



UNAP



**FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

TESIS

**PARÁMETROS TECNOLÓGICOS PARA LA OBTENCIÓN DE PULPA
SECA A PARTIR DE *Averrhoa carambola* L (CARAMBOLA) POR EL
MÉTODO DE ATOMIZACIÓN**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

PRESENTADO POR:

**WALTER ALARCON BRAVO
FRANK LEYTER GUERRA MORI**

ASESORES:

**ING. ROGER RUIZ PAREDES, MSC.
ING. JORGE LUIS CARRANZA GONZALES, MSC.**

IQUITOS, PERÚ

2019



UNAP

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 030-CGT-FIA-UNAP-2019

En Iquitos, en la Sala de Reuniones de la Decanatura, ubicado en el Campus SL11 Puerto Almendra de la Facultad de Industrias Alimentarias sito al margen derecho del rio Nanay, Distrito de San Juan, Provincia de Maynas, Departamento de Loreto, a los 30 días del mes de diciembre de 2019, a horas 11:00 a.m., se dio inicio a la sustentación pública de la Tesis titulada : **“PARAMETROS TECNOLÓGICOS PARA LA OBTENCIÓN DE PULPA SECA A PARTIR DE *Averrhoa carambola* L (CARAMBOLA) POR EL MÉTODO DE ATOMIZACIÓN”**, aprobado con Resolución Decanal N° 082-FIA-UNAP-2018 presentado por los Bachilleres: **WALTER ALARCON BRAVO y FRANK LEYTER GUERRA MORI**, para optar el Título Profesional de Ingenieros en Industrias Alimentarias, que otorga la Universidad de acuerdo a Ley y Estatuto.

El Jurado Calificador y dictaminador designado mediante Resolución Decanal N° 411-FIA-UNAP- 2019 del 18 de diciembre de 2019, está integrado por:

**FERNANDO TELLO CELIS
ELMER ALBERTO BARRERA MEZA
ALFONSO MIGUEL RÍOS CACHIQUE**

Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: Satisfactoriamente.....

El Jurado después de las deliberaciones correspondientes, llego a las siguientes conclusiones:

La sustentación pública y la tesis ha sido: Aprobado..... con la calificación Buena..

Estando los bachilleres aptos para obtener el Título Profesional de Ingenieros en Industrias Alimentarias Siendo las 12:00 m. se dio por terminado el acto de sustentación.


Miembro
Elmer Alberto Barrera Meza
Ingeniero en Industrias Alimentarias
CIP: 110343

Presidente
Fernando Tello Celis
Ingeniero en Industrias Alimentarias
CIP: 47300

Miembro
Alfonso Miguel Ríos Cachique
Ingeniero en Industrias Alimentarias
CIP: 211418

Asesor
Ing. Roger Ortiz Paredes
Ingeniero en Industrias Alimentarias
CIP: 17601

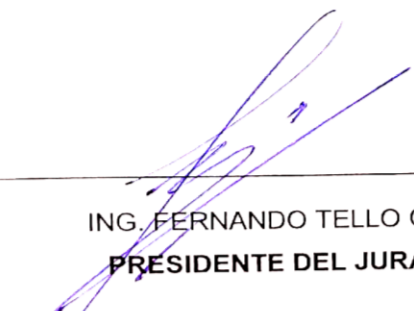
Asesor
Janis Luz Carranza González
Ingeniero en Industrias Alimentarias
CIP: 17118



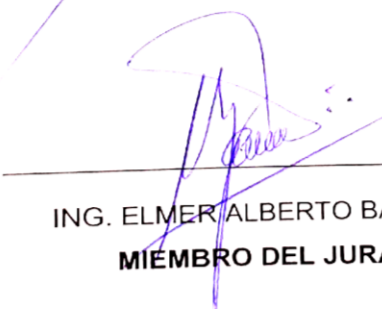
MIEMBROS DEL JURADO

Tesis aprobada en sustentación pública llevado a cabo el 30 de diciembre de 2019 por los jurados nombrados por la Dirección de la Facultad de Industrias Alimentarias para optar el Título de:


INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



ING. FERNANDO TELLO CELIS
PRESIDENTE DEL JURADO



ING. ELMER ALBERTO BARRERA MEZA
MIEMBRO DEL JURADO



ING. ALFONSO MIGUEL RÍOS CACHIQUE
MIEMBRO DEL JURADO

AUTORIZACIÓN DE ASESORES

El MSc. Roger Ruiz Paredes, docente principal adscrito al Departamento de Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Industrias Alimentarias y el MSc. Jorge Luis Carranza Gonzales, docente asociado al Departamento de Ingeniería de Alimentos de la Facultad de Industrias Alimentarias.

INFORMAN:

Que los Bachilleres **WALTER ALARCON BRAVO** y **FRANK LEYTER GUERRA MORI** han realizado bajo nuestra dirección el trabajo contenido en la tesis intitulada: **PARÁMETROS TECNOLÓGICOS PARA LA OBTENCIÓN DE PULPA SECA A PARTIR DE Averrhoa carambola L (CARAMBOLA) POR EL MÉTODO DE ATOMIZACIÓN**, y considerando que el mismo reúne los requisitos necesarios para ser presentado, ante el Jurado Calificador, a tal efecto damos pase para su sustentación y posterior obtención del Título de: Ingeniero(a) en Industrias Alimentarias.

AUTORIZAMOS: A los citados Bachilleres a presentar el Trabajo Final de carrera, para proceder a su sustentación cumpliendo así con la normativa vigente que regula el Reglamento de Grados y Títulos en la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

Asesor

Ing. Jorge Luis Carranza Gonzales

Asesor

Ing. Roger Ruiz Paredes

DEDICATORIA

A mis padres Menelio Alarcon y Alendrina Bravo; a mi amada Señora Grecia e hijo Jared Valentino; y Hermanos por su apoyo incondicional con sus palabras de aliento, consejos, amor y ayuda en los momentos más difíciles.

Walter

A mis padres Leyter Guerra Yumbato y Janeth Mori Yahuarcan, por su incondicional apoyo en este camino de la vida; y a todos mis familiares queridos por ayudarme a cumplir mi meta.

Frank

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por darme la vida, acompañarme en todo momento y permitir concluir satisfactoriamente mis estudios obteniendo un logro más en la vida.

A mis asesores Ing. MSc. Jorge Luis Carranza Gonzales e Ing.Msc Roger Ruiz Paredes por su guía en la elaboración de la tesis.

