariencia	5
Color	5
Olor	5
Sabor	5
Valoración Total	20

Realizado por: Ortiz, Tanya, 2019.

Tabla 4-2: Equivalencia de evaluación

Parámetros	Puntos
Apariencia	5
Color	5
Olor	5
Sabor	5
Valoración Total	20

Realizado por: Ortiz, Tanya, 2019

2.10. Análisis económicos

Para los análisis económicos se realizará un diseño de valuación de costo y beneficio, para el mismo se utilizó la siguiente ecuación:

$$B/C = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Egresos}}$$

CAPÍTULO III

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados bromatológicos de los tratamientos

3.1.1. pH

Después de analizar el resultado del pH, se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) entre los tratamientos. En la tabla 1-3 se puede observar el menor valor de pH el mismo que fue para el T2 (Atomización) con un valor de 5,05 y el valor más alto se presentó en el T1 (Liofilización) con un valor de 5,26. Al comparar con el estudio y los reportes de resultados de Rodríguez, Narváez, & Restrepo (2006, p. 57). El pH de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) en su estado de madurez fisiológica varía entre 5,00 a 5,33, lo cual se evidencia que el valor de pH de los resultados obtenidos se mantiene en el rango de los resultados de Rodríguez.

Además Caballero, Márquez, & Betancourt (2017, p. 225), mencionan que las programaciones de calentamiento durante la sublimación (liofilización) no afectan significativamente las características físico-químicas del pH de las frutas sometidas a este tratamiento, por otra parte, según Cocha J. *et al.* La acidez y el pH de las frutas atomizadas tienen una descendencia leve y después se mantienen estables con el tiempo, por lo cual se puede comprobar con los resultados obtenidos en la presente investigación, también Aizaga (2017, p. 85). comprueba que después de los procesos de deshidratación los pH de las frutas no presentan diferencias significativas y se mantienen estables o con pequeñas variaciones.

En la tabla 1-3 se puede apreciar los valores reportados para el pH en los distintos tratamientos.

Tabla 1-3: Reporte de resultados de pH

	Tratamientos			EE.	Prob.
Parámetros	Liofilización	Atomización	Deshidratación		
Ph	5,26 b	5,05 a	5,25 b	0,0043	0,0001

Realizado por: Ortiz, Tanya.2020

En el gráfico 1-3, se aprecia la diferencia significativa del pH en los tres tratamientos, demostrando que con el tratamiento 2 (atomización) el pH presenta un decrecimiento, siendo este un poco más ácido que los otros tratamientos.

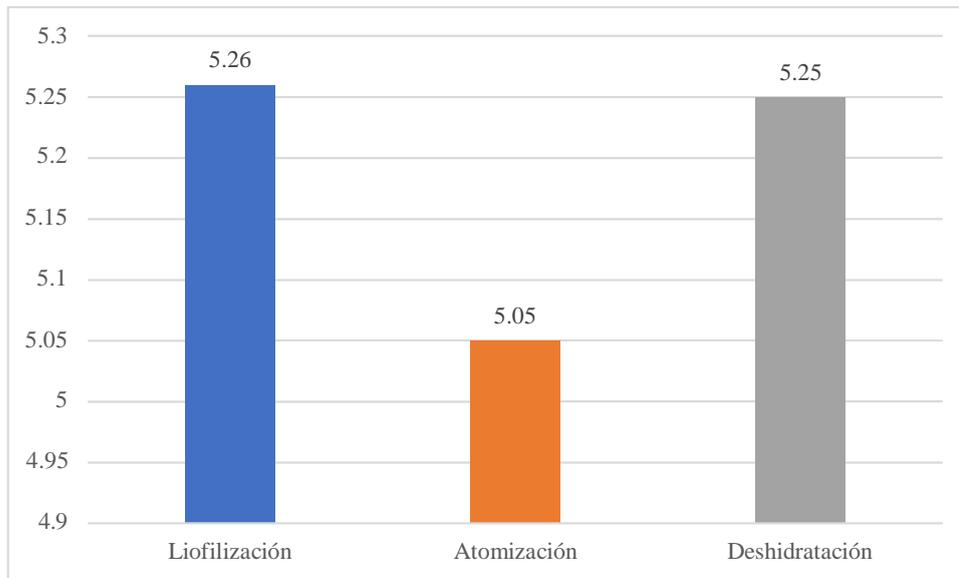


Gráfico 1-3: Reporte de resultados del pH

Realizado por: Ortiz, Tanya. 2020

3.1.2. *Porcentaje de solubilidad*

Una vez analizados los resultados del porcentaje de solubilidad, se observaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) entre los tres tratamientos. Notándose el menor valor para el Tratamiento 3 (Deshidratación en estufa) con el 62,33 % de solubilidad en agua a temperatura ambiente y el más alto porcentaje al Tratamiento 2 (Atomización) con un 91,67%, lo cual indica claramente, que al atomizar frutas se consigue un polvo con partículas más finas, a diferencia de los otros tratamientos los cuales presentaron partículas más grandes que fueron difíciles de disolverse en el agua.

Mosquera (2010, p. 74) dice que al usar cualquier tipo de malto dextrina mejora la solubilidad de frutas en polvo a una temperatura ambiente (20°C) y puede llegar a superar un 90 % de solubilidad, sin necesidad de aumentar su temperatura para mejorar su aspecto, por lo que cabe recalcar, que en el tratamiento 2 (Atomización) se utilizó 100 g de malto dextrina en 200 g de zumo de fruta. Por tal razón el tratamiento 2 tiene mejor porcentaje de solubilidad a comparación de los otros tratamientos.

Tanto en la tabla 2-3 como en el gráfico 2-3, se puede apreciar claramente las diferencias significativas que existen en los tres tratamientos, en los mismos que se pueden apreciar el porcentaje más alto que es para la atomización, demostrando lo anteriormente dicho.

Tabla 2-3: Reporte de resultados de porcentaje de solubilidad

Parámetros	Tratamientos			EE.	Prob.
	Liofilización	Atomización	Deshidratación		
% de solubilidad	69,67 b	91,67 c	62,33 a	1,41	0,0001

Realizado por: Ortiz, T. 2020

El análisis del porcentaje de solubilidad del polvo soluble de pitahaya se muestra en el siguiente gráfico.

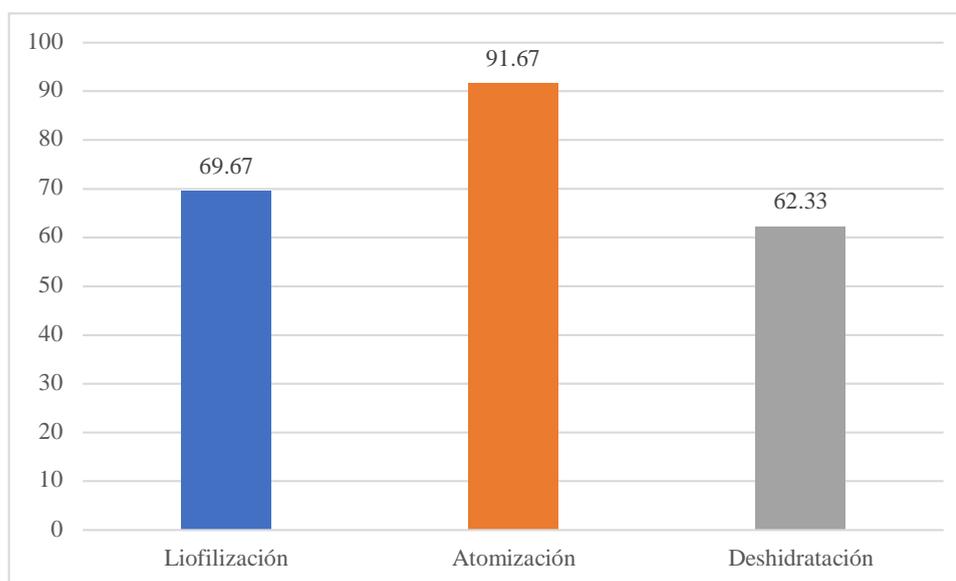


Gráfico 2-3: Reporte de resultados del porcentaje de solubilidad

Realizado por: Ortiz, Tanya. 2020

3.1.3. *Porcentaje de humedad*

En lo que respecta al contenido de humedad de los tratamientos el menor valor fue para el tratamiento 2 (atomización) con un porcentaje de 2,1% y el mayor valor para el tratamiento 1 (liofilización) con 3,10 % de humedad (Tabla 3-3), para lo cual se deduce que al utilizar el tratamiento 2, se tendrán productos con menor contenido de humedad a diferencia de los otros tratamientos, y además se apreció una probabilidad de 0,0039, indicando que existen diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre los mismos.

