

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

“EVALUACIÓN DEL PROCESO DE SECADO POR ATOMIZACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES (CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y VITAMINA C) DE LA GUANÁBANA *Annona muricata* L.”

Tesis previa a la obtención del título de ingeniero agroindustrial

Autora: Rodríguez Aguilar Ruddy Jimena

Director: Ing. Nicolás Sebastián Pinto Mosquera, MSc.

Ibarra - Ecuador

2022

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN AGROINDUSTRIAS

“EVALUACIÓN DEL PROCESO DE SECADO POR ATOMIZACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES (CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y VITAMINA C) DE LA GUANÁBANA *Annona muricata L.*”

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación
como requisito para obtener el Título de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADO:

Ing. Nicolás Pinto MSc.

DIRECTOR



FIRMA

Dr. José Pais.

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA

Ing. Juan Carlos de la Vega MSc.

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1724843238		
APELLIDOS Y NOMBRES:	RODRÍGUEZ AGUILAR RUDDY JIMENA		
DIRECCIÓN:	TABACUNDO, LA ESPERANZA CALLE SIMÓN BOLÍVAR		
EMAIL:	rjrodriguez@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	_____	TELÉFONO MÓVIL:	0981554873

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"EVALUACIÓN DEL PROCESO DE SECADO POR ATOMIZACIÓN SOBRE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES (CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y VITAMINA C) DE LA GUANÁBANA <i>Annona muricata</i> L."
AUTOR (ES):	RODRÍGUEZ AGUILAR RUDDY JIMENA
FECHA: DD/MM/AAAA	18 de octubre del 2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Agroindustrial
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Nicolás Sebastián Pinto Mosquera MSc

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 18 días del mes de octubre de 2022

EL AUTOR:

Ruddy Jimena Rodríguez Aguilar

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Ruddy Jimena Rodríguez Aguilar, con cedula de ciudadanía 1724843238, bajo mi supervisión.

Ibarra, 18 de octubre del 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'N. S. Pinto Mosquera', is written over a horizontal dashed line.

Ing. Nicolás Sebastián Pinto Mosquera MSc.
DIRECTOR DE TRABAJO DE TESIS

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi padre José Rodríguez y a mi madre Rosa Aguilar, quienes que, con todo su esfuerzo y cariño, siempre me apoyaron y me dieron el valor de seguir luchando por mi sueño y no rendirme hasta poderlo cumplir.

A mis hermanos Edison Paul, María José y Nicole, por toda su simpatía, comprensión y sobre todo por el apoyo absoluto que siempre me tuvieron en todo momento y en cada paso que daba estuvieron ahí con su amor incondicional.

“Un objetivo es un sueño con una fecha límite”. (Napoleon Hill)

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme dado la fortaleza suficiente para poder terminar esta grandiosa profesión.

A la Universidad Técnica del Norte y por supuesto a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, por haberme dado la oportunidad de estudiar en sus gloriosas aulas, ya que por medio del conocimiento de sus maestros me ayudaron a formarme como profesional.

A mi tutor Ing. Nicolás Pinto quien supo guiarme en todo este trayecto gracias a sus importantes conocimientos, a mi jurado opositor Dr. José País e Ing. Juan Carlos De la Vega, quienes que con sus exigencias y virtudes supieron dirigirme en todo este proceso investigativo.

A la Asociación de Productores de Guanábana del Norte (ASOPROGUAN), principalmente a la Sra. Maribel Ortega quien estuvo brindándome su apoyo para poder culminar esta investigación.

A mi equipo de trabajo el departamento de calidad de la empresa Terrafertil S.A. ya que estuvieron incondicionalmente en cada etapa de mi trabajo de titulación.

A mis queridos amigos Catty, Anita, Mayrita, Paola y Cristian gracias a su amistad ofrecida en todo momento, estuvieron ahí brindándome sus conocimientos.

A mi madre Rosa Aguilar, quien fue la persona que con su amor y paciencia siempre estuvo de manera incondicional de principio a fin.

Resumen

En esta investigación se evaluó el efecto del proceso de secado por atomización sobre las propiedades físico – químicas y funcionales (capacidad antioxidante y contenido de vitamina C) de la guanábana *Annona muricata* L., determinándose dichas propiedades antes y después del proceso de secado. Durante el estudio la fruta procesada presentó: pH de $3,70 \pm 0,01$, sólidos solubles $17,27 \pm 0,37$ °Brix., acidez titulable $1,08 \pm 0,02$ % e índice de madurez de $16,01 \pm 0,23$ °Brix/ %. Para las propiedades funcionales vitamina C y capacidad antioxidante los resultados fueron $18,983 \pm 1,34$ mg/100 g y $5,58 \pm 0,14$ μmol/g respectivamente.

Una vez aplicados los tratamientos y los factores propuestos, donde se combinan los flujos de alimentación a los niveles de 14 ml/min y 20 ml/min y la temperatura de la cámara a los niveles de 160 °C, 180 °C, 200°C, se obtuvo las siguientes características para el polvo soluble: pH $3,36 \pm 0,14$; los sólidos solubles $10,42 \pm 0,46$ °Brix, la capacidad antioxidante $2,47 \pm 0,50$ μmol/g, el contenido de vitamina C $11,67 \pm 2,06$ mg/100 g. Durante el estudio se pudo comprobar la disminución de todas las propiedades obtenidas en el polvo en comparación con los valores iniciales en la fruta. Demostrándose la existencia de diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$) entre cada uno de los tratamientos para las propiedades pH, sólidos solubles, contenido de vitamina C, no así para la capacidad antioxidante.

Con el tratamiento 1 (160°C de temperatura en la cámara y 14 ml/min de flujo de alimentación) se reportaron los más altos porcentajes de retención de las propiedades evaluadas. Mientras que los costos directos ascienden a 61,14 USD/kg de polvo obtenido, siendo los costos asociados a la materia prima, fruta de guanábana y la mano de obra los de mayor incidencia sobre éste

Abstract

Effect of the spray drying process on the physicochemical and functional properties (antioxidant capacity and vitamin C content) of soursop *Annona muricata* L. was evaluated. Processed fruits showed a pH of $3,70 \pm 0,01$, soluble solids $17,27 \pm 0,37$ °Brix, titratable acidity $1,08 \pm 0,02\%$ and maturity index of $16,01 \pm 0,23$ °Brix/%. Regarding the functional properties of vitamin C and antioxidant capacity, the results were $18,983 \pm 1,34$ mg/100 g and $5,58 \pm 0,14$ µmol/g, respectively.

Once the proposed treatments were applied, where the feed flow rates were combined at the levels of 14 ml/min and 20 ml/min and the chamber temperature at the levels of 160 °C, 180 °C, 200 °C, the following powder characteristics were obtained: pH $3,36 \pm 0,14$; soluble solids $10,42 \pm 0,46$ °Brix, antioxidant capacity $2,47 \pm 0,50$ µM/g, vitamin C content $11,67 \pm 2,06$ mg/100 g. During the study, it was possible to verify the decrease of all the properties obtained in the powder compared to the initial values in the fruit. A statistically significant difference ($p < 0,05$) between each of the treatments for the properties of pH, soluble solids and vitamin C content was found, but not for antioxidant capacity.

Treatment 1 (160 °C chamber temperature and 14 ml/min feed flow) report the highest retention percentages of the properties evaluated. Direct costs were 61,14 USD/kg of powder obtained, having highest incidence, the costs associated with raw material, soursop fruit and labor.

Tabla de contenido

Resumen.....	iv
Abstract.....	v
1 Introducción.....	1
1.1.1 Problema.....	2
1.1.2 Justificación.....	3
1.1.3 Objetivos.....	4
1.1.4 Formulación de hipótesis.....	5
2 Marco teórico.....	6
2.1 Origen y distribución.....	6
2.2 Demanda y producción de guanábana en Ecuador.....	6
2.3 Taxonomía de la guanábana.....	7
2.4 Características generales sobre el árbol y el fruto de guanábana.....	8
2.5 Manejo pos cosecha del fruto de guanábana.....	9
2.6 Variedad guanábana brasileña.....	10
2.7 Modos de preparación de la fruta de guanábana.....	11
2.7.1 Jugo (zumo) de fruta.....	11
2.7.2 Jugo (zumo) concentrado de fruta.....	11
2.7.3 Pulpa (puré) de fruta.....	12
2.8 Composición nutrimental y aplicaciones.....	12
2.8.1 Caracterización del fruto de la guanábana.....	12
2.8.2 Caracterización de la pulpa de guanábana.....	13
2.8.3 Aplicaciones de la planta y el fruto de la guanábana.....	15
2.9 Composición química y actividad antioxidante de la guanábana.....	15
2.9.1 Componentes bioactivos en la pulpa de guanábana.....	17
2.10 Propiedades funcionales del polvo obtenido del fruto de guanábana.....	18
2.11 Métodos de deshidratación (secado) de frutas.....	18
2.12 Secado por atomización.....	19
2.12.1 Maltodrexina en el proceso de secado por atomización.....	20
2.12.2 Etapas en el secado por atomización.....	21
2.12.3 Parámetros de secado por atomización.....	24
2.12.4 Factores del secado por atomización.....	24
2.13 Secado por atomización de jugos de frutas.....	25

2.14	Operación de secado por atomización en la industria	26
2.15	Costos de elaboración de productos en polvos solubles.....	27
3	Materiales y Métodos	30
3.1	Localización y ubicación geográfica.....	30
3.1.1	Ubicación.....	30
3.2	Materiales, equipos y reactivos.	31
3.3	Diseño de experimento.....	31
3.4	Análisis estadístico de datos.....	33
3.5	Métodos.....	33
3.5.1	Estandarización de la materia prima para la obtención del polvo de guanábana.	33
3.5.2	Determinación de los parámetros físicos del polvo soluble de guanábana.	35
3.6	Determinación de los costos de elaboración del producto final obtenido.....	44
4	Resultados y Discusión.....	45
4.1	Estandarización de la materia prima para la obtención del polvo de guanábana.	45
4.1.1	Estandarización en cuanto al valor de pH.	46
4.1.2	Estandarización de sólidos solubles, acidez titulable e índice de madurez.	47
4.1.3	Estandarización de la capacidad antioxidante en la guanábana.	49
4.1.4	Estandarización del contenido de vitamina C en la guanábana.....	50
4.2	Determinar los parámetros fisicoquímicos del polvo soluble de guanábana.	51
4.2.1	Efecto de los tratamientos previstos sobre pH	51
4.2.2	Efecto de los tratamientos previstos sobre sólidos solubles.....	54
4.2.3	Efecto de los tratamientos previstos sobre la capacidad antioxidante.....	58
4.2.4	Efecto de los tratamientos previstos sobre el contenido de vitamina C	62
4.2.5	Selección de los mejores tratamientos.....	66
4.2.6	Análisis de los porcentajes de degradación de la capacidad antioxidante y el contenido de vitamina C	68
4.2.7	Efecto de los factores sobre la capacidad antioxidante y contenido de Vitamina C.	70
4.3	Determinación de los costos de elaboración del producto final obtenido.....	74
5	Conclusiones.....	83
6	Recomendaciones	84
7	Bibliografía.....	85
8	Anexos	95

Listado de Tablas

Tabla 1 <i>Taxonomía de la guanábana (Annona muricata L.)</i>	7
Tabla 2 <i>Características de la fruta guanábana</i>	12
Tabla 3 <i>Caracterización de la pulpa guanábana</i>	14
Tabla 4 <i>Contenido de flavonoides, polifenoles y proteínas de la pulpa de la guanábana</i>	16
Tabla 5. <i>Actividad antioxidante total en la pulpa de guanábana A. muricata</i>	17
Tabla 6 <i>Componentes antioxidantes (mg/100g) en la pulpa de guanábana</i>	17
Tabla 7. <i>Ubicación del lugar donde se llevó a cabo el experimento</i>	30
Tabla 8 <i>Materiales y equipos para el desarrollo de la investigación</i>	31
Tabla 9 <i>Tratamientos a evaluar sobre las propiedades funcionales y físico-químicas del polvo</i>	32
Tabla 10 <i>Diseño completamente al azar con dos repeticiones, de manera aleatoria.</i>	32
Tabla 11 <i>Métodos empleados para la estandarización de las frutas guanábanas empleadas.</i>	34
Tabla 12 <i>Parámetros de especificación para el proceso de secado de atomización</i>	42
Tabla 13 <i>Métodos de determinación de la capacidad antioxidante y contenido de Vitamina C.</i>	43
Tabla 14 <i>Métodos de determinación de sólidos solubles y pH</i>	44
Tabla 15 <i>Análisis físicos y químicos de la guanábana (Annona muricata L.)</i>	45
Tabla 16 <i>Tiempo empleado en cada etapa del proceso.</i>	75
Tabla 17 <i>Resultados por corridas para obtener un kilogramo de polvo de guanábana.</i>	77
Tabla 18 <i>Resultados de los cálculos de los costos directos (USD/kg)</i>	78
Tabla 19 <i>Especificaciones generales del secador</i>	95

Listado de Figuras

Figura 1 <i>Fruta de guanábana</i>	9
Figura 2 <i>Guanábana ecuatoriana nacional</i>	10
Figura 3 <i>Guanábana gigante ecuatoriana</i>	11
Figura 4 <i>Diagrama de bloques proceso de obtención experimental del polvo de guanábana</i>	35
Figura 5 <i>Frutas de guanábanas para la obtención de polvo.</i>	37
Figura 6 <i>Frutas de guanábanas obtenida del proceso de lavado y pelado</i>	38
Figura 7 <i>Equipo Clarificador Semi-Industrial</i>	39
Figura 8 <i>Proceso de concentrado del jugo de guanábana mediante el uso del evaporador</i>	40
Figura 9. <i>Jugo de guanábana clarificado y concentrado.</i>	41
Figura 10 <i>Torre de secado por pulverización FT -180</i>	41
Figura 11 <i>Polvo de guanábana obtenido durante el proceso de secado</i>	43
Figura 12 <i>Resultados de pH en las muestras guanábana (Annona muricata L.)</i>	46
Figura 13 <i>Contenido de sólidos solubles, la acidez e índice de madurez en la fruta</i>	47
Figura 14 <i>Capacidad antioxidante de la fruta de guanábana.</i>	49
Figura 15 <i>Contenido de vitamina C en la fruta de guanábana (Annona muricata L.)</i>	50
Figura 16 <i>Gráfico comparativo Testigo - Tratamientos, parámetro pH.</i>	52
Figura 17 <i>Gráfico de porcentajes de retención y pérdidas por tratamientos, pH</i>	54
Figura 18 <i>Gráfico comparativo Testigo - Tratamientos, parámetro sólidos solubles.</i>	55
Figura 19 <i>Gráfico de porcentaje de retención y pérdidas para la propiedad sólidos solubles.</i>	57
Figura 20 <i>Gráfico comparativo Testigo - Tratamientos, parámetro capacidad antioxidante</i>	59
Figura 21 <i>Gráfico de porcentaje de retención y pérdidas para la capacidad antioxidante.</i>	61
Figura 22 <i>Gráfico comparativo Testigo - Tratamientos, parámetro Contenido Vitamina C</i>	63
Figura 23 <i>Gráfico de porcentaje de retención y pérdidas para la propiedad vitamina C.</i>	65

Figura 24 <i>Mejores porcentajes de retención y pérdidas para cada tratamiento</i>	66
Figura 25 <i>Porcentajes de degradación de las propiedades funcionales</i>	69
Figura 26. <i>Gráfico de relación entre los factores de diseño y la capacidad antioxidante.</i>	71
Figura 27 <i>Gráfico de interacciones entre factores: Vitamina C</i>	73
Figura 28 <i>Esquema de las etapas de proceso y corrientes asociadas (balance de masa).</i>	76
Figura 29 <i>Gráfico de porcentaje de cada costo analizado sobre el costo directo</i>	80
Figura 30 <i>Esquema del secador spray dryer</i>	95
Figura 31 <i>Parámetros operaciones del secador (a) y el jugo de guanábana a la entrada (b)</i>	97

Listado de Anexos

Anexo A <i>Especificaciones e Instrucciones de trabajo para la Torre de secado FT -180</i>	95
Anexo B <i>Resultado una vez aplicado el diseño de experimento previsto</i>	98
Anexo C <i>Resultados ANOVA para pH por Tratamientos</i>	99
Anexo D <i>Gráfico Histograma y distribución normal, pH</i>	99
Anexo E <i>Resultados ANOVA para sólidos solubles por Tratamientos</i>	100
Anexo F <i>Gráfico Histograma y distribución normal, sólidos solubles</i>	100
Anexo G <i>Resultados ANOVA para la capacidad antioxidante por tratamientos</i>	101
Anexo H <i>Histograma y distribución normal, capacidad antioxidante</i>	101
Anexo I <i>Resultados ANOVA para contenido de vitamina C por tratamientos</i>	102
Anexo J <i>Gráfico Histograma y distribución normal, Vitamina C</i>	102
Anexo K <i>Análisis de Varianza para Capacidad Antioxidante</i>	103
Anexo L <i>Análisis de Varianza para el contenido de Vitamina C</i>	103

1 Introducción

El consumo de frutas y vegetales se ha generalizado como una de las opciones para prevenir varias enfermedades neurológicas, cardiovasculares y cancerígenas, esto es debido a sus propiedades nutricionales lo cual está estrechamente relacionado con su actividad antioxidante, contenido de vitaminas, minerales, fibra y agua, así como otros nutrientes requeridos en la dieta alimenticia.

Sin embargo, las frutas presentan dos inconvenientes principales que limitan su disponibilidad: su variación estacional y su corta vida útil, debido al deterioro que estas sufren como consecuencia de las reacciones enzimáticas, químicas o acción microbiana. Debido a todo esto, sería de gran importancia contar con otras alternativas para el consumo de frutas garantizándose una alta calidad nutricional, sensorial, inocuidad, así como su constante y fácil acceso. Con el fin cumplir con todos estos requerimientos se ha generalizado el uso de técnicas de secado de frutas. Esta es una técnica que persigue reducir el contenido de humedad de estos productos, obteniéndose concentrados en polvo, lográndose con esto prolongar su vida útil, además de reducir los costos de transportación y almacenamiento. El consumo de estos es tanto en polvo o como un insumo para la elaboración de otros alimentos.

Sin embargo, las técnicas de deshidratación o secado son muy variadas, conociéndose que la calidad del producto final dependerá en gran medida de los métodos y parámetros de secado empleados durante la operación. Se han logrado obtener frutas en polvo de muy alta calidad mediante las técnicas de liofilización o atomización.

En este sentido, la evaluación del proceso de secado por atomización sobre las propiedades funcionales (capacidad antioxidante y vitamina C) de la guanábana *Annona muricata* L. fruta cultivada en las provincias norte de Ecuador constituyó el tema fundamental de la investigación. Los resultados del estudio generaron nuevos conocimientos sobre la influencia de algunos métodos de secado por

atomización sobre los parámetros pH, sólidos solubles, capacidad antioxidante y vitamina C del producto polvo de guanábana obtenido como consecuencia de la aplicación del proceso de secado propuesto. Siendo estos de gran importancia para las industrias procesadoras de alimentos y como fuente potencial de desarrollo económico para las localidades productoras de la fruta.

1.1.1 Problema.

En este estudio se empleó la fruta guanábana *Annona muricata* L, cultivo que ha incrementado en los últimos años en las provincias de Imbabura y Carchi en el Ecuador, convirtiéndose en un cultivo de interés comercial, debido a que se caracterizan por ser frutas libres de adición de químicos, además de lo atractivo de sus precios en el mercado mundial (Andrade, 2016) . En las comunidades de Lita, Rocafuerte, San Patricio, Carolina, Chinambí y entre otras, enclavadas en el norte del país y pertenecientes a la Asociación de Producción Agrícola de Productores de Guanábana del Norte (ASOPROGUAN) se ubican las áreas de cultivo de guanábana más importantes.

El cultivo de esta fruta representa beneficios de manera directa o indirecta a un total de 28 socios, distribuidos en 70% de hombres y 30% de mujeres (Andrade, 2016). En esta región se cultiva actualmente 50 hectáreas de la variedad *gigante brasileña*, obteniéndose de cada árbol 150 frutos de manera ininterrumpida durante todo el año, debido al empleo de técnicas de manejo adecuadas. (EL NORTE, 2016).

La incorporación de nuevos socios ha dado como resultado el incremento del área de cultivo a 100 hectáreas, lográndose producciones semanales de hasta 2 toneladas. Esto ha generado un problema para la asociación ya que no cuentan con los recursos necesarios para procesar y gestionar todo el volumen de producción obtenidos, desaprovechándose de esta manera buena parte de la producción de frutas y por consiguiente los beneficios nutricionales y económicos que esta podría aportar a la sociedad y a los consumidores. Esto también repercute de manera negativa en las cadenas productivas y en otras áreas del

desarrollo económico de las provincias, si se considera que Ecuador es uno de los países de mayor desarrollo en cuanto al cultivo de este fruto.

1.1.2 Justificación.

La guanábana es una fruta muy apreciada, atribuible esto a su valor nutricional, rica en vitaminas (C, B1 y B2) y minerales (magnesio, potasio, cobre y hierro) con un alto contenido de fibra. Entre las propiedades más apreciables e importantes de esta se encuentran las diuréticas, antiinflamatorias, antioxidantes y antirreumáticas, fruta altamente considerada por sus cualidades terapéuticas y su efecto anticancerígeno (Zanin, 2019).

Razón por la cual, se tiene varias alternativas para desarrollar subproductos de calidad con alto valor agregado que satisfagan a la población. Teniéndose en cuenta que la guanábana es un fruto climatérico, muy susceptible a los cambios bruscos de temperatura, humedad relativa y composición del aire. Cuyo almacenamiento es en bodegas sin refrigeración a temperatura de 25 °C a 27 °C por periodos cortos, previéndose un consumo fresco, la durabilidad de la fruta no supera los 5 o 6 días con la óptima calidad. Siendo su carácter tan perecedero una de sus principales debilidades (FAO, 2015). Sobrepasar estos periodos de vida útil afectan la calidad e inocuidad de los productos lo cual se traduce en la pérdida de disponibilidad nutricional para la población y económicas.

Una de las técnicas empleadas en el procesamiento de frutas es en forma de concentrado en polvo de frutas, entre ellas la guanábana (Ceballos, 2008), la aplicación de esta podría dar solución al exceso de la fruta en las provincias de interés. Incluyéndose de esta forma otras opciones para fomentar el desarrollo de las comunidades. Estos concentrados se obtienen mediante la aplicación de procesos de secado, métodos empleados en la transformación de una amplia gama de productos alimenticios. Estos polvos se pueden almacenar a temperatura ambiente durante largos periodos de tiempo, sin comprometer su

estabilidad, son más económicos en cuanto a su transportación y fáciles de manejar en las plantas procesadoras que lo emplearán (Cuq *et al.*, 2011).

Este procesamiento podría llevarse a cabo por medio de las agroindustrias encargadas de las manufactura, transformación y conservación y de esta manera colaborar con el desarrollo económico del territorio. Otro aspecto que considerar es que en la actualidad la guanábana no cuenta con procesos de industrialización también presentan altos índices de desperdicios pos-cosecha y transporte. Según datos de la FAO, solo durante el proceso de pos cosecha las pérdidas alcanzan entre el 15 % y el 50 % de la producción apoyándose en los lineamientos de trabajo del país a través de nuevos emprendimientos. Aspirando a producir productos derivados de la guanábana garantizando la calidad, inocuidad y eficiencia durante todo el proceso. Permitiendo que la producción actual genere nuevas formas de comercialización para el desarrollo de procesamiento de la guanábana.

1.1.3 Objetivos.

1.1.3.1 Objetivo General.

Evaluar el proceso de secado por atomización sobre las propiedades funcionales (capacidad antioxidante y vitamina C) de la guanábana *Annona muricata* L.

1.1.3.2 Objetivos específicos.

1. Estandarizar la materia prima para la obtención del polvo soluble de guanábana.
2. Determinar los parámetros fisicoquímicos del polvo soluble de guanábana.
3. Determinar los costos de elaboración del producto final obtenido.

1.1.4 Formulación de hipótesis.

1.1.4.1 Hipótesis nula.

El proceso de secado por atomización no afecta significativamente las propiedades funcionales (capacidad antioxidante y vitamina C) de la guanábana *Annona muricata* L.

1.1.4.2 Hipótesis alternativa.

El proceso de secado por atomización afecta significativamente las propiedades funcionales (capacidad antioxidante y vitamina C) de la guanábana *Annona muricata* L.

2 Marco teórico

2.1 Origen y distribución

El nombre científico de la guanábana es *Annona muricata* L. es una fruta de la familia de las Anonáceas perteneciente al género *Annona* su origen se atribuye a varios países de América Tropical, se distinguen por presentar una gran variabilidad en cuanto a tamaños, formas y otras características fenotípicas, estas son cultivadas en la parte norte de Sudamérica en países como Colombia, Brasil, Venezuela y Ecuador (Pinto et al., 2005).

Las condiciones para su desarrollo óptimo se logran a una altitud menor de 1200 m y valores de humedad relativa en el intervalo de 60 % a 80 % (Pinto et al., 2005). En cada país se han otorgado diferentes clasificaciones botánicas para la guanábana, según su sabor, forma geométrica y características de la pulpa. (Correa et al., 2012).

Las infraestructuras ecológicas de estos frutales se encuentra a lo largo del litoral ecuatoriano. Destacándose fundamentalmente la zona sur de Manabí en la zona norte de Imbabura, Carchi y Esmeraldas.

2.2 Demanda y producción de guanábana en Ecuador

La amplia comunicación de los medios internacionales sobre los descubrimientos científicos relacionados con las propiedades anticancerígenas de la fruta creó un impacto publicitario importante, sumado al agradable sabor de esta, se obtuvo como resultado un impactante aumento en su demanda (Ecuaguanabana, 2015).

Esto ha alentado a productores, empresas ecuatorianas y emprendedoras, para producir y suministrar exitosamente la fruta guanábana en su diversidad de opciones, teniendo como premisa una

agricultura limpia, a partir de la preferencia internacional, la cual constituye la base de este negocio altamente rentable y productivo. (Ecuaguanabana, 2015).

En el Ecuador se producen anualmente aproximadamente 3,000 toneladas de guanábana fresca, según datos reportados por el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Sin embargo, esta producción en la zona norte es reducida, de ahí que sea de interés propiciar el desarrollo de este cultivo en esta área. (Bonilla, 2016).

2.3 Taxonomía de la guanábana

En la tabla 1 se muestra la taxonomía de la guanábana.

Tabla 1

Taxonomía de la guanábana (Annona muricata L.)

Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Spermatophyta
Subdivisión	Angiosperma
Clase	Dicotiledónea
Subclase	Archylamudeae
Orden	Ranales
Familia	Annonaceae
Género	Annona
Especie	Muricata

Nota: (Ecuaguanabana, 2015)

2.4 Características generales sobre el árbol y el fruto de guanábana

El árbol de guanábana se describe como robusto de entre 8 m a 12 m de altura, en el periodo de sembrado es talado durante su desarrollo, llegando a medir en esta etapa de 1,5 m a 3 m. Presenta una corteza rugosa y hojas opuestas de peciolo corto limbo papiráceo obovado - oblongo a ovado - elíptico, con largo promedio de 5 cm a 18 cm y ancho de 2 cm a 7 cm dependiendo de su variedad. La coloración de las hojas será oscura o cambiante en dependencia de la temporada del año. Sus flores tienen aproximadamente 4 cm de diámetro son pediculadas y pubescentes con 3 sépalos ovado - elípticos a ovado-triangulares con un diámetro de 3 mm a 5 mm.