A los trabajadores en general de la planta piloto UNAP por brindarme el apoyo y facilitarme con el trabajo siendo personas muy generosas y profesionales, llegando a crecer profesionalmente gracias a ellos.

Frank y Walter

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	I
ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	II
MIEMBROS DEL JURADO	III
AUTORIZACIÓN DE ASESORES.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
ÍNDICE GENERAL	VII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
LISTA DE ABREVIATURAS	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Bases Teóricas.....	4
1.2.1 Taxonomía.....	4
1.2.2 Morfología	5
1.2.3 Composición del Fruto.....	5
1.2.4 Crecimiento y Desarrollo de la <i>Averrhoa carambola L</i> (carambola)	6
1.2.5 Características Nutricionales	6
1.2.6 Variedades del Fruto de la <i>Averrhoa carambola L</i> (carambola)	7
1.2.7 Formas de Aprovechamiento y Conservación.....	8
1.2.8 Vitamina C.....	9
1.2.8.1 Propiedades Tecno funcionales y Nutraceuticos de la vitamina C	9
1.2.8.2 Dosis Recomendadas de vitamina C en la Ingesta Diaria	10
1.2.9 Métodos de Encapsulación.....	10
1.2.10 Agentes Encapsulantes Utilizados en la Micro encapsulación	11
1.2.11 Maltodextrina.....	12
1.2.12 Almidón Modificado	12
1.2.13 Lecitina de Soya	12

1.2.14	Goma Arábica.....	12
1.2.15	Encapsulación de Zumos.....	12
1.2.16	Secado por Atomización.....	13
1.2.17	Parámetros que Influyen en el Secado por Aspersión.....	14
1.3	Definición de Términos Básicos.....	14
1.3.1	Atomización.....	14
1.3.2	Encapsulante.....	15
1.3.3	Vitamina.....	15
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES.....		16
2.1	Formulación de la Hipótesis.....	16
2.2	Variables y su Operacionalización.....	16
2.2.1	Variables Independientes.....	16
2.2.2	Variables Dependientes.....	16
2.2.3	Operacionalidad de Variables.....	17
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....		18
3.1	Tipo y Diseño.....	18
3.1.1	Materiales y Métodos.....	18
3.1.1.1	Materia Prima.....	18
3.1.1.2	Equipos del Proceso.....	18
3.1.1.3	Materiales del Proceso.....	19
3.1.1.4	Insumos.....	19
3.1.1.5	Materiales de Laboratorio.....	19
3.2	Diseño Muestral.....	19
3.3	Procedimiento para la Recolección de los Datos Experimentales.....	19
3.4	Procesamiento y Análisis de Datos.....	20
3.4.1	Análisis realizados al jugo de <i>Averrhoa carambola L</i> (carambola) secado por atomización.....	22
3.4.1.1	Análisis Físico-químicos.....	22
3.4.1.1.1	Determinación de Humedad.....	22
3.4.1.1.2	Determinación de Cenizas.....	22
3.4.1.1.3	Determinación de Grasas.....	23
3.4.1.1.4	Determinación de Proteínas.....	25
3.4.1.1.5	Determinación de Carbohidratos.....	26
3.4.1.1.6	Determinación de Fibra Total.....	26
3.4.1.1.7	Determinación de Vitamina C.....	28
3.4.1.1.8	Determinación Cromatográfica de provitamina.....	29
3.5	Aspectos Éticos.....	30

CAPÍTULO IV RESULTADOS	32
4.1 Resultados del Análisis Físico-químico Proximal del Fruto de <i>Averrhoa Carambola L</i> (carambola).....	32
4.2 Proceso Definitivo para la Obtención de Pulpa seca a partir de <i>Averrhoa Carambola L</i> (carambola) por el Método de Atomización	33
4.3 Análisis Físicoquímicos.....	36
4.4 Análisis Microbiológico.....	39
4.5 Análisis Estadístico.....	39
4.6 Balance de Materia para el Proceso de Atomización	47
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	49
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	51
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES	52
CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN	53
ANEXOS	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características físicas de la <i>Averrhoa carambola L</i> (carambola).....	5
Tabla 2. Características físico-químicas de la <i>Averrhoa carambola L</i> (carambola)5	
Tabla 3. Variedades de <i>Averrhoa carambola L</i> (carambola) introducidas o seleccionadas en florida	8
Tabla 4. Métodos físicos, químicos y fisicoquímicos empleados para la Encapsulación de compuestos.....	10
Tabla 5. Materiales empleados en la micro encapsulación.....	11
Tabla 6. Operacionalización de variables para la optimización de secado de pulpa de <i>Averrhoa carambola L</i> (carambola)	17
Tabla 7. Factores y niveles para la obtención de pulpa seca a partir de la <i>Averrhoa carambola L</i> (carambola) por el método de atomización.....	18
Tabla 8. Análisis de la <i>Averrhoa carambola L</i> (carambola) en estado fresco de la variedad ácida.....	32
Tabla 9. Análisis de la <i>Averrhoa Carambola L</i> (carambola) en estado fresco de la variedad dulce.....	33
Tabla 10. Análisis Físico-químico de la <i>Averrhoa Carambola L</i> (carambola) Dulce	36
Tabla 11. Análisis Físico-químico de la <i>Averrhoa Carambola L</i> (carambola) Ácida	37
Tabla 12. Diferencias de Valores de pro vitamina A y vitamina C en ambas Variedades de <i>Averrhoa carambola L</i> (carambola): Dulce y Ácida mg/100g.....	38
Tabla 13. Resultados del Análisis Microbiológico de la <i>Averrhoa Carambola L</i> (carambola).	39
Tabla 14. Resultados del Análisis Estadístico para la <i>Averrhoa Carambola L</i> (carambola) de la Variedad Ácida Dulce	39
Tabla 15. Resultados del Análisis Estadístico para la <i>Averrhoa Carambola L</i> (carambola) de la Variedad Ácida.....	41
Tabla 16. Balance de Materia de la Pulpa de <i>Averrhoa Carambola L</i> . (Carambola) con Maltodextrina al 4 % como Encapsulante.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas de crecimiento del fruto de la <i>Averrhoa carambola L</i> (carambola)	6
Figura 2. Diagrama de Flujo para el Deshidratado de la Pulpa de Carambola	20
Figura 3. Diagrama de Flujo para Deshidratado Final de la Pulpa de Carambola	34
Figura 4. Gránulos de la <i>Averrhoa Carambola L</i> (carambola) Atomizado	43
Figura 5. Análisis de Pareto para la <i>Averrhoa Carambola L</i> (carambola) de la Variedad Dulce	44
Figura 6. Grafica de Contorno de la <i>Averrhoa Carambola L</i> (carambola) de la Variedad Dulce	45
Figura 7. Análisis de Pareto, de Efectos Estandarizado para la <i>Averrhoa Carambola L</i> (carambola) de la Variedad Ácida.....	46
Figura 8. Gráfica de Contorno de la <i>Averrhoa Carambola L</i> (carambola) de la Variedad Ácida.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA: Analysis Of Variance