Según, Egas, L. (2012, p. 65), el comportamiento de la humedad frente a la temperatura con un contenido de maltodextrina, el mismo que es un soluto que tiene más influencia, por su interacción

con la temperatura favorece la disminución de la humedad en el polvo de frutas, lo cual también concuerda con los resultados señalados por Tuney, *et al.* (2010, p. 87)., el cual menciona que el aumento de la temperatura y de la concentración de maltodextrina, en las pulpas de tomate o de otras frutas, da lugar a una disminución del contenido de humedad. Entonces, al haber utilizado maltodextrina como un encapsulante para el método de atomización, se ayudó a la mayor pérdida de humedad del zumo de pitahaya, siendo esto muy favorable para el producto final. Además, el efecto de la maltodextrina es disminuir la higroscopicidad del polvo, ayudando a la formación de una película, la cual reduce la permeabilidad al oxígeno proporcionando una protección contra el deterioro. (Gharsallaoui, Roudaut, Chambin, Voilley, & Saurel, 2007, p. 1107)

Tabla 3-3: Reporte de resultados del porcentaje de humedad

Parámetros	Tratamientos			EE.	Pro.
	Liofilización	Atomización	Deshidratación		
% de Humedad	3,10 ^b	2,1 ^a	2,73 ^b	0,13	0,0039

Realizado por: Ortiz, Tanya. 2020.

El análisis del contenido de humedad, del polvo de pitahaya en sus diferentes tratamientos se muestran en el gráfico. 3-3.

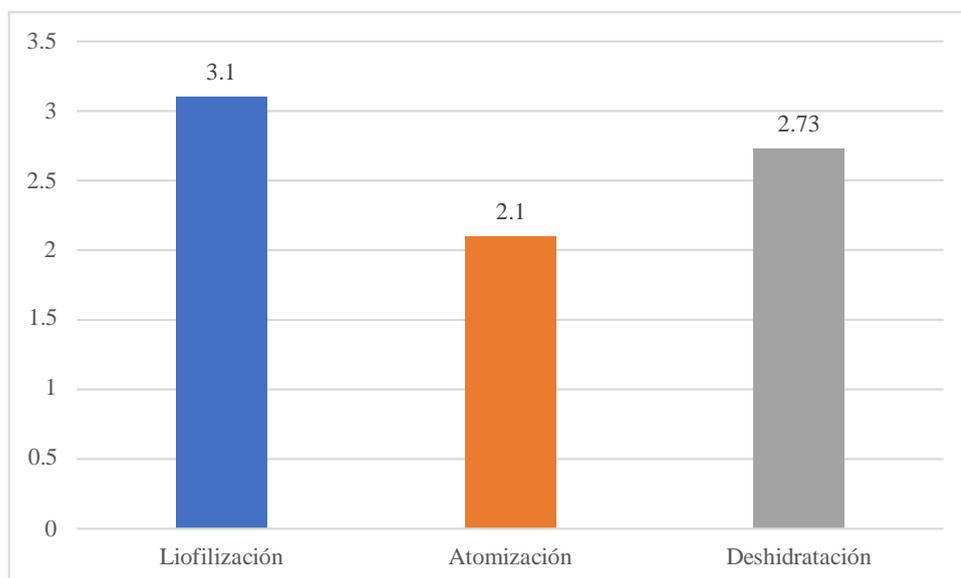


Gráfico 3-3: Reporte de resultados del porcentaje de humedad

Realizado por: Ortiz, Tanya. 2020

3.1.4. Porcentaje de cenizas

Después de analizar el resultado del porcentaje de cenizas en los tres tratamientos, el valor menor corresponde al tratamiento 2 (atomización) con un porcentaje de 0,4 y el valor más alto lo tiene el tratamiento 3 con un valor 2,03 % de cenizas (como se puede apreciar en la tabla 7-3 y en el grafico 4-3). Además, se observó diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) entre los tratamientos.

Según Carvajal (2015, p. 95) las frutas deshidratadas a 60°C presentan un aumento de cenizas (minerales) ya que mientras más progresa la desecación, el contenido de agua disminuye, permitiendo que los minerales se encuentren en mayor concentración, mientras que en las cenizas de frutas frescas existe mayor contenido de agua el cual no permite encontrar los minerales.

Por otro lado, al ser atomizadas las frutas se exponen a una temperatura de 120°C a 130 °C, por lo que se presume que el contenido de materia inorgánica disminuye paulatinamente, viéndose esto reflejado en los resultados obtenidos en la presente investigación.

Tabla 4-3: Reporte de resultados del porcentaje de cenizas

	Tratamientos			EE.	Pro.
Parámetros	Liofilización	Atomización	Deshidratación		
% de Cenizas	2,00 b	0,4 a	2,03b	0,07	0,0001

Realizado por: Ortiz, Tanya. 2020.

En el gráfico 4-3 se muestra las diferencias que existen entre los tratamientos según el contenido de cenizas presentes en cada uno de ellos.

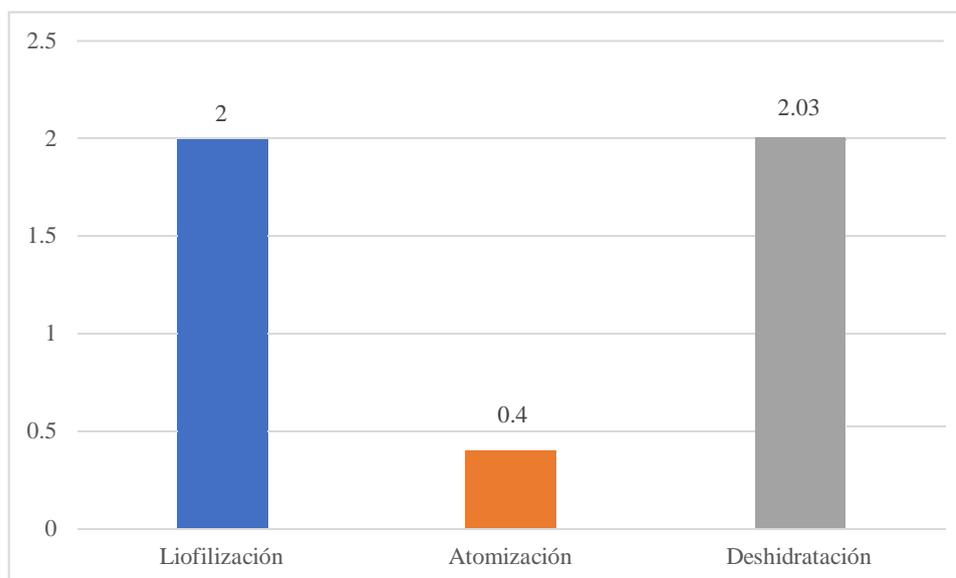


Gráfico 4-3: Reporte de resultados del porcentaje de cenizas.

Realizado por: Ortiz, Tanya. 2020

3.1.5. Vitamina C

En lo que respecta al contenido de vitamina C de los tres tratamientos, se puede apreciar en la tabla 9-3 y en el gráfico 5-3, que el mayor valor de contenido de vitamina C lo posee el tratamiento 1 (liofilización) 2,03 y el menor valor lo contiene el tratamiento 2 (atomización) 1,77 y se pudo observar una probabilidad de 0,0037, esto nos demuestra que existe diferencias significativas de los tratamientos ($P \leq 0,05$).

En la gráfico 5-3 se evidencia la variación de la concentración de vitamina C en el polvo soluble de pitahaya, con diferentes tratamientos (metodologías), teniéndose en cuenta distintas temperaturas y tiempos de procesos, después de haber realizado los análisis estadísticos y compararlos con las cantidad de dicha vitamina en la fruta fresca, se puede decir que: la concertación de vitamina C disminuyó en el tratamiento 1 (liofilización), este proceso se realizó a una temperatura de 60°C, pasando de 8mg.100g⁻¹ al cabo de 24 horas de proceso a 2,03mg.100g⁻¹ mientras que para el tratamiento 2 (atomización), se evidencio una mayor perdida por el aumento mayor de temperatura, es decir a 130°C paso de 8mg.100g⁻¹ después de 4 horas de proceso a 1,77mg.100g⁻¹, y para el tratamiento 3 para el cual se utilizó la misma temperatura que el primer tratamiento 60°C paso de 8 mg.100g⁻¹ después de 20 horas de proceso a 1,93mg.100g⁻¹, notando que entre el primer y último tratamiento los resultados no difieren significativamente.

Concordado con lo que dijo King (1987, p. 145). “Al ser la vitamina C una de las vitaminas más sensibles, siendo esta débil en la presencia de altas temperaturas y a tiempos prolongados de procesos, estas tienden a disminuir”

Tabla 5-3: Reporte de resultados de contenido de vitamina C

Parámetros	Tratamientos			EE.	Pro.
	Liofilización	Atomización	Deshidratación		
Vitamina C	2,03 b	1,77 a	1,93 b	0,03	0,0037

Realizado por: Ortiz, Tanya. 2020.

En el siguiente gráfico se evidencia la concentración de vitamina C en los tres tratamientos.