Habitualmente el fruto presenta una forma curva u oblicua tal como se muestra en la Figura 1, en cuanto a las dimensiones estas varían encontrándose longitudes desde 10 cm hasta 30 cm, algo similar ocurre con el peso el cual se mueve en un intervalo desde 1 kg hasta 10 kg. La fruta está recubierta de espinas suaves y es de un color verde oscuro. La misma posee una pulpa blanca con propiedades comestibles caracterizándose por ser muy jugosa, con un aroma suave y un agradable sabor agridulce y contener una gran cantidad de semilla ovoides reniformes, de color amarillo pardusco, sus tamaños oscilan de 1 cm a 2 cm. (Ecuaguanabana, 2015).

Figura 1

Fruta de guanábana



Nota. (Malaquias, 2011)

2.5 Manejo pos cosecha del fruto de guanábana

La etapa de pos-cosecha en el proceso industrial comprende todas las acciones necesarias para garantizar al consumidor productos de excelente calidad, puesto que el mantenimiento de los productos agrícolas de corta vida útil representa un respaldo para la seguridad alimentaria de los consumidores (Bernal y Díaz, 2003).

De ahí que se establece que el manejo de los frutos debe de ser en condiciones óptimas de humedad relativa (85 % - 90 %), temperatura, envase y conservación, con el objetivo de alargar la vida útil. Estas condiciones son de suma importancia puesto que las frutas después de cosechadas se caracterizan por ser muy susceptibles a daños físicos, químicos y microbiológicos.

Las tareas relacionadas con la cosecha, clasificación, gestión de los residuos orgánicos, purificación, pre enfriamiento entre 12 °C a 15 °C, eliminación de la humedad residual, encerado,

conservación y transporte, se encuentra entre las operaciones habituales de manejo en la etapa de pos – cosecha aplicable a los frutos de guanábana (Lima et al., 2003)

2.6 Variedad guanábana brasileña

La variedad de guanábana que se cultiva en Ecuador incluso en forma casera se comercializa en su totalidad, estas difieren en cuanto a sus dimensiones, sabor y forma geométrica, siendo las de mayor preferencia las de dimensiones mediana y grande por su alto contenido de pulpa. Aunque la variedad ecuatoriana, tal como se observan en la Figuras 2 y la Figura 3, mantiene características propias como tamaños que varían entre 8 cm a 25 cm (Ecuaguanabana, 2015).

Figura 2

Guanábana ecuatoriana nacional



Nota: (Ecuaguanabana, 2015)

Figura 3

Guanábana gigante ecuatoriana



Nota: (Ecuaguanabana, 2015)

2.7 Modos de preparación de la fruta de guanábana

2.7.1 *Jugo (zummo) de fruta*

Como se establece en NTE INEN 2337 (2006) “Es el producto líquido sin fermentar, pero susceptible de fermentación, obtenido por procedimientos tecnológicos adecuados, conforme a prácticas correctas de fabricación; procedente de la parte comestible de frutas en buen estado, debidamente maduras y fresca o, a partir de frutas conservadas por medios físicos” (pág. 1).

2.7.2 *Jugo (zummo) concentrado de fruta*

Tal como se establece en NTE INEN 2337 (2006) “Es el producto obtenido a partir de jugo de fruta, al que se le ha eliminado una parte del agua en una cantidad suficiente para elevar los sólidos solubles (°Brix) en, al menos, un 50% más que el valor Brix establecido para el jugo de fruta” (pág. 1)

2.7.3 *Pulpa (puré) de fruta*

Como se establece en (NTE INEN 2337, 2006) “Es el producto carnoso y comestible de la fruta sin fermentar, pero susceptible de fermentación, obtenido por procesos tecnológicos adecuados por ejemplo entre otros: tamizando, triturando o desmenuzado, conforme a buenas prácticas de manufactura; a partir de la parte comestible y sin eliminar el jugo, de frutas enteras en un estado debidamente maduras o, a partir de frutas conservadas por medios físicos” (pág. 1).

2.8 Composición nutrimental y aplicaciones.

2.8.1 *Caracterización del fruto de la guanábana.*

Se ha realizado varias investigaciones encaminadas a la caracterización de los frutos de guanábana, así como la pulpa obtenida con y sin semilla, tal como se muestra en la Tabla 2 algunos de los resultados difieren de un autor a otro debido fundamentalmente a la variación de las especies y a la combinación de estas en el momento de elaborar la pulpa.

En cuanto a la masa obtenida de los frutos varía entre 837,8 g y 2.513 g encontrándose una proporcionalidad promedio de pulpa 71 %, cáscara 20,5 % y semilla 8,5 %. (Jiménez et al., (2016) . Obteniéndose rendimientos de la pulpa de 62 % al 82% (Ávila et al., (2012)

Tabla 2

Características de la fruta guanábana

Parámetros	Valor	Unidad	Autores
Sólidos Solubles	10,9	° Brix	(Jiménez et al., (2016) .
	14,7 – 16,2	° Brix	(Ojeda , y otros, 2007)
	13 - 24	° Brix	(Ávila et al., (2012)

pH	3,6		(Jiménez et al., (2016) .
	4,0 – 4,1		(Ojeda , y otros, 2007)
	5,33-5,68		(Ávila et al., (2012)
Acidez titulable	0,7	%	(Jiménez et al., (2016) .
	0,47 – 0,48	%	(Ojeda , y otros, 2007)
	0,67-1,04	%	(Ávila et al., (2012)
Índice de madurez	31,38 – 35,96	°Brix/Ac	(Ojeda , y otros, 2007)
Azúcares Totales	15,45 – 16,35	g/100 g	(Ojeda , y otros, 2007)
Humedad	80,07 - 80,93	%	(Ojeda , y otros, 2007)
Proteína	1,13 - 1,24	g/100 g	(Ojeda , y otros, 2007)
Grasa	0,68 – 0,79	g/100 g	(Ojeda , y otros, 2007)
Fibra cruda	0,86 - 0,86	g/100 g	(Ojeda , y otros, 2007)
Vitamina C	19,96 - 20,09	mg/100 g	(Ojeda , y otros, 2007)
	19 – 40	mg/100 g	(Ávila et al., (2012)

En un estudio llevado a cabo en 38 futas diferentes se logró identificar por el Instituto de Investigaciones Agropecuaria y del Comercio de Chile que las frutas poseen fibra dietética en su composición (Park, 2001). Lo cual fue cuantificado por estudios realizados por Rómulo y Udatasekhara (2003) en varias frutas tropicales tales como: la piña, la guanábana y la guayaba reportándose valores de 20 %, 23,61 % y 45,22 % respectivamente. Con relación a la guayaba Jiménez et al., (2001) plantea que además cuenta con un alto poder antioxidante, lo cual se le atribuye por su contenido de polifenoles extraíbles afiliados a la matriz de los elementos de la fibra en la fruta.

2.8.2 Caracterización de la pulpa de guanábana

Tal como se muestra en la Tabla 3 la pulpa de guanábana cuenta con altos niveles de vitaminas y minerales en su composición. Destacándose por su contenido de vitamina C, la cual es altamente

considerada como un nutriente que ayuda a mantener la piel y la mucosa en estado saludable, con efectos antioxidante.

Tabla 3

Caracterización de la pulpa guanábana

Nutrientes	(Onyechy et al., (2012).	(Onimawo, 2002)	(Ramírez et al., (2011)	(Vit et al., (2015)
Humedad	82,20 %	80 - 83 %		86,32 %
Energía				
Proteína		1%	4,96*	0,32 %
Lípidos	0,7 %			
Carbohidratos totales	16,30 %	14 - 18%		
Cenizas			3,62*	0,29
Azúcares Totales			52,04*	
Azúcares Reductores			47,42*	
Vitaminas				
Vitamina A	20 mg			
Vitamina B	0,07 mg			
Niacina	0,9 mg			
Vitamina C	20,6 mg			
Minerales				
Fósforo	28 mg			
Calcio	22 mg		10,70 **	
Sodio	18 mg		-	
Hierro	0,6 mg		2,3 **	
Potasio			112,20 **	

Acidez titulable	3,43%
------------------	-------

Nota: *: g/100g (base seca). ** mg/100g de porción comestible, *** g/ 100 g

2.8.3 Aplicaciones de la planta y el fruto de la guanábana

Debido a sus características nutritivas y funcionales se ha extendido el uso de la fruta de guanábana de forma natural o procesada en la producción de bebidas, helados, jarabes, jaleas, yogurt, repostería (García, 2010).

Las propiedades medicinales y anticancerígenas atribuibles a la composición de sus hojas se han aprovechado en la elaboración de té, extractos e infusiones para el alivio de síntomas y enfermedades tales como la artritis, diarrea, neuralgia, fiebres, malaria, reumatismo, diabetes. Además, se ha difundido el consumo en madres lactantes para aumentar la producción de leche materna. (Bradie y Schauss (2010).

Las semillas también presentan beneficios nutricionales y funcionales basado en sus características físico – químicas, contenido de ácidos insaturados, y térmicas lo cual favorece su explotación en la obtención de aceites potencialmente utilizable en las industrias de alimentos, cosméticas y farmacéuticas, altos consumidores de aceites vegetales naturales. (Solís et al., (2010). Es tradición el empleo de estas semillas como insecticida y carnada de pesca (Bradie y Schauss (2010).

2.9 Composición química y actividad antioxidante de la guanábana.

Actualmente la guanábana ha despertado gran interés debido a las propiedades nutricionales y medicinales encontradas en varias de sus partes. Realizada una comparación entre la composición proximal y la actividad antioxidante de la pulpa, las hojas secas y frescas, así como sus semillas se pudo constatar que los contenidos más altos de proteína, 14,77 % y grasa 25,75 % les corresponden a las semillas. Por otra parte, las hojas secas cuentan con los mayores niveles de contenido de cenizas, 7,17% mientras que la pulpa reporta los mayores valores de humedad con un 86,32 %.

En extractos etanólicos la actividad antioxidante de las partes en estudio fue mayor en comparación con el empleo de extractos metanólicos, encontrándose igual comportamiento para el contenido de flavonoides y polifenoles (Vit et al., 2015). Tal como se muestra en las Tablas 4 y 5.

Tabla 4

Contenido de flavonoides, polifenoles y proteínas de la pulpa de la guanábana

Extractos alcohólicos de guanábana	Contenido de flavonoides (mg EQ/100g)	Contenido de polifenoles (mg EGA/100g)	Contenido de proteínas (mg proteínas/100g)
Pulpa (extracto etanólico)	574,0 ±5,9	941,4 ±5,2	733,3 ±5,8
Pulpa (extracto metanólico)	480,6 ±2,5	624,2 ±11,8	589,3 ±3,5

Nota. (Vit et al., (2015).

Se reportan valores de actividad antioxidante tales como 306,6, 280,2 y 131,22 μmol equivalentes Trolox/100g respectivamente en la pulpa, hojas secas y semilla. Presentando los mayores contenidos de flavonoides (574,0 mg EQ/100g) y de polifenoles (941,4mg EAG/100g en la pulpa de la guanábana. (Vit et al., 2015).

Se atribuye la actividad antioxidante de la guanábana a la presencia de grupos hidróxido de los compuestos fenólicos (Dorado et al., 2016). La vitamina C y E, antocianinas, carotenoides, flavonoides y otros compuestos fenólicos se consideran entre los compuestos que pueden operar como antioxidantes (Correa et al. 2012).

En la Tabla 5 a continuación se muestra los valores de actividad antioxidante total en la pulpa de guanábana empleados el extracto metanólico y extracto etanólico, obteniéndose los mejores resultados al emplearse este último.

Tabla 5.

Actividad antioxidante total en la pulpa de guanábana A. muricata

Extractos alcohólicos de guanábana	Actividad antioxidante total (μmoles equivalentes de Trolox /100g de guanábana)
Pulpa (extracto etanólico)	306,0 \pm 2,3
Pulpa (extracto metanólico)	193,4 \pm 4,1

Nota. (Vit et al., (2015).

2.9.1 Componentes bioactivos en la pulpa de guanábana

En la siguiente Tabla 6 se evidencia los resultados de los niveles de polifenoles totales, carotenoides y vitamina C, determinados a la pulpa de guanábana:

Tabla 6

Componentes antioxidantes (mg/100g) en la pulpa de guanábana

Componente* (En base seca)	Guanábana
Polifenoles totales	39,57 \pm 0,043
Carotenoides	0,28 \pm 0,033
Vitamina C	33,24 \pm 0,160

Nota: (Ramírez et al., (2011)

2.10 Propiedades funcionales del polvo obtenido del fruto de guanábana

Las frutas poseen un alto valor nutricional, pero cuentan con gran inconveniente para su consumo fresco puesto que son productos muy perecederos, debido fundamentalmente a su alto contenido de humedad. Por tal motivo una buena parte de las cosechas de frutas son procesadas, una de las vías empleadas es mediante la deshidratación obteniéndose así polvos de frutas. Estos polvos constituyen una alternativa muy viable para garantizar el aprovechamiento en buena medida de las características de las frutas y alargar su vida útil.

Estos productos son empleados como productos alimenticios saludables o como ingredientes para otros alimentos ya que también ofrecen como ventajas la disminución del volumen y peso durante su transportación, almacenamiento, facilita el manejo durante su uso y garantiza una mayor vida útil (Telis et al. 2010)

Según investigaciones realizadas han confirmado que el polvo obtenido mediante la deshidratación de la fruta guanábana cuenta con niveles de fibra considerables (1,65 % - 65,64 %) aportando estas propiedades emulsificantes, así como agradable aroma y sabor, lo cual facilita su utilización en otros productos tales como postres, helados y otros (Ramírez et al. 2009)

2.11 Métodos de deshidratación (secado) de frutas.

La deshidratación es una técnica que se emplea para conservar alimentos, durante este proceso se remueve parcial o totalmente el contenido agua contenida en el alimento. Estos pueden ser deshidratados mediante diferentes métodos. Los más empleados actualmente son: el secado por aspersión o atomización, con aire caliente y la liofilización

El método secado por aspersión o atomización, con aire caliente es una de las técnicas más empleadas en los productos agroalimentarios, esta consiste hacer interactuar el alimento con una corriente de aire caliente, lográndose con esto que el agua contenida en el alimento pase el medio en forma de vapor, disminuyendo así el contenido de esta en el alimento (Fito et al., 2001). Mientras que el método por liofilización se lleva a cabo mediante la congelación el producto previamente y a continuación se deshidrata utilizando bajas presiones a temperaturas moderadas en condiciones de vacío, lográndose extraer el agua de este por sublimación.

Aun cuando este proceso de secado aporta varias ventajas en cuanto a almacenamiento, transportación y versatilidad en su utilización del producto final. Por otra parte, ocasionan cambios indeseables en los alimentos procesados, puesto que, al someterse a los alimentos a estas condiciones, sufren modificaciones en cuanto a los atributos, olor, color y aromas, así como disminución de sus valores nutricionales. De ahí que han surgido técnicas para lograr la protección de los elementos más propensos a su desnaturalización, tales como los compuestos bioactivos y mejorar la estabilidad del producto final, entre estas técnicas se encuentra la microencapsulación, la cual puede ser llevada a cabo aplicándose la coacervación (Kanhaa et al., 2021) y secado por atomización, siendo esta última una de las principales aplicaciones en la industria de los alimentos.

2.12 Secado por atomización

El proceso de secado por atomización (Spray Dryer) es un proceso por el cual un producto en su estado líquido es atomizado a una corriente de gas caliente, obteniéndose instantáneamente un polvo. El aspersor se alimenta de una fase líquida, la cual puede quedar como una emulsión. En función de la corriente de alimentación y de las condiciones de proceso como resultado del secado por aspersión se podrán obtener polvos muy finos (10 μm – 50 μm) o partículas grandes (2 mm – 3 mm) (Gharsallaoui et al., 2007).

Las características del producto final obtenido durante el proceso de secado por atomización dependerán también en gran medida de las cualidades de la corriente alimentada al equipo (viscosidad, velocidad de flujo entre otras), mecanismo de intercambio entre la corriente alimentada y el aire (flujos paralelos o a contracorriente), las condiciones del gas empleado para el secado (temperatura, presión y flujo) o el tipo de atomizador usado (Ferrari et al., 2012).

Los procesos de secado por atomización se emplean en aquellos productos sensibles al calor considerándose uno de los métodos más adecuados para el secado que contienen compuestos termolábiles tales como los extractos acuosos de plantas. (Siccha y Lock de Ugaz 1995).

La microencapsulación por secado por atomización ha sido investigada por varias décadas, siendo aplicado en varias industrias. El principio de acción de este proceso está basado en el empleo de un material encapsulante del compuesto de interés, así como su afinidad química con el encapsulante. Estos se homogenizan hasta lograr formar una corriente de alimentación al proceso de secado en función con las condiciones requeridas para el mismo y la calidad del producto final. (Rios y Gil, 2021)

Varios han sido los materiales encapsulantes que se han empleado en el proceso de micro encapsulación tales como: la maltodextrina en el zumo de sandía (Oberoi y Sogi, 2015), guayaba (Shishir y Talib 2014), así como la goma arábica en el zumo de granada (Yousefi, et al. 2011)

2.12.1 Maltodrexina en el proceso de secado por atomización

El empleo de la maltodextrina en el proceso de secado por atomización es ampliamente difundido ya entre los diferentes encapsulantes que se usan esta resulta ser la más económica y de fácil acceso. Además, desde el punto de vista funcional se logran crear mezclas incoloras de baja viscosidad a altas concentraciones, lo cual es muy viable para el secado por atomización. Otra propiedad importante es su

capacidad para formar capas protectoras que disminuyen el paso del oxígeno e incrementan la asociación y permanencia de los elementos funcionales de interés (Sakia et al., 2015).

Varios autores han estudiado el efecto del empleo de esta técnica en el secado de frutas tales como la pitahaya amarilla (Díaz et al. 2017), sandía (Oberoi y Sogi, 2015), guayaba (Shishir y Talib 2014), naranja (Arangüez y Pino 2019). Reportando en sus resultados esta técnica como viable para la conservación de elementos funcionales de interés, una vez se cumplan con las condiciones óptimas de concentración del encapsulantes y temperaturas asociadas al proceso de secado. Pudiéndose clasificar esta técnica como una alternativa adecuada para la obtención de productos con elevados valores agregados que favorezcan la estabilidad durante los periodos de almacenamiento y conservación de los elementos de interés, polifenoles y antioxidantes entre otros.

2.12.1.1 Maltodrexina.

La maltrodextrina es un componente ampliamente difundido como aditivo alimentario, este es un polisacárido no dulce que contiene unidades de sacáridos entre polisacáridos y oligosacáridos

Su papel como vehículo de secado de productos alimenticios se sitúa en tres niveles: antes del secado, como auxiliar de dispersión para evitar la aglomeración del producto en las tuberías; durante el secado, para la obtención de una granulación homogénea; y después del secado, para la dispersión del producto en agua o disolvente.

En materiales micro encapsulados, las maltodextrinas de alta DE (15 a 20) protegen el aroma contra la oxidación, sugiriendo la importancia de la DE en la funcionalidad de los sistemas de encapsulación.

2.12.2 Etapas en el secado por atomización

El secado por atomización está compuesto por cuatro fases importantes:

Atomización: Durante esta fase se persigue crear la mayor área de intercambio de calor entre el gas caliente y la corriente alimentada, con el fin de optimizar los procesos de transferencia de calor y masa. De ahí que la elección o diseño del atomizador estarán dada en dependencia de las especificaciones del producto que se requiere obtener, así como de las características de la corriente de alimentación, válido considerar que a mayor energía suministrada se formarán gotas más finas. La combinación de factores como la cantidad de energía y la velocidad de alimentación influirán de manera proporcional en el tamaño de las partículas formadas. Existiendo igual relación entre el tamaño de las partículas con la viscosidad y la tensión superficial de la corriente alimentada. (Gharsallaoui et al., (2007). Para llevar a cabo la atomización puede ser empleada la energía centrifuga o la presión. Entre los atomizadores usados se encuentran los atomizadores neumáticos, los de boquilla de presión, los de discos giratorios, los de dos boquillas y los de boquilla sónica

Contacto Spray-aire: Este se produce en el momento en el cual se inicia la etapa de secado durante la atomización. En función de la ubicación del atomizador y el aspersor de aire se podrán distinguir el flujo en paralelo o a contracorriente. Para flujos paralelos la fase líquida es esparcido en el mismo sentido del aire caliente a una temperatura de entrada en el intervalo de 150 – 220°C, evaporándose instantáneamente, como resultado del proceso el polvo seco quedará expuesto a la temperatura límite de degradación térmica (50 °C – 80 °C). Mientras que el proceso a contracorriente el flujo de alimentación se esparce en dirección contraria al aire, debido a esto el polvo es sometido a elevadas temperatura, lo que frena su utilización en productos termosensibles. Pero no obstante el método a contracorriente se considera más económico en lo que a consumos de energía se refiere (Gharsallaoui et al., 2007).

Secado: Una vez en contacto las gotas de la corriente de alimentación con el gas de intercambio se establecen el balance de temperatura y presión parcial de vapor entre las fases líquido y gas. Momento en el cual la transferencia de calor tiene lugar del aire hacia las gotas de la corriente de alimentación

esparcidas, debido a la diferencia de temperatura, entretanto la transferencia de masa se produce como resultado de la diferencia de la presión de vapor (Gharsallaoui et al., 2007).

Basado en la teoría de los procesos de secado se pueden diferenciar tres fases sucesivas. Una primera etapa que tiene lugar justo cuando el líquido contacta con el gas de intercambio, momento en el cual la temperatura de las gotas se incrementa hasta mantenerse constante, a este se le conoce como la temperatura de bulbo húmedo de aire seco, esto ocurre debido a la transferencia de calor. En la segunda etapa se produce la vaporización de las partículas a temperatura constante y a la presión parcial de vapor de agua, válido resaltar que la velocidad de transmisión del agua desde el núcleo de la partícula hasta su superficie se considera constante e igual a la velocidad de evaporación. Definitivamente, una vez que el nivel de agua de la partícula adquiere su valor crítico, formándose una capa seca en la superficie de la partícula, la velocidad de secado decrece velozmente, volviéndose dependiente de la velocidad de difusión del agua a través de la capa. El fin del proceso se establece teóricamente una vez la temperatura de la gota es igual que la del aire (Esquivel et al., 2015).

Separación del producto: Este proceso se lleva a cabo mediante un equipo tipo ciclón instalado fuera de la cámara de secado, disminuyéndose así las mermas del producto final al medio ambiente, en la base de la cámara de secado se recuperan las partículas de mayor densidad, entretanto las partículas más finas son separadas del aire húmedo una vez pasan a través del ciclón. Los secadores por aspersion están generalmente provistos con filtros empleados para deponer los polvos finos, así como lavadores químicos para eliminar el polvo restante u otro compuesto volátil. A partir de la contracción de las gotas esféricas se originan las partículas que conforman los polvos obtenidos. En dependencia de la composición, el contenido de gas de la partícula, estas pueden ser compactas o huecas. (Gharsallaoui et al., 2007).

2.12.3 Parámetros de secado por atomización

Los fundamentales factores que deben ser optimizados en el proceso de secado por atomización son: la temperatura de alimentación, temperatura de entrada y salida de aire.

Temperatura de alimentación: La viscosidad de la corriente de alimentación será modificable mediante su temperatura de entrada al proceso, aspecto que garantizará la capacidad de esta para ser uniformemente esparcida. Cuando la temperatura se acrecienta, la viscosidad y tamaño de partícula disminuyen, pero a elevadas temperaturas pueden volatilizarse o degradarse algunos de los ingredientes termosensibles existentes en la corriente de alimentación. Otro factor de importancia es la velocidad de alimentación al atomizador esta se ajusta con el objetivo de garantizar que las gotas esparcidas alcanzan los niveles de secado requeridos previamente a ponerse en contacto con la superficie de la cámara de secado (Medina et al., (2013).

Temperatura de aire de entrada: La temperatura de aire a la entrada se establecerá para no producir daños al polvo o incluir peligros en la operación. Esta temperatura es directamente proporcional a la velocidad de secado de las microcápsulas y al contenido de agua final. Para temperaturas del aire a la entrada bajas se traduce a bajas velocidades de evaporación, deformaciones de las microcápsulas con alta densidad, altos contenidos de agua, poca fluidez siendo susceptible a amontonarse (Medina et al., 2013).

Temperatura de aire de salida: Unos de los parámetros de control de secador lo constituye la temperatura en la etapa final del secado o temperatura de salida de aire, esta dependerá de la temperatura de entrada, los valores obtenidos varían de 50 °C a 80 °C para la microencapsulación de componentes con compuestos fenólicos como el té verde (Medina et al., 2013).

2.12.4 Factores del secado por atomización

Algunos de los factores que hay que considerar en este proceso de secado son:

- Características de diseño (tipo y capacidad) del equipo secador.
- Especificaciones y propiedades de la corriente de alimentación al proceso de secado.
- Características geométricas y distribución de partículas en el polvo.
- Flujo y patrón (contracorriente o paralelo) de la corriente de aire en la cámara de secado.
- Temperatura de gas empleado para el intercambio.
- Geometría de la cámara y forma de meseta del spray-aire.
- Disposición de las temperaturas dentro de la cámara.
- Tiempos de proceso de secado.
- Depósito del producto a secar.
- Mermas de energía y producto.
- Especificaciones finales del producto final.

Varias son las propiedades que se toman en cuenta para establecer las especificaciones del producto final y difieren en función de los intereses de cada investigador. Aspectos tales como el contenido de los biocomponentes de interés en el producto final (Santos et al., 2019), capacidad antioxidante, (Santos et al., 2019) contenido de vitamina C (Santos et al., 2019) (Concha et al., 2002), (Naddaf et al., 2012); propiedades físico – químicas, composición proximal, pH, acidez titulable, sólidos soluble (Concha et al., 2002), (Naddaf et al., 2012),(Avendaño y Acevedo, 2014), atributos sensoriales: color (Concha et al., 2002) entre otros tamaño de partícula, porcentaje de absorción, isoterma de adsorción y rendimiento (Concha et al., 2002).

2.13 Secado por atomización de jugos de frutas

Los concentrados sólidos obtenidos a partir de jugos de frutas representan un interés comercial debido a su amplia gama de uso en las industrias alimentarias, farmacéuticas y cosméticas. Pero, sin

embargo, la obtención de estos polvos de frutas presenta varias desventajas puesto que, debido a la alta higroscopicidad y naturaleza termoplástica de los polvos, se pueden presentar problemas durante la operación de secado tales como: adhesión a las paredes del equipo, difícil manejo, apelmazamiento dado por los altos niveles de azúcares en los jugos de entrada, entre otros. Las cantidades variadas de sacarosa, fructosa y glucosa del jugo se encuentran presentes generalmente en estado amorfo, además se caracterizan por ser muy higroscópicos, lo cual conduce a variados niveles de sorción de agua y cambios de estado de transición de fase, situación que dificulta el secado de los jugos de fruta puros durante una operación continua y por consiguiente la calidad del producto final. (Hurtado, 2003).