AOAC: Association of Official Analytical Chemists

DCA: Diseño Experimental Completamente Aleatorizado

DE: Equivalente de Dextrosa

DPPH: 2,2-Difenil-1-Picrylhydrazyl

HPLC: High Performance Liquid Chromatography

IMET: Instituto de Medicina Tradicional

MINSA: Ministerio de Salud

NTP: Norma Técnica Peruana

RPM: Revoluciones por Minuto

RESUMEN

Como objetivo principal se tuvo el determinar los parámetros tecnológicos para la obtención de pulpa seca a partir de carambola *Averrhoa carambola L* (carambola) por el método de atomización de la variedad ácida y dulce.

Para el proceso de atomización se utilizó el análisis estadístico (ANOVA) se aplicó un diseño factorial 2^3 , representado por la ecuación:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_1 X_2 + \beta_5 X_1 X_3 + \beta_6 X_2 X_3 + \beta_7 X_2 X_3$$

Que tendrá tres factores: X1 = Temperatura (°C), X2 = Maltodextrina (%), X3 = Velocidad de giro. El factor X1 tiene 2 niveles (-1 = 195 °C, +1 = 200 °C), el factor X2 tiene 2 niveles (-1 = 4 %, +1 = 8 %), El factor X3 tiene 2 niveles (-1 = 10000 rpm, +1 = 15000) Revoluciones por minuto, con un rango de aceptación de R^2 (> 85 %) y el valor P ($P < 0.05$) ó ($F_{cal} > F_{tabla}$). Para las muestras de polvo de carambola ácida y dulce se les realizó un análisis físico -químico para determinar el mejor tratamiento teniendo como indicador las concentraciones finales de vitamina C y provitamina A, los mejores resultados se obtuvieron a temperatura de 195 °C, velocidad de giro del aspersor 10,000 rpm y encapsulante maltodextrina 4 % en relación p/v; carambola dulce: humedad 3.5%, ceniza 3.7%, grasa 0.4%, proteína 2.55%, carbohidratos 89.85%, pro vitamina A 48.1 mg/100 g de muestra y vitamina C de 120 mg/100 g de muestra y carambola ácida: Humedad 4.00%, ceniza 3.69%, grasa 1.17%, proteína 2.58%, carbohidratos 88.56%, pro vitamina A 86.2 mg/100 g de muestra y vitamina C de 534.03 mg/100 g de muestra.

Palabras clave: *Averrhoa carambola L* (carambola), maltodextrina, vitaminas.

ABSTRACT

The main objective was to determine the technological parameters for obtaining dry pulp from *Averrhoa carambola* L star fruit (star fruit) by the atomization method of the acid and sweet variety.

Statistical analysis (ANOVA) was used for the atomization process, a factorial design 2³ was applied, represented by the equation:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_1 X_2 + \beta_5 X_1 X_3 + \beta_6 X_2 X_3 + \beta_7 X_1 X_2 X_3$$

It will have three factors: X1 = Temperature (° C), X2 = Maltodextrin (%), X3 = Turning speed. Factor X1 has 2 levels (-1 = 195 ° C, +1 = 200 ° C), factor X2 has 2 levels (-1 = 4%, +1 = 8%), Factor X3 has 2 levels (-1 = 10000 rpm, +1 = 15000) Revolutions per minute, with an acceptance range of R2 (> 85%) and the P value (P <0.05) or (F_{cal} > F_{table}). For the acid and sweet carambola powder samples, a physical-chemical analysis was performed to determine the best treatment with the final concentrations of vitamin C and provitamin A as an indicator, the best results were obtained at a temperature of 195 ° C, speed of rotation of the sprinkler 10,000 rpm and encapsulant maltodextrin 4% in relation w / v; sweet star fruit: humidity 3.5%, ash 3.7%, fat 0.4%, protein 2.55%, carbohydrates 89.85%, pro vitamin A 48.1 mg / 100 g of sample and vitamin C of 120 mg / 100 g of sample and acid star fruit: Humidity 4.00 %, ash 3.69%, fat 1.17%, protein 2.58%, carbohydrates 88.56%, pro vitamin A 86.2 mg / 100 g of sample and vitamin C of 534.03 mg / 100 g of sample.

Key words: *Averrhoa carambola* L (carambola), maltodextrin, vitamins.

INTRODUCCIÓN

Las frutas tropicales y subtropicales son las que se desarrollan y crecen en las zonas comprendidas entre las latitudes 15 a 25 ° Norte y Sur y 25° a 40° Norte y Sur, respectivamente, no influyendo en ellas la geografía del lugar sino el clima circundante (**BAREA, 2015**).

La planta de carambola *Averrhoa carambola L* (carambola) se desarrolla muy bien en un clima cálido y húmedo por lo que aquí en la Amazonia crece sin mayores exigencias aun en zonas inundables. Los contenidos de vitaminas A y C más la particularidad de la forma de su fruto en forma de estrella lo convierte en una fruta exótica muy apreciada, además por su sabor agridulce que la diferencia de otras frutas confiriéndole un sabor especial (**IMET, 2018**).

Actualmente la conservación y preservación de alimentos juega un papel importante en la alimentación de la población mundial, ya que permite su consumo en fechas futuras, es así que el método de secado por atomización mediante la encapsulación de los compuestos activos presentes en las pulpas de frutas es una buena alternativa pues permite conservar sus propiedades funcionales como son las vitaminas, componentes volátiles y aroma (**BAREA, 2015**).