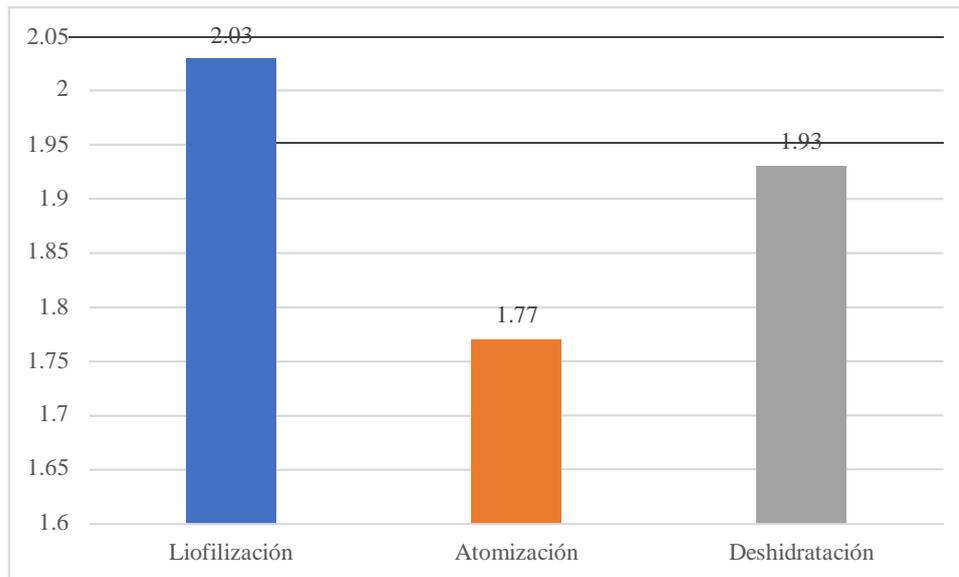


Gráfico 5-3: Reporte de resultados del porcentaje de Vitaminas C.

Realizado por: Ortiz, Tanya. 2020

3.1.6. Glucosa

Después de analizar el resultado del contenido de glucosa en los tres tratamientos, se observó el menor valor para el tratamiento 1 (liofilización) 25,83% y el mayor valor para el tratamiento 2 (atomización) 36,0 %. véase en la tabla 7-3. Y se presenció una probabilidad de $<0,0003$, lo cual indica que existen diferencias significativas ($P \leq 0,05$), entre los mismo.

Si se comparan los valores obtenidos en los tres tratamientos de la investigación, con los valores de la fruta fresca (tabla 6-3), se puede decir que la glucosa o azúcares totales aumentan considerablemente, esto se debe a que los azúcares reductores son solubles en el agua y mientras más deshidratada este la fruta los azúcares son arrastrados hacia el exterior del alimento donde se concentran y terminan por cristalizarse (Carvajal, 2015, p.57).

Es por ello que el tratamiento 2 presenta mayor cantidad de glucosa ya que también fue el tratamiento que menor porcentaje de humedad poseía, así mismo sucede con el tratamiento 1 el cual posee mayor porcentaje de humedad y por ende menor contenido de glucosa.

Tabla 62-3: Contenido de azúcares totales en *Selenisereus* spp, en poblaciones naturales en Monte Escobedo.

PITAHAYA	GLUCOSA (%)
Amarilla	11
Blanca	11,25
Morada	10,75
Roja	10,5

Fuente: (Carvajal, 2015)

Tabla 7-3: Reporte de resultados del contenido de Glucosa en los tres tratamientos

Parámetros	Tratamientos			EE.	Pro.
	Liofilización	Atomización	Deshidratación		
Glucosa	25,83 ^a	36,00 ^b	29,27 ^a	0,80	0,0003

Realizado por: Ortiz, Tanya. 2020.

A continuación, se observa los diferentes porcentajes que existen en los tres tratamientos en cuanto al contenido de glucosa.

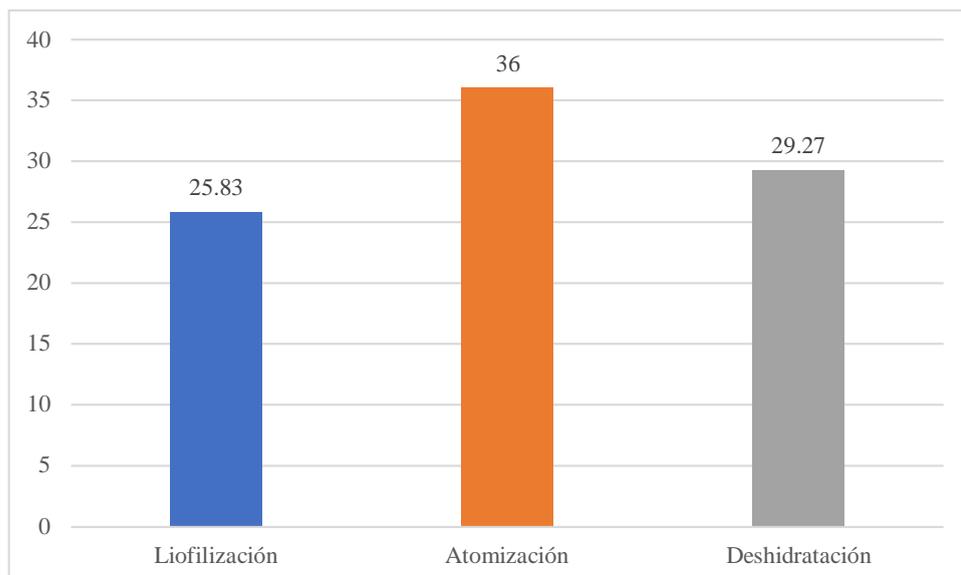


Gráfico 6-3: Reporte de resultados del porcentaje de glucosa

Realizado por: Ortiz, Tanya. 2020

3.1.7. Fructosa

De los resultados obtenidos en el laboratorio se indicó, que el mayor valor lo contiene el tratamiento 2 (atomización) con una cantidad de 87,27% de fructosa y el menor valor el tratamiento 1 (liofilización) con una cantidad de 62,87%. y después de haber realizado los análisis estadísticos, se indica que la probabilidad para el contenido de fructosa es de 0,0005, por ende, existen diferencias significativas.

La razón de estos datos se asemeja a lo anteriormente expuesto, los azúcares aumentan considerablemente, ya que los azúcares reductores son solubles en el agua y mientras más deshidratada este la fruta los azúcares son arrastrados hacia el exterior del alimento donde se concentran y terminan por cristalizarse. (Carvajal, 2015, p. 33).

El contenido de fructosa en la fruta de pitahaya fresca (*Selenisereus megalantus*) es de 29, 14 %, (Morales, 2007, p. 63), por lo cual se puede observar un notable incremento después de haber realizado los diferentes procesos para la obtención del producto, siendo la mayor cantidad para el tratamiento que menor cantidad de humedad tuvo, como fue el tratamiento 2 (atomización).

Tabla 8-3: Reporte de resultados del contenido de fructosa en el polvo de pitahaya

Parámetros	Tratamientos			EE.	Pro.
	Liofilización	Atomización	Deshidratación		
Fructosa	62,87 ^a	87,27 ^b	71,13 ^a	2,10	0,0005

Realizado por: Ortiz, Tanya. 2020.

En el gráfico 7-3 se reporta el contenido de fructosa en cada tratamiento realizado para la obtención del polvo soluble de pitahaya.

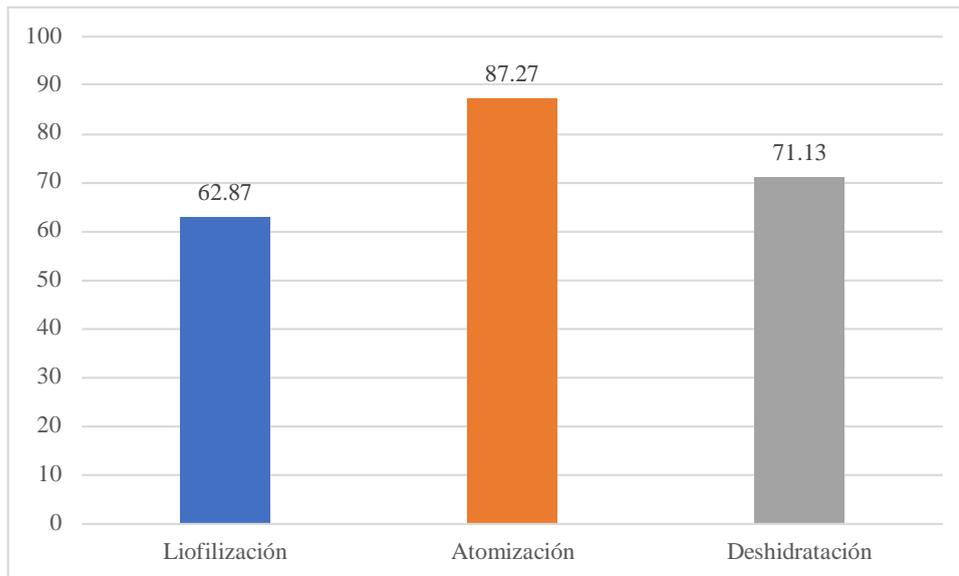


Gráfico 7-3: Reporte de resultados del porcentaje de fructosa

Realizado por: Ortiz, Tanya. 2020

3.2. Análisis Organolépticos de los tratamientos

3.2.1. Color

En el gráfico 8-3, se puede observar que luego del análisis estadístico (ver anexo I) los promedios obtenidos en este atributo presentan diferencias considerables pues se puede apreciar el color del tratamiento 2 (atomización) que es el que más aceptación tiene y se debe a que su color es agradable con una tonalidad blanquecina, pues en el momento de la transformación el producto no sufre cambios en su apariencia con respecto al color de la pulpa original de la pitahaya sin semillas y que al consumidor en comparación con los otros resultados le gusta mucho obteniendo un valor del 54% siendo el que mayor captación reflejó, a diferencia de los otros tratamientos que obtuvieron valores mucho más bajos, o que les es indiferente ese atributo.