2.14 Operación de secado por atomización en la industria

Para el proceso de secado por atomización se acatan los mismos principios establecido en el área experimental con este fin el líquido se introduce en el equipo por medio de una bomba y se atomiza, a continuación, se elimina el disolvente por medio de una corriente de aire caliente, y como paso final los equipos utilizados en la industria presentan compartimentos de deposición de estas partículas para que al final sean recogidos en un vaso o recipiente cerrado. Los bajos tiempos de residencia que se emplean y el efecto refrigerador debido a la evaporación, posibilita trabajar eficazmente con productos sensibles a la temperatura. Este proceso presenta ventajas con relación al proceso de liofilización puesto que se obtienen mayores rendimientos, tiempo de procesamientos más cortos y menores costos.

Ventajas y desventajas del proceso de Secado por atomización.

Desventajas

- Son viables para secar productos de elevada densidad.
- De manera general no se podrán emplear aquellos equipos diseñado para obtener polvos finos si se desea como producto final grueso o viceversa.

- Se requieren altas inversiones iniciales en operación con otros mecanismos de secado continuo.
- El proceso de recuperación del producto y gestión del polvo incrementa el coste de la operación de secado.

Las principales ventajas del secado por atomización son:

- Los alimentos termosensibles, los productos biológicos y farmacéuticos se pueden secar a presión atmosférica y a bajas temperaturas.
- El secado por atomización permite la elaboración de considerables cantidades de polvo mediante la operación continua.
- Dadas las características anhidras del polvo final se logran reducir los efectos corrosivos en las superficies del equipamiento
- Se logran productos con partículas esféricas uniformes, y con una pérdida baja de los biocompuestos incorporados en la corriente de alimentación
- Permite trabajar en condiciones de temperatura de aire en intervalos de 150 °C a 600 °C lográndose valores de eficacia semejantes con otros prototipos de secadores

2.15 Costos de elaboración de productos en polvos solubles

La determinación de los recursos económicos necesarios para llevar a cabo cualquier proyecto o producción son de vital importancia ya que proporcionan información sobre la eficacia de los procesos, facilitándose así el mejoramiento continuo de los procesos en vista de lograr no solo productos de calidad sino también productos económicos para productores y consumidores.

Las empresas están obligadas a competir constantemente, y para poder permanecer en el mercado, deben gestionar los costos de producción generando estrategias que aporten a la correcta toma de

decisiones. Para estos análisis se toman en cuenta todos los costos que se generan durante el proceso de transformación de la materia prima hasta la obtención del producto final.

Varios autores plantean que la estructura del costo de producción está dada por la combinación de los costos se conforma por aspectos tales como:

Costos asociados a la materia prima, estos están vinculados con todos aquellos insumos que dan inicio al proceso productivo e interviene en este de una manera directa o indirecta; (Garrido et al., 2018) (Fernández, 2017).

Costos asociados a la mano de obra: Costos relacionados con aquellos que transforman directamente el producto, se analizan aspectos tales como los salarios básicos, las prestaciones, aportas parafiscales entre otros (Garrido et al., 2018) (Fernández, 2017).

Costos indirectos de fabricación: Aquellos costos que provienen de actividades que no están implicadas directamente en la cadena de producción, tales como arriendos, suministros de agua y luz entre otros. (Garrido et al., 2018)

Los costos de elaboración de un polvo soluble a partir de un concentrado de guanábana, es de vital importancia para ayudar a los productores del cultivo de este fruto ya que al ser una fruta perecedera tiende a dañarse a los pocos días de cosecha, por lo cual se requiere de un plan de análisis de costo – beneficio para las alternativas que se propongan con el fin de alargar la vida útil de estos frutos y con ello el aprovechamiento de sus beneficios nutricionales y medicinales, extendiendo su uso en otras industrias tales como la farmacéutica y la cosmética.

El análisis del costo beneficio se basa en un principio que compara los beneficios y los costos de un proyecto, si los primeros exceden a los segundos entrega un elemento de juicio inicial que indica su

aceptación. Si, por el contrario, los costos superan a los beneficios el proyecto de investigación no puede ser aceptado.

3 Materiales y Métodos

3.1 Localización y ubicación geográfica

El desarrollo de la investigación para la obtención del polvo soluble de la guanábana (*Annona muricata* L.) mediante el secado por atomización. Se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Bioprocesos Agroindustriales en las Unidades Edu - productivas de la carrera Ingeniería Agroindustrial de la Universidad de Técnica del Norte

3.1.1 Ubicación

En la Tabla 7 a continuación se muestra la ubicación del lugar en el cual se llevó a efecto la experimentación, así como características geográficas propias del lugar.

Tabla 7.

Ubicación del lugar donde se llevó a cabo el experimento.

Ubicación	
Provincia	Imbabura
Cantón	Ibarra
Parroquia	El Sagrario
Altitud	2239 m.s.n.m
Humedad relativa	73.9 %
Temperatura	18.4°C
Precipitación	612 mm/año
Latitud	10040258
Longitud	82°07'82"

Fuente: (Laboratorio de Geomática, 2014)

3.2 Materiales, equipos y reactivos.

En la Tabla 8 se muestran la materia prima, materiales, equipos y reactivos empleados durante la investigación.

Tabla 8

Materiales y equipos para el desarrollo de la investigación

Materia prima	Materiales	Equipos	Reactivos
Fruta:	Vasos de precipitación de 50, 100 y 500 ml	Clarificadora	
Fruta de guanábana de la variedad “ <i>gigante brasileña</i> ” de la asociación de productores de guanábana del norte (ASOPROGUAN), proveniente de la provincia de Carchi, en su estado de madurez	Balones aforados de 25ml Pipetas de 1, 5 y 10 ml Probetas Agitador Tubos de ensayo Matraces aforados de 100 y 2000 ml Papel filtro	Evaporador al vacío Secador spray dryer Refractómetro Potenciómetro Picnómetro Balanza analítica Termómetro Refrigeradora Espectrofotómetro Centrifuga	Agua destilada Metanol Metanol al 80% Fenolftaleína al 1% Hidróxido de sodio al 0.1N Reactivo DPPH Reactivo Trolox
Agente encapsulante:	Cedazos Licuadora Cuchillos Peras	Vortex Agitadores mecánicos	

3.3 Diseño de experimento

El diseño de experimental consistió en un diseño completamente al azar con dos repeticiones. Se plantearon un total de 6 tratamientos, los cuales consistieron en la combinación de los flujos de alimentación a los niveles de 14 ml/min y 20 ml/min y la temperatura de la cámara a los niveles de 160

°C, 180 °C, 200°C, identificándose cada tratamiento como se establece en la Tabla 9. Con el fin de evaluar la influencia de la combinación de estos parámetros sobre las propiedades funcionales, capacidad antioxidante y contenido de vitamina C, así como sus propiedades físico – químicas en cuanto a pH y contenido de sólidos solubles en el polvo de guanábana obtenido. Como resultado se evaluaron un total de 18 corridas experimentales que se realizaron de manera aleatoria tal como se muestra en la Tabla 10

Tabla 9

Tratamientos para evaluar sobre las propiedades funcionales y físico - químicas del polvo

Parámetros	Tratamientos					
	1	2	3	4	5	6
Flujo de Alimentación (ml/min)	14	14	14	20	20	20
Temperatura de la Cámara (°C)	160	180	200	160	180	200

Tabla 10

Diseño completamente al azar con dos repeticiones, de manera aleatoria.

Experimento	Tratamientos	Flujo de Alimentación (ml/min)	Temperatura de la Cámara (°C)
1	5	20	180
2	3	14	200
3	6	20	200
4	6	20	200
5	1	14	160
6	3	14	200
7	5	20	180
8	2	14	180
9	4	20	160
10	4	20	160

11	5	20	180
12	2	14	180
13	1	14	160
14	2	14	180
15	3	14	200
16	6	20	200
17	4	20	160
18	1	14	160

3.4 Análisis estadístico de datos.

Para determinar las diferencias entre tratamientos se realizó el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de rangos múltiples de según el método de Tukey con significancia del 5 % para seleccionar el mejor tratamiento en función de las variables respuestas. Utilizando el software Statgraphics® Centurion XVI (StatPoint Technologies, Inc., Warrenton, VA, USA).

3.5 Métodos

Para el desarrollo de esta investigación los métodos empleados se realizaron de acuerdo con cada uno de los objetivos específicos.

3.5.1 Estandarización de la materia prima para la obtención del polvo de guanábana.

Durante el proceso de estandarización se monitoreo el cumplimiento de los requisitos mínimos de calidad e inocuidad establecidos durante las etapas de selección de las frutas, preparación y acondicionamiento del jugo de guanábana. Garantizándose que las frutas empleadas en la experimentación se encontraban enteras, sanas (sin rajaduras, plagas ni enfermedades), limpias (sin presencia de materiales extraños), color típico de la especie, aspecto fresco, exentas de humedad exterior anormal y de sabores u olores extraños.

Para el proceso de análisis de las características de las frutas empleadas se determinaron como parámetros de estandarización: el pH, los sólidos solubles, la acidez titulable, el índice de madurez, el contenido de vitamina C y la capacidad antioxidante. En la Tabla 11 se muestran los métodos empleados para la determinación o cálculo de los parámetros de estandarización empleados.

Tabla 11

Métodos empleados para la estandarización de las frutas guanábanas empleadas.

ANÁLISIS	MÉTODO	NORMA	UNIDAD
pH	Determinación	AOAC Official Methods 981.12.	
	Potenciométrico	(1990)	
Sólidos solubles.	Determinación	AOAC Official Methods 932.12.	°Brix
	Refractométrico	(1990)	
Acidez titulable	Determinación	AOAC Official Method 942.15.	% de ácido cítrico
	Titulación ácido-base	(1990)	
Índice de Madurez	Cálculo	Sólidos solubles/ Acidez titulable	° Brix / % de ácido cítrico
Vitamina C	Determinación Vitamina C	Método 967.21 de la AOAC, asociación de los químicos analíticos oficiales.	mg/100 g mg de vitamina C por 100 g de muestra
Capacidad antioxidante	Determinación Espectrofotometría	Método DPPH descrito por BRAND - WILLAMS. (1995)	Trolox ($\mu\text{M/g}$ de muestra peso fresco).

Fuente: (AOAC , 1990)

3.5.2 Determinación de los parámetros físicos del polvo soluble de guanábana.

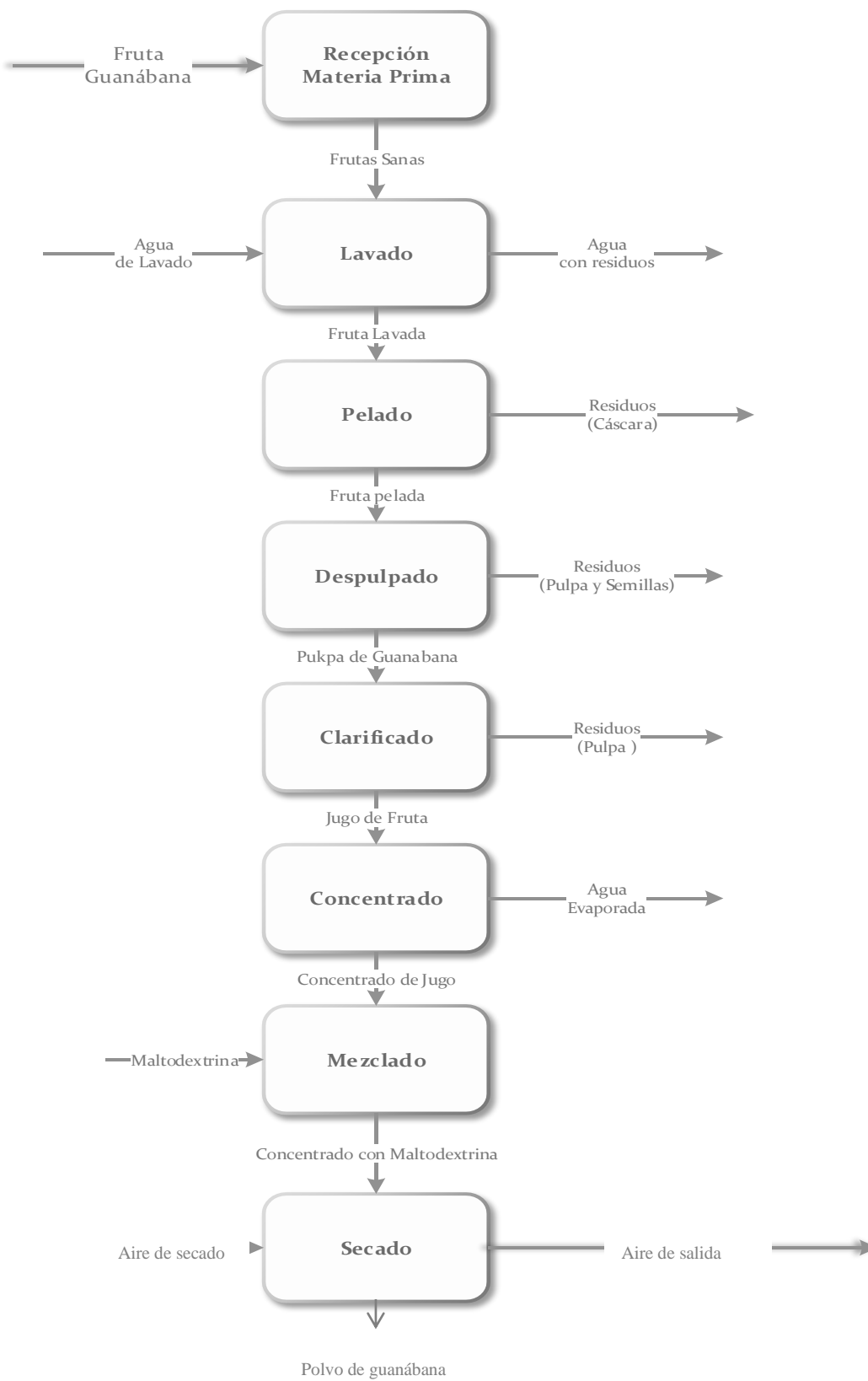
3.5.2.1 Procesamiento de la pulpa y obtención del polvo de Guanábana.

El proceso de obtención del polvo de guanábana se llevó a cabo a escala experimental, por lo que es importante destacar, que la producción a nivel industrial requerirá métodos de elaboración y de control más estrictos. A escala industrial deberá de garantizarse rendimientos de obtención de pulpas a niveles igual o superior al 55 %, contenidos de sólidos altos, atributos sensoriales intensos y cantidades mínimas de semilla en su composición.

Para el procesamiento de la pulpa y obtención del polvo de guanábana estudiado durante esta investigación se aplicaron las etapas de proceso que se muestran en el diagrama de la Figura 4 y se describen a continuación.

Figura 4

Diagrama de bloques proceso de obtención experimental del polvo de guanábana



Nota: *Elaboración de la autora*

3.5.2.1.1 Recepción de la materia prima

La fruta de guanábana empleada para la investigación una vez realizada la recepción se sometió a un proceso de inspección, verificándose que estas no presentarían síntomas de deterioro mecánico o biológico. En la Figura 5 puede observarse una muestra de las frutas empleadas.

Figura 5

Frutas de guanábanas para la obtención de polvo.



3.5.2.1.2 Lavado de la fruta

Se removieron las impurezas de las frutas mediante cepillado empleándose agua jabonosa para esta etapa y agua limpia para su enjuague.

3.5.2.1.3 Pelado de la fruta

En esta etapa se realizó el pelado y remoción del corazón de la fruta facilitándose así la siguiente etapa. Una muestra de los resultados se evidencia en la Figura 6

Figura 6

Frutas de guanábanas obtenida del proceso de lavado y pelado

**3.5.2.1.4 *Despulpado***

Se procede a hacer pasar las porciones de las frutas obtenidas a través de una despulpadora con una malla de 3 mm. Esta fase tiene el objetivo de eliminar las semillas y fibra contenida en la fruta obteniéndose de este modo pulpa de guanábana.

3.5.2.1.5 *Clarificación*

Posteriormente se clarifica la muestra haciéndola pasar por un equipo clarificador semi – industrial el cual muestra en la Figura 7 con el fin de obtener un jugo/zumo de guanábana para continuar el proceso.

Figura 7

Equipo Clarificador Semi-Industrial



3.5.2.1.6 Concentrado del jugo/zumo guanábana.

La etapa siguiente fue la concentración del jugo/zumo de guanábana para la cual se empleó un evaporador como se muestra en la Figura 8 esta etapa consiste en remover una parte del contenido de agua del jugo mediante el suministro de energía, este método es el más empleado mundialmente para lograr la concentración de jugos de frutas.

Figura 8

Proceso de concentrado del jugo de guanábana mediante el uso del evaporador



3.5.2.1.7 Mezclado (Acondicionamiento del jugo)

Posteriormente se procedió a la adición del encapsulante maltodextrina a razón de 200 g por litro de jugo de guanábana. Con esta operación se logró elevar la concentración del jugo/zumo de guanábana a 34,6 °Brix.

3.5.2.1.8 Secado por atomización del concentrado de guanábana

El jugo concentrado tal como se muestra en la Figura 9, se llevó a la etapa de secado, empleándose un secador por pulverización FT80, el cual se observa en la Figura 10, este utiliza los principios de un atomizador de flujo a contracorriente, donde el fluido atomizado, jugo de guanábana y el aire secante

entran en diferentes direcciones. Para su uso se siguieron las especificaciones e instrucciones que se plantean en el Anexo A

Figura 9

Jugo de guanábana clarificado y concentrado.



Figura 10

Torre de secado por pulverización FT -180



El proceso se llevó a cabo bajo las condiciones establecidas por los parámetros de especificación del proceso de secado por atomización en que se muestran en la Tabla 12 a continuación.

Tabla 12

Parámetros de especificación para el proceso de secado de atomización

Parámetros de especificación	Características	Valor	Unidad
Índice químico de madurez de la fruta	Sólidos solubles inicial	17,65	°Brix
	Acidez titulable	0,858	% ácido cítrico
	pH	4,00	----
Adición de maltodextrina	Maltodextrina	200 g / 1 L de jugo	----
	Sólidos solubles final	40,00	°Brix

Una vez cumplido todas operaciones para la obtención del polvo de guanabana se obtienen como resultado el polvo de guanabana que se muestra en la Figura 11 a continuación

Figura 11

Polvo de guanábana obtenido durante el proceso de secado



3.5.2.2 Métodos y parámetros físicos para la caracterizar el polvo soluble de guanábana obtenido.

Al polvo obtenido durante el proceso de secado en cada una de las corridas experimentales se le determinaron sus propiedades funcionales, capacidad antioxidante y contenido de vitamina C, así como de sus propiedades físico – químicas, pH y contenido de sólidos solubles. Para los cual se empelaron los métodos que se exponen en la Tabla 13 y Tabla 14 a continuación.

Tabla 13

Métodos de determinación de la capacidad antioxidante y contenido de Vitamina C

Análisis	Método	Norma	Unidad
Capacidad antioxidante	Espectrofotometría	Método DPPH descrito por BRAND-WILLAMS. (1995)	Trolox (μ ,mol/g)

Vitamina C	Vitamina C	Método 967.21 de la AOAC, asociación de los químicos analíticos oficiales.	mg/100 g
------------	------------	--	----------

Nota. (Brand Williams, 1995); (AOAC , 1990)

Tabla 14

Métodos de determinación de sólidos solubles y pH

Análisis	Método	Norma	Unidad
Sólidos solubles	Refractométrico	NTE INEN 380	°Brix
pH	Potenciometría	AOAC 981.12	

Nota. (AOAC , 1990); (NTE INEN, 2012)

3.6 Determinación de los costos de elaboración del producto final obtenido.

El estudio se hizo en términos de costos directos asociados a los costos de producción para las condiciones experimentales evaluadas teniéndose en cuenta los costos de mano de obra, materias primas, materiales consumibles y otros servicios. Para la obtención de los datos a emplear se usaron los resultados obtenidos experimental en cuanto a las corrientes del proceso, además se tomaron en cuenta valores aportados por otras fuentes de información. Para los cálculos se emplearon hojas de Excel de Microsoft Office 2013. Además, se realizó un breve análisis sobre la relación entre de las principales condiciones operacionales, las propiedades físico – químicas y funcionales y los costos asociados al proceso de secado por atomización.

4 Resultados y Discusión

4.1 Estandarización de la materia prima para la obtención del polvo de guanábana.

Se procedió a realizar los análisis físico - químicos previstos a la materia prima, fruta de guanábana, con el objetivo de estandarizar las características de la corriente de entrada al proceso de secado por atomización, puesto que este constituye un parámetro de operación que influye de manera significativa en el producto final. Planteándose como parámetros de estandarización los valores de pH, sólidos solubles, acidez titulable, índice de madurez, contenido de vitamina C, así como la capacidad antioxidante.

En la Tabla 15 se muestran los resultados obtenidos una vez realizados los análisis para la caracterización de la fruta empleada en cuanto a parámetros físicos – químicos y funcionales.

Tabla 15

Análisis físicos y químicos de la guanábana (Annona muricata L.)

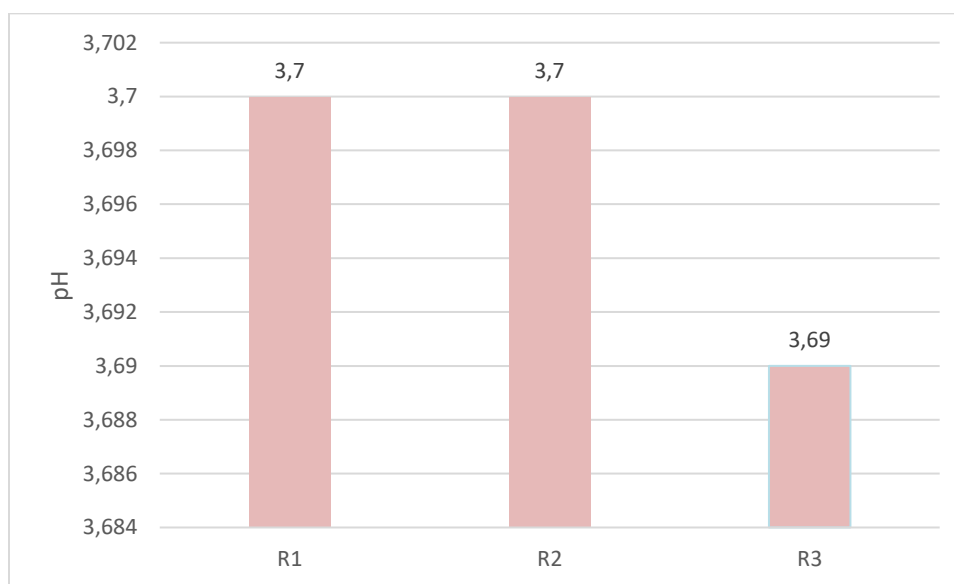
Materia prima	pH	Sólidos solubles	Acidez titulable	Índice de madurez	Vitamina C	Capacidad antioxidante
Zumo de guanábana	3,69	17,27 °Brix	1,08 %	16,01 °Brix/%	18,98 mg/100g	5,58 μmol/g de peso

4.1.1 Estandarización en cuanto al valor de pH.

En la Figura 12 se muestran los datos de pH obtenidos a las muestras evaluadas poseen una media de $3,69 \pm 0,01$ reportándose como valores máximo y mínimo de 3,69 y 3,70 respectivamente, en comparación con estudios anteriores estos valores son similares al promedio de 3,69 reportado por Jiménez et al., (2016) y ligeramente superiores a otras futas tales como la toronja (3,12) (Huertas y Moreno, (2015), naranja (3,4) (Cahuaya, 2017), kiwi (3,41) (Martinez, 2015), arándano 3,40 (Arteagra y Arteagra, (2016).

Figura 12

Resultados de pH en las muestras guanábana (Annona muricata L.)



Nota: R1, R2, R3: muestreos de las frutas de guanábana

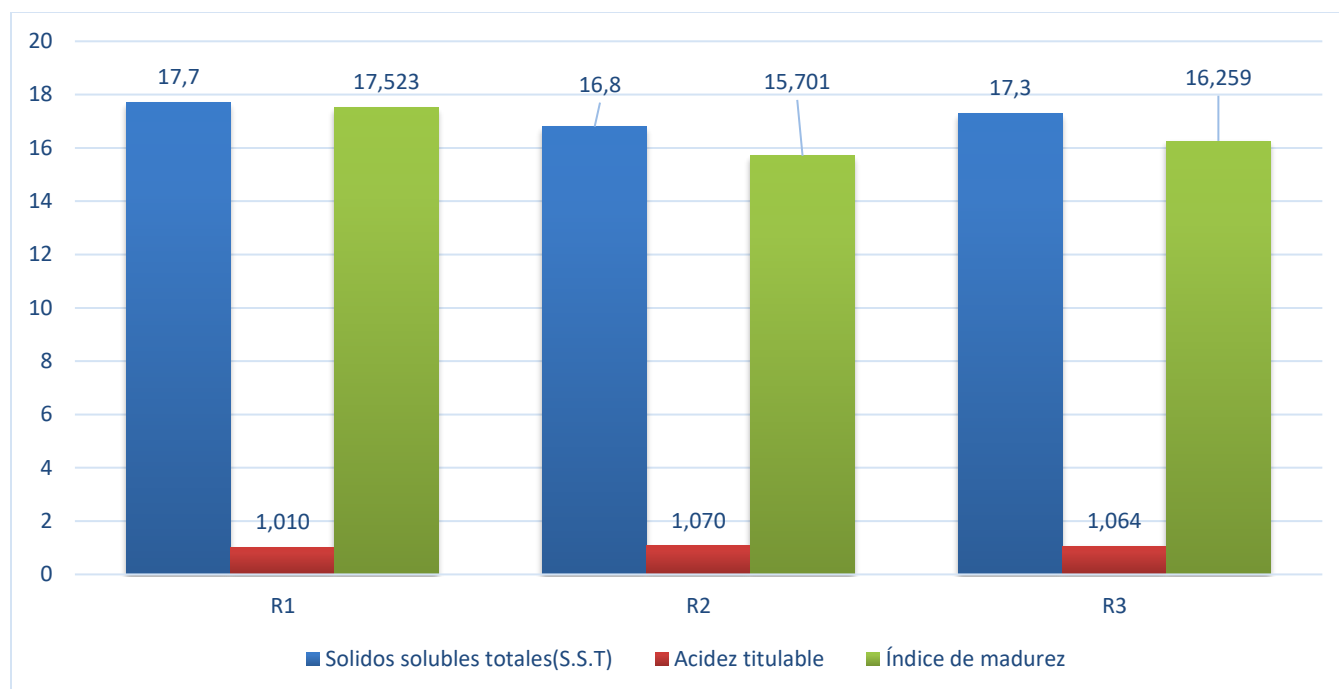
El Ministerio de Agricultura de Brasil, (1999) establece 3,5 como valor mínimo de pH para la guanábana, siendo el valor medio obtenido durante esta investigación superior. La variación de los valores se debe fundamentalmente a la diversidad de especies lo que se traduce en diferencias en cuanto a la composición química y física de cada una de estas.