Para un correcto secado hay que considerar los componentes nutricionales presentes en cada fruta, es así que en el deshidratado de jugos de frutas mediante el proceso de atomización es de suma importancia un arreglo adecuado de los parámetros de operación como son la Temperatura de entrada, Temperatura de salida, Cantidad de Encapsulante a emplear, la Velocidad de ingreso del jugo al equipo

El objetivo de esta investigación es determinar los parámetros tecnológicos para la obtención de pulpa seca a partir de *averrhoa carambola L* (carambola) por el método de Atomización, mientras que los objetivos específicos fue determinar la influencia de las Variables de proceso como son la Temperatura, la Velocidad de giro, Concentración de encapsulante sobre la concentración final de provitamina A y vitamina C en el producto final ,determinar el mejor producto de acuerdo análisis, físicos químicos y sensorial, utilizando ANOVA.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes

En la investigación sobre la Influencia de la humedad y de la adición de solutos (Malto dextrina) en las propiedades fisicoquímicas de borjón y fresa en polvo, concluye que tanto la liofilización como el secado por atomización ofrecen una evidente ventaja en la obtención de productos con bajos contenidos de humedad y alta calidad sensorial, nutritiva y funcional, en este trabajo se obtuvieron y modelizaron las isotermas de sorción y la relación temperatura de transición vítrea (T_g) - humedad de dos Malto dextrinas (4 – 7 y 16 – 19 dextrosa equivalente) (**MOSQUERA, 2010**).

En esta investigación sobre secado por aspersión de concentrado de caña panelera: Una tecnología apropiada para mejorar la competitividad de la cadena, trabajando con caña panelera (*Saccharum officinarum L*) y con las condiciones de secado por atomización: temperatura del aire de entrada (130°C), temperatura del aire de salida (75°C), velocidad del disco atomizador (22000 rpm), evaluando al producto las propiedades fisicoquímicas y el rendimiento o recuperación de sólidos. Los resultados mostraron un producto con contenido de humedad de 1,11 – 0,03%, actividad de agua 0,184 – 0,001, pH 5,80 – 0,01, acidez 0,01 – 0,00%, solubilidad 98,05 – 0,01% y un rendimiento del 98,72 – 0,04%. Los atributos de calidad obtenidos identifican una buena estabilidad para el producto y un potencial uso como consumo directo o por reconstitución (agua de panela), edulcorante y como ingrediente para otros sectores de industria alimentaria (**CORTES, 2012**).

En el trabajo de investigación “La Temperatura de secado y concentración de malto dextrina en las propiedades de rehidratación y contenido de vitamina C del micro encapsulado del zumo de carambola *Averrhoa Carambola L* (carambola).” La materia prima presento 1,96 de pH; 0,78% de acidez (Ácido cítrico); 7,16% de sólidos solubles y 38,42 mg de vitamina C/100 g de pulpa. El zumo se acondicionó con 5%, 10% y 15% de malto dextrina, las que se secaron por atomización a 140°C, 150°C y 160°C de temperatura de entrada de aire de secado, para evaluar el efecto de los factores en mención se aplicó el DCA con arreglo factorial 3x3 con 2 repeticiones, el ANOVA se trabajó a un $\alpha=0,05$ niveles de significancia (**VIVANCO, 2015**).

Con respecto a la higroscopicidad, humedad, densidad aparente, tiempo de humedecimiento, sólidos solubles, índice de insolubilidad, rendimiento y vitamina en C todos los tratamientos presentan diferencia estadística ($p<0,05$); en cuanto a solubilidad y dispersabilidad no se evidencia diferencia estadística ($p>0,05$). De lo evaluado el tratamiento T8 obtenido a 140°C de temperatura de secado y 10% de malto dextrina

presenta las mejores características dando un 14,66% de higroscopicidad; 5,1% de humedad; 0,6 g/cm³ de densidad aparente; 5,3 minutos de tiempo de humedecimiento; 97,16% de solubilidad; 2,73 de pH; 2,88% de acidez (Ácido cítrico); 71,05% de sólidos solubles; 9,15% de rendimiento; 97,9% de dispersabilidad; 0,16ml/l de índice de insolubilidad y 976,2 mg de vitamina C/100 g de polvo.

De acuerdo al deterioro en los alimentos también influye la actividad de agua A_w presente en ellos así, como el crecimiento de organismos. En un rango de A_w 1.00-0.95 de están las frutas, en un rango de A_w 0.87-0.80 están las harinas y los polvos (**BELITZ, 2012**).

En esta investigación evaluó los compuestos bioactivos en pulpa atomizada y pulpa congelada de *Mauritiella aculeata* (Kunth) Burret “aguaje”, procedente de Pucallpa, provincia de coronel Portillo. La investigación determinó el contenido de humedad, cenizas, lípidos, fibra cruda, proteínas y azúcares utilizando los métodos de la AOAC. Se evaluó la actividad antioxidante usando el método del radical libre DPPH. El trabajo concluyó que la pulpa atomizada presentó menor actividad antioxidante con valor de IC_{50} de 777 ug/ml, en comparación con pulpa fresca de IC_{50} de 302 ug/ml, mientras que la pulpa congelada durante 1, 3 y 6 semanas, se registraron valores de IC_{50} de 400, 495, 741 ug/ml, respectivamente. El procesamiento tecnológico de la pulpa de aguaje fresca hasta pulpa atomizada ayudó a concentrar el contenido de vitamina C, polifenoles y antocianinas y la actividad antioxidante se redujo de forma significativa, (**MAMANI, 2018**).

En la investigación “obtención de aceite de aguacate micro encapsulado mediante secado por atomización”, el aceite de aguacate por su contenido de ácidos grasos mono insaturados y poliinsaturados benéficos para la salud y así evitar su degeneración oxidativa.

Se trabajó a temperaturas de 150 y 180 °C, con soluciones de goma arábiga y malto dextrina, a cuatro diferentes proporciones. Se concluyó que las emulsiones con la mayor cantidad de goma en su formulación presentaron mayor estabilidad, menor tamaño del glóbulo graso, este parámetro influyó directamente sobre la cantidad de aceite superficial presente en el producto y por ende sobre la eficiencia de micro-encapsulación (**ENRIQUEZ, 2015**).

En esta investigación de tipo experimental, sobre los “efectos de la temperatura sobre el polvo de *mauritia flexuosa* (aguaje) obtenido en secador spray”, incluyó como población frutos de aguaje en buen estado y empacado en sacos, proveniente de la

comunidad de Parinari. La investigación determinó el contenido de cenizas, humedad, grasas, proteínas, carbohidratos, temperaturas de operación y concentración de encapsulante; el trabajo concluyó que el encapsulante malto dextrina actúa como agente protector de la provitamina A ya que reporta una concentración de 460 mg/100 g de pulpa. Las temperaturas seleccionadas son 180 a 200 °C para el atomizado. Las concentraciones de 4, 6, 8 % de malto dextrina (**CASUSO, 2018**).