Meléndrez & Gabino (2009, p. 44) manifiestan que la deshidratación de frutas a muy altas temperaturas y por tiempos prolongados afectan el color de las mismas por los cambios químicos que se producen en las clorofilas, carotenoides y otros pigmentos como antocianinas, xantofilas, etc. Sin embargo, los procesos de atomización se los realizan con altas temperaturas (130 °C) pero por tiempos relativamente cortos, es por ello, que se logra mantener la misma coloración que las pulpas de las frutas frescas, es por ello que la evaluación sensorial no solamente se tiene en cuenta para el mejoramiento y optimización de los productos alimenticios existentes, sino también para realizar investigaciones en la elaboración e innovación de nuevos productos, en el aseguramiento de la calidad y para su promoción y venta (Hernández, 2005, p. 73).

Es por ello que se puede apreciar que los panelistas ponen su atención en el producto atomizado, ya que el mismo pudo mantener las características en cuanto a la coloración y apariencia a las de la pitahaya fresca ya que son los que dan las primeras impresiones y ayudan a tomar la decisión de aceptación comercial o no de un producto (véase en el gráfico 8-3).

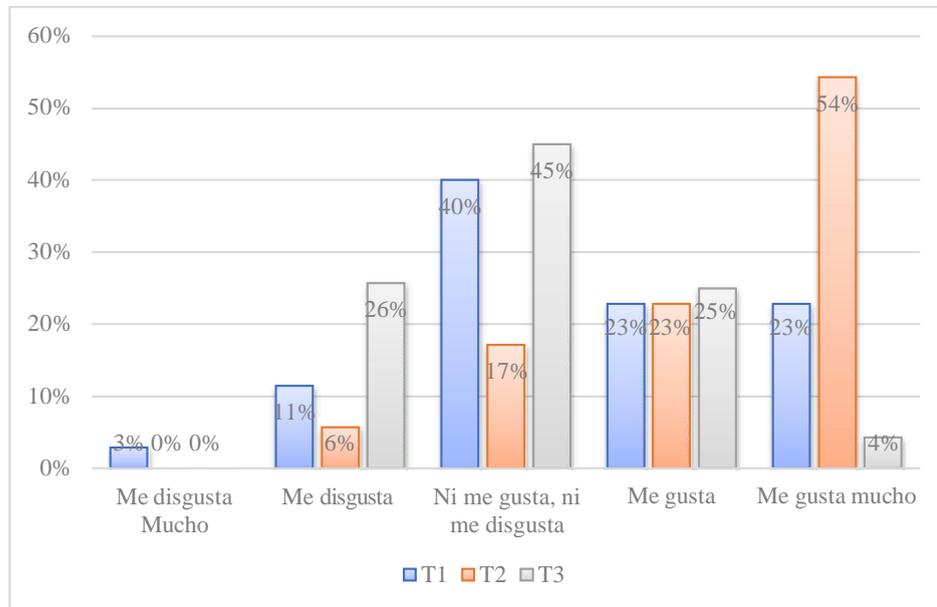


Gráfico 8-3: Reporte de resultados del color

Realizado por: Ortiz, Tanya. 2020

3.2.2. Olor

En cuanto al parámetro olor se observa que los promedios obtenidos en este atributo presentan diferencias significativas, puesto que para el atributo olor el tratamiento 2 (atomización) es el que más aceptación tuvo, ya que esto se debe a que su olor se presentó con una tonalidad más dulce que los demás tratamientos, esto se debe que en el momento del proceso para la elaboración del este producto la sacarosa se concentró más en el producto final y que a los panelistas en comparación con los otros resultados le gusta mucho obteniendo un valor del 49% siendo el que mayor captación reflejó, mientras que los otros tratamientos obtuvieron valores más bajos.

En el gráfico 9-3 se observa que a los panelistas no les es indiferente el parámetro olor del producto ya que este parámetro al igual que los otros es muy importante al momento de adquirir un producto nuevo, además, con un carácter técnico ponen su atención a los otros atributos como se observará en los siguientes análisis del resto de parámetros sensoriales, sin embargo se debe mencionar que el olor de los productos y la características que tiene que ver con la apariencia son las que más tienen que sobresalir en un producto para que el mismo se pueda comercializar.

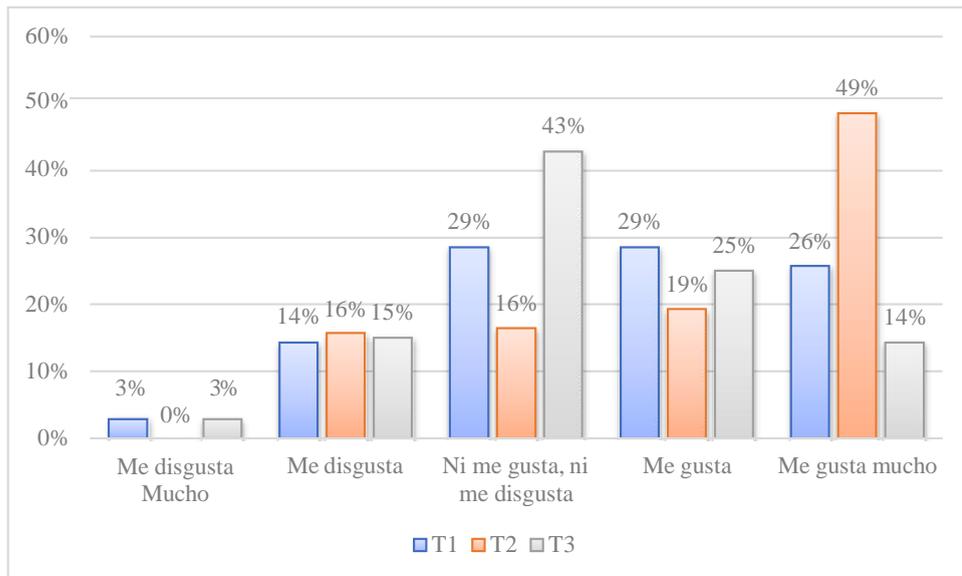


Gráfico 9-3: Reporte de resultados del olor

Realizado por: Ortiz, Tanya. 2020

3.2.3. Sabor

En cuanto al sabor, la mayor aceptación por parte de los catadores fue el tratamiento 2 (atomización) con un puntaje de 56% (con respecto al total de catadores), mientras que la menor aceptación en cuanto a este parámetro fue para el tratamiento 3 (deshidratación) con un porcentaje de 12% de personas que dijeron gustarles mucho.

Según las normas INEN NTE 2337, indican que toda fruta o vegetal deshidratado para elaboración de jugos debe ser exento de sabores extraño u objetables.