4.1.2 Estandarización de sólidos solubles, acidez titulable e índice de madurez.

A continuación, se muestran en la Figura 13, el contenido de sólidos solubles, la acidez titulable e índice de madurez encontrado en la fruta de guanábana.

Figura 13

Contenido de sólidos solubles, la acidez e índice de madurez en la fruta



Nota: R1, R2, R3: muestreos de las frutas de guanábana, **Sólidos solubles:** °Brix, **Acidez titulable:** %, **Índice de madurez:** °Brix/ %,

Los resultados obtenidos en cuanto al contenido de sólidos solubles arrojan como valor mínimo 16,8 °Brix y máximo 17,78 °Brix con un promedio de $17,27 \pm 0,37$ °Brix, estos son altos en comparación con los reportados por Borrero et al., (1995) el cual plantea que la guanábana en su madurez fisiológica consigue valores de 7,0 °Brix, mientras que Paul et al., (2011) logra valores de 10 °Brix y 16 °Brix tres días después de la cosecha de las frutas. Mientras que Terán et al., (2019) reportó valores que superaban los 20 °Brix. Por otra parte, Do Sacramento et al., (2003) determinó en algunas secciones de Brasil valores

entre 12,1 °Brix y 13,8 °Brix cumpliendo así con lo establecido por el Ministerio de Agricultura de Brasil (1999) el cual indica que el mínimo de sólidos solubles de la guanábana para su consumo es de 9 °Brix. A lo largo del desarrollo y maduración de una fruta, se transforman los almidones en azúcares, de ahí que con el avance del proceso de maduración aumenten los niveles de azúcares y con ellos los sólidos solubles. De esta manera y como resultado de esta investigación puede plantearse que la guanábana de variedad gigante brasileña en su estado de madurez comercial posee altos porcentajes de sólidos solubles en su composición.

De acuerdo con el análisis de la acidez titulable se obtuvo como resultados mínimo y máximo respectivamente de 1,064 % y 1,101%, son valores altos, comparando con los reportados por Jiménez et al., (2016) el cual determinó que la acidez titulable promedio fue de 0,70 para la fruta guanábana mientras que Arteagra y Arteagra, (2016) indica $0,74 \pm 0,010$ % para la fruta de arándano.

El índice de madurez (relación entre los sólidos solubles y acidez titulable), nos arroja un promedio de $16,01 \pm 0,23$. Este resultado promedio es similar en comparación con el valor de 16,21 reportado por Méndez et al. (2016). Mientras que Pinzo et al., (2007) reporta valores de 2,08 a 4,34 para fruto de la gulupa, por lo cual podría plantearse que este parámetro dependerá en buena medida de la composición de las frutas y del tiempo pos cosecha de ahí la importancia de identificar este parámetro tomándose en consideración que la relación entre los sólidos solubles y la acidez titulable influye en el sabor del fruto y los jugos, ya que el contenido de azúcares y los niveles de ácido en el fruto deben de ser lo suficientemente elevado para satisfacer el gusto de los consumidores.

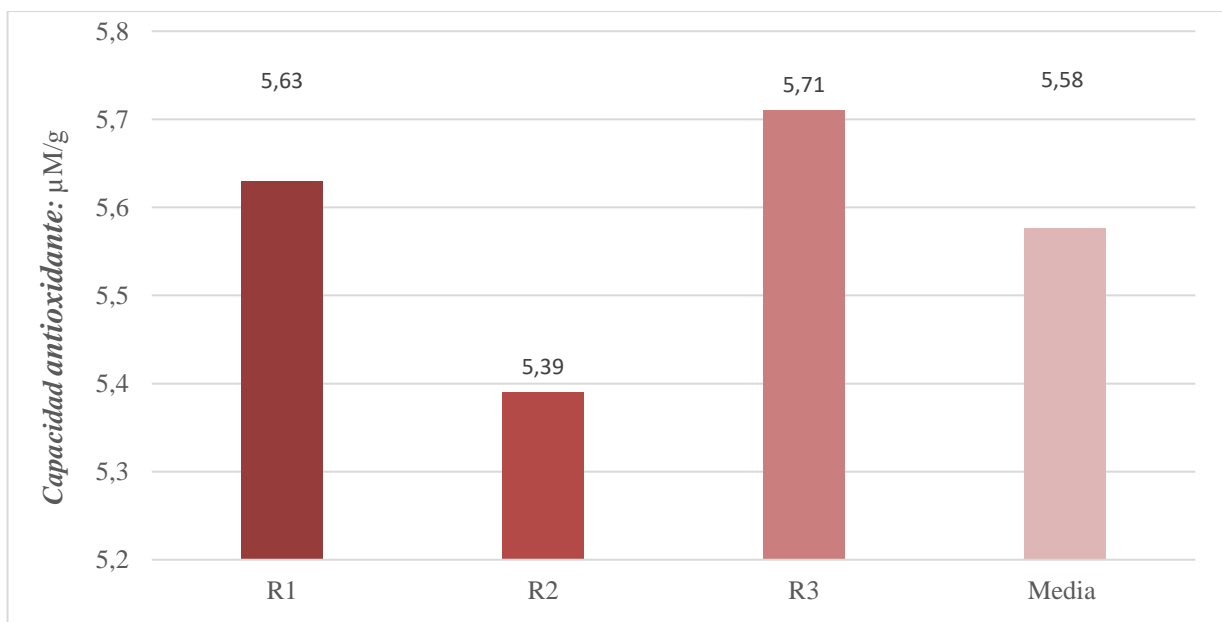
4.1.3 Estandarización de la capacidad antioxidante en la guanábana.

La capacidad antioxidante de las frutas se incrementa con la madurez de la fruta, lo cual se traduce en un aumento de los contenidos de fenoles totales, ácido ascórbico, licopeno, carotenos entre otros. Dado que durante el proceso de maduración se generan procesos de biosíntesis donde se forman todos estos compuestos bioactivos, que al encontrarse en mayor cantidad en el fruto le aportan a este una mayor capacidad antioxidante (Repo y Encina, (2008).

Durante el proceso de estandarización de las frutas de guanábana se identificó como valor medio de la capacidad antioxidante $5,58 \pm 0,14$ con valores mínimo y máximo de 5,39 y 5,71 respectivamente tal como se muestra en la Figura 14. Otros autores han reportado resultados similares para el fruto de guanábana tal es el caso de Kuskoski et al., (2005) con $4,5 \pm 1,4$.

Figura 14

Capacidad antioxidante de la fruta de guanábana.



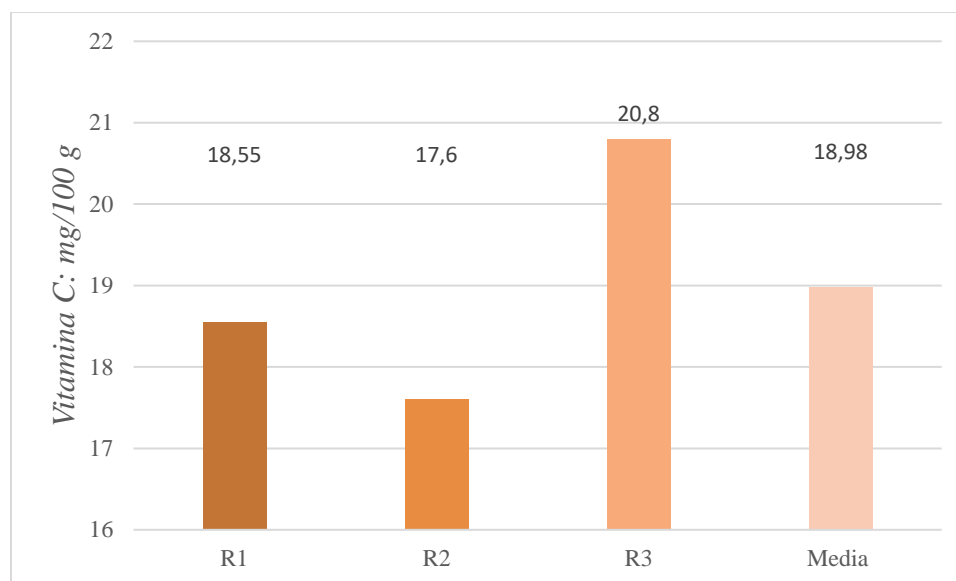
Nota: R1, R2, R3: muestreos de las frutas de guanábana

4.1.4 Estandarización del contenido de vitamina C en la guanábana.

En la Figura 15, se detalla los resultados conseguidos a partir del análisis de contenido de vitamina C realizados a la fruta de guanábana.

Figura 15

Contenido de vitamina C en la fruta de guanábana (Annona muricata L.)



Nota: R1, R2, R3: muestreos de las frutas de guanábana

Con respecto a la figura anterior, se puede observar que los resultados varían desde valores mínimos 17,60 a valores máximos de 20,80 teniendo un valor promedio de 18,98 mg/100 g. Los autores Clamens et al., (2014) reportan un valor de medio de 14 mg/100g, las diferencias pueden estar dadas debido a las condiciones ambientales del cultivo, los niveles de desarrollo fisiológico y madurez de la fruta. Repo y Encina, (2008), reporta valores de diferencias entre los contenidos de contenido de vitamina C para las frutas aguaymanto ($43,3 \pm 0,5$), papaya de monte ($31,41 \pm 1,3$), tomate de árbol $16,09 \pm 1,6$ y la troja $22,75 \pm 0,6$ expresado en mg ácido ascórbico / 100 g muestra.

4.2 Determinar los parámetros fisicoquímicos del polvo soluble de guanábana.

En el Anexo B se reportan la matriz de los datos que relaciona los tratamientos previstos y los resultados de las variables respuestas obtenidas durante la realización de las corridas experimentales según diseño de experimento aplicado.

4.2.1 Efecto de los tratamientos previstos sobre pH

En el Anexo C se muestran los valores obtenidos una vez aplicada el análisis de varianza (ANOVA) a los valores de pH de las frutas y los tratamientos propuestos.

Los resultados estadísticos se resumen para el parámetro pH, reportándose entre los tratamientos, como valores mínimos $3,18 \pm 0,03$ y máximo $3,47 \pm 0,02$ correspondiente a los identificados como 6 y 3 así como al 4 respectivamente. Es de interés los valores obtenidos de sesgo y curtosis estandarizados, los cuales al encontrarse dentro del intervalo de -2 a $+2$ indican que no existen desviaciones significativas de la normalidad, pudiéndose plantear que las muestra proviene de una distribución normal. Esto puede ser corroborado de manera gráfica mediante la línea de distribución normal que se muestra en gráfico histograma y distribución normal en el Anexo D ya que esta presenta una forma de campana, con pico y es simétrica alrededor de la media.

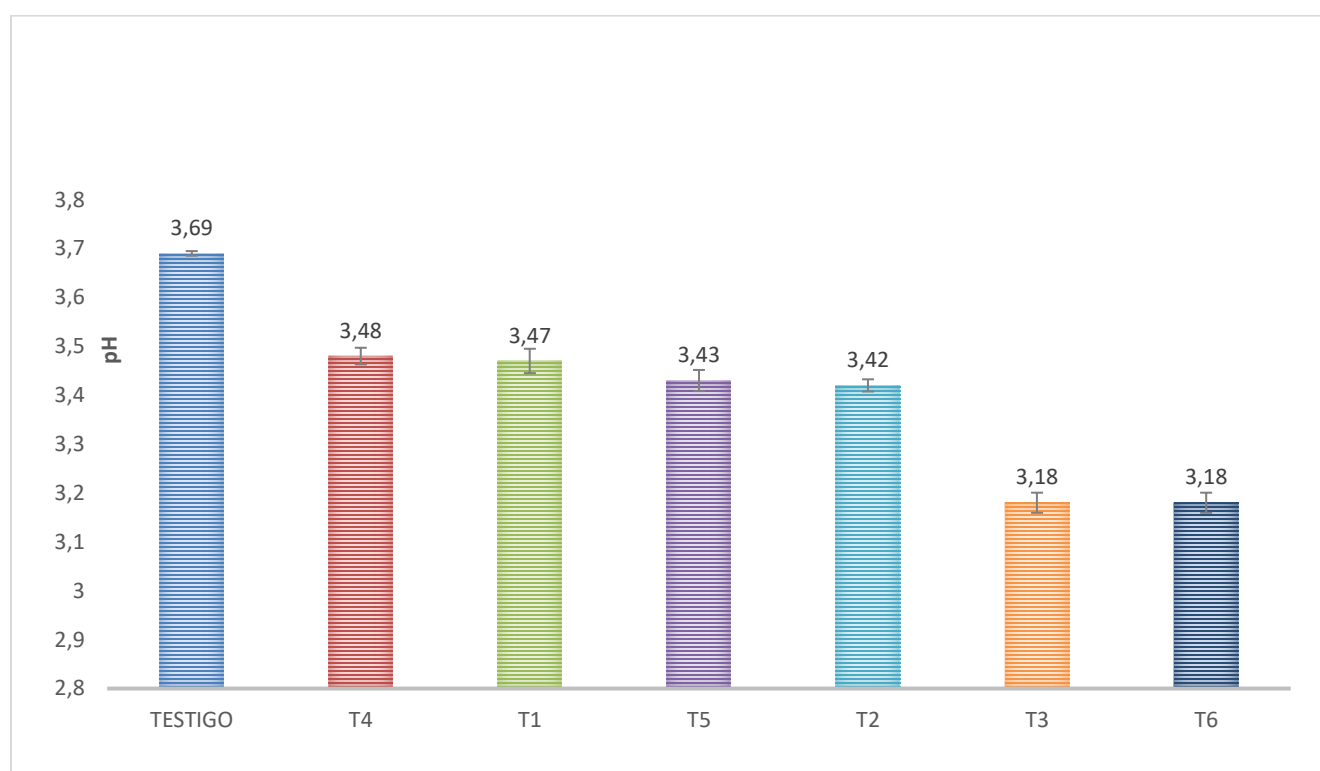
Aplicado el análisis de varianza (ANOVA) se pudo comprobar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los tratamientos con un nivel de confianza del 95. 0% ya el valor $-P$ (0,0000) de la prueba F es menor que 0.05, tal como se muestra en el Anexo C. Pudiéndose plantear que los tratamientos provocan en efecto significativo sobre el valor de pH obtenido una vez concluido el proceso de secado bajo las condiciones previstas.

En el Anexo C se muestran los resultados alcanzados una vez aplicado el procedimiento para identificar cuales medias difieren unas de las otras, formándose un total de 2 grupos, no existiendo

diferencias estadísticamente significativas entre aquellos tratamientos que compartan un mismo grupo. Estos se encuentran formados por el grupo a: tratamientos 3 y 6; grupo b: tratamientos 1, 2, 4, 5; obteniéndose los valores más altos de pH en este último grupo mientras que los valores más bajo corresponden a los tratamientos del grupo a.

Figura 16

Gráfico comparativo Testigo - Tratamientos, parámetro pH.



Nota: T – tratamientos. Nivel de significancia (α) de 0.05.

En la Figura 16 se muestran los valores de pH obtenidos en la fruta y en los polvos obtenidos como resultado de cada uno de los tratamientos aplicados, aun cuando se evidencia una disminución de los valores de pH, obteniéndose polvos más ácidos en cuanto a la fruta puede plantearse que se reportan estabilidades similares a las reportadas por González et al., (2011) y Quek et al., (2007) en polvos de

sandía obtenidos por secado por atomización a temperaturas superiores a 175°C así como por Palomares et al., (2015) en polvo de guanábana.

Cuastumal et al (2016) en su estudio con el fin de identificar los efectos de los tratamientos térmicos sobre las propiedades de tres frutas tropicales muestra cómo se observaron variaciones del comportamiento de una a otra tal es el caso de la fruta guayaba la cual sufrió una disminución de los valores de pH ante los tratamientos térmicos, mientras que el mango presentó un aumento de este valor.

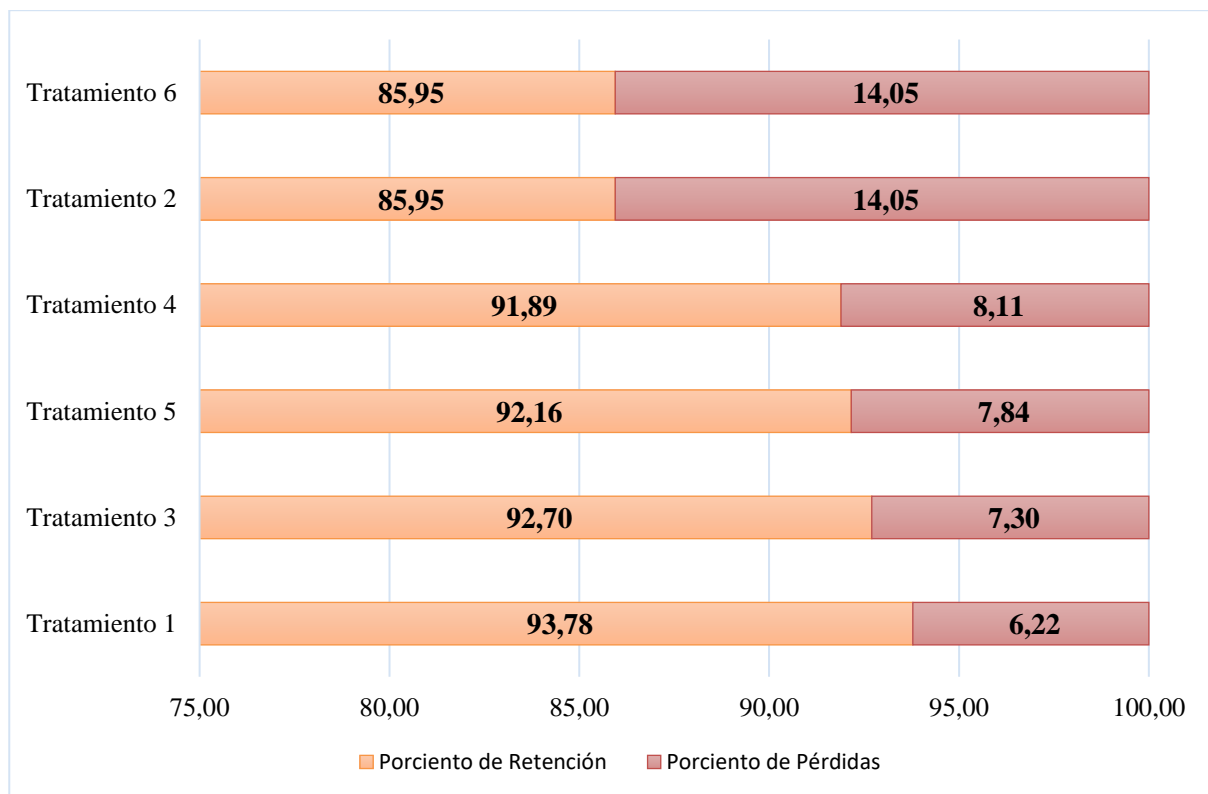
Lo que nos sugiere que la composición y propiedades fisicoquímicas de la fruta podrían estar influyendo en el comportamiento del pH ante tratamientos térmicos. Estos cambios pudieran estar asociados en alguna medida a los procesos de los compuestos orgánicos cuando la matriz biológica es afectada por tratamientos térmicos.

Mientras que otros autores reportan el efecto significativo de los parámetros temperatura de secado velocidad del aire de secado e índice de madurez sobre la disminución del contenido de pH y humedad sobre láminas de carambola sometido a un proceso de deshidratación. (German, 2017)

Se seleccionaron como mejores tratamientos aquellos que presentaron valores de pH más próximos a los reportados por la fruta en función de los mayores porcentaje de retención y por consiguiente menores pérdidas en la Figura 17 a continuación se muestra una gráfica del comportamiento de estos porcentajes para el parámetro pH.

Figura 17

Gráfico de porcentajes de retención y pérdidas por tratamientos, pH



En la gráfica se evidencia que los mejores tratamientos en cuanto al parámetro pH son el tratamiento 1, tratamiento 3 y tratamiento 5 con valores de porcentaje de retención de 93,78 %, 92,70 % y 92,16 % respectivamente y con porcentajes de pérdidas inferiores en todos los casos al 10 %. Valores muy similares a los reportados por (Copa, 2021) con 94,40 % de retención y 5,60 % de pérdida en el secado de la fruta arazá y superiores a los reportados por González y Hernández, (2015) para el polvo de guanábana con un porcentaje de retención de 88,89 % y el 11,11 % de pérdida.

4.2.2 Efecto de los tratamientos previstos sobre sólidos solubles

En el Anexo E se muestran los valores obtenidos una vez aplicada el análisis de varianza (ANOVA) a los valores de sólidos solubles de los tratamientos propuestos.

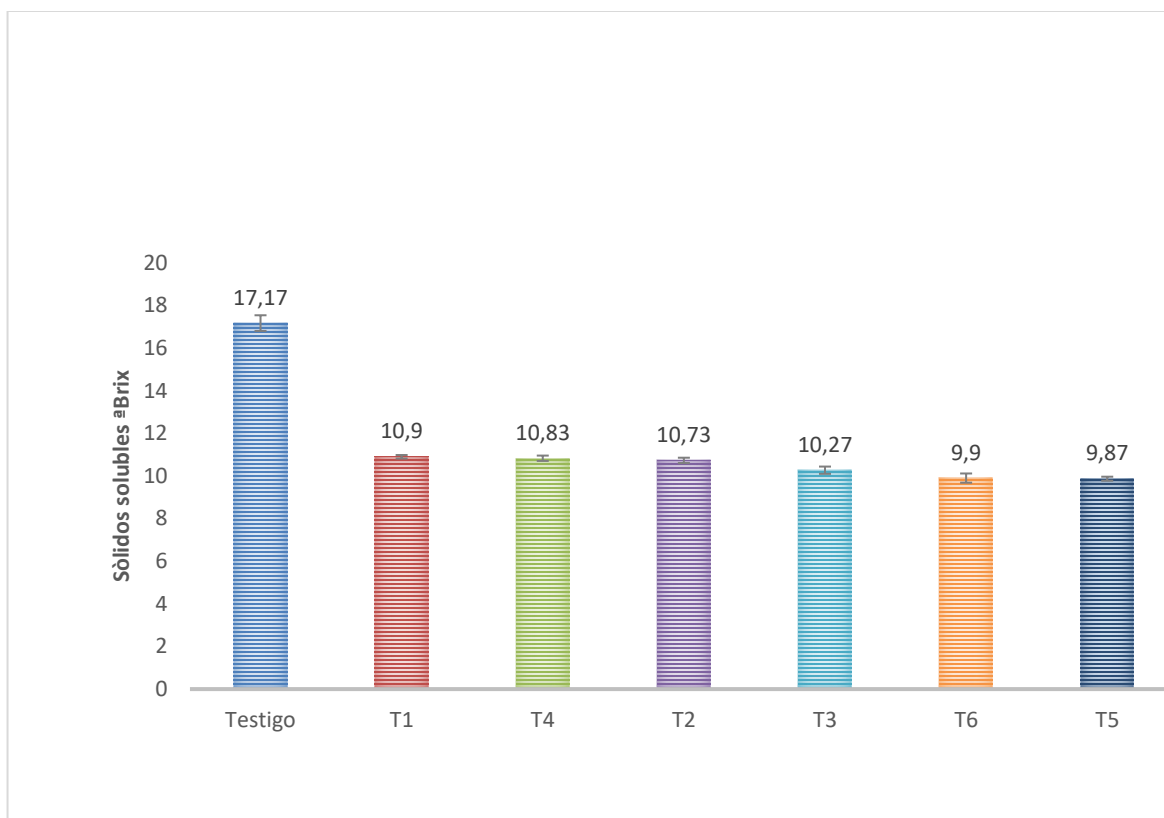
Los resultados del contenido de sólidos solubles reportan como valor mínimo 9,90 °Brix correspondiente al tratamiento 6 mientras que el valor máximo es atribuible al tratamiento 1 con 10,90 °Brix. Los valores de sesgo y curtosis estandarizados se encuentran dentro del intervalo de -2 a 2 indicando que las muestras provienen de una distribución normal, lo cual es confirmado gráficamente mediante el Anexo F al demostrarse que el histograma exhibe forma de campana y es simétrica en el entorno de la media.

Durante el análisis de varianza (ANOVA) se pudo demostrar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los contenidos de sólidos solubles entre uno y otro tratamiento con un nivel de confianza del 95,0% ya el valor $-P$ (0,0000) de la prueba F es menor que 0,05, tal como se muestra en el Anexo E. Pudiéndose plantear que los tratamientos provocan en efecto estadísticamente significativo sobre el valor del contenido de los sólidos solubles de los polvos de guanábana obtenidos una vez aplicados los regímenes de secado por atomización propuestos en esta investigación.

Una vez aplicado el procedimiento para determinar cuáles medias difieren de otra entre cada uno de los tratamientos, se identificaron tal como se muestra en el Anexo E la formación de un total de 3 grupos estructurados de la siguiente manera grupo a: tratamientos 5, 6 y 3; grupo b: tratamientos 3 y 2; grupo c: tratamientos 2 y 1, no existiendo diferencias estadísticamente significativas entre aquellos tratamientos que compartan un mismo grupo. Consiguiéndose los resultados de sólidos solubles más altos en el grupo c y los más bajos en el grupo a.

Figura 18

Gráfico comparativo Testigo - Tratamientos, parámetro de sólidos solubles.



Nota: valores promedios sólidos solubles: °Brix: T – tratamientos. Nivel de significancia (α) de 0.05.

En la Figura 18 se muestran los valores de sólidos solubles determinados en las frutas y los polvos obtenidos durante los diferentes tratamientos de secado por atomización, en la misma se observa como en todos los procesos se produjo una disminución de los sólidos solubles, de hasta 42,85 % tal es el caso del tratamiento 5, considerándose que los sólidos se componen por azúcares, sales, ácidos y otros compuestos solubles, siendo los azúcares los de mayor representatividad. Las pérdidas podrían deberse a la degradación de los azúcares como la glucosa o la fructosa, ya que estos compuestos se descomponen a altas temperaturas con mayor facilidad.