En este trabajo de investigación “evaluación de la retención del ácido ascórbico (vitamina C) en el zumo de arándano (*vaccinium corymbosum*) atomizado empleando agentes encapsulantes” se utilizó fruta madura de arándano azul para extraer el zumo con ayuda de un licuoextractor. Los dos encapsulantes empleados fueron usados en base a las siguientes formulaciones: 100% C, 100% GA, 50% C + 75%GA, 75% C + 25%GA, todos en base al contenido de sólidos solubles del zumo de arándano. Los resultados se trataron mediante el diseño estadístico desingn expert 7, los cuales dieron un total de 8 tratamientos. Esto se realizó mediante una evaluación fisicoquímica de la muestra atomizada.

Se concluyó que los mejores resultados con 25% C y 75GA a una temperatura de secado de 165°C, obteniendo humedad inicial de 80.20 %, humedad final 2.45% y logrando una retención de 5.38 mg/100g de vitamina C (**BENJI, 2016**).

En su trabajo de investigación “optimización del proceso de atomización del zumo de toronja (*citrus paradisi*)” se trabajó con fruta madura de la cual se extrajo el zumo. Los encapsulantes empleados fueron usados en base a las siguientes formulaciones: 100%, 75 % de muestra + 25%G, 50% M + 50% G, 25% M +75% G y 100 % G. Estas formulaciones fueron deshidratadas por atomización con el fin de poder ver la mayor retención de ácido ascórbico (vitamina C). Se concluyó que los mejores resultados son con 100 % de goma arábiga con una retención de 96.75% de vitamina C (**HUERTAS, 2015**).

1.2 Bases Teóricas

1.2.1 Taxonomía

Esta especie tiene como nombre común carambola, la forma del fruto es estrella, nombre científico *Averrhoa carambola L* (carambola) pertenece a la familia botánica Oxalidaceae, existen dos tipos dulce, ácida. La carambola presenta muchas variedades, las cuales dependen de las condiciones del suelo en donde son cultivadas, en las variedades dulces, es raro que el contenido de azúcar alcance el 4%, al tratarse de una fruta ácida, los niveles de pH son

bastante bajos, alrededor de 3.9 - 4.9 en variedades dulces y 2.4 en agrias (CASTILLO, 2007).

Tabla 1. Características físicas de la *Averrhoa carambola* L (carambola)

Estado de madures	Diámetro (cm)	Longitud(cm)	Peso (g)
I verde	4	7.8	49.7
II verde-amarillo	4.3	8.2	54.6
III amarillo	4.2	7.9	57.6
IV anaranjado	5.5	7.9	61.9
V promedio	4.5	7.9	55.9

FUENTE: CAMPBELL (1989)

1.2.2 Morfología

El árbol de la carambola es de hoja perenne, puede tener un tronco simple o ramificado y su altura varía de pequeña a mediana (22 a 33 pies; 7 a 10 m). Los árboles crecen rápidamente en los sitios protegidos de los vientos fuertes. El área media de la copa (3 a 7 pies; 0.9 a 2.1m) es la zona de mayor producción de frutos (CASTILLO, 2007).

La carambola presenta muchas variedades, las cuales dependen de las condiciones del suelo en donde son cultivadas, en las variedades dulces, es raro que el contenido de azúcar alcance el 4%, al tratarse de una fruta acida, los niveles de pH son bastante bajos, alrededor de 3.9-4.9 en variedades dulces y 2.4 en agrias (CASTILLO, 2007).

1.2.3 Composición del Fruto

Tabla 2. Características físico-químicas de la *Averrhoa carambola* L (carambola)

Contenido de 100 g de parte comestible		
Calorías 90 kcal.		
		% Valor Diario*
Grasa Total	0.1g.	0.15%
Carbohidratos Totales	5g.	1.67%
Proteína	0.7g.	1.4 %
Fibra soluble	1.8g.	7.2 %

Provitamina A	51.6%	Vitamina C	43 %
Calcio	0.7%	Hierro	2.2 %
Vitamina B ₁	6.7%	Vitamina B ₂	5.9 %
*Los porcentajes de los valores diarios están basados en una dieta de 2000 calorías.			

FUENTE: CASTILLO (2007)

1.2.4 Crecimiento y Desarrollo de la *Averrhoa carambola L* (carambola)

El fruto presenta un crecimiento de tipo sigmoidal simple con tres estados de desarrollo; encontrándose un período de desarrollo de 83 días del estado de fruto cuajado al estado de fruto maduro (verde- amarillo). No obstante, el periodo de desarrollo del fruto depende del cultivar, prácticas de manejo y condiciones climáticas, en especial la temperatura (**GONZALES, 2000**).

Figura 1. Etapas de crecimiento del fruto de la *Averrhoa carambola L* (carambola)



FUENTE: (GONZALES, 2000)

1.2.5 Características Nutricionales

Su componente mayoritario es agua, así mismo contiene pequeñas cantidades de hidratos de carbono simples, su valor calórico es muy bajo. La pulpa es rica en oxalato de calcio y fibra soluble. Contiene una cantidad moderada de provitamina A y vitamina C. En cuanto a minerales, destaca su contenido en potasio.

La provitamina A o B-caroteno se transforma en vitamina A en nuestro organismo conforme éste lo requiera. Dicha vitamina es esencial para la visión, el buen estado de la piel, el cabello, las mucosas, los huesos y estimula el buen funcionamiento del sistema inmunológico. La vitamina C interviene en la

formación de colágeno, huesos y dientes, glóbulos rojos y favorece la absorción del hierro de los alimentos y la resistencia a las infecciones. El potasio es necesario para la transmisión y generación del impulso nervioso y para la actividad muscular normal (**SOLIS, 2010**).

1.2.6 Variedades del Fruto de la *Averrhoa carambola* L (carambola)

Existen dos tipos principales de carambolas, dulces y ácidas. Los tipos dulces se recomiendan para ser consumidos frescos mientras que ambos tipos son útiles para procesarlas y en recetas caseras. Algunas variedades, tales como "Golden Star" adquieren un sabor dulce si se permiten madurar en el árbol (**NIEBLA, 2009**).