El análisis del sabor de los diferentes tratamientos se muestra a continuación en el gráfico 10-3

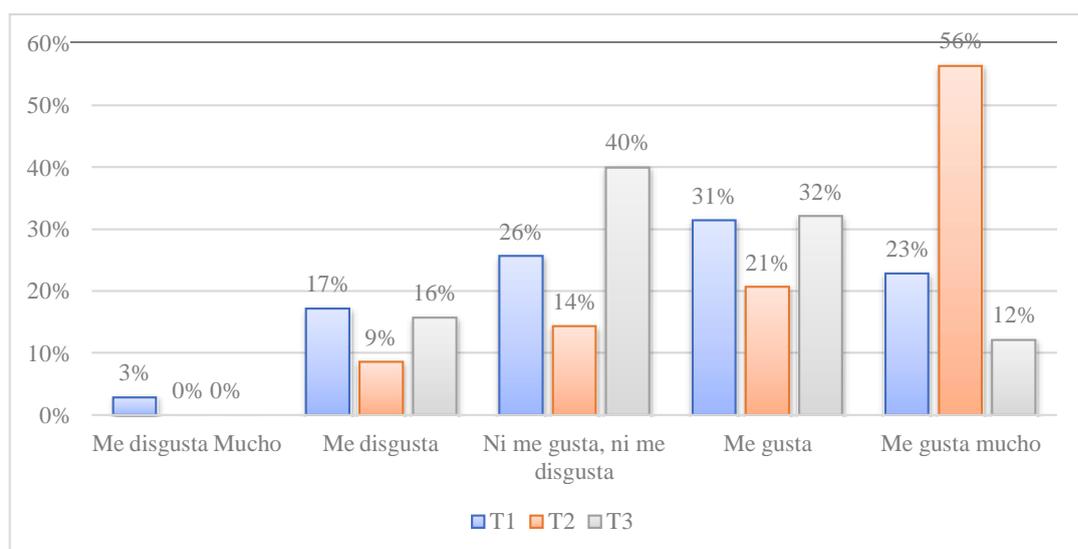


Gráfico 10-3: Reporte de resultados del sabor

Realizado por: Ortiz, Tanya. 2020

3.2.4. Apariencia

Al evaluar el atributo apariencia se pudo observar que hubo diferencias altamente significativas entre los tres tratamientos para nuestros catadores, es decir, que el tratamiento con mayor aceptación es el tratamiento 2 (atomización) con un porcentaje de 59% del total de catadores que dijeron que les gusta mucho, por otro lado, el que menor aceptación fue para el tratamiento 3 (deshidratación) con un porcentaje de solo el 10% de catadores, se puede decir entonces que el producto realizado con el tratamiento de atomización tiene mejor apariencia que los productos realizados con liofilización y deshidratación en cuanto al análisis sensorial.

Las normas INEN NTE 2337 señalan que al momento de rehidratar una fruta o vegetal deshidratado se debe obtener un jugo tanto turbio, claro o clarificado, pero que mantenga las características sensoriales propias de la materia prima.

En el gráfico 11-3 se muestra los porcentajes de aceptabilidad de los diferentes tratamientos en cuanto al parámetro apariencia.

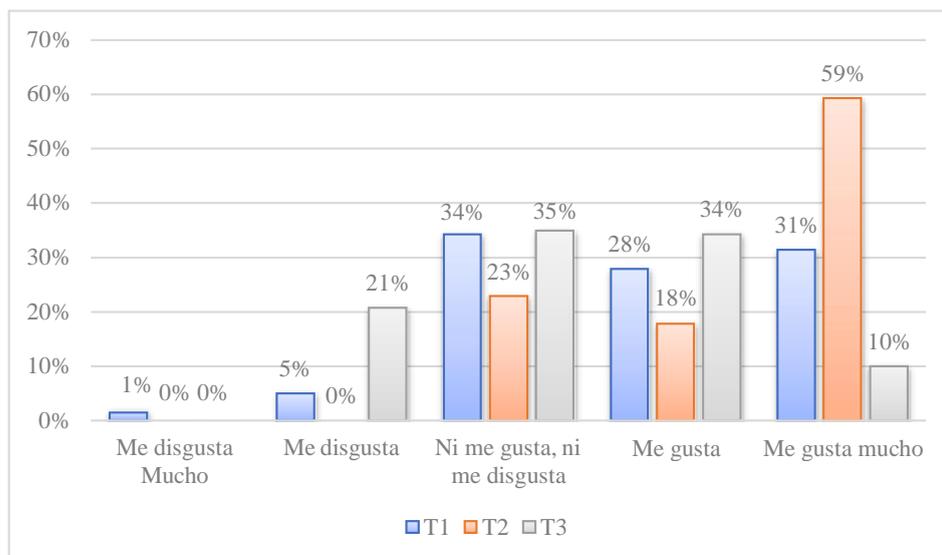


Gráfico 11-3: Reporte de resultados de la apariencia

Realizado por: Ortiz, Tanya. 2020

3.3. Análisis microbiológicos de los tratamientos

Los análisis se realizaron por triplicado para cada uno de los tratamientos.

3.3.1. *Salmonella*

Los resultados del análisis microbiológico de *salmonella* del polvo soluble de pitahaya mediante tres diferentes tratamientos se encuentran dentro de los requisitos mencionados por la norma NTE INEN 2337, indicando que las bebidas de frutas deshidratadas deben estar exentas de bacterias patógenas, tóxicas y de cualquier otro microorganismo causante de la descomposición del producto y causante de enfermedades para el consumidor, como *salmonella*, es decir que, los resultados indicaron que no existió presencia de salmonella en ninguna repetición de ningún tratamiento.

En la tabla 9-3 se muestran los valores para *Salmonella sp* obtenidos en el polvo soluble de pitahaya, sus tres diferentes tratamientos y repeticiones, los mismos que demuestran la asepsia durante la elaboración del producto.

Tabla 9-3: Resultados de los análisis microbiológicos para *Salmonella spp.*

Metodología	Repeticiones	Salmonella (ufc/g)
Liofilización	R1	Ausencia
Liofilización	R2	Ausencia
Liofilización	R3	Ausencia
Atomización	R1	Ausencia
Atomización	R2	Ausencia
Atomización	R3	Ausencia
Deshidratación	R1	Ausencia
Deshidratación	R2	Ausencia
Deshidratación	R3	Ausencia

Realizado por: Ortiz, Tanya. 2020.

3.3.2. *Mohos y levaduras*

En cuanto a los resultados del análisis microbiológico de *mohos y levaduras* del polvo soluble de pitahaya, se pudo determinar que no hubo crecimiento microbiológico, lo cual indica que no hay presencia de mohos ni de levaduras, excepto en la repetición 1 y 3 del tratamiento de liofilización, en los cuales se obtuvo $3,0 \times 10^3$ y $2,0 \times 10^3$ UPC/g respectivamente, en los cuales se deduce que el tratamiento de liofilización de estas se obtuvo mayor cantidad de humedad, por tanto, este tratamiento no se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la norma NTE INEN 1529-10, la misma que nos indica un máximo de $1,0 \times 10^3$ UPC/g.

Los valores de mohos y levaduras obtenidos en cada tratamiento y repetición se muestran a continuación en la tabla 10-3.

Tabla 10-3: Resultados de los análisis microbiológicos para mohos y levaduras

Metodología	Repeticiones	Mohos y levaduras (upc/g)
Liofilización	R1	3000
Liofilización	R2	Ausencia
Liofilización	R3	2000
Atomización	R1	Ausencia
Atomización	R2	Ausencia
Atomización	R3	Ausencia
Deshidratación	R1	Ausencia
Deshidratación	R2	Ausencia
Deshidratación	R3	Ausencia

Realizado por: Ortiz, Tanya. 2020.

3.3.3. *Escherichia coli*

Los resultados del análisis microbiológico de *E. coli* del polvo soluble de pitahaya mediante tres diferentes tratamientos se encuentran dentro de los requisitos mencionados por la norma NTE INEN 2337 (ensayo NTE INEN 1529-8), indicando que el nivel de aceptación debe ser inferior a $3,0 \times 10^3$ UFC/g para las bebidas de frutas deshidratadas, ya que los resultados indicaron que no existió presencia de *E. Coli* en ninguna repetición de ningún tratamiento.

En la tabla 11-3 se muestran los valores de *Escherichia coli* obtenidos en el polvo soluble de pitahaya, sus tres diferentes tratamientos y repeticiones.

Tabla 11-3: Análisis microbiológico para *E. coli*

Metodología	Repeticiones	<i>E. Coli</i> (ufc/g)
Liofilización	R1	Ausencia
Liofilización	R2	Ausencia
Liofilización	R3	Ausencia
Atomización	R1	Ausencia
Atomización	R2	Ausencia
Atomización	R3	Ausencia
Deshidratación	R1	Ausencia
Deshidratación	R2	Ausencia
Deshidratación	R3	Ausencia

Realizado por: Ortiz, Tanya. 2020.

3.4. Análisis beneficio - costo

El análisis beneficio costo se realizó tomando en cuenta los gastos efectuados para la elaboración del producto. En la tabla 12-3 se identifican los costos en función de los diferentes tratamientos (lío-filización, atomización y deshidratación en estufa) para elaborar polvo soluble.

Tabla 12-3: Análisis económicos de los tratamientos evaluados

ANÁLISIS ECONÓMICO						
LIOFILIZACIÓN (T1)						
Descripción	Cantidad	Días	Precio unitario	Precio total	Cantidad producto	final
Materia prima	0,635		\$2,75	\$1,75		305 g
Bandejas	2		\$0,55	\$1,10		
Fundas ziplox	1		\$0,50	\$0,50		
Fundas de envase	3		\$0,25	\$0,75		
Mano de obra	1	2	\$20,00	\$40,00		
Total				\$44,10		
ATOMIZACIÓN (T2)						
Descripción	Cantidad	Días	Precio unitario	Precio total	Cantidad producto	final de
Materia prima	1,346		\$2,75	\$3,70		644 g
Maltodextrina	0,673		\$2,00	\$1,35		
Fundas ziplox	2		\$0,50	\$1,00		
Fundas de envase	6		\$0,25	\$2,50		
Mano de obra	2	0,5	\$20,00	\$20,00		
Total				\$28,55		
DESHIDRATACIÓN (T3)						
Descripción	Cantidad	Días	Precio unitario	Precio total	Cantidad producto	final de
Materia prima	1,823		\$2,75	\$5,01		456 g
Bandejas	6		\$0,55	\$3,30		
Fundas ziplox	1		\$0,50	\$0,50		
Fundas de envase	4		\$0,25	\$1,00		
Mano de obra	1	1	\$20,00	\$20,00		
Total				\$29,81		

Realizado por: Ortiz, Tanya. 2020

A continuación en la tabla 13-3 se calcula el costo unitario de cada gramo de producto, dividiendo el costo total para el total de gramos obtenidos.