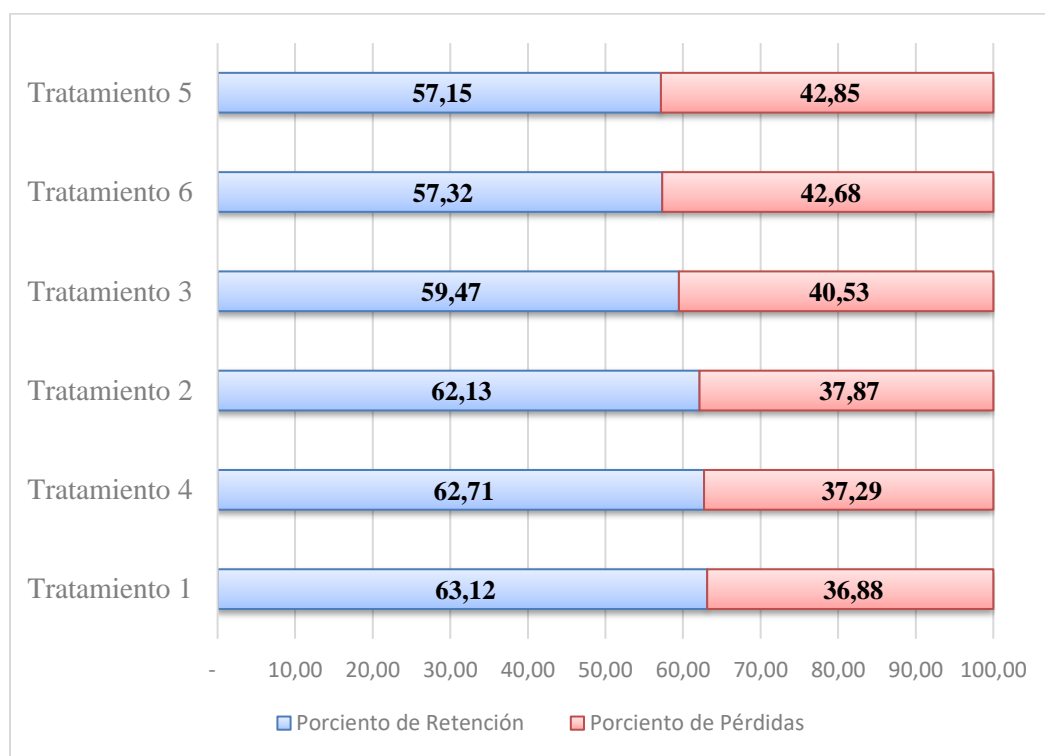
También podría tratarse de una deficiente encapsulación debido a una baja proporción del agente encapsulante, quedando azúcares sin protección y susceptibles a ser eliminados. Los datos obtenidos en esta investigación se encuentran en el intervalo reportado por Naddaf et al., (2012), de 10,24 °Brix a 14,50 °Brix empleando el secado por aspersion del jugo de naranja en un intervalo de temperatura de 132 °C a

75°C, también similares $10,90 \pm 0,10$ °Brix a los obtenidos por Arteagra y Arteagra, (2016) para la fruta de arándano.

Se distinguieron como mejores tratamientos los que presentaron valores de sólidos solubles más cercanos a los reportados por la fruta en función de los más elevados porcentos de retención y por consiguiente mínimas pérdidas en la Figura 19 a continuación se muestra un gráfica del comportamiento de estos porcentajes para la propiedad sólidos solubles.

Figura 19

Gráfico de porcentaje de retención y pérdidas para la propiedad sólidos solubles.



En el gráfico se evidencia que los mejores tratamientos en cuanto al parámetro sólidos solubles son el tratamiento 1, tratamiento 4 y tratamiento 2 con valores de porcentaje de retención de 63,12 %, 62,71 % y 62,13 % respectivamente y con porcentajes de pérdidas de 36,88 %, 37,28 % y 40,53 % respectivamente. Estos valores difieren a los reportados por otros autores, pero esto pudo haber estado

provocado por la diferencias en las condiciones experimentales tal es el caso de Naddaf et al., (2012) en la naranja quien reporta niveles superiores lo cual pudo estar influenciado por las adición porcentajes superiores de maltodextrina (5 % y 7%) a los reportados por este estudio (2 %).

Lo mismo ocurre con los reportes de Cortes et al., (2012) para la caña panelera, empleándose en este estudio una concentración de maltodextrina del 20 % reportando valores de retención superiores al 100 % si se comparan los jugos naturales sin adición de maltodextrina como el caso de investigación.

4.2.3 Efecto de los tratamientos previstos sobre la capacidad antioxidante

En el Anexo G se muestran los valores obtenidos una vez aplicada el análisis de varianza (ANOVA) a los valores de capacidad antioxidante de los tratamientos propuestos. Los valores de capacidad antioxidante correspondiente para cada tratamiento, pudiéndose determinar que se encuentran en un intervalo de 1,47 $\mu\text{mol/g}$ a 3,19 $\mu\text{mol/g}$. Con valores mínimo y máximos de 1,92 $\mu\text{mol/g}$ y 2,90 $\mu\text{mol/g}$ correspondiente a los tratamientos 3 y 6 respectivamente, con valor medio de $2,47 \pm 0,50 \mu\text{mol/g}$.

Las muestras provienen de una distribución normal, esto lo demuestra los valores de sesgo y curtosis estandarizada dentro del intervalo establecido para la normalidad, además desde el punto de vista gráfico tal como se muestra en el Anexo H el histograma obtenido presenta una forma acampanada y la curva de distribución se encuentra en torno a la media asimétricamente.

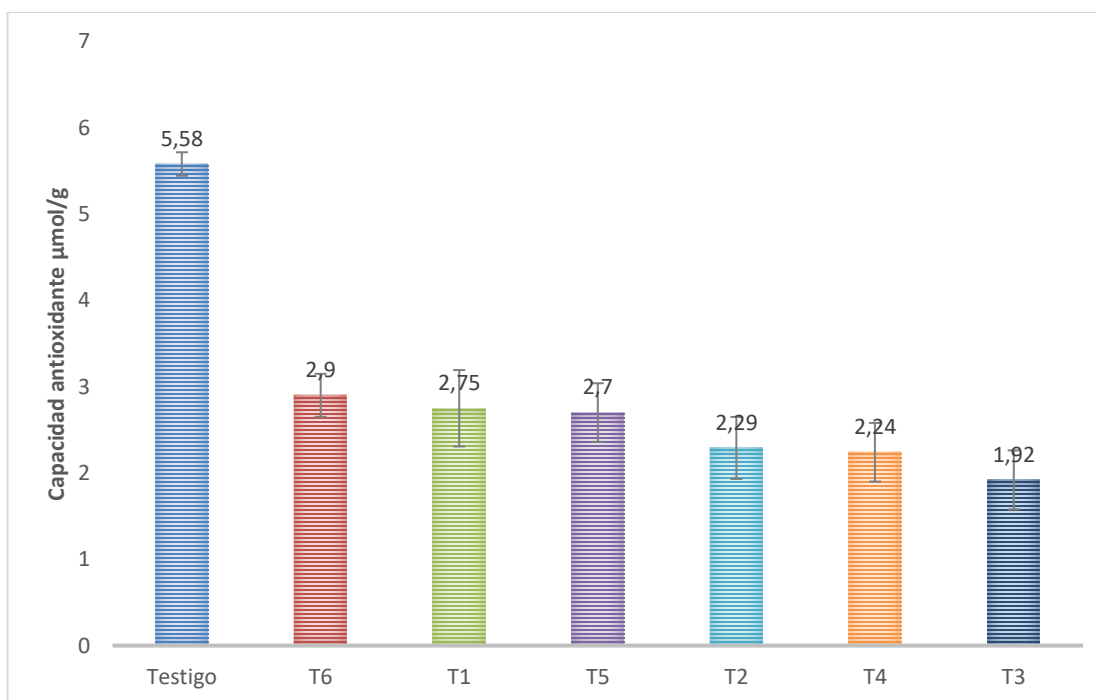
El análisis de varianza (ANOVA) arrojó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los datos de capacidad antioxidante entre uno y otro tratamiento con un nivel de confianza del 95,0% ya el valor $-P$ (0,1097) de la prueba F es mayor que 0,05, tal como se muestra en el Anexo G. Pudiéndose plantear que los tratamientos analizados no presentan efecto estadísticamente significativo de uno a otro sobre el valor de la capacidad antioxidante de los polvos de guanábana obtenidos una vez aplicados las condiciones de secado por atomización analizadas en este estudio.

Arrazola et al., (2014) obtuvo como resultado que el porcentaje del microencapsulante empleado (maltodextrina) incide de manera significativa sobre la capacidad antioxidante no ocurriendo así con la temperatura a 170 °C y 180 °C. Estos resultados coinciden con los reportados por Bakowska-Barczak y Kolodziejczyk (2011) quienes no reportan diferencias significativas en la capacidad antioxidante de los polvos, de 8,3 a 9,1 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ polvo durante el proceso de secado por aspersión de jaboticaba usándose maltodextrina como microencapsulante obteniéndose niveles de pérdidas 8,79 %, muy similares a los reportados en esta investigación.

Aun cuando no existen diferencias significativas entre un tratamiento y otros estos si difieren del valor inicial reportado en la fruta tal como se muestra en la Figura 20, en la cual se puede observar que todos los datos de este parámetro disminuyeron con relación a la fruta.

Figura 20

Gráfico comparativo Testigo - Tratamientos, parámetro capacidad antioxidante



Nota: valores promedios, T – tratamientos Nivel de significancia (α) de 0.05.

En la Figura 20 se evidencia la pérdida de la capacidad antioxidante con la aplicación de estos tratamientos reportándose como pérdida máxima 65,59 % asociada al tratamiento 3, mientras que la menor se obtuvo con el tratamiento 6 siendo esta de 48,02 %. Tonon et al., (2010) reporta disminuciones de la capacidad antioxidante de 5,2 % y 12,0 % una vez aplicado el proceso de secado por aspersión para el jugo acai a condiciones de 140 °C de temperatura de proceso. Mientras que Georgetti et al., (2008) para extracto de soya a temperaturas de operación de 150 °C reporta la pérdida del 45,45 % de la actividad antioxidante.

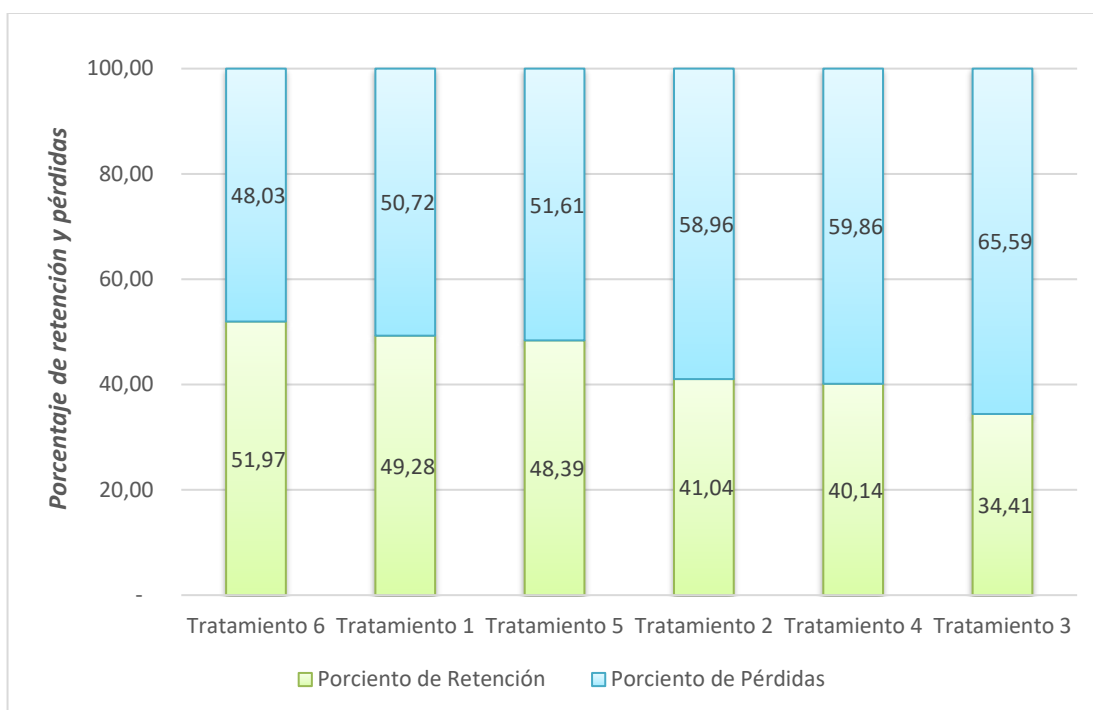
Los resultados obtenidos durante esta investigación podrían estar en correspondencia con lo planteado por Jiménez et al. (2011) quienes trabajaron con jugo de arándano usando maltodextrina como encapsulante determinando que la capacidad antioxidante se puede preservar usando intervalos de temperatura de secado superiores a los 80 °C o 90 °C, resultados similares fueron reportados por Krishnaiah *et al.* (2012) encapsulando jugo de noni, demostrando que la capacidad antioxidante se mantenía sin diferencias significativas. Si se considera que las temperaturas de trabajo de estos autores fueron muy inferiores a las empleadas en esta investigación.

Por otra parte, Ma, K. y Dolan, K., (2011) enfatiza con relación a la capacidad de la maltodextrina para preservar la capacidad antioxidante y para lograr estabilizar los antioxidantes (antocianinas y fenoles) durante el secado por aspersión. Esto puede estar asociado a la capacidad de la maltodextrina para provocar la rápida formación de una superficie vidriosa sobre las partículas, aumentando su tamaño debido a la expansión del aire contenida en estas, como consecuencia del incremento de la temperatura durante el proceso de secado (González et al., 2015). De lo que podría inferirse que el empleo de la maltodextrina durante esta investigación pudo ser un factor positivo sobre la retención de la capacidad antioxidante.

Se designaron como mejores tratamientos los que mostraron mayores valores de porcentaje de retención de las propiedades iniciales a los procesos de secado, según los datos que se reportan en la Figura 21 a continuación.

Figura 21

Gráfico de porcentaje de retención y pérdidas para la capacidad antioxidante.



Según los resultados obtenidos podría plantearse que todos los tratamientos son adecuados ya que no se reportan diferencias significativas ($p \geq 0,05$) entre sí, pero considerándose las pérdidas de la capacidad oxidante durante la aplicación de estos tratamientos se reporta como el mejor el tratamiento 6 ya que este cuenta con el menor valor de pérdida de la capacidad oxidante con un valor de 48,03 % y por consiguiente con el mejor aprovechamiento siendo este del 51,97 %. Valores similares a obtenidos por Arteaga y Arteaga (2016) quienes reportan una media de porcentaje de retención de 68,11 % y un mínimo

de 58,93 % aplicándose como encapsulante la mezcla de hicroloides (maltodextrina, almidón modificado y goma arábica) para el secado de arándano.

Peñaranda (2019) reportó en su estudio aplicado al mucilago de cacao valores de porcentaje de retención de la capacidad antioxidante en el intervalo de 39,03 % a 66, 11 % obteniéndose los mejores resultados para aquellos tratamientos con 11 % y 12 % de adición de maltodextrina y temperaturas de aire de 140 °C, coincidiendo con los valores de retención de la capacidad antioxidante reportados en este estudio.

4.2.4 Efecto de los tratamientos previstos sobre el contenido de vitamina C

En el Anexo I se muestran los valores obtenidos una vez aplicada el análisis de varianza (ANOVA) a los valores de contenido de vitamina C de los tratamientos propuestos.

En este se resumen los resultados de contenido de vitamina C de los polvos de guanábana reportándose valores en el intervalo de 6,68 mg/100 g a 14,3 mg/100 g correspondiendo el máximo valor al tratamiento 1 con $13,43 \pm 1,50$ mg/100 g, mientras que el tratamiento 6 presentó el mínimo con $8,01 \pm 1,33$ mg/100 g. Los valores del sesgo y la curtosis estandarizada se encuentran dentro del intervalo establecido, pudiéndose declarar que los datos cumplen con una distribución normal, de igual forma se ratifica con la campana formada en el histograma del Anexo J así como la línea de distribución normal la cual se muestra simétrica alrededor de la media de los datos.

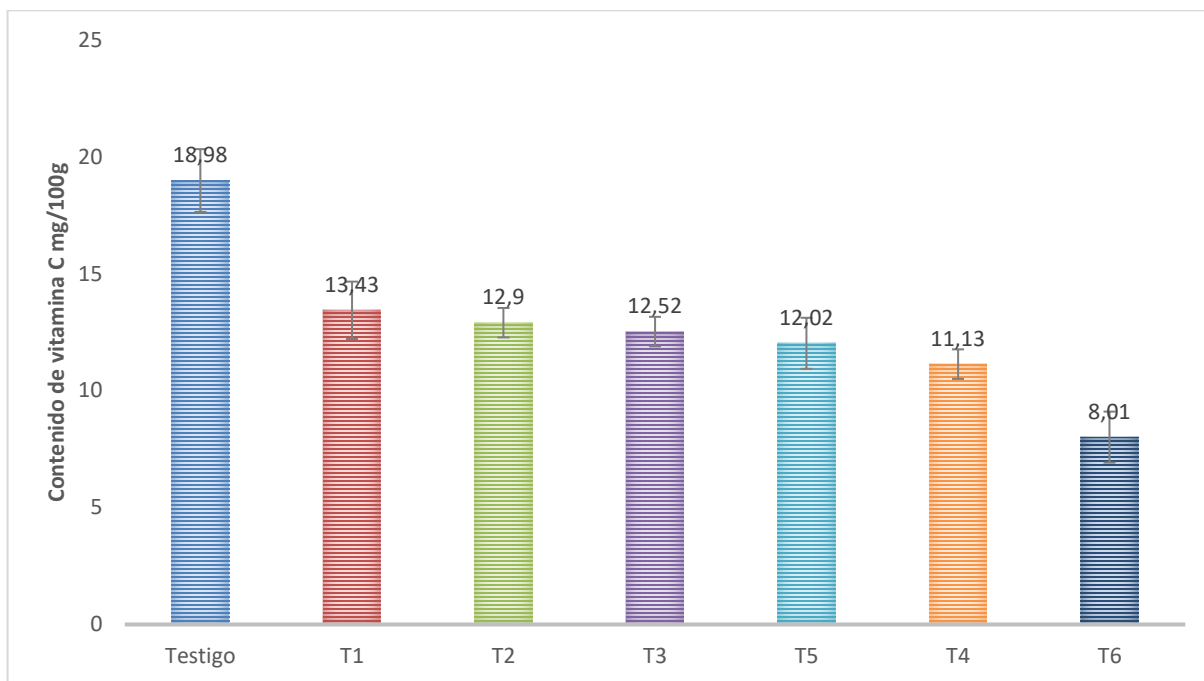
Mediante el análisis de varianza (ANOVA) se pudo definir que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los contenidos de vitamina C entre uno y otro tratamiento con un nivel de confianza del 95,0% ya el valor – P (0,0009) de la prueba F es menor que 0,05, tal como se muestra el Anexo I. Pudiéndose plantear que los tratamientos analizados provocan en efecto estadísticamente significativo sobre el valor del contenido de vitamina C de los polvos de

guanábana obtenidos una vez aplicados las condiciones de secado por atomización analizadas en este estudio.

Como respuesta del procedimiento para comprobar cuáles medias difieren de otra entre cada uno de los tratamientos, se distinguieron tal como se muestra en el Anexo I la formación de un total de 2 grupos estructurados en grupo a: tratamientos 6 y el grupo b: el resto de los tratamientos, no existiendo diferencias estadísticamente significativas entre aquellos tratamientos que compartan un mismo grupo. Donde los contenidos de vitamina C máximo pertenecen al grupo b y el mínimo al grupo a.

Figura 22

Gráfico comparativo Testigo - Tratamientos, parámetro Contenido Vitamina C



Nota: valores promedios contenido de vitamina C, T – tratamiento. Nivel de significancia (α) de 0.05.

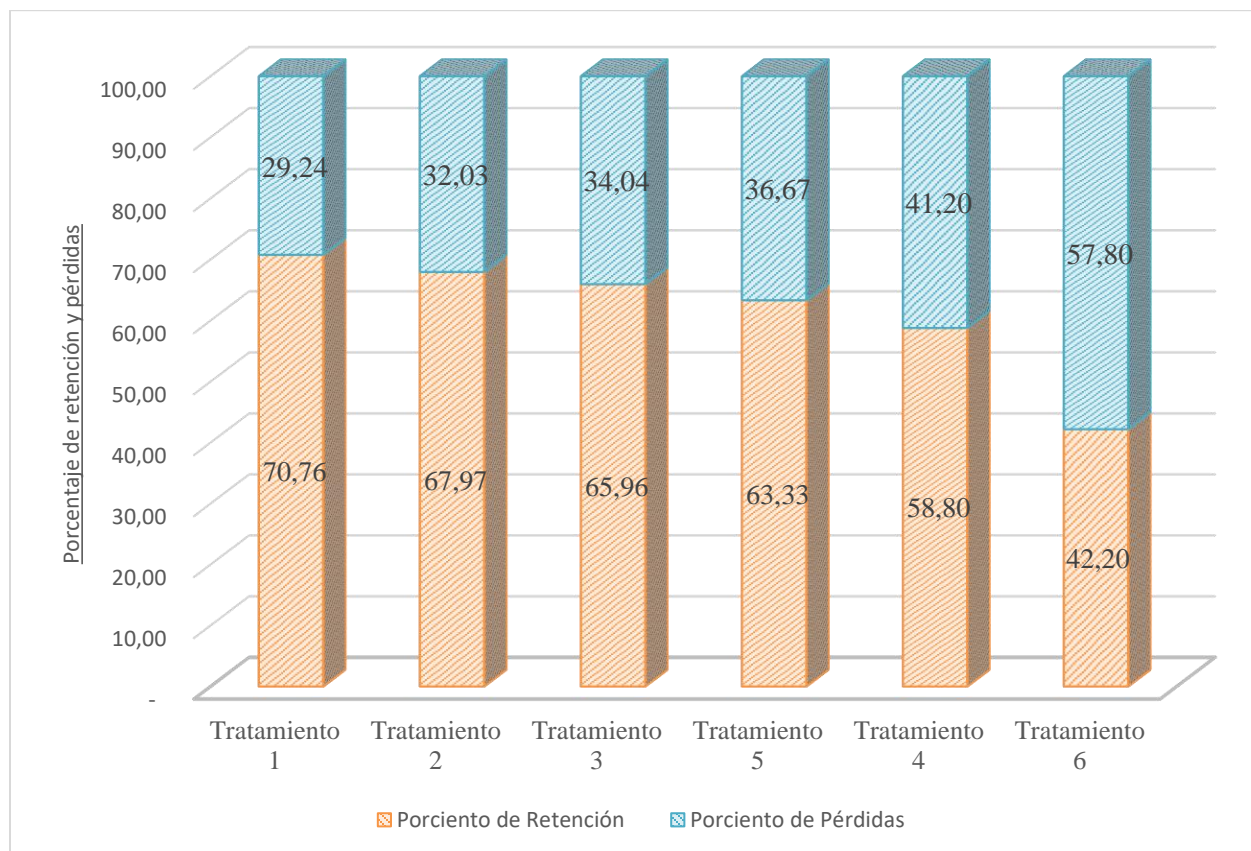
La gráfica muestra una disminución de los valores de vitamina de C en los polvos con respecto a la fruta en la totalidad de los tratamientos, ascendiendo a estas pérdidas hasta el 57,80 % tal es el caso del

tratamiento, pudiéndose plantear que solo se obtuvo el 50 % de la vitamina C contenida en la fruta inicialmente. Esta pérdida pudo ser ocasionada por la sensibilidad de las vitaminas al calor, siendo una vez sometida a los tratamientos térmico total o parcialmente destruida, dependiendo esto de la intensidad del proceso térmico al que se sometan. Esto fue corroborado por López et al., (2020) y Serpa et al., (2015) al obtener los mayores niveles de contenido de vitamina C en aquellos procesos en los que no se aplicaron altas temperaturas, como la liofilización. Así como por Mendoza et al., (2016) quienes demostraron durante la obtención de polvo de mango (*Mangífera Indica*) que al incrementarse la temperatura de (140 °C a 150°C) se afectaba significativamente la estabilidad de la vitamina C, disminuyendo así el porcentaje de recuperación, lo cual la caracteriza como una vitamina termosensible.

Se designaron como mejores tratamientos aquellos que mostraron los valores superiores de porcentaje de retención de las propiedades iniciales a los tratamientos de secado, en función de los datos que se reportan en la Figura 23 a continuación se identifican como los mejores tratamientos a: tratamiento 1 con 70,76 %, el tratamiento 2 con 67,97 y el tratamiento 3 con 65,96 % de retención.

Figura 23

Gráfico de porcentaje de retención y pérdidas para la propiedad vitamina C.



En la gráfica se evidencia variaciones entre los porcentajes de retención y pérdidas de la propiedad contenida de vitamina C entre la fruta de guanábana y el polvo obtenido. Estos valores se encuentran en el intervalo reportado por Naddaf et al (2012) de 62,54 % a 51,29 % de retención y 37,46 % a 48,71 % de pérdidas empleándose concentraciones de 5 % a 7 % de maltodextrina y temperaturas de secado de 67°C a 131 °C intervalos muy inferiores a los aplicados en este estudio.

Por otra parte, Peñaraza (2019) reportó en su estudio realizado al mucilago de cacao valores de porcentajes de retención del contenido de vitamina C en el intervalo de 24,56 % a 57,91% reportándose los niveles más altos para la adición del 10 % de maltodextrina y temperaturas de aire de 150 °C y 160oC. Encontrándose los porcentajes reportados en este estudio comprendido dentro de dicho intervalo.

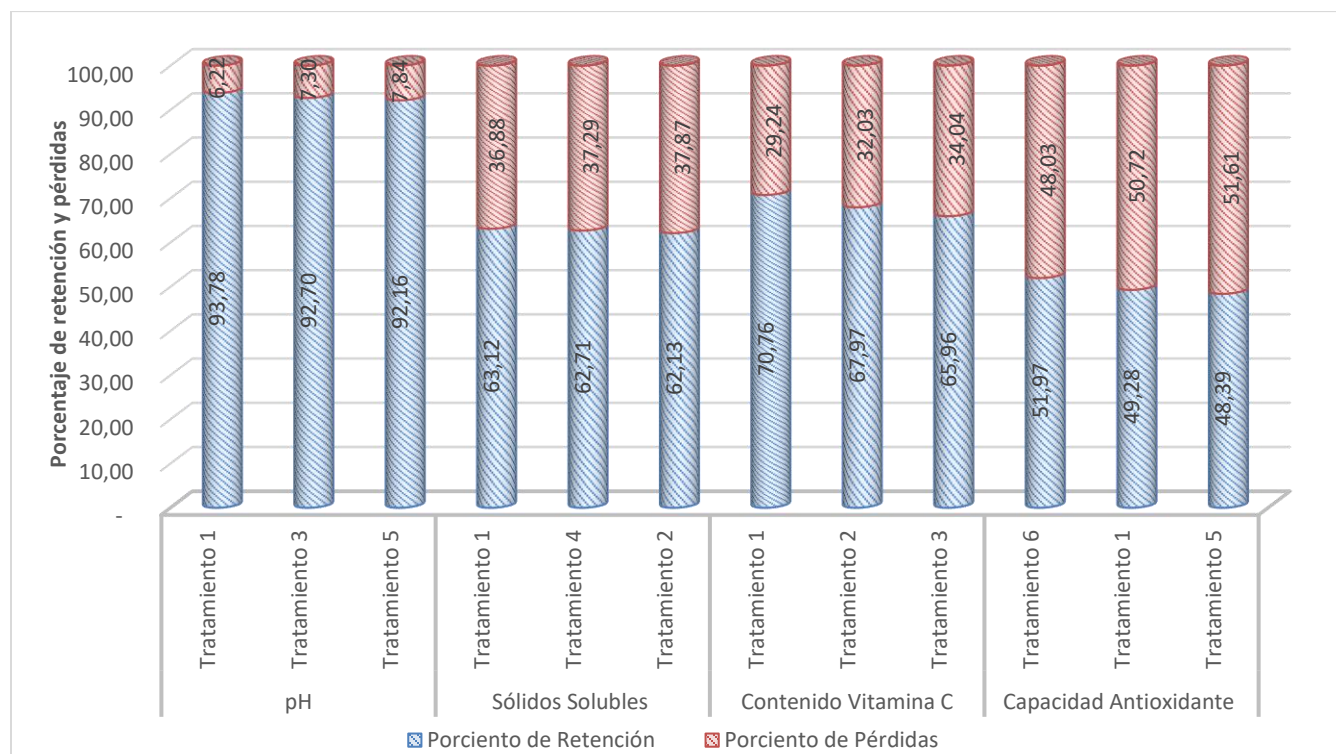
Mientras que Da Costa, (2014) reportó valores de retención de 93,00 % para maltodextrina al 30 % y 72,50 % para maltodextrina al 40 % lo cual representan el 7 % y el 27,50 % de pérdidas respectivamente. Las causas fundamentales de las diferencias radican en las características de las frutas y las condiciones operacionales, pudiéndose evidenciar el carácter termosensible de la vitamina C y la efectividad de la concentración del encapsulante maltodextrina para la preservación de este biocomponente.