Hay 2 tipos distintos de carambola, la más pequeña, de tipo muy ácido, rica de sabor, con más ácido oxálico, y las de tipo más grandes, llamadas dulces, de sabor más suave, más blandas con menos ácido oxálico. En 1935, se plantaron semillas de carambola en Hawai por la University of Florida's Agricultural Research and Education Center, en Homestead. Una selección de las plantas de semillero resultantes, se multiplicó vegetativamente durante los años 1940 y 1950 y, a finales de 1965, fue lanzada oficialmente bajo el nombre de Golden Star y se distribuyó a los productores. El fruto es grande, muy alado, decorativo, y ligeramente sub-ácido a dulce. Además, esta variedad muestra menos deficiencias de elementos menores en los suelos alcalinos, e incluso árboles aislados producen bien y regularmente sin polinización cruzada.

Varios cultivares de Taiwán están siendo cultivados en el United States Department of Agriculture's Subtropical Horticulture Research Unit en Miami, incluyendo Mih Tao, introducido en 1963, también Dah Pon y Tean Ma y otros identificados sólo por números, y Fwang Tung traídos de Tailandia por el Dr. R J. Knight en 1973. Hay ciertas líneas de carambola, como Newcomb, Thayer y Arkin que se cultivan comercialmente en el sur de Florida. Algunos cultivares y plantas tienen flores con los pedicelos cortos, otros sólo flores con pedicelos largos, este factor afecta tanto la auto-polinización como la polinización cruzada (**SOLIS, 2010**).

1.2.7 Formas de Aprovechamiento y Conservación

En la región amazónica, la carambola *averrhoa carambola L* (carambola) es comercializada principalmente como fruto fresco. No obstante, el fruto presenta potencial para, ser utilizado agroindustrialmente en la elaboración de pulpas, mermeladas, néctares, productos osmodeshidratados (SOLIS, 2010).

Tabla 3. Variedades de *Averrhoa carambola L* (carambola) introducidas o seleccionadas en florida

ORIGEN	SABOR	RECOMENDADA HC	COMENTARIOS
Florida	Dulce	SS	Comercialmente importante
Malasia	Dulce	NND	Sometida a evaluación
Malasia	Dulce	SND	Sometida a evaluación
Malasia	Dulce	SND	Sometida a evaluación
Malasia	Dulce	SND	Sometida a evaluación
Taiwan	Dulce	NN	Color verdoso, insípida
Indonesia	Dulce	NN	Sabor amargo
Thailand	Dulce	SN	color verdoso, costillas finas, buen sabor, grande
Florida	ácido	SQ	Dulce cuando está bien madura, muy productiva
Malasia	Dulce	SN	Puntos blancos, buen Sabor
Hawaii	Dulce	SND	Sometida a evaluación
Malasia	Dulce	NN	Color verdoso, costillas finas, insípido
Taiwan	Dulce	NN	insípido
Florida	Acido	SN	Acido
Malasia	Dulce	ND ND	Sometida a evaluación
Florida	ácido	NN	Muy ácido
Taiwan	Dulce	NN	Insípido
Florida	ácido	SN	Acido

FUENTE: SOLIS (2010)

1.2.8 Vitamina C

El ácido ascórbico es un poliol que se encuentra en solución en forma de lactona insaturada (enodiol-lactona de un ácido de configuración semejante al azúcar L-glucosa) (**CAHUAYA, 2017**).

La vitamina C (ácido ascórbico) es un importante antioxidante en el plasma humano. Es evidente, sin embargo, que el ácido ascórbico tiene otras importantes funciones no antioxidantes en las células, de particular interés es su participación en el metabolismo del hierro, ya que la dieta con ácido ascórbico aumenta la absorción de hierro, aumenta la actividad dependiente de Fe_2 de las enzimas celulares. Además, el incremento de Ácido Ascórbico (vitamina C) aumenta los niveles de hierro intracelular catalítico y concomitantemente modula la expresión de dos genes regulados por hierro, tales como receptores de ferritina y transferrina. El ácido ascórbico (vitamina C) también parece funcionar como un amortiguador frente a daños celulares de los radicales libres que se consideran importantes en una serie de procesos de enfermedades. (**CASANOVA, 2013**)

1.2.8.1 Propiedades Tecno funcionales y Nutracéuticos de la vitamina C

Debido a la estructura molecular de la vitamina C, particularmente en la localización de los átomos de carbono 2 y 3, los compuestos poseen la facultad de actuar como depuradoras de oxígeno, antioxidantes y sinergistas de esta forma, cuando se agregan a alimentos de base grasa o acuosa, cumplen un papel tecnológico por sí mismos.

En teoría, 1 ml de oxígeno reacciona con 15,7 mg de ácido ascórbico (una mol de ascórbico se combina con un átomo de oxígeno) concluyendo que la destrucción del ácido ascórbico es directamente proporcional a la cantidad de oxígeno disponible en los envases. La cantidad de oxígeno depurado da lugar a un mejor sabor y una mejor retención del color en alimentos sensibles al oxígeno empacados en envases sellados, que sean tratados adicionándoles ácido ascórbico antes del proceso de sellado y calentamiento (**ROZO, 1986**).

1.2.8.2 Dosis Recomendadas de vitamina C en la Ingesta Diaria

La dosis diaria recomendada de vitamina C para los hombres adultos es de 90 mg/día y para las mujeres adultas es de 75 mg/día. Sin embargo, una aportación de menos de 10 mg al día puede provocar escorbuto y dosis superiores a 500 mg al día produce ácido oxálico, provocando mayor riesgo de padecer cálculos renales de oxalato (NIEBLA, 2009).

1.2.9 Métodos de Encapsulación

Existen varios métodos que se emplean para encapsular, como son: métodos físicos, métodos químicos y una mezcla de ambos y cuya elección depende de una serie de factores como el tamaño de partícula requerido, las propiedades físicas y químicas del núcleo y la pared, la aplicación del producto final deseado, mecanismos de liberación, la escala y el costo de producción (JACKSON, 1991).