Tabla 133-3: Determinación del costo unitario

	Liofilización	Atomización	Deshidratación
Costo Total	\$44,10	\$28,55	\$29,81
Cantidad (gramos)	305	644	456
Costo unitario	\$0,14	\$0,04	\$0,07

Realizado por: Ortiz, Tanya. 2020

Finalmente en la tabla 14-3 se calcula la relación beneficio costo en el escenario de venta de producto a un valor de 15 dólares, con lo cual se pudo determinar la utilidad y la relación beneficio costo, dando como resultado que para elaborar 100 gramos de producto liofilizado se necesita 14,56 dólares, teniendo un B/C de 0,04 dólares en 100 g, en cuanto a producto atomizado cuesta 4,43 dólares, con un B/C de 10,57 dólares y 100 gramos de producto deshidratado tiene un costo de 6,54 y se obtuvo un B/C de 1,29 dólares, todos estos comercializándolos a 15,00 dólares por cada 1000 gramos. Siendo los productos atomizados más económicos para fabricar y con mayor rentabilidad económica.

Tabla 144-3: Relación beneficio costo

	Liofilización	Atomización	Deshidratación
Ventas	\$15,00	\$15,00	\$15,00
Costo de venta	\$14,46	\$4,43	\$6,54
Utilidad	\$0,54	\$10,57	\$8,46
Beneficio costo	\$0,04	\$2,38	\$1,29

Realizado por: Ortiz, Tanya. 2020

CONCLUSIONES

- El mejor grado de solubilidad del producto en polvo en agua a temperatura ambiente, se logró mediante la atomización (T2) con un promedio de 91,67%, puesto que esta tecnología permite obtener partículas más finas.
- En base a sus características tanto físico- químicas, microbiológicas y sensoriales, el mejor tratamiento fue el tratamiento 2 (atomización), siendo este el más apreciado por los consumidores, tanto por color, olor, sabor y apariencia, además, el que mejores resultados reporto en cuanto a contenido de humedad (2,1%), vitamina C (1,77%), glucosa (36 %), fructosa (87,27%), y por los nulos resultados de presencia de microorganismos en el producto final.
- Al realizar el estudio de beneficio costo de la producción del polvo soluble de pitahaya se pudo observar variaciones en los diferentes tratamientos y/o metodologías empleadas, siendo el de que ofrece mayor utilidad el tratamiento 2 (atomización) con 10,57 dólares, por cada 100 gr de producto elaborado, y el tratamiento con menor rentabilidad fue el tratamiento 1 (liofilización) con una utilidad de 0,04 dólares por cada 100 gramos de producto, siendo cada producto vendido a 15,00 dólares.

RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos, se recomienda utilizar la atomización como metodología para elaborar polvo soluble de pitahaya, puesto que con el mismo se obtienen mejores características, físico-químicas, sensoriales y microbiológicas de la fruta, además que nos ayuda a prolongar la vida útil de la pitahaya amarilla.
- Difundir la presente investigación para motivar la realización de diversos estudios similares encaminados a la utilización de frutas poco convencionales y exóticas de las zonas tropicales como la pitahaya amarilla sus usos y beneficios en diferentes productos como: jugos, yogures, snacks, conservas, entre otros.
- Es de suma importancia que las diferentes empresas ecuatorianas den apertura a la elaboración de productos alimenticios tomando como materia prima a productos poco tradicionales, pero con gran valor nutricional como la pitahaya amarilla, en vista que los resultados que se obtuvieron en la presente investigación demuestran la factibilidad económica en su producción.

GLOSARIO

Pitahaya: (en haitiano "fruta escamosa") o fruta del dragón son nombres de una fruta de las especies *Hylocereus* y *Selenicereus*, de la familia Cactaceae, proveniente de América, si bien su producción se ha expandido a otras regiones del mundo. (De Soto, 2013, p. 56).

Atomizador: es un utensilio que se emplea para producir una fina pulverización de un líquido, mediante una bomba manual (de pera de goma o de émbolo), basándose en la aspiración debida al efecto Venturi. (Valderrama, 2009, p. 74).

Liofilizador: Máquina que se encarga de realizar una deshidratación mediante frío, conocido en la industria alimentaria como deshidrocongelación (secado por congelación). Aparato diseñado para llevar a cabo un proceso de congelación seguido de otro de deshidratación por sublimación (el paso directo del estado sólido al gaseoso), que se efectúa en un recipiente en el que ha hecho el vacío. (Ramirez, 2006, p. 35).

Deshidratador: Es un dispositivo que elimina la humedad de los alimentos para ayudar a su preservación. El secado de alimentos es un método de preservar fruta, vegetales y carnes que ha sido practicado desde la antigüedad. (Nummer, 2002, p. 49).

Frutas exóticas: Son aquellas provenientes de las zonas de clima tropical o subtropical. A veces son llamadas «frutas exóticas» en los países donde no se cosechan por no poderse cultivar en ese medio. Las más cultivadas son: la piña, el mango, el aguacate, la fruta bomba y la pitahaya. (Quirantes, 2016, p. 57).

Cactina: Es un tónico cardiaco que regula la presión arterial, tiene una acción pseudo-digitálica sin riesgo de acumulación, por lo que se usó como cardiotónico. (López, 2018, p. 77).

Anemia ferropénica: La anemia ferropénica ocurre cuando el cuerpo no tiene suficiente cantidad hierro. El hierro ayuda a producir glóbulos rojos. La anemia por deficiencia de hierro es la forma más común de anemia. (American Accreditation HealthCare Commission, 2019, p. 8).

Pardeamiento: Es el proceso por el cual los alimentos toman un color marrón debido a ciertas reacciones químicas especiales. El pardeamiento es una de las reacciones más notables de la química de los alimentos. (Simpson, 2012, p. 57).

Rehidratación: La rehidratación se refiere a reponer los líquidos que se pierden diariamente en condiciones normales. (International Chair for Advanced Studies on Hydration, 2016)

Vida útil: Indica el tiempo que transcurre desde su elaboración hasta su deterioro, y diferentes factores como la temperatura, la luz o el oxígeno, pueden hacer variar este periodo. (Caracuel, 2017, p. 17).

BIBLIOGRAFÍA

AIZAGA, Miguel. Diseño, construcción y validación de un liofilizador para la carrera de ingeniería en alimentos. (Trabajo de titulación) Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil – Ecuador: 2017. pp 85-97

American Accreditation HealthCare Commission. *Anemia Ferropénica Plus* [blog]. Estados Unidos, 2021 [Consulta: Noviembre de 2020]. <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000584.htm>.

ANDRADE, J. *Agro exportación de productos no tradicionales* [blog]. Colombia, 2017 [Consulta: Noviembre de 2019]. Disponible en <http://www.sica.gov.ec>.

ANGARITA, C. *Propiedades de las Frutas (propiedades de la pitahaya)* [blog]. Colombia, 2014 [Consulta: Noviembre de 2019]. Disponible en <http://propiedadesfrutas.jaimaalkauzar.es>.

APOLO, G. *Deshidratación de sólidos*. Riobamba - Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2019.

APOLO, G. *Secado por atomización*. Riobamba - Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2019.

APOLO, G. *Secado por liofilización*. Riobamba - Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2019.

AYALA, Alfredo; SERNA, Liliana; & GIRALDO, Carlos. Efecto de la agitación sobre la deshidratación osmótica de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) empleando soluciones de sacarosa. *Inteciencia*. [En línea] (2009), (Venezuela) Vol 34, N°7. pp. 50-62. [Consultada: Agosto de 2020], Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009000700009&lng=es&nrm=iso&tlng=es

BOSQUEZ, Elsa; & COLINA, María. *Procesamiento térmico de frutas y hortalizas*. Ciudad de México - México: Trillas, 2012.