4.2.5 Selección de los mejores tratamientos.

Se identifican como mejores aquellos que presentaron porcentajes más alto de aprovechamiento de la propiedad de interés y por consiguiente menor degradación, en la Figura 24 se muestra los valores de los porcentajes de retención y pérdidas por propiedades correspondiente para cada tratamiento

Figura 24

Mejores porcentajes de retención y pérdidas para cada tratamiento



Con respecto a la comparación de los niveles de retención de las propiedades evaluadas se puede observar en la gráfica que el tratamiento 1, se identifica como el mejor tratamiento para la conservación de la estabilidad de los parámetros pH, sólidos solubles y el contenido de vitamina C. Aun cuando para la capacidad antioxidante este no se declara el tratamiento más idóneo, vale considerar que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,005$) entre este y el tratamiento 6 por lo que podría plantearse que el tratamiento 1 es el más adecuado ya que garantiza un grado de retención de las propiedades en el polvo superior a los otros tratamientos evaluados.

Tal como muestran con el tratamiento menos agresivo (menor temperatura y flujo de alimentación) identificado como el tratamiento 1, se lograron obtener los mejores resultados de porcentajes de retención de las propiedades evaluadas. Estos resultados concuerdan con lo establecido por otros autores quienes plantean que las variables de proceso de secado por aspersion (la temperatura de entrada, el flujo de alimentación de materia prima y los agentes encapsulantes) inciden sobre las propiedades fisicoquímicas y nutricionales del polvo obtenido a partir del jugo de la fruta. (Zeberga, 2010)

El incremento de la temperatura induce a la degradación de las propiedades (Díaz et al., 2007); Casanova, 2013 ; Cahuaya, 2017) tales como el contenido de vitamina C y la capacidad antioxidante (Cárdenas y Huaman, 2015 ; Candela et al., 2006 ; Herrera Campos, 2018) aun así se ha reportado que el deterioro por altas temperaturas en los productos sometidos al proceso de secado es relativamente pequeño debido a los cortos tiempos de duración del proceso

Se ha señalado que el deterioro por altas temperaturas en el producto es relativamente pequeño debido a los cortos tiempos del procedimiento (Campelo et al., 2018 ; Cortés-Rojas et al., 2015), tiempos regulables mediante el flujo de alimentación. Tonon, (2008) y Toneli et al. (2006) plantean que altos valores de flujo de alimentación implican cortos tiempos de contacto entre las gotas asperjadas y el flujo

de aire de intercambio, lo cual afecta la eficiencia de la transferencia de calor, disminuyendo así la tasa de evaporación con esta la eficiencia del proceso.

Mientras que Toneli et al. (2006) plantean que este efecto negativo podría verse mitigado ante la disminución de los flujos y el incremento de la temperatura lo cual concuerda con los resultados obtenidos durante este estudio, en el cual se reportan a los tratamientos 2 y 3 como los dos mejores tratamientos luego del tratamiento 1, ambos con un flujo de 14 L/min, nivel bajo del flujo en el estudio, y temperaturas de 180 °C y 200 °C niveles más altos de temperatura empleados.

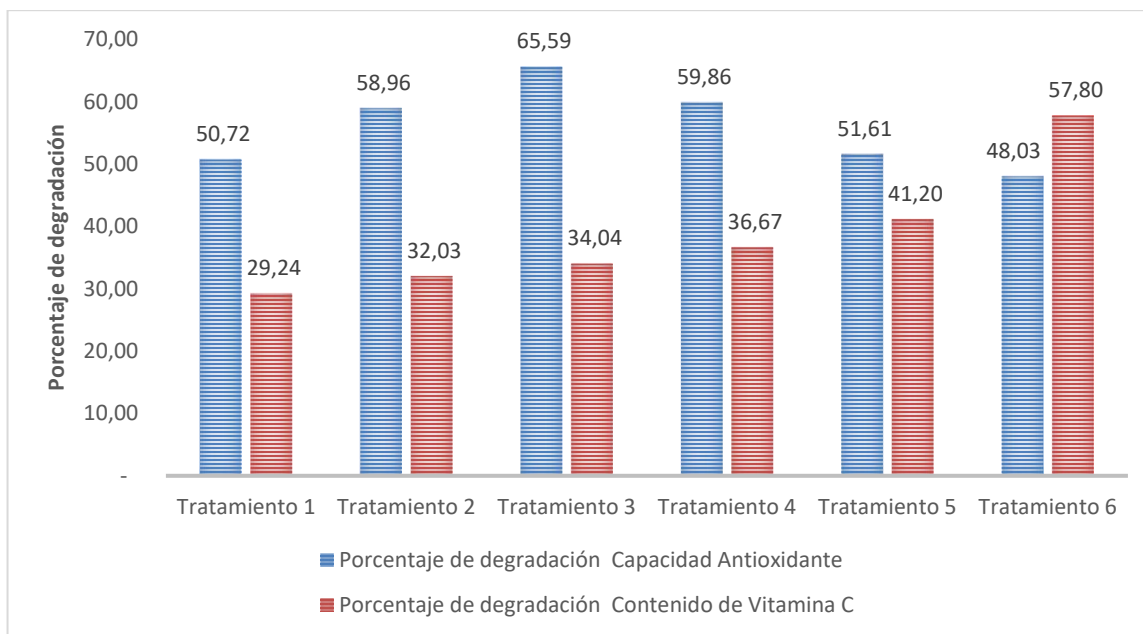
El uso de esta técnica de secado presenta varios beneficios siendo ampliamente empleada en frutas y vegetales, pero la gran mayoría de estos están formados biocomponentes muy inestables de ahí que la eficiencia de este proceso dependa de un grupo de factores y sus interacciones tales como: la naturaleza del producto, las temperaturas de proceso, el flujo de alimentación, los encapsulantes empleados.

4.2.6 Análisis de los porcentajes de degradación de la capacidad antioxidante y el contenido de vitamina C

En la Figura 25 a continuación se muestran los porcentajes de degradación de las propiedades funcionales capacidad antioxidante y el contenido de vitamina C.

Figura 25

Porcentajes de degradación de las propiedades funcionales



En la misma se evidencia que los porcentajes de degradación de la capacidad antioxidante para la mayoría de los tratamientos fueron superiores a los porcentajes de degradación del contenido de vitamina C. Es válido considerar que la capacidad antioxidante está definida por aquellas sustancias que impiden o retardan las oxidaciones catalíticas y enranciamientos naturales o provocados por la acción de la luz, aire y metales como el hierro, cobre, cobalto y manganeso. Estas se encuentran en menor o mayor medida los carotenoides, vitamina C, compuestos fenólicos entre otros.

Todos estos compuestos son sensibles a diversas formas de degradación como los efectos fotoquímicos, procesos térmicos, concentración de sal, pH, presencia de oxígeno fundamentalmente (Martínez, 2011). Por lo que podría plantearse que dentro del porcentaje de degradación reportado para la capacidad antioxidante no solo se encuentra la degradación del compuesto Vitamina C también se infiere se degradaron otros compuestos que aportan capacidad antioxidante.

Los resultados obtenidos concuerdan con los reportados por Valencia et al.,(2013) cuyos autores reportan porcentajes de degradación de la capacidad antioxidante (89,44 %) superiores a los de vitamina C (73,07 %) durante la obtención de néctar de Zarcamora resultando valores de diferencia muy similares a los obtenidos como promedio en esta investigación , estudio en el cual los autores plantean que se pudo apreciar la afectación de los contenidos iniciales de los compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y antocianinas, siendo afectada significativamente por el proceso al cual fue sometido. Los procesos a los cuales habitualmente son sometidos provocan efectos sobre los contenidos de compuestos fenólicos, capacidad antioxidante, antocianinas y vitamina C.

Según estudios Dewanto et al.,(2002) cuando aumenta la temperatura y el tiempo de los tratamientos térmicos se producen una creciente liberación de los fenólicos, así como otros fitoquímicos por efecto de los procesos de homogenización, evaporación y otros procesos térmicos y mecánicos.

Por otra parte, otros autores Llauce,(2015) establecen que a mayor concentración de maltodextrina se evita la degradación de componentes como la vitamina C, pudiendo ser esta una de las causas por las cuales durante el estudio se obtuvieron valores de porcentaje de degradación de la vitamina C superior a la capacidad antioxidante.

La relación entre los valores de capacidad antioxidante y vitamina C nos sugiere que pudieron hacerse degradado otros compuestos antioxidantes de naturaleza termosensibles o porque el proceso de encapsulación no fue suficiente. Lo cual podría solucionarse en el empleo de una mayor concentración de maltodextrina o el empleo de otro encapsulante o su combinación.

4.2.7 Efecto de los factores sobre la capacidad antioxidante y contenido de Vitamina C

Una vez evaluado los efectos por tratamientos sobre las propiedades físico – química y funcionales objetivos del estudio se pudo constatar que en el caso de la capacidad antioxidante no se obtuvo ninguna

diferencia significativa entre los tratamientos notándose intervalos de 1,47 $\mu\text{mol/g}$ a 3,19 $\mu\text{mol/g}$ para la capacidad antioxidante, así como de 48,03 % a 65,59 % en cuanto a porcentajes de degradación de esta.

Aplicándose el Análisis de Varianza (ANOVA) por factores de diseño: temperatura de la cámara y flujo de alimentación, para las propiedades funcionales: capacidad antioxidante y vitamina C se obtuvieron los resultados para la capacidad antioxidante reflejados en el Anexo K donde se demuestran que estos de manera individual no ejercen un efecto estadísticamente significativo al 95 % de confianza sobre la propiedad funcional capacidad antioxidante, sin embargo la interacción entre ellos sí ejerce un efecto estadísticamente significativo ($p = 0,0320 < \alpha = 0,05$).

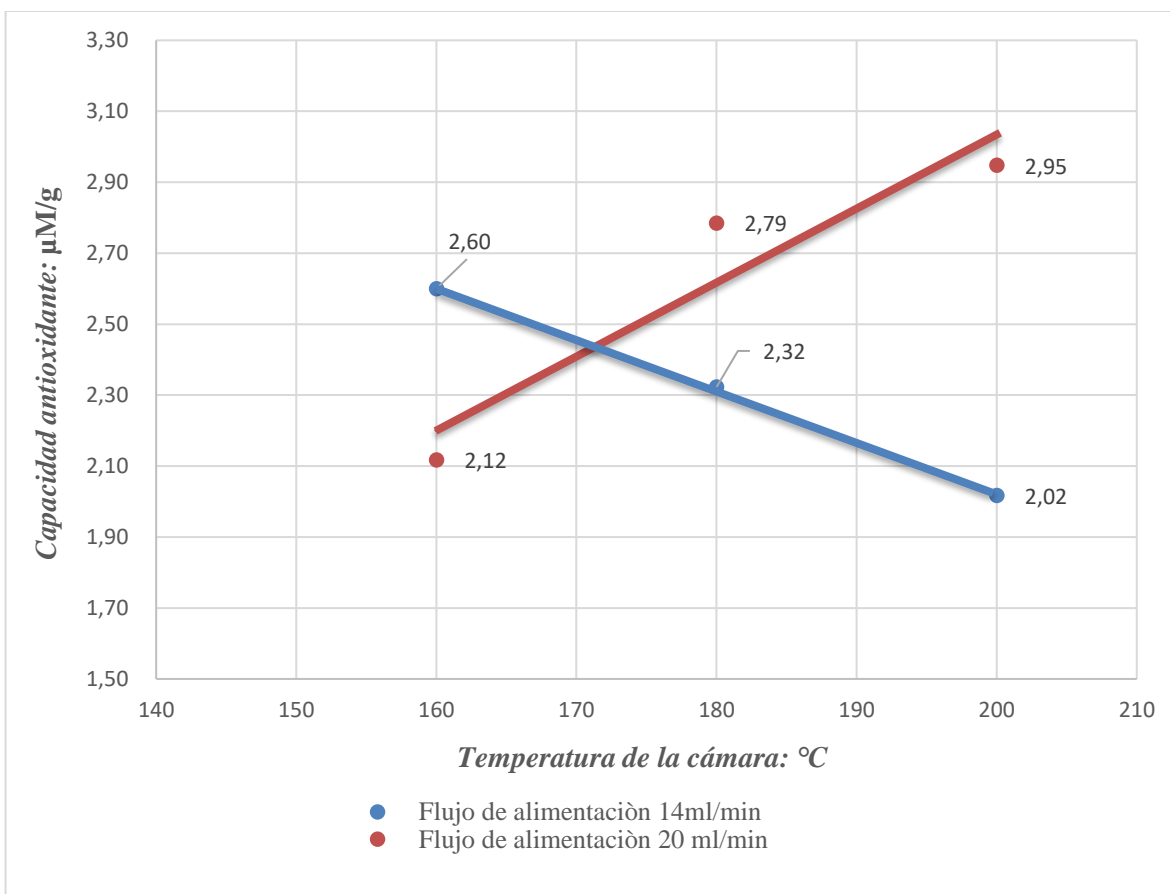
Mientras que tanto los factores: temperatura de la cámara y flujo de alimentación, así como sus interacciones ejercen un efecto estadísticamente con un nivel de significancia de 0,05 sobre la propiedad funcional contenido de Vitamina C tal como se muestra en los resultados de ANOVA reportados en el Anexo L.

Este comportamiento se encuentra estrechamente relacionado con los fenómenos de transferencia de masa y de calor que ocurren durante el proceso de secado, los cuales están vinculados con la cantidad de masa, el tiempo de exposición y las temperaturas a las cuales se someten el producto atomizado, los cuales son modificables mediante la manipulación de las condiciones operacionales flujo de alimentación y temperaturas del producto.

Las Figura 26 y Figura 27 se muestran los gráficos que relacionan los parámetros temperatura y el flujo de alimentación con la capacidad antioxidante, así como con el contenido de vitamina C

Figura 26

Gráfico de relación entre los factores de diseño y la capacidad antioxidante.



En la Figura 26 se muestran las relaciones entre las variables de diseño con la capacidad antioxidante pudiéndose constatar que en igual intervalo de temperatura de 160 °C a 200 °C se observa una relación decreciente a flujos de alimentación de 14 ml/min mientras que para un flujo de alimentación de 20 ml/min la relación es creciente con relación a los valores de capacidad antioxidante.

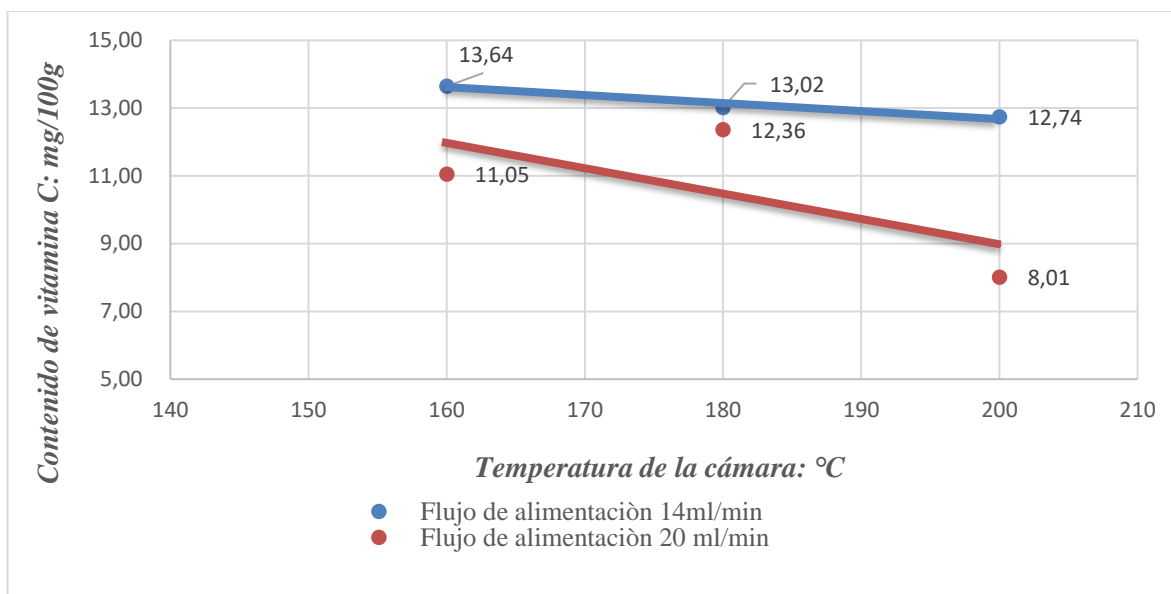
Además, se puede apreciar que los valores más altos de capacidad antioxidante se obtuvieron con la combinación del valor más alto de temperatura (200°C) y el mayor flujo. De lo que se infiere que los parámetros temperatura, masa a procesar y tiempo de contacto son parámetros altamente influyentes en la capacidad antioxidante del polvo de guanábana bajo las condiciones de operación propuestas.

La velocidad de alimentación suministrada al atomizador se ajusta con el fin de asegurar que cada gota asperjada alcance los niveles de secado deseados antes de que se ponga en contacto con la superficie

de la cámara de secado. De ahí la importancia de lograr niveles de flujo de alimentación y temperatura de proceso adecuado encontrándose estos entre los parámetros a garantizar para un correcto proceso de secado (García G. M., 2004)

Figura 27

Gráfico de interacciones entre factores: Vitamina C



En la figura 27 se observa que para todos los casos se reportan una relación decreciente los valores de flujo y temperatura. Obteniéndose los valores más bajos de contenido de vitamina C para la mayor temperatura de cámara y el mayor flujo de alimentación, ocurriendo el caso inverso para los valores más altos. Este comportamiento es de esperarse si se considera el carácter termosensible de la vitamina C, lo cual provoca que esta se degrade ante altos valores de flujo y temperatura.

4.3 Determinación de los costos de elaboración del producto final obtenido.

Para el análisis se tomaron en cuenta los costos de producción directos o variables los cuales son proporcionales a la producción considerándose tales como: materia prima, mano de obra directa, servicios asociados y envases. Durante el análisis no se tomaron en cuenta otros costos directos asociados a la supervisión, mantenimiento, regalías y patentes, así como los costos independientes de la producción, denominados costos fijos en los cuales se incluyen los costos indirectos, costos de dirección y administración, así como los costos de ventas o distribución en caso en que aplicarían.

Se evaluaron los elementos de costos materia prima: el cual incluye la fruta guanábana, producto a transformar físicamente, así como la maltodextrina, encapsulaste empleado durante proceso a los precios de 1,00 USD/kg y 5,00 USD/kg para cada uno. Costos mano de obra directa: se consideró un equipo compuesto por un operario y un supervisor, laborando un total de 8 horas diarias por 20 días al mes teniendo en cuenta esto y los salarios básico para ambos puestos de trabajo aplicables al sector según se plantea en el Registro Oficial No. 120, 14 de enero 2020 del Ministerio de Trabajo de la Republica de Ecuador se aplican salarios promedios de 2,60 USD/horas y 2,62 USD /horas para el operario y el supervisor respectivamente.

Se estima un tiempo total de proceso de 280 min para la obtención de un kilogramo de polvo de guanábana, lo cual equivale a 4,67 horas de trabajo considerándose la capacidad del equipamiento y los tiempos obtenidos durante las corridas experimentales, destinándose de este tiempo un total de 3,67 horas para la obtención del polvo, tal como se muestra en la Tabla 16, siendo este tiempo similar al reportado por Franco y Vargas (2017) para el secado por aspersion de la cebolla, mientras que se destina 1 hora para la limpieza de los equipos y áreas de trabajo.

Tabla 16*Tiempo empleado en cada etapa del proceso.*

Etapas de Procesamiento.	Tiempo destinado (min)
Recepción de la materia prima	15,00
Selección, clasificación, lavado y desinfección	15,00
Despulpado	30,00
Clarificación	30,00
Concentración del jugo	25,00
Acondicionamiento del jugo	30,00
Secado por atomización	60,00
Empacado	15,00
Tiempo de procesamiento (min)	220,00
Tiempo de procesamiento (horas)	3,67
Etapas de limpieza de equipos	60
Tiempo total empleado (min)	280
Tiempo total empleado (horas)	4,67

Los tiempos de concentración del jugo y el secado por aspersion se calcularon en función de las capacidades de trabajo de los equipos siendo estas de 12 L/h- 16 L/h. para el evaporador y el tiempo

estimado del secador de 50 min a 60 min para las condiciones de trabajo que garanticen la obtención de un kilogramo de polvo de guanábana. En la Figura 28 y Tabla 17 a continuación se muestran el esquema y los resultados obtenidos en cada una de las corrientes por etapas del proceso para conseguir la cantidad de un kilogramo de producto final en función de los resultados reportados durante las corridas experimentales, en las cuales solo se obtuvieron 0,280 kg,

Figura 28

Esquema de las etapas de proceso y corrientes asociadas (balance de masa).

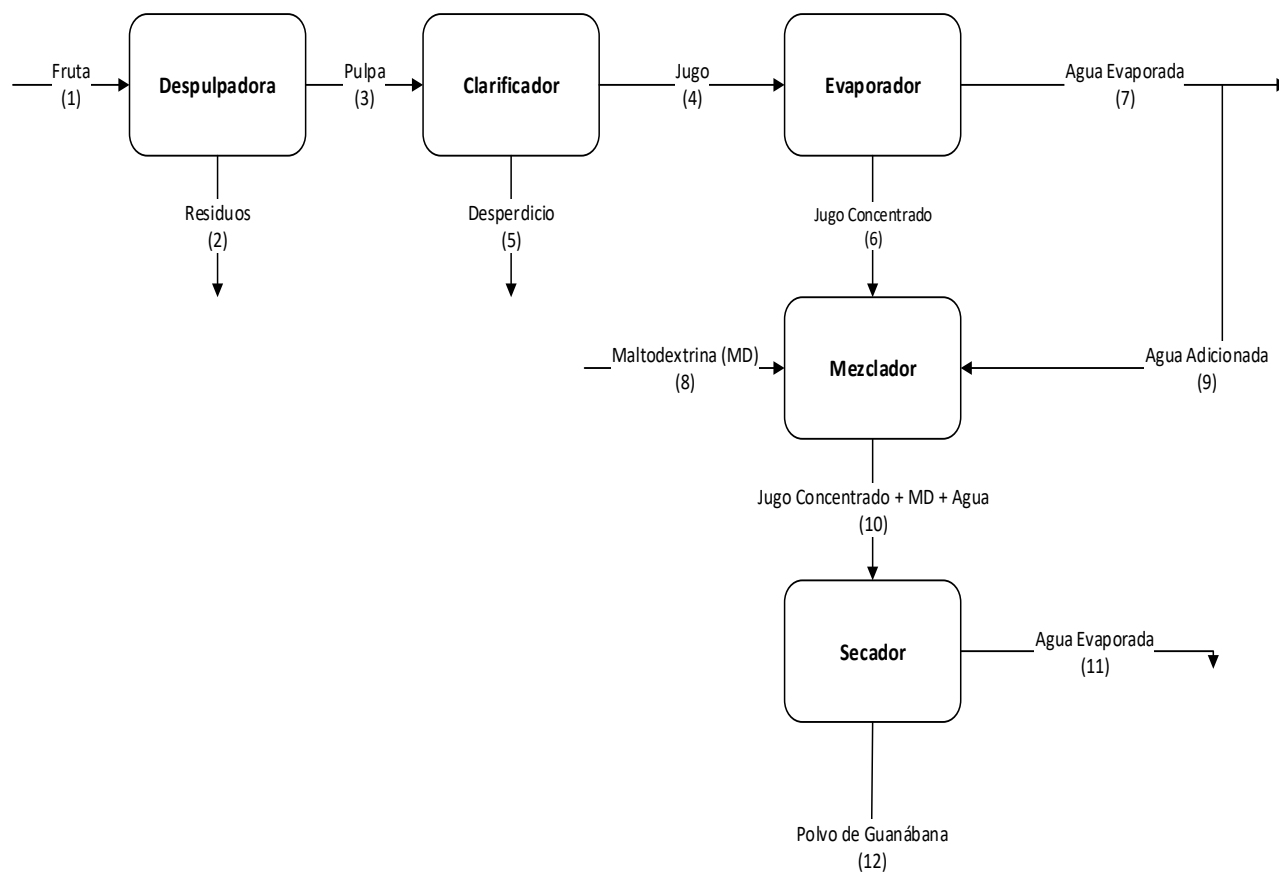


Tabla 17

Resultados por corridas para obtener un kilogramo de polvo de guanábana.

	Corrientes	Valores (kg)
Fruta guanábana	1	33,21
Residuos	2	16,25
Pulpa	3	16,96
Jugo	4	6,78
Desperdicio	5	10,18
Jugo Concentrado	6	2,14
Agua Evaporada	7	4,64
Maltodextrina (MD)	8	0,71
Agua adicionada	9	1,25
Jugo Concentrado + Agua + MD	10	3,57
Agua removida	11	2,57
Polvo de guanábana	12	1,00

Para el análisis se consideraron aquellos asociados a los materiales de envase, fundas ziploc, los cuales presentan un precio de 3,24 USD/funda, el servicio de electricidad, empleándose solo el valor del equipo secador, así como el agua empleada para la limpieza de las frutas durante la etapa de recepción aplicándose la relación de 1 L de agua potable por kilogramo de fruta según calculo Hernán, (2019) para

la fruta mango. Considerándose como precio para la electricidad 0,092 USD/kW según establece (Ministerio de Energía y Minas, 2022) y para el agua potable 0,72 USD/m³ (Mendoza F. , 2022)

En la Tabla 18 se muestran los resultados obtenidos una vez calculados los costos directos asociados a la producción a escala piloto del polvo de guanábana bajo las condiciones de estudios previstas en esta investigación.