Tabla 4. Métodos físicos, químicos y fisicoquímicos empleados para la Encapsulación de compuestos

Clasificación de los métodos	Métodos de encapsulación
Métodos físicos	-Extrusión estacionaria
	-Boquilla sumergida
	-Extrusión centrífuga
	-Boquillas vibrante
	-Secado por aspersion
	-Disco giratorio con múltiples orificios
	-Bandeja de recubrimiento
	-Con suspensión neumática
	-Enfriamiento tras aspersion
	-Liofilización
	-Recubrimiento con lecho fluidizado
Métodos químicos	-Polimerización artificial
	-Inclusión molecular
	-Polimerización en situ

Métodos físico-químicos	-Coacervación simple
	-Coacervación compleja
	-Atrapamiento en liposomas
	-Lipoesferas
	-Evaporación de solvente

FUENTE: MADENE (2006)

1.2.10 Agentes Encapsulantes Utilizados en la Micro encapsulación

Los principales agentes encapsulantes utilizados en este método son carbohidratos (almidón y quitosano), lípidos (ceras, parafinas y grasas) y proteínas (soja, gelatina, suero de leche).

Estos encapsulantes deben tener la capacidad de proporcionar una emulsión estable durante el proceso de secado por aspersion y tener buenas propiedades de formador de película para dar lugar a una capa que proteja al ingrediente activo de la oxidación (**WATERHOUSE, 2012**).

Tabla 5. Materiales empleados en la micro encapsulación

TIPO DE COBERTURA	COBERTURA ESPECIFICA
Gomas	Agar, alginato de sodio, carragenina, goma arábica.
Carbohidratos	Almidón, dextranos, sacarosa, jarabes de maíz.
Celulosas	Etilcelulosa, metilcelulosa, acetilcelulosa, carboximetil-celulosa
Lípidos	Ceras, parafinas, digliceridos, monogliceridos, aceites, grasas, ácido esteárico, trisetearina.
Proteínas	Gluten, caseína, albúmina.
Materiales inorgánicos	Sulfato de calcio, silicatos

FUENTE: MARTÍN (2009)

1.2.11 Maltodextrina

Es un polisacárido obtenido a través del hidrolisis del almidón normalmente del maíz, su principal componente es la D- glucosa unidos mediante enlaces glicosídicos α (1-4) y α (1-6), producto de esta hidrolisis son las maltodextrinas, las cuales tienen un equivalente de dextrosa (DE) menor de 20, son de color blanco y carecen de olor fácilmente digeribles (**WROLSTAD, 2000**).

1.2.12 Almidón Modificado

Es un polisacárido con un gran número de unidades de glucosa unidas por enlaces glicosídicos que han sido modificados por algún tratamiento físico, químico o enzimático para cambiar sus propiedades funcionales, utilizándolos como: estabilizantes, encapsulantes, texturizantes, ligantes. Esta clase de almidones por su tipo y estructura se utilizan para encapsular sabores (**NIEBLA, 2009**).

1.2.13 Lecitina de Soya

Es una mezcla compleja y natural de fosfatidos obtenido del desgomado de soya las cuales son: fosfatidil colina, fosfatidil etanolamina y fosfatidil inositol. La lecitina de soya es utilizada debida a sus propiedades emulsificantes, humectantes, coloidales, antioxidantes (**PROSISE, 1985**).

1.2.14 Goma Arábica

Es un polisacárido complejo con una estructura altamente ramificada formada principalmente por unidades de D-galactopiranosas. Ha sido muy utilizada como agente encapsulante en microencapsulación por secado de aspersión, ya que tiene propiedades emulsionantes y proporciona una excelente retención de volátiles durante el proceso de secado (**TONON, 2010**).

1.2.15 Encapsulación de Zumos

Los zumos presentan por naturaleza un elevado contenido de azúcares como glucosa y fructosa y ácidos orgánicos como ácido cítrico, málico y tartárico, lo que les confiere una característica diferencial a la hora de conseguir que un zumo por eliminación de su contenido en agua se transforme en una presentación en polvo. Los encapsulantes comunes utilizados en la industria

incluyen los carbohidratos, las gomas y los ésteres de celulosa. Los ayudantes de secado más ampliamente utilizados para obtener polvos del zumo de fruta son productos de almidón parcialmente hidrolizados. Estos polímeros de la D-glucosa tienen un sabor neutro, color blanco, carecen de olor, son fácilmente digeridos y son bien tolerados. Se clasifican generalmente según su grado de hidrólisis, expresado como equivalente de dextrosa (DE). Las maltodextrinas tienen un de menos de 20, según la agencia alimentaria de los Estados Unidos, mientras que los polímeros de glúcidos con DE mayores de 20 se consideran como jarabes de glucosa (**MORENO, 2015**).

1.2.16 Secado por Atomización

El secado por atomización de los zumos de frutas es una operación de proceso en un solo paso que transforma los zumos en un producto en polvo. La formulación en polvo facilita el transporte al reducir el peso, y también preserva el producto de la degradación bacteriana al disminuir drásticamente la actividad del agua (**MORENO, 2015**).

El proceso como la remoción de agua en estado de nebulización. Las gotículas formadas, pueden tener un diámetro promedio entre 10 a 200 micras, presentan una superficie específica grande favoreciendo el secado. En el interior da cámara se hace circular aire a elevadas temperaturas, lo que ocasiona una vaporización de la porción líquida de forma casi instantánea (1 a 10 segundos). Se debe recordar que la mayor parte del secado es hecha sobre una tasa de evaporación constante; esto hace que la temperatura del producto sea relativamente baja, el producto resultante es un producto seco, en forma de polvo (**TRAVAGLINI, 1999**).

Los materiales de la alimentación se hallan por lo general en forma de solución líquida, capaz de ser dispersada en forma de rocío. El fluido es atomizado o dispersado como gotitas finas que se ponen en contacto inmediato con el flujo de aire caliente. Estas gotitas proporcionan una extensa área superficial para la transferencia de calor y masa. Por lo tanto, el enfriamiento por evaporación y el tiempo de residencia son cortos y mantienen una temperatura baja en el producto. Esto hace al secado por aspersión sea ideal para secar sustancias termolábiles como enzimas, plasma sanguíneo y proteínas de leche. Básicamente, las pérdidas de calor sensible a partir de aire caliente proporcionan

el calor latente para evaporar el líquido del producto. El secado por atomización incluye cuatro fases críticas: atomización, mezcla gotitas-aire, evaporación y recuperación de producto secado (**CASANOVA, 2013**).

El tipo de atomizador es importante porque determina la energía necesaria para formar el spray, el tamaño y la distribución de las gotitas, área de transferencia de calor, velocidad de secado, velocidad y trayectoria de la gota y el tamaño del producto final. El contacto con el aire que seca y las gotitas del rociado se llevan a cabo en cocorriente, contracorriente o combinado como sistema mixto de flujo (**LUND, 2007**).