CABALLERO, Birina; MÁRQUEZ, Carlos; & BETANCOURT, María. Efecto de la liofilización sobre las características físico-químicas del ají rocoto (*capsicum pubescens* R&P) con o sin semilla. *Bioagro*. [En línea] (2017), (Venezuela) Vol 29, N°3. pp. 225-232. [Consultada: Noviembre de 2020], Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612017000300008

GHARSALLAOUI, Adem [y otros] Applications of Spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International*. [En línea], (2007), (Estados Unidos) Vol 40, N°9. pp. 1107-1121. [Consultada: Junio de 2020], Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996907001238>

CAEZ, Karen; & JARABA, Natividad. Micro encapsulación del jugo de mango (Trabajo de titulación) Universidad de Cartagena, Cartagena – Colombia 2009. pp. 23-46

CARACUEL, Ángel. *Vida útil de los alimentos* [Blog] . España, 16 de Julio de 2018. [Consulta: 18 de Agosto de 2020]. Disponible en: <http://bromatoblog.es/la-vida-util-de-los-alimentos/>

ILANA, T. *Cocina dominicana, presentando la pitahaya* [Blog]. República Dominicana, Cocina Dominicana 16 de Julio de 2018. [Consulta: 18 de Agosto de 2020]. . - Disponible en: <https://www.cocinadominicana.com/?s=presentando+la+pitahaya+>.

CARVAJAL, Mayra Manual técnico de parámetros de calidad nutritiva y nutracéutica de la mora de castilla (*rubus glaucus*) deshidratada (Trabajo de titulación) Universidad regional autónoma de los Andes “UNIANDES” Ambato – Ecuador. 2015. pp. 32,57,95.

CCI. Corporación Colombia Internacional *Manual del exportador de frutas, hortalizas y tubérculos*. Bogotá- Colombia: Minagricultura, 2000.

COLINA, María. *Deshidratación de Alimento*. Ciudad de México – Mexico: Trillas, 2010.

DE SOTO, José. *Pitahaya or dragon fruit production in California: a research update*. California- Estados Unidos : University of California, 2013.

EGAS, L; GONZÁLEZ, F; & CAMACHO, M *Optimización del proceso de atomización de pomelo. influencia de la temperatura y de la adición de diferentes solutos de alto peso molecular*. Valencia- España : Universitat Politècnica de València, 2020.

Food and Agriculture Organization. *Tabla de composición de alimentos*. Italia-Roma : FAO, 2020.

GARCÍA, María. *Pitahaya cosecha y post cosecha*. Cali-Colombia : Corpoica, 2003.

GHARSALLAOUI, Adem [y otros] Applications of Spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International*. [En línea], (2007), (Estados Unidos) Vol 40, N°9. pp. 1107-1121. [Consultada: Junio de 2020], Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996907001238>

HERNÁNDEZ, Elizabeth. *Evaluación sensorial*. Bogota – Colombia : Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2005.

HIDALGO, Washington. *Palora, la tierra de la pitahaya que va a Estados Unidos.*

[blog]. Ecuador, El Comercio, 16 de Julio de 2018. [Consulta: 15 Agosto, 2020]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/palora-tierra-pitahaya-estados-unidos.html#:~:text=Palora%20es%20un%20poblado%20enclavado,comida%20blanca%2C%20dulce%20y%20exquisita.&text=%E2%80%9CLa%20fruta%20crec%C3%ADa%20en%20el%20monte%20de%20forma%20silvestre.>

ILANA, T. *Cocina dominicana, presentando la pitahaya* [Blog]. República Dominicana, Cocina Dominicana 16 de Julio de 2018. [Consulta: 18 de Agosto de 2020]. . - Disponible en: <https://www.cocinadominicana.com/?s=presentando+la+pitahaya+>.

International Chair for Advanced Studies on Hydration. *Deshidratación* [Blog]. España, International Chair for Advanced Studies on Hydration, 2016. [Consulta: 14 de Agosto de 2020]. Disponible en: <http://cieah.ulpgc.es/es/hidratacion-humana/deshidratacion>.

JORDAN, Diana; VÁSCONEZ, José; & VELIZ, Cristhian. Producción y exportación de pitahaya hacia el mercado europeo. (Trabajo de titulación) Escuela Superior Politécnica de Litoral Guayaquil- Ecuador. 2009. pp. 42,57,75.

KHA, Thuyen; NGUYEN, Minh; & ROACH, Paul. Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. *Journal of Food Engineering*. [En línea], (2010), (Estados Unidos) Vol 98, N° 3. pp. 385-392. [Consultada: Julio de 2020], Disponible en: <https://researchdirect.westernsydney.edu.au/islandora/object/uws:25367>

KING, Judith. Pérdidas de vitaminas durante el procesamiento de los alimentos *Estabilidad de las vitaminas* [En línea], (1987) (Chile) Vol 98, N° 3. pp. 143- 152. [Consultada: Junio de 2020], Disponible en: <http://www.aulavirtual-exactas.dyndns.org/claroline/backends/download.php?url=L0VzdGFiaWxpZGFkX2RlX3ZpdGFtaW5hcy5wZGY%3D&cidReset=true&cidReq=IA832>

MACASSI, Siccha; & UGAZ, Olga Secado por atomización *Revista de química* [En línea], (1995) (Perú) Vol 9, N° 1 (pp. 39-48) [Consultada: Diciembre de 2019], Disponible en: <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/8354>

LANTIGUA, M. *Secado por atomización de jugos de frutas* [blog]. Cuba, 2014 [Consulta: Julio de 2020]. Disponible en <http://revcitecal.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/228..>

NUMMER, Brian. *Historical Origins of Food Preservation* [blog]. Georgia, 2002 [Consulta: 5 Octubre 2020]. Disponible en https://nchfp.uga.edu/publications/nchfp/factsheets/food_pres_hist.html.

LÓPEZ, G. *Cactina Preservation* [blog]. Polonia , 2020 [Consulta: Febrero de 2020]. Disponible en <https://es.glosbe.com/es/es/cactina>.

NUMMER, Brian. *Historical Origins of Food Preservation* [blog]. Georgia, 2002 [Consulta: 5 Octubre 2020]. Disponible en https://nchfp.uga.edu/publications/nchfp/factsheets/food_pres_hist.html.

MACASSI, Siccha; & UGAZ, Olga Secado por atomización *Revista de química* [En línea], (1995) (Perú) Vol 9, N° 1 (pp. 39-48) [Consultada: Diciembre de 2019], Disponible en: <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/8354>

MELÉNDREZ, Ángel: & GABINO, Marcelo Construcción de un deshidratador a base de glp, para la solanum sessiliflorum dunal en la agroindustria la gamboina (Trabajo de titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador : 2009. pp 34-67

MORALES, J. *Contenido de fructosa en frutas frescas*. Quito-Ecuador: Escuela Politécnica Nacional, 2007.

HERNÁNDEZ, Elizabeth. *Evaluación sensorial*. Bogota – Colombia : Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2005.

MOSQUERA, L. Luz. *Influencia de la humedad y de la adición de solutos (maltodextrina o goma arábica) en las propiedades fisicoquímicas de borjón y fresa en polvo*. Valencia-España: Universidad Técnica de Valencia, 2010.

MULTON, J. *Aditivos y auxiliares de fabricación en las industrias agroalimentaria*. Zaragoza-España: Acribia, 1999.

NIETO, C; & CAICEDO, Carlos. *Análisis reflexivo sobre el desarrollo agropecuario sostenible en la amazonía ecuatoriana*. Joya de los Sachas-Ecuador : INAP – Estación Experimental Central Amazónica, 2012.

NUMMER, Brian. *Historical Origins of Food Preservation* [blog]. Georgia, 2002 [Consulta: 5 Octubre 2020]. Disponible en https://nchfp.uga.edu/publications/nchfp/factsheets/food_pres_hist.html.

PALACIOS, José [y otros] *Proceso de deshidratación de frutas* [blog]. Madrid, 2015 [Consulta: 5 septiembre 2020]. Disponible en https://www.infoagro.com/frutas/deshidratacion_frutas.htm

OIRSA. *Frutas Tropicales*. Ciudad de México-México: Coordinación regional de inocuidad de alimentos , 2000.

PALACIOS, José [y otros] *Proceso de deshidratación de frutas* [blog]. Madrid, 2015 [Consulta: 5 septiembre 2020]. Disponible en https://www.infoagro.com/frutas/deshidratacion_frutas.htm.

POVEDA, Guido. “*Demanda de la pitahaya ecuatoriana hacia el mercado neerlandés período 2014-201*” [blog]. Ecuador: EUMED [Consulta: 19 septiembre 2020]. Disponible en <https://www.eumed.net/actas/18/economia-social/28-demanda-de-la-pitahaya-ecuatoriana.pdf>

RAMÍREZ, S. “*Portal Frutícola, Alimentos Argentinos*” [blog]. Chile: Portal Frutícola [Consulta: 14 septiembre 2020]. Disponible en <https://www.portalfruticola.com/noticias/2017/07/03/agrotecnia-como-liofilizar-frutas-y-hortalizas-productos-equipos-y-procesos-asociados/>.

PUN, C. *Frutas exóticas, la pitahaya para una vida sana* Quito-Ecuador: Impregraf, 2020.

QUIRANTES, Alberto. *Frutas tropicales* Madrid-España: CITMATEL, 2016.