Tabla 18

Resultados de los cálculos de los costos directos (USD/kg)

Costos Directos	USD/kg
Mano de obra	
Operarios (1)	12,22
Supervisor (1)	12,13
Total	24,35
Costos materias primas	
Fruta de guanábana	33,21
Maltodextrina	3,57
Total	36,79
Costos consumibles	
Fundas ziploc - paquete	12,96
Total	12,96
Costos de servicios	
Electricidad (kWh)	0,092
Agua de limpieza	0,003
Total	0,10

Total, de los costos directos	61,14
Total, costos directos unitario de producto (USD/kg)	61,14

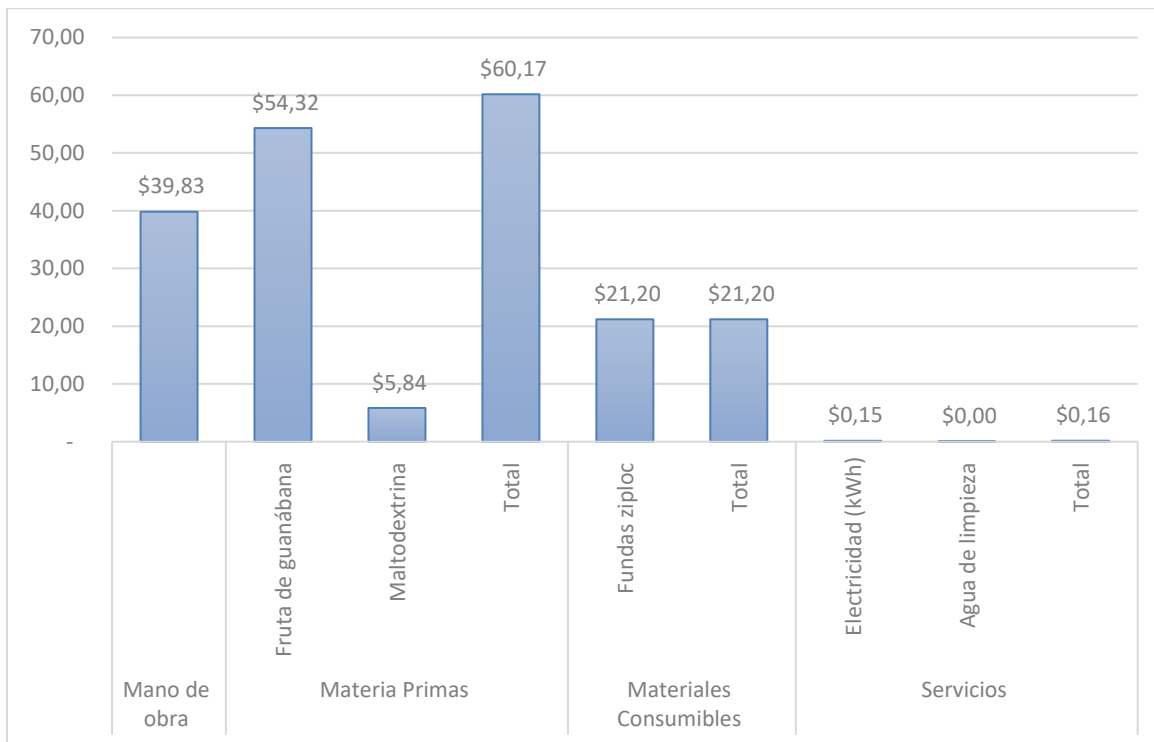
Nota: Base de cálculo: 1 kg de polvo de guanábana

En la Tabla 18 se observa que el costo de producción del polvo de guanábana bajo las condiciones del estudio y análisis de costos aplicados tiene un valor de que por cada 100 gramos obtenido es de 6,11 USD o en su caso por la base de cálculo el precio es de 61,14 USD/kg. Este valor es muy superior a los reportados por Ceballos (2008) para plantas productoras siendo las diferencias entre estos de hasta 35,80 USD/kg, lo mismo sucede con el valor de costo directo reportado por Ruiz y Cofre, (2017) para la producción de polvo de maqui a escala de laboratorio el cual asciende a 37,61 \$ por kilogramo. Esto puede atribuirse a la eficiencia de los equipos industriales los cuales permiten obtener mejores rendimientos de operación, lo cual se traduce en mayor eficiencia productiva y menores costos. Mientras que Casanova, (2014) reporta como promedio un costo de 123 USD/kg de producto en polvo de pomelo con un rendimiento del 7%.

En la Figura 29 se muestra la influencia expresada en porcentaje de cada uno de los costos implicados pudiéndose plantear que los costos asociados a las materias primas, fundamentalmente el costo de la fruta de guanábana, así como los costos de mano de obra son los de mayor incidencia sobre los costos directos representando respectivamente el 60,17 % y el 39,83 % de los estos. De manera general podría plantearse que el costo de mayor influencia los constituye el costo de la fruta representando este el 54,32 % de los costos directos evaluados.

Figura 29

Gráfico de porcentaje de cada costo analizado sobre el costo directo



Los costos de producción se encuentra estrechamente vinculados con las características funcionales, nutricionales y físico – químicas obtenidas durante el proceso de elaboración del polvo de guanábana, si consideramos que ambos dependen en gran medida de las condiciones operacionales establecidas, parámetros tan influyentes en las propiedades del producto final como: el flujo de alimentación (Casonova, 2013) la temperatura de entrada, la temperatura de salida, la concentración (Díaz et al., (2007), (Casonova, (2013) y en los costos.

Estos parámetros tienen un efecto directo sobre los costos asociados a las materias primas, cantidad de maltodextrina y sobre los de servicios, consumo de energía eléctrica y agua, así como sobre los rendimientos de producción. Una disminución de maltodextrina durante la etapa de acondicionamiento representaría una disminución de los costos y de la concentración del flujo a la entrada. Sin embargo, esto

podría provocar la disminución de los sólidos solubles, el contenido de vitamina C y la capacidad antioxidante. Queck et al. (2007)

Mientras que el aumento de la temperatura de entrada representa un aumento del consumo de energía eléctrica, y modificaciones en el polvo final elevándose los niveles de pérdidas de las características del jugo a la entrada del secador. Su disminución a su vez se traduciría en una disminución de los costos, pero podrían obtenerse polvos húmedos características que afectaría la vida útil del producto fundamentalmente además del tamaño de partícula lo cual afectaría su solubilidad Santos et al. (2008)

De forma similar ocurre con las condiciones del aire usado en el proceso, aun cuando la temperatura y la humedad relativa del aire del ambiente tienen poca influencia sobre la tasa de secado, estas determinan la cantidad de energía necesaria para obtener la temperatura de secado establecida. De ahí que a menores temperaturas de aire ambiental mayores energías se requerirán durante el proceso de secado y por consiguiente mayores costos (Orna, 2012).

El rendimiento de proceso influye de manera significativa sobre los costos ya que a mayores rendimientos de proceso menores costos puesto que se requerirá menor cantidad de materia prima para obtener el producto final. Sin embargo, el rendimiento se encuentra estrechamente relacionado con la adición de maltodextrina, la temperatura de entrada y el flujo de alimentación.

La adición de la maltodextrina durante el proceso garantiza el aumento de los sólidos solubles de ahí que se use como aditivo para aumentar el rendimiento del proceso. (López et al., (2009) Mientras que el incremento de la temperatura y el flujo de entrada disminuyen el rendimiento (Zeberga, 2010) y por consiguiente los costos asociados a la producción.

Es importante considerar que el proceso de secado por atomización permite el procesamiento de jugos de vegetales y frutas sensibles al calor sin disminuir significativamente su calidad de manera

continua y económica De ahí su importancia ya que en los últimos años ha aumentado la tendencia del consumo de frutas y vegetales como medidas preventiva de diversas enfermedades cardiovasculares, neurológicas y cancerígenas lo cual es atribuible a la presencia de compuestos bioactivos en la composición de estos alimentos, que poseen actividad antioxidante y que contribuyen al correcto funcionamiento del sistema inmunológico (Ajila M, 2005).

Los resultados obtenidos durante la investigación fueron inferiores en comparación al contenido en otros productos obtenidos mediante el procesamiento de secado por atomización tal es el caso de fresa (15,4 $\mu\text{gmol g}^{-1}$ Trolox eq), las diferencias entre estos, está dada fundamentalmente por la naturaleza de los productos y las condiciones operaciones (temperaturas y flujos de proceso, tipos y concentraciones del encapsulaste) empleadas para su obtención.

Las consecuencias nocivas del estrés oxidativo, sobre la salud humana, pueden ser reducidos considerablemente mediante la ingesta de antioxidantes dietarios (Delgado et al., 2010), lo que sugiere que el polvo obtenido cuenta con potencial para la disminución del riesgo de sufrir enfermedades crónicas; puesto que, como lo menciona Beltrán-Orozco et al. (2009) entre mayor capacidad antioxidante posea, mayor será la reducción de la oxidación generada por los radicales libres y menor el deterioro de las células.

5 Conclusiones

- Todas las propiedades fisicoquímicas y funcionales analizadas disminuyeron como resultado de la aplicación de los procesos de secado por atomización en comparación con los valores iniciales de la fruta en estado fresco.
- El tratamiento con el que se obtuvieron mejores resultados fue el T1 con 160°C de temperatura en la cámara y 14 ml/min de flujo de alimentación, ya que reportó los más altos porcentajes de retención en la mayoría de las propiedades funcionales estudiadas.
- Los costos de elaboración del polvo de guanábana en esta investigación son de 61,14 USD/kg ya que el proceso fue a escala experimental, recalcando que tiene un alto valor nutricional debido a sus propiedades funcionales, en comparación a otros productos similares posicionados en el mercado.
- El proceso de secado por atomización afecta significativamente las propiedades funcionales de la guanábana *Annona muricata* L. Incidiendo en esto los parámetros de flujo de alimentación y la temperatura de la cámara, en el caso del contenido de vitamina C. Mientras que, para la capacidad antioxidante, solamente influyen las interacciones entre las variables de diseño estudiadas, pero no existe diferencia entre el testigo evaluado.
- Se acepta la hipótesis alternativa del trabajo ya que, durante el proceso de obtención del polvo soluble de guanábana, los parámetros operacionales de temperatura y flujo influyen provocando pérdidas significativas en los compuestos funcionales y las propiedades fisicoquímicas del producto final.

6 Recomendaciones

- Identificar los compuestos funcionales que se degradan, además de la vitamina C del polvo de guanábana, utilizando los parámetros de operación propuestos en esta investigación.
- Estudiar el efecto de otros agentes encapsulantes y sus combinaciones sobre los parámetros pH, sólidos solubles, capacidad antioxidante y contenido de vitamina C, según las condiciones de operación propuestas.
- Estudiar los resultados de las condiciones propuestas sobre parámetros operacionales y otras características del polvo de guanábana tales como: el rendimiento, el color, solubilidad, tamaño de partícula, entre otras.
- Calcular la vida útil del producto final en condiciones apropiadas.
- Realizar un estudio de mercado para la comercialización del producto.

7 Bibliografía

- Ajila M, N. K. (2005). Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. *Food Chem.*, 105, 982-988.
- Andrade, C. (15 de Mayo de 2016). Guanábana de Carchi se exporta a Europa. (E. Norte, Entrevistador)
- AOAC . (1990). *Official methods of analysis*. USA.
- Araguez, Y., & A, P. J. (agosto de 2019). Conservacion de un saborizante de jugo deshidratado de naranja con maltodextrina secado por aspersion. *Ciencia y Tecnologia de alimentos*, 29(3), 1 - 5.
- Arrazola, G., Heraz, I., & Armando, A. (2014). Microencapsulación de Antocianinas de Berenjena (*Solanum melongena* L.) mediante Secado por Aspersion y Evaluación de la Estabilidad de su Color y Capacidad Antioxidante. *Información Tecnológica*, 25(3), 31 - 42.
- Arteaga, A., & Arteaga, H. (2016). Optimización de la capacidad antioxidante, contenido de antocianinas y capacidad de rehidratación en polvo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) microencapsulado con mezclas de hidrocoloides. *Scientia Agropecuaria*, 7(3), 191 - 200.
- Avendaño, G. P., & Acevedo, B. B. (2014). Microencapsulation process of natural dye from strawberry. *AVANCES Investigación en Ingeniería*, 11(1), 76 - 82.
- Ávila, R. d., Pérez, M. d., Giménez, A., & Hernández, E. C. (Junio de 2012). La guanábana: una materia prima saludable para la industria de alimentos y bebidas. *REDIP. UNEXPO. VRB. Venezuela*, 2(2).
- Bakowska-Barczaka, A. M., & Kolodziejczyk, P. P. (2011). Black currant polyphenols: Their storage stability and microencapsulation. *Industrial Crops and Products*, 34, 1301– 1309.
- Beltrán-Orozco, M. T.-C.-V.-R. (2009). Ascorbic acid, phenolic content, and antioxidant capacity of red, cherry, yellow and white types of pitaya cactus fruit (*Stenocereus stellatus* Riccobono). *Agrociencia*, 43, 153-162.
- Bernal, E. A., & Díaz, C. (2003). *Tecnología para el cultivo del tomate de árbol*. Rionegro: impresos Begón Ltda.
- Bonilla, M. (6 de Marzo de 2016). *Revista Líderes*. Obtenido de El productor de guanábana busca mercados en el país: <https://www.revistalideres.ec/lideres/produccion-guanabana-mercados-exportacion.html>
- Borrero, F. V., Hernández, E., Jiménez, R., & Roa, A. (1995). Determinación de índices de madurez de cosecha en guanábana (*Annona muricata* L.) en dos regiones de Colombia . *IV simposio Internacional de Manejo, Calidad u Fisiología Postcosecha de Frutas.*, 42:52-43.
- Bradie , N., & Schauss, A. (2010). *Soursop (Annona muricataL.): composition, nutritional value, medicinal uses, and toxicology*. En *Bioactive foods in promoting health: fruits and vegetables*. UK: Elsevier Inc.
- Brand Williams. (1995). *Método DPPH* .

- Cahuaya, R. G. (2017). Efecto del secado por aspersión en el contenido de vitamina C, capacidad antioxidante y características fisicoquímicas de jugo de naranja. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro de Perú: Facultad de Ingeniería e Industrias Alimentarias.
- Campelo, P. S. (2018). Stability of lime essential oil microparticles produced with protein-carbohydrate blends. *Food Research International*, 105, 936-944. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.034>
- Candelas Cadillo, M. G., Alanís Guzmán, M. G., & Río Olague, F. (julio-diciembre de 2006). Cuantificación de licopeno y otros carotenoides en tomate y polvo de Tomate. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 10(19). Obtenido de Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14101911>
- Cardenas, P. E., & Huaman, M. A. (2015). Evaluación de tipo de encapsulante y temperatura de aire de secado por atomización en el contenido de ácido ascórbico, carotenoides totales y capacidad antioxidante de tumbo (*passiflora mollissima* l.). *Titulo profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias*. Huancayo – Perú.
- Casanova, L. M. (2013). Secado por aspersión de jugos de frutas: efecto de las variables de proceso sobre el producto final. *Universidad del Valle*.
- Casanova, M. a. (2013). Secado por aspersión de jugo de frutas: efecto de las variables de proceso sobre el producto final. Santiago de cali.
- Casanova, M. A. (Junio de 2014). Estudio de viabilidad para la comercialización de fruta en polvo .
- Ceballos Peñalosa , A. M. (1 de Octubre de 2008). *Estudio comparativo de tres sistemas de secado para la producción de un polvo deshidratado de fruta*. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/1055/1/adelaMariaceballospenaloza.2008.pdf>
- Clamens, C., Chacín, J., Hernández, C., Guerrero, R., & García, M. (3 de Diciembre de 2014). *Evaluación del contenido de fenoles y vitamina C del fruto de Annona muricata L. (Guanábana) en diferentes estadios de crecimiento*. Obtenido de <https://produccioncientificaluz.org/index.php/boletin/article/view/19051>
- Concha Valencia, J., Guevara Pérez, A., & Araujo Vargas, M. (junio de 2002). Obtención de polvo de papaya de monte (*Carica Pubescens*) por atomización. *Revista INGENIERÍA UC*, 9(1).
- Copa, S. M. (2021). Secado de pulpa de arazá (*Eugenia stipitata*) en un secador de planta piloto por el método de atomización. *Trabajo de Titulación modalidad Proyecto Técnico para la obtención del título de Ingeniera Química*. Quito: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
- Correa, G. J., Ortiz, D., Larrahondo, J. E., Sánchez, M. M., & Pachón, H. (2012). *Actividad antioxidante en guanábana (Annona muricata L.): una revisión bibliográfica*. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas.

- CORTES R., M., CIRO V., H. J., RODRÍGUEZ S., E., & LARGO A., E. (enero-abril de 2012). Secado por aspersión de concentrado de caña panelera: una tecnología apropiada para mejorar la competitividad de la cadena. *Vitae*, 19(1), 51-53.
- Cortés-Rojas, D. F. (2015). Optimization of spray drying conditions for production of *Bidens pilosa* L. dried extract. *Chemical Engineering Research and Design*, 93, 366-376. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2014.06.010>
- Cuastumal, H. G., Valencia, B. L., & Santos., O. L. (2016). Efectos de los tratamientos térmicos en la concentración de vitamina C y color superficial en tres frutas tropicales. *Revista Lasallista de Investigación*, 13(1), 85-93.
- da COSTA, J. d., de Freitas Felipe ROCHA, É. M., & Correia da COSTA, J. M. (octubre-diciembre de 2014). Study of the physicochemical characteristics of soursop powder obtained by spray-drying. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 34(4), 663-666.
- Delgado Olivares, L., Betanzos Cabrera, G., & Sumaya Martínez, M. T. (septiembre-diciembre de 2010). Importancia de los antioxidantes dietarios en la disminución del estrés oxidativo. *Investigación y Ciencia*(50), 10-15.
- Dewanto, V., Wu, X., & Liu., R. (2002). Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *Food Chemistry*, 4959-4964.
- Díaz, A., Campos, F., Díaz, A. O., Hernandez, Y., & López, P. (2007). Evaluación de los parámetros de secado para la obtención de guarapo deshidratado empleando un. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, XLI(1), 48-51.
- Díaz, A., Campos, F., Díaz, A. O., Hernandez, Y., & López, P. (2007). Evaluación de los parámetros de secado para la obtención de guarapo deshidratado empleando un. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 48-51.
- Diaz, Y. L., Torres, L. S., Serna, o. A., & Sotelo, L. I. (2017). Efecto de la Encapsulación en secdao por atomizacion de biocomponentes de Pitahaya Amarilla con interes funcional. *Información tecnológica*, 28(6). Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000600004>
- Do Sacramento, K. C., Faria, J. C., Da, C., W F. L. de S. Barretto, J.; Gaspar, W. e Viera, & L. J. B. (2003). Caracterizacao física e química de frutos de tres tipos de graviroleira (*Annona muricata* L.). *Rev. Bras. Jaboticabal.*, 25:329-331.
- Dorado, J., Hurtado- Benavides, A. M., & Martínez Correa, H. A. (2016). Extracción con CO₂ Supercrítico de aceite de semillas de guanábana (*Annona muricata* L.): Cinética, perfil de ácidos grasos y esterol. *Informacion Tecnologica*, 27(5), 37 – 48.
- Ecuaguanabana. (1 de Enero de 2015). *Manual de Cultivo*. Obtenido de Producto: Guanábana (*Anmnona Muricata*): <http://www.ecuaguanabana.com/files/Manual.pdf>
- EL NORTE. (15 de Mayo de 2016). *Guanábana de Carchi se exporta a Europa*. Obtenido de <https://www.elnorte.ec/carchi/guanabana-de-carchi-se-exporta-a-europa-DAEN63948>

- Esquivel, G. B., Ochoa, M. L., & Rutiaga, Q. O. (2015). *Microencapsulacion mediante secado por aspercion de compuestos bioactivos*. Obtenido de Rev. Iber. Tecnología Postcosecha Vol 16(2):180-192: <https://www.redalyc.org/html/813/81343176006/>
- FAO. (Enero de 2015). *Fichas Técnicas*. Obtenido de Productos frescos de frutas: <http://www.fao.org/3/a-au173s.pdf>
- Fernández, L. T. (2017). *Diseño de un sistema de costos para la toma de decisiones en la planta de consercar de la empresa pesquera vlacar S.A.C. Trujillo -Perú*.
- Ferrari, C. S., Marconi, & Aguirre, J. (2012). *Effects of spray-drying conditions on the physicochemical properties of blackberry powder*. . *Drying Technology*.
- Fito, P., Andres, A., Barat, J., & Albors, A. (2001). *Introducción al secado de alimentos por aire caliente*. 1 - 216. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Franco, D. P., & Vargas, M. L. (2017). *Estandarización de procesos y costos de producción para la deshidratación y pulverización de cebolla junca (allium fistulosum) (con enfoque bpm), para la asociación asoparcela del municipio aquitania boyacá. Trabajo modalidad de grado: Monografía*. Duitama: Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia, Escuela de administración de empresas agropecuarias.
- García, G. M. (2004). *Microencapsulación del jugo de cebada verde mediante secado por aspersión*. . *Revista Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 262-266.
- García, M. E. (2010). *La guanábana propiedades y usos*. *Revista Citrifrut*.
- Garrido, Y. B., Merino, L. C., & Colcha, R. O. (2018). *Casos prácticos resueltos de contabilidad de costos*.
- Georgetti, S., Casagrande, R., Fernandes-Souza, C., Oliveir, W., & Fonseca, M. (2008). *Spray drying of the soybean extract: Effects on chemical properties and antioxidant activity*. *Food Science and Technology*, 41, 1521-1527.
- German, C. M. (2017). *Efectos del proceso de secado e índice de madurez sobre las características fisicoquímicas y organolépticas de láminas de carambola Averrhoa carambola* ". *Tesis obtención del título de Ingeniero Agroindustrial*. Ibarra – Ecuador.
- Gharsallaoui, A., Roudaut, O., Chambin, A., & Voilley, R. S. (2007). *Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview*. *Food Research International*.
- González, E. ., Martínez, O. ., & Rutiaga-Quiñones, O. (2015). *Microencapsulación mediante secado por aspersión de compuestos bioactivos*. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 6(2), 180-192.
- González, S. H., González, P. S., & Rosales, R. T. (enero-abril, de 2011). *Caracterización de compuestos volátiles durante el secado por aspersión de jugo de sandía (Citrullus lanatus ThunB.)*. *Investigación y Ciencia*, 19(51), 10-15.

- González, S., & Hernández, A. E. (Septiembre - Diciembre, de 2015). Guanábana (*Annona muricata* L.) en polvo secado por aspersion. *Reaxxion*, 3(1).
- Hernán, P. R. (abril de 2019). Diseño de una planta de producción de encapsulados de carotenoides a partir de pulpa de mango (*mangifera indica* l), y de pulpa de melón (*cucumis melo*), mediante deshidratación por aspersion. *Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial*. Quito, Ecuador.
- Herrera Campos, S. L. (2018). Efecto de la concentración de goma arábica y temperatura de aire de secado por aspersion en el contenido de carotenoides totales, vitamina c y actividad antioxidante de la pulpa de tomate de árbol (*cyphomandra betacea* de *solanum betaceum*)". *Título profesional de ingeniero en industrias alimentarias*.
- Huertas, G. G., & Moreno, G. A. (07 de enero de 2015). Optimizacion del proceso de Atomizacion del zumo de Toronja (*Citrus paradisi*). *Tesis Título profesional de Ingeniero AgroIndustrial*. Nuevo Chimbote, Peru: Universidad Nacional del Santa:Facultad de Ingenieria: Escuela Academico Profesional de Ingenieria Agroindustrial.
- Hurtado, Y. E. (2003). *Diseño de un secador por atomizacion a nivel piloto para jugo concentrado de tomate de árbol*. Colombia.
- Jiménez Zurita, J. O., Balois Morales, R., Alia Tejacal, I., Juárez López, P., Sumaya Martínez, M. T., & Bello Lara, J. E. (1 de Julio de 2016). *Caracterización de frutos de guanabana (Annona muricata L.) en Tepic, Nayarit, México*. Obtenido de Revista mexicana de ciencias agrícolas: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000601261#aff1
- Jiménez, D. O. (2011). Color and chemical stability of spray-dried blueberry extract using mesquite. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(6), 889-894.
- Jiménez, E. A., Rincón , M., Pulido , R., & Saura, C. F. (2001). Guava fruit . 5493: J. Agric. Food Chem.
- Jiménez, Z. J., Morales, B. R., Tejacal, A. I., López, J. P., & Lara, S. M. (14 de agosto - 27 de septiembre de 2016). Caracterización de frutos de guanabana (*Annona muricata* L.) en Tepic, Nayarit, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(6), 1261-1270.
- Kanhaa , N., Regenstein, J., Surawanga, S., Pitchakarn, P., & Laokuldiloka, T. (2021). Properties and kinetics of the in vitro release of anthocyanin-rich microcapsules produced through spray and freeze-drying complex coacervated double emulsions. *Food Chemistry - Elsevier*, 340(15).
- Krishnaiah, D., Sarbatly, D., & Nithyanandam. (2012). Microencapsulation of *Morinda citrifolia* L. extract by Spray-Drying. *Chemical Engineering Research and Desing*, 90(5), 622-632.
- Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciência e Tecnologia.de los Alimentos*, 25(4), 726-732.
- Laboratorio de Geomática. (10 de Junio de 2014). CARTOGRAFÍA BASE ANALÓGICA DIGITAL .