RAMÍREZ, Juan. *Liofilización de Alimentos.* Cali-Colombia: Universidad de Valle, 2006.

RAMÍREZ, S. “*Portal Frutícola, Alimentos Argentinos*” [blog]. Chile: Portal Frutícola [Consulta: 14 septiembre 2020]. Disponible en <https://www.portalfruticola.com/noticias/2017/07/03/agrotecnia-como-liofilizar-frutas-y-hortalizas-productos-equipos-y-procesos-asociados/>.

RODRÍGUEZ, Diana [y otros] “Efecto de dos índices de madurez y dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento en poscosecha de la pitahaya amarilla (*selenicereus megalanthus haw.*)” *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* [En línea] 2005 (Colombia) Vol 58 pp. 2839-2858. [Consultada: Junio de 2020], ISSN 0304-2847 Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0304-28472005000200004&lng=e&nrm=iso&tlng=es

RODRÍGUEZ, Johanna; NARVÁEZ, Carlos; & RESTREPO, Luz “Polygalacturonase activity in yellow pitaya peel *acanthocereus pitajaya*”. *Acta Biológica Colombiana* [En línea] 2006 (Colombia) Vol 11 pp. 65-74. [Consultada: Junio de 2020], Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2006000300005

SIMPSON, Benjamin. *Food Biochemistry and Food Processing.* Iowa-Estados Unidos: Wiley-Blackwell, 2012.

WIENER, H. “*Domesticando la pitahaya.*” *Incagro* [En línea], 2009, (Peru) Vol 34, pp. 45-78 [Consultada: Diciembre de 2019], Disponible en: <http://incagri.gob.pe>.

ANEXOS

Anexo A: Análisis estadístico del pH

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamientos	REPETICIONES			Suma	Promedio
	I	II	III		
Liofilización	5,26	5,27	5,26	15,79	5,26
Atomización	5,05	5,05	5,04	15,14	5,05
Deshidratación	5,25	5,24	5,26	15,75	5,25
Promedio					5,19
Coefficiente de variación (C.V)					0,14

2. ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor	
Tratamientos		0,09	2	0,04	796,2	<0,0001
Error		3,30E-04	6	5,60E-05		
Total		0,09	8			

P \leq 0,05: presenta diferencias significativas

3. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGO DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Tratamientos	Medias	n	E.E	Rango
Liofilización	5,26	3	0,0043	B
Atomización	5,05	3	0,0043	A
Deshidratación	5,25	3	0,0043	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Anexo B: Análisis estadístico porcentaje de solubilidad

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamientos	REPETICIONES			Suma	Promedio	
	I	II	III			
Liofilización		68	72	69	209	69,67
Atomización		90	91	94	275	91,67
Deshidratación		65	59	63	187	62,33
Promedio						74,56
Coefficiente de variación (C.V)						3,29

2. ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor	
Tratamientos		1398,22	2	699,11	116,52	<0,0001
Error		3,60E+01	6	6,00E+00		
Total		1434,22	8			

$P\leq 0,05$: presenta diferencias significativas

3. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGO DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Tratamientos	Medias	n	E.E	Rango
Liofilización	69,67	3	1,41	B
Atomización	91,67	3	1,41	C
Deshidratación	62,33	3	1,41	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Anexo C: Análisis estadístico del porcentaje de humedad

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamientos	REPETICIONES			Suma	Promedio	
	I	II	III			
Liofilización		9,96	8,75	7,46	26,17	8,72
Atomización		3,5	2,8	4,5	10,8	3,60
Deshidratación		6,34	5,46	8,3	20,1	6,70
Promedio						6,34
Coefficiente de variación (C.V)						19,11
coeficiente de variación ajustado (C.V)						8,27

2. ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor	
Tratamientos		1,54	2	0,77	16,07	0,0039
Error		2,90E-01	6	5,00E-02		
Total		1,82	8			

$P \leq 0,05$: presenta diferencias significativas

3. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGO DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Tratamientos	Medias	N	E.E	Rango
Liofilización	3,10	3	0,13	B
Atomización	2,1	3	0,13	A
Deshidratación	2,73	3	0,13	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo D: Análisis estadístico del porcentaje de cenizas

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamientos	REPETICIONES			Suma	Promedio	
	I	II	III			
Liofilización		2,2	1,80	2,0	6	2,00
Atomización		0,41	0,37	0,43	1,21	0,40
Deshidratación		2,09	1,93	2,06	6,08	2,03
Promedio						1,48
Coefficiente de variación (C.V)						8,58

2. ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor	
Tratamientos		5,19	2	2,59	161,48	<0,0001
Error		1,00E-01	6	2,00E-02		
Total		5,28	8			

$P \leq 0,05$: presenta diferencias significativas

3. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGO DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Tratamientos	Medias	n	E.E	Rango
Liofilización	2,00	3	0,07	B
Atomización	0,4	3	0,07	A
Deshidratación	2,03	3	0,07	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo E: Análisis estadístico del porcentaje de vitamina C

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamientos	REPETICIONES			Suma	Promedio
	I	II	III		
Liofilización	0,0059	0,0068	0,0077	0,0204	0,0068
Atomización	0,01	0,008	0,01	0,028	0,0093
Deshidratación	0,0065	0,0072	0,0081	0,0218	0,0073
Promedio					0,0078
Coefficiente de variación (C.V)					12,36
coeficiente de variación ajustado (C.V)					3,02

2. ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	1,10E-01	2	5,00E-02	16,33	0,0037
Error	2,00E-02	6	3,30E-03		
Total	1,30E-01	8			

$P \leq 0,05$: presenta diferencias significativas

3. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGO DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Tratamientos	Medias	n	E.E	Rango
Liofilización	2,03	3	0,0300	A
Atomización	1,77	3	0,0300	B
Deshidratación	1,93	3	0,0300	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo F: Análisis estadístico del porcentaje de glucosa

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamientos	REPETICIONES			Suma	Promedio	
	I	II	III			
Liofilización		26,4	26,40	24,7	77,5	25,83
Atomización		34,00	37,00	37,00	108	36,00
deshidratación		28,50	30,80	28,50	87,8	29,27
Promedio						30,37
Coefficiente de variación (C.V)						4,55

2. ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	160,49	2	80,24	42,04	0,0003
Error	1,15E+01	6	1,91E+00		
Total	171,94	8			

$P \leq 0,05$: presenta diferencias significativas

3. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGO DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Tratamientos	Medias	n	E.E	Rango
Liofilización	25,83	3	0,80	A
Atomización	36	3	0,80	B
Deshidratación	29,27	3	0,80	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo G: Análisis estadístico del porcentaje de fructosa

1. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tratamientos	REPETICIONES			Suma	Promedio
	I	II	III		
Liofilización	64,3	64,30	60,0	188,6	62,87
Atomización	81,80	90,00	90,00	261,8	87,27
deshidratación	69,20	75,00	69,20	213,4	71,13
Promedio					73,76
Coefficiente de variación (C.V)					4,94

2. ANÁLISIS DE VARIANZA

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	923,98	2	461,99	34,83	0,0005
Error	7,96E+01	6	1,33E+01		
Total	1003,56	8			

$P \leq 0,05$: presenta diferencias significativas

3. CUADRO DE MEDIAS Y ASIGNACIÓN DE RANGO DE ACUERDO A LA PRUEBA DE TUKEY

Tratamientos	Medias	n	E.E	Rango
Liofilización	62,87	3	2,10	A
Atomización	87,27	3	2,10	B
Deshidratación	71,13	3	2,10	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Anexo H: Análisis sensorial de la elaboración de polvo soluble de pitahaya mediante Liofilización, Atomización y Deshidratación en estufa.

ME DISGUSTA MUCHO	ME DISGUSTA	NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA	ME GUSTA	ME GUSTA MUCHO
1	2	3	4	5

PARÁMETROS	Tratamiento 1	ESCALA	Tratamiento 2	ESCALA	Tratamiento 3	ESCALA
COLOR	4	Me Gusta	5	Me gusta mucho	4	Me gusta
OLOR	4	Me Gusta	5	Me gusta mucho	4	Me gusta
SABOR	4	Me Gusta	5	Me gusta mucho	4	Me gusta
APARIENCIA	4	Me Gusta	5	Me gusta mucho	4	Me gusta

Anexo I. Análisis microbiológico de la elaboración de polvo soluble de pitahaya mediante Liofilización, Atomización y Deshidratación en estufa.

METODOLOGÍA	REPETICIONES	E. COLI (UFC)	MOHOS Y LEVADURAS (UPC/g)	SALMONELLA (UFC/g)
Liofilización	R1	0	3000	0
Liofilización	R2	0	0	0
Liofilización	R3	0	2000	0
Atomización	R1	0	0	0
Atomización	R2	0	0	0
Atomización	R3	0	0	0
Deshidratación	R1	0	0	0
Deshidratación	R2	0	0	0
Deshidratación	R3	0	0	0