- Lascarro, C. A. (22 de Mayo de 2014). *SlideShare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/lascarro1/cosecha-y-transporte-de-la-guanabana-a-la>
- Lima, M., A. C., Alves, R. E., Filgueiras, H. , A. C., & Enéas, F. J. (2003). *Comportamento respiratório e qualidade pós-colheita de graviola (Annona muricataL.) 'morada' sob temperatura ambiente*. *Rev. Bras. Frutic.*
- Llauce, T. y. (2015). Evaluación del zumo de Aguaymanto (*Physalis peruviana*) secado por atomización. *Revista Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 2(1), 2313-1926.
- López, B. C. (2009). Establecimiento de condiciones de la. *Vitae. Revista de la Facultad de Química Farmaceutica*, 16(3), 287-296.
- Lopez, S. W., Miñan, G. S.-O., -Oliveros, G. G., & Castillo, W. E.-M. (2020). Deshidratado por diferentes métodos para la conservación de su contenido de vitamina C. *18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Engineering, Integration, and Alliances for a SustainableDevelopment" "Hemispheric Cooperation for Competitiveness and Prosperity on a Knowledge-Based Economy"*, 27-31. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.114>
- Ma, K., & Dolan, K. (2011). Effects of spray drying on antioxidant capacity and anthocyanidin content of blueberry by-products. *Journal of Food Science*, 76(7), 156-164.
- Malaquias, M. (2011). *La guanábana (graviola annona muricata) usos y beneficios en la cura contra el cáncer*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos91/guanabana-usos-beneficios-cura-cancer/guanabana-usos-beneficios-cura-cancer2.shtml>
- Martinez, A. I. (junio de 2015). Efecto de la maltodextrina y la temperatura sobre el kiwi deshidratado por atomización. *Tesis Titulo de Ingenieria Agroalimentaria y del medio rural*. Universidad Publica de Navarra: Escuela Tecnica Superior de Ingenieros Agronomos.
- Martínez, N. B. (2011). Análisis bromatológico del carambolo (*Averrhoa carambola L.*) y determinación de su capacidad antioxidante. *Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Veracruzana*. .
- Medina Torres, L. E., García Cruz, F., Calderas, R., González Laredo, G., Sánchez Olivares, J., Gallegos Infante, N. E., . . . Rodríguez Ramírez. (2013). *Microencapsulation by spray drying of gallic acid with nopal mucilage (Opuntia 'ficus' indica)*. *LWT Food Science and Technology*. .
- Méndez, L. G., Granados Conde, C., & Osorio, M. (2016). Caracterización de la pulpa de *Annona muricata L.* cultivada en el Norte del Departamento de Bolívar-Colombia. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 7.
- Mendoza, F. (19 de mayo de 2022). *El Telegrafo. Decano Digital*. Obtenido de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/actualidad/44/empresa-agua-quito-busca-optimizar-consumo-liquido>

- Mendoza, F. A., Arteaga, M. M., & Pérez, O. S. (junio de 2016). Comportamiento de la vitamina C en un producto a base de lactosuero y pulpa de mango variedad Magdalena River (*Mangifera Indica* /.) durante el secado por aspersión. *Revista chilena de nutrición*, 43(2), 159 - 166.
- Ministerio de Agricultura de Brasil. (1 de Enero de 1999). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 136. Obtenido de Diario Oficial.
- Ministerio de Energía y Minas. (10 de mayo de 2022). *www.recursoyenergia.gob.ec*. Obtenido de <https://www.recursoyenergia.gob.ec/las-tarifas-de-energia-electrica-no-se-incrementaran-en-el-2022/>
- Naddaf, L., Avalo, B., & Oliveros, M. (2012). Secado por aspersión de jugo natural de naranja utilizando los encapsulantes maltodextrina y goma arábica. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 35(1).
- Naddaf, L., Belkis, A., & Oliveros, M. (abril de 2012). Secado por aspersión de jugo natural de naranja utilizando los encapsulantes maltodextrina y goma arábica. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 35(1).
- NTE INEN. (2012). *Normas Ecuatorianas*. Ecuador.
- NTE INEN 2337. (Diciembre de 2006). *Jugos, pulpas, concentrados nectares, bebidas de frutas y vegetales. Requisitos*. Obtenido de [tps://archive.org/stream/ec.nte.2337.2008#page/n3/mode/2up](https://archive.org/stream/ec.nte.2337.2008#page/n3/mode/2up)
- Oberoi, D., & Sogi, D. (November de 2015). Effect of drying methods and maltodextrin concentration on pigment content of watermelon juice powder. *Journal of Food Engineering*, 165, 172-178.
- Ojeda , G. d., Coronado, J., Nava, R., Sulbarán, B., Araujo , D., & Cabrera , L. (2007). Caracterización físicoquímica de la pulpa de la guanábana (*annona muricata*) cultivada en el occidente de venezuela. *Boletín del centro de investigaciones biológicas.*, 41(2), 151 - 160.
- Onimawo, I. A. (2002). *Proximate composition and selected chemical properties of the seed, pulpan doilof soursop (Annona muricata)*. Plan Food Hum.Nutr.
- Onyechy, U., Uchena, A., Vivienne, I., Kiruka, N., & Eze, P. (2012). *Nutrient and Phytochemical, Composition and Sensory evaluation of soursop*. Internatonal Journal of Basic and Applied Sciences.
- Orak , H. H., Bahrisefit , I. S., & Sabudack, T. (2019). Actividad antioxidante de los extractos de hojas, pulpas de frutos, cáscaras y semillas de guanábana (*Annona muricata* L.). *Revista Polaca de Ciencias de la Alimentación*, 359-366.
- Orna, J. (2012). Estandarización del diseño de secaderos por aspersión de materiales pastosos (tesis de grado). . Escuela superior politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- Palomares, S. G., Estrada, A. H., & González, H. M. (Septiembre - Diciembre, de 2015). Guanábana (*Annona muricata* L.) en polvo secado por aspersión. *Reaxxion Ciencia y Tecnología Universitaria*, 3(1).

- Park, N. (2001). Fibra dietética en alimentos chilenos . En *En fibra dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud: Obtención, Caracterización, Efecto Fisiológico y Aplicaciones en Alimentos*. (págs. 179-185). Sao Paulo: Varela .
- Paull, R. E., & Duarte, O. (2011). Tropical fruits. *CABI Publishing*, 371.
- PEÑARANDA, I. C. (2019). Influencia del secado por atomización de mucílago de cacao (theobroma cacao l.) en el contenido de polifenoles y capacidad antioxidante”. *TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS*. Lima - Perú: Universidad nacional agraria La Molina - Facultad de industrias alimentarias.
- Pinto, A., Cordeiro, M., Ferreira, F., Filgueria , H., Alves, R., & Kimpara, D. (2005). *Annona species*. UK: SO17 IBJ.
- Pinzón, I. M., & Fischer Gerhard y Corredor, G. (2007). Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis Sims*). *Agronomía Colombiana*, 25(1), 83 - 95.
- Queck, S. C. (2007). The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing*, 46, 386- 392.
- Quek, S. Y., Chok, N. K., & Swedlund, P. (2007). The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing*, 46(5), 386-392.
- Ramírez, A., & Pacheco de Delahaye, E. (1 de Enero de 2011). *Composición química y compuestos bioactivos presentes en pulpas de piña, guayaba y guanábana*. Obtenido de Asociación Interciencia Caracas, Venezuela: <http://www.redalyc.org/pdf/339/33917727011.pdf>
- Ramírez, A., & Pacheco de Delahaye, E. (2009). Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia*, 293-298.
- Ramulo, P., & Udatasekhara, P. (2003). Total, insoluble and soluble dietary fiber contents of Indian fruits. *J. Food Comp. Anal.*
- Repo, R. d., & Encina, C. R. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Rev Soc Quím Perú*, 74(2), 108 - 124.
- Rios , S. A., & Gil, M. G. (2021). Microencapsulación por secado por aspersion de compuestos bioactivos en diversas matrices: una revisión. *Tecnologicas*, 24(51).
- Ruíz, V. P., & CofréMarcela, S. (2017). Costeo de producto derivado de maqui a través de la técnica de secado por aspersion.
- Saikia, S., Kumar, N. M., & Mahanta, L. C. (March 2015 de 2015). Optimisation of phenolic extraction from *Averrhoa carambola* pomace by response surface methodology and its microencapsulation by spray and freeze drying. *Food Chemistry*, 171(15), 144-152.
- Santos, A. B. (2008). Spraydried tomato powder: reconstitution properties and colour. *Biology And Technology*, 51(4), 807-814.

- Santos, M. T., Silva de Jesusa, A. d., & Lennon, J. (2019). Effect of spray drying on bioactive and volatile compounds in soursop. *Food Research International*, 124, 70 - 77 .
- SERPA GUERRA, A. M., VASQUEZ OSORIO, D. C., & CASTRILLON MARTINEZ, D. C. (2015). Comparación de dos técnicas de deshidratación de guayaba-pera (*Psidium guajava* L.) sobre los efectos del contenido de vitamina C y el comportamiento de las propiedades técnico-funcionales de la fibra dietaria. *Revista Lasallista de Investigación*, 12(1), 10-20.
- Shishir, M., & Talib, N. (2014). Physical Properties of Spray-dried Pink Guava (*Psidium Guajava*) Powder. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 74-81.
- Siccha , A., & Lock de Ugaz, O. (1995, Junio). *Revista de Química*. Retrieved from Secado por atomización (Spray Dryer): <http://www.revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/viewFile/8354/8661>
- SOCIEDAD LATINOAMERICANA PARA LA CALIDAD. (21 de Junio de 2000). Obtenido de <http://www.valoryempresa.com/archives/costobeneficio.pdf>
- Solis , J. F., Amador , F. H., Hernández, M. M., & Durán , M. d. (enero - marzo de 2010). Caracterización fisicoquímica y comportamiento térmico del aceite de “almendra” de guanábana (*Annona muricata*, L). *GRASAS Y ACEITES*, 61(1), 58-66.
- Telis , V., & Martinez Navarrete , N. (2010). Application of compression test in analysis of mechanical and color changes in grapefruit juice powder as related to glass transition and water activity. *Food Science and Technology*, 43(5), 744 - 751.
- Terán, E. B., Tejacal, A. I., Balois-Morales, R., Juárez-Lopez, P., Graciela G. López, G., Pérez, G. A.-A., & A.-Colín, N. C. (2019). Caracterización física, química y morfológica de frutos de guanábana (*Annona muricata* L.). *Agrociencia*, 53(7), 1013-1027.
- Toneli, J. P. (2006). Spray drying optimization to obtain inulin powder. . In: *Proceedings of the 15th International Drying Symposium*. Budapest, Hungary.
- Tonon, R., Brabet, C., & Hubinger, M. (2010). Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried acai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. *Food Research International*, 43(3), 907- 914.
- Tonon, V. B. (2008). Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai powder produced by spray drying. *Journal of Food Engineering*, 88(3), 411-418.
- Valencia Sullca, C. E., & Guevara Pérez, A. (abril-junio de 2013). Variación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos durante el procesamiento del néctar de zarzamora (*Rubus fruticosus* l.). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 79(2), 116-125.
- Vit, P., De Santiago, B., & Pérez Pérez, E. M. (2015). *Dialnet*. Obtenido de Composición química y actividad antioxidante de pulpa, hoja y semilla de guanábana *Annona muricata* L.: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5504806>

- Yousefi, S., Emam - Djomeh , Z., & Mousavi, S. (2011). Effect of carrier type and spray drying on the physicochemical properties of powdered and reconstituted pomegranate juice (*Punica Granatum L.*). *Journal of Food Science and Technology*, 48(2), 677- 684.
- Zanin, T. (1 de Febrero de 2019). *TUASAÚDE*. Obtenido de <https://www.tuasaude.com/es/guanabana/>
- Zeberga, S. (2010). Production and Quality Evaluation of Spray Dried Fruit Products. *Tesis de maestria. Etiopia: Addis ababa University.*

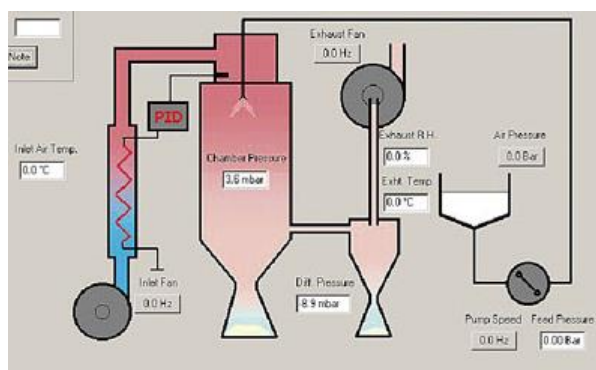
8 Anexos

Anexo A Especificaciones e Instrucciones de trabajo para la Torre de secado FT -180

El secador por pulverización FT80 se suministra de serie con dos boquillas y mangueras para boquillas, una para corrientes paralelas y una para contracorriente. En la configuración de contracorriente, la boquilla está colocada en la base de la cámara y pulveriza hacia arriba al flujo de aire caliente.

Figura 30

Esquema del secador spray dryer



Especificaciones de la unidad

En la siguiente Tabla 19 se muestra las especificaciones generales del secador spray dryer

Tabla 19

Especificaciones generales del secador

GENERAL	
Alimentación de líquido	2-7 l/hr mediante bomba de cavidad progresiva de velocidad variable
Flujo de aire	Hasta 30m ² , usando ventiladores de velocidad variable en configuración 'push-pull'

Tiempos de permanencia en la cámara	Variable hasta 9s
Puntos de recogida de polvo	Puntos de descarga individuales en la cámara y en el ciclón

SECADO POR PULVERIZACIÓN

Calentador de aire eléctrico	4.5kW
Temperatura del aire de secado	50-250°C
Velocidad de evaporación	1.5-3 l/hr
Intervalo típico de tamaños de partícula	20-120 micrones

ENFRIAMIENTO POR PULVERIZACIÓN

Temperatura del aire	2°C/ min
----------------------	----------

A continuación, se describe el procedimiento para el proceso de secado.

- En primer lugar, se procede a un previo lavado del equipo con agua, después se procede al armado del equipo y añadir el producto a secar una vez que la unidad está en funcionamiento.
- Posteriormente se procede a encender y configurar el equipo, pronto la temperatura del aire de entrada comenzara a aumentar y elevarse al punto de ajuste esto tomara tiempo y mientras el equipo se calienta la medición de la humedad relativa comienza a bajar casi a cero.

- Una vez que el equipo esté listo se añade el concentrado de guanábana, y se enciende la bomba de alimentación y la presión con el ajuste anterior. La humedad relativa aumenta lentamente.
- Para retirar el recipiente de recogida, deshacer la fijación tri-abrazadera que se conecta a la válvula de mariposa. Se comprueba que el producto se esté secando, y vaciar el producto en un recipiente adecuado.
- Se sustituye el recipiente de recolección inmediatamente y se abre la válvula de mariposa de nuevo.
- Desconectar el compresor y apagar el calefactor, dejar enfriar un periodo de tiempo y apagar el ventilador.
- Desmontar el recipiente de depósito del polvo.
- Desmontar el ciclón separador de polvo y la cámara de secado para proceder a su limpieza y realizar los siguientes experimentos.

Figura 31

Parámetros operaciones del secador (a) y el jugo de guanábana a la entrada (b)



Anexo B Resultado una vez aplicado el diseño de experimento previsto.

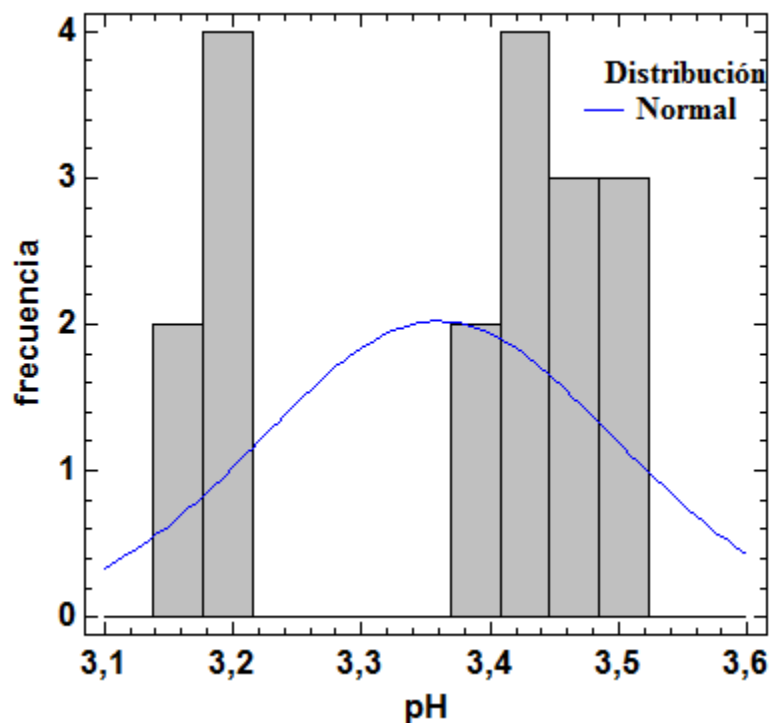
Tratamiento	pH	Solidos solubles (°Brix)	Capacidad Antioxidante (μM/g polvo)	Vitamina C (mg/100g)
6 Hz/kW - 200 °C	3,15	10,5	1,47	12,07
6 Hz/kW - 200 °C	3,18	10,1	2,00	12,07
8 Hz/kW: 160 °C	3,46	11	1,76	10,72
8 Hz/kW - 200 °C	3,15	10,2	2,55	6,68
8 Hz/kW: 180 °C	3,44	10	2,24	10,69
6 Hz/kW - 180 °C	3,42	10,7	1,80	12,01
6 Hz/kW - 160°C	3,44	10,9	2,15	14,29
8 Hz/kW: 160 °C	3,49	10,8	2,46	10,72
8 Hz/kW: 180 °C	3,40	9,8	2,80	12,02
8 Hz/kW: 160 °C	3,50	10,7	2,49	12,05
6 Hz/kW - 200 °C	3,20	10,2	2,30	13,41
8 Hz/kW - 200 °C	3,20	9,7	3,06	9,35
6 Hz/kW - 180 °C	3,40	10,9	2,42	13,35
8 Hz/kW: 180 °C	3,45	9,8	3,05	13,36
6 Hz/kW - 180 °C	3,43	10,6	2,65	13,35
8 Hz/kW - 200 °C	3,18	9,8	3,09	8,01
6 Hz/kW - 160 °C	3,48	11	2,91	14,30
6 Hz/kW - 160 °C	3,50	10,8	3,19	11,69

Anexo C Resultados ANOVA para pH por Tratamientos.

Casos de estudio		Promedio	Mínimo	Máximo
Tratamiento 1	14 ml/min – 160 °C	3,47 ^b ± 0,03	3,44	3,50
Tratamiento 2	14 ml/min - 180 °C	3,41 ^b ± 0,02	3,40	3,43
Tratamiento 3	14 ml/min - 200 °C	3,18 ^a ± 0,03	3,15	3,20
Tratamiento 4	20 ml/min - 160 °C	3,40 ^b ± 0,02	3,46	3,50
Tratamiento 5	20 ml/min - 180 °C	3,43 ^b ± 0,03	3,40	3,45
Tratamiento 6	20 ml/min - 200 °C	3,18 ^a ± 0,03	3,15	3,20
Total		3,36 ± 0,14	3,15	3,50
Sesgo Estandarizado	-1,12361	Curtosis Estandarizada	-1,29583	
Resultados de Anova: valor de P-valor			0,0000	

Nota: promedio ± desviación estándar. La letra indicada en superíndice dentro de las columnas hace referencia a los grupos homogéneos establecidos por ANOVA ($p < 0,05$)

Anexo D Gráfico Histograma y distribución normal, pH

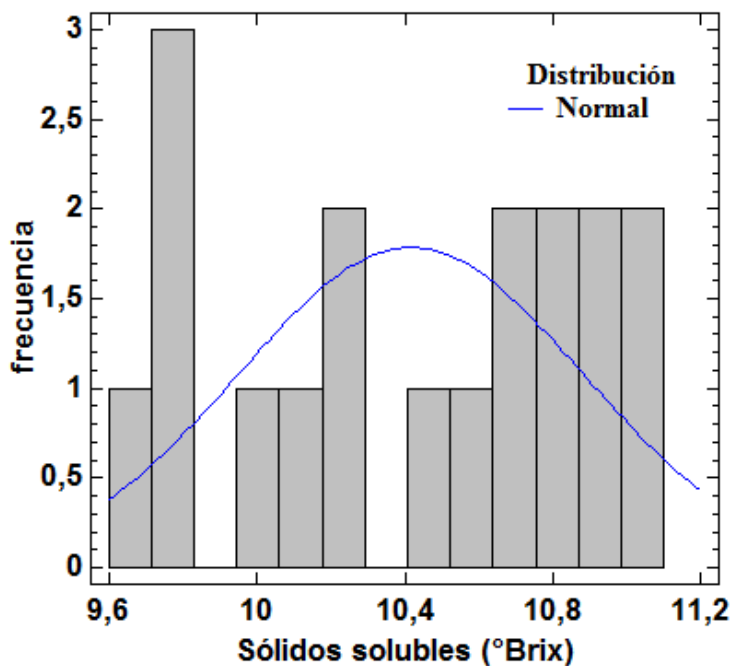


Anexo E Resultados ANOVA para sólidos solubles por Tratamientos

Casos de estudio		Promedio	Mínimo	Máximo
Tratamiento 1	14 ml/min – 160 °C	10,90 ^c ± 0,10	10,8	11,0
Tratamiento 2	14 ml/min - 180 °C	10,73 ^{bc} ± 0,15	10,6	10,9
Tratamiento 3	14 ml/min - 200 °C	10,27 ^{ab} ± 0,21	10,1	10,5
Tratamiento 4	20 ml/min - 160 °C	10,83 ^c ± 0,15	10,7	11,0
Tratamiento 5	20 ml/min - 180 °C	9,87 ^a ± 0,12	9,8	10,0
Tratamiento 6	20 ml/min - 200 °C	9,90 ^a ± 0,26	9,7	10,2
Total		10,42 ± 0,46	9,7	11,0
Sesgo Estandarizado	-0,467564	Curtosis Estandarizada		-1,34765
Resultados de Anova: valor de P-valor			0,0000	

Nota: Sólidos solubles: °Brix, promedio ± desviación estándar. La letra indicada en superíndice dentro de las columnas hace referencia a los grupos homogéneos establecidos por ANOVA ($p < 0,05$)

Anexo F Gráfico Histograma y distribución normal, sólidos solubles

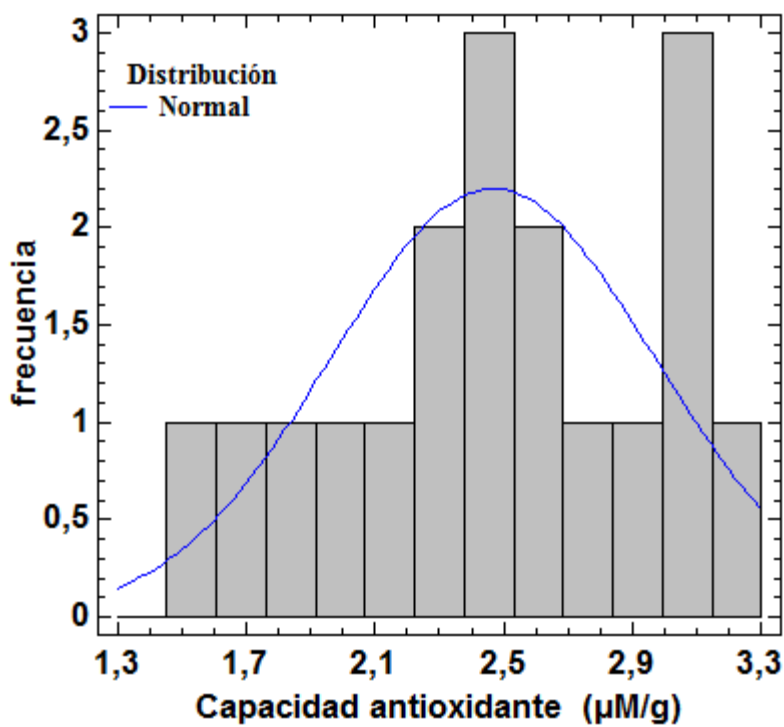


Anexo G Resultados ANOVA para la capacidad antioxidante por tratamientos

Casos de estudio		Promedio	Mínimo	Máximo
Tratamiento 1	14 ml/min – 160 °C	2,75 ± 0.54	2,15	3,19
Tratamiento 2	14 ml/min - 180 °C	2,29 ± 0.44	1,80	2,65
Tratamiento 3	14 ml/min - 200 °C	1,92 ± 0.42	1,47	2,30
Tratamiento 4	20 ml/min - 160 °C	2,24 ± 0.41	1,76	2,49
Tratamiento 5	20 ml/min - 180 °C	2,70 ± 0.41	2,24	3,05
Tratamiento 6	20 ml/min - 200 °C	2,90 ± 0.30	2,55	3,09
Total		2,47 ± 0.50	1,47	3,19
Sesgo Estandarizado	- 0,56331	Curtosis Estandarizada		-0,608882
Resultados de Anova: valor de P-valor			0,1097	

Nota: Capacidad antioxidante: $\mu\text{M/g}$, promedio \pm desviación estándar.

Anexo H Histograma y distribución normal, capacidad antioxidante

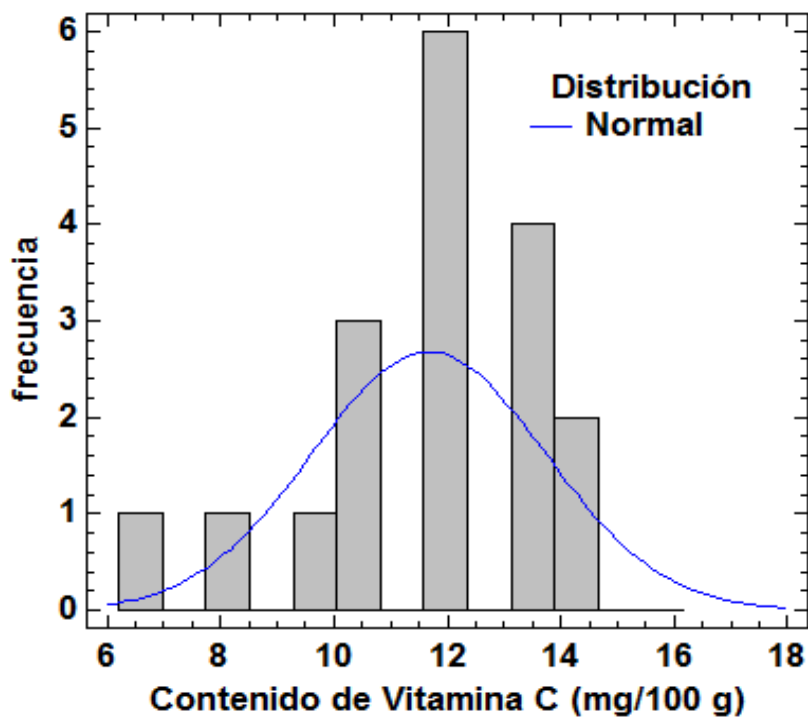


Anexo I Resultados ANOVA para contenido de vitamina C por tratamientos

Casos de estudio		Promedio	Mínimo	Máximo
Tratamiento 1	14 ml/min – 160 °C	13,43 ^b ± 1,50	11,69	14,3
Tratamiento 2	14 ml/min - 180 °C	12,90 ^b ± 0,77	12,01	13,35
Tratamiento 3	14 ml/min - 200 °C	12,52 ^b ± 0,77	12,07	13,41
Tratamiento 4	20 ml/min - 160 °C	11,16 ^b ± 0,77	10,72	12,05
Tratamiento 5	20 ml/min - 180 °C	12,02 ^b ± 1,33	10,69	13,36
Tratamiento 6	20 ml/min - 200 °C	8,01 ^a ± 1,33	6,68	9,35
Total		11,67 ± 2,06	6,68	14,3
Sesgo Estandarizado	-1,73733	Curtosis Estandarizada	0,714474	
Resultados de Anova: valor de P-valor			0,0009	

Nota: Contenido de vitamina C: mg/100 g promedio ± desviación estándar. La letra indicada en superíndice dentro de las columnas hace referencia a los grupos homogéneos establecidos por ANOVA ($p < 0,05$)

Anexo J Gráfico Histograma y distribución normal, Vitamina C



Anexo K *Análisis de Varianza para Capacidad Antioxidante*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:flujo	0,37845	1	0,37845	2,08	0,1753
B:temp	0,0266778	2	0,0133389	0,07	0,9299
INTERACCIONES					
AB	1,6957	2	0,84785	4,65	0,0320
RESIDUOS	2,1886	12	0,182383		
TOTAL (CORREGIDO)	4,28943	17			

Nota: *flujo: Flujo de alimentación y temp: Temperatura de la cámara.*

Anexo L *Análisis de Varianza para el contenido de Vitamina C*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:flujo	29,2358	1	29,2358	23,04	0,0004
B:temp	17,9638	2	8,98191	7,08	0,0093
INTERACCIONES					
AB	10,0299	2	5,01494	3,95	0,0480
RESIDUOS	15,2264	12	1,26887		
TOTAL (CORREGIDO)	72,4558	17			

Nota: *flujo: Flujo de alimentación y temp: Temperatura de la cámara.*