1.2.17 Parámetros que Influyen en el Secado por Aspersión

La atomización es resultante de la aplicación de una energía, en forma de agitación sobre el líquido, hasta el punto que ocurre su rompimiento y desintegración creando un *spray* de gotículas. Esta nube o *spray*, entra en contacto con el aire caliente a elevadas temperaturas, donde ocurre el secado, resultando en la colecta del producto en polvo. Existen diferentes técnicas de atomización concebidas a partir de diferentes formas de energía aplicadas sobre el líquido, siendo común en todos los atomizadores el uso de energía para lograr el spray. La clasificación de los atomizadores está relacionada a las energías centrífuga, debido a la presión y cinética (**LUND, 2007**).

Existen también los ultrasónicos y vibratorios, pero infieren que las variables que influyen en el secado por atomización son: Variaciones en la concentración de sólidos en la alimentación, gasto de producto, temperatura de entrada de aire y gasto de aire (**SHARMA, 2003**).

1.3 Definición de Términos Básicos

1.3.1 Atomización

La atomización es un proceso que se utiliza bien para conservar los alimentos líquidos o bien como método rápido de secado. El objetivo principal es secar (mediante la utilización de aire caliente) los productos lo más rápidamente posible (**LUND, 2007**).

1.3.2 Encapsulante

Agente que absorbe y protege al material central de factores externos, principalmente en aquellas sustancias sensibles al calor, la luz o la humedad y en caso de compuestos altamente reactivos que tienden a oxidarse fácilmente en presencia de oxígeno (**SHARMA, 2003**).

1.3.3 Vitamina

Sustancia orgánica que se encuentra en los alimentos y que, en cantidades pequeñas, es esencial para el desarrollo del metabolismo de los seres vivos; el organismo no puede fabricar esta sustancia por sí mismo (**CAHUAYA, 2017**).

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1 Formulación de la Hipótesis

La determinación de los parámetros tecnológicos para la obtención de pulpa seca a partir *Averrhoa carambola L* (carambola) por el método de atomización nos permitirá tener concentraciones altas de vitamina C y provitamina A.

2.2 Variables y su Operacionalización

2.2.1 Variables Independientes

Temperatura

Velocidad de Giro

Concentración de Maltodextrina en solución

2.2.2 Variables Dependientes

Concentración de vitamina C

Concentración de provitamina A

2.2.3 Operacionalidad de Variables

Tabla 6. Operacionalización de variables para la optimización de secado de pulpa de *Averrhoa carambola L* (carambola)

Variables	Definición	Tipo por Naturaleza	Indicador	Escala de Medición	Categorías	Valores de las Categorías	Medios de Verificación
Independientes							
Temperatura	Parámetro que mide el estado térmico de un cuerpo o sustancia en un determinado momento.	Cuantitativa	(°C)	Intervalo	Bajo Alto	195 200	Cuaderno de Apuntes
Velocidad de Giro	Es el número de revoluciones que de una herramienta en una unidad de tiempo.	Cuantitativa	(rpm)	Intervalo	Bajo Alto	10000 15000	Cuaderno de Apuntes
Concentración de Malto dextrina	Encapsulante para proteger el principio activo de la materia prima.	Cuantitativa	(%)	Intervalo	Bajo Alto	4 8	Cuaderno de Apuntes
Dependientes							
Concentración de vitamina C	Vitamina hidrosoluble sensible al calor, químicamente se le conoce como ácido ascórbico.	Cuantitativa	mg/g	Razón	Promedio	>1000	Reporte de Análisis
Concentración de provitamina A	Sustancia que al llegar al organismo se convierte a vitamina A por medio de procesos metabólicos.	Cuantitativa	mg/g	Razón	Promedio	>1000	Reporte de Análisis

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Tipo y Diseño

El tipo de investigación será experimental científica. Su característica principal consiste en la correcta manipulación y control de las variables presentes en la investigación. Los factores de estudio son 3: Temperatura, Velocidad de giro y Concentración de Maltodextrina cada uno con 2 niveles; siendo este un diseño factorial 2^3 haciendo un total de 8 tratamientos.

Tabla 7. Factores y niveles para la obtención de pulpa seca a partir de la *Averrhoa carambola* L (carambola) por el método de atomización

Factores	Dominio Experimental	
	Nivel (-)	Nivel (+)
X1: Temperatura de Entrada (°C)	195	200
X2: Concentración de Maltodextrina (%)	4.0	8.0
X3: Velocidad de Giro (rpm)	10000	15000

Representado por el diseño factorial 2^3

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_4X_1X_2 + B_5X_1X_3 + B_6X_2X_3 + B_7 X_1X_2X_3$$

3.1.1 Materiales y Métodos

El proyecto de investigación se realizó en las instalaciones de la planta piloto de la facultad de industrias alimentarias de la Universidad Nacional de la Amazonia peruana con dirección en Av. Augusto Freire N° 610, distrito de Iquitos, provincia de Maynas, departamento de Loreto y en los laboratorios de microbiología de alimentos, control de calidad de alimentos y fisicoquímico donde se realizarán las diferentes pruebas de investigación y los análisis respectivos .

3.1.1.1 Materia Prima

La materia prima es suministrada por el instituto de medicina tradicional (IMET) de la ciudad de Iquitos, teniendo en cuenta la variedad del fruto ácido y dulce (IMET, 2018).

3.1.1.2 Equipos del Proceso

- Atomizador Industrial Galaxi
- Balanza de 20 kg
- Balanza digital de 0.1 gr de resolución

3.1.1.3 Materiales del Proceso

- Mesas de acero inoxidable.
- Tinajas y blades de plástico.
- Cucharas.

3.1.1.4 Insumos

- Frutos de *Averrhoa carambola* L (carambola)
- Agua potable

3.1.1.5 Materiales de Laboratorio

- Solución desinfectante
- Agitador
- Vasos de precipitado
- Matraces

3.2 Diseño Muestral

El método de la investigación es Descriptivo, de tipo Experimental y se empleará el software Minitab v.17 para el análisis estadístico con un diseño factorial 2^3 , con tres factores de estudio: temperatura, velocidad de giro del aspersor y concentración de maltodextrina, como se detalla a continuación el modelo estadístico:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_1 X_2 + \beta_5 X_1 X_3 + \beta_6 X_2 X_3 + \beta_7 X_2 X_3$$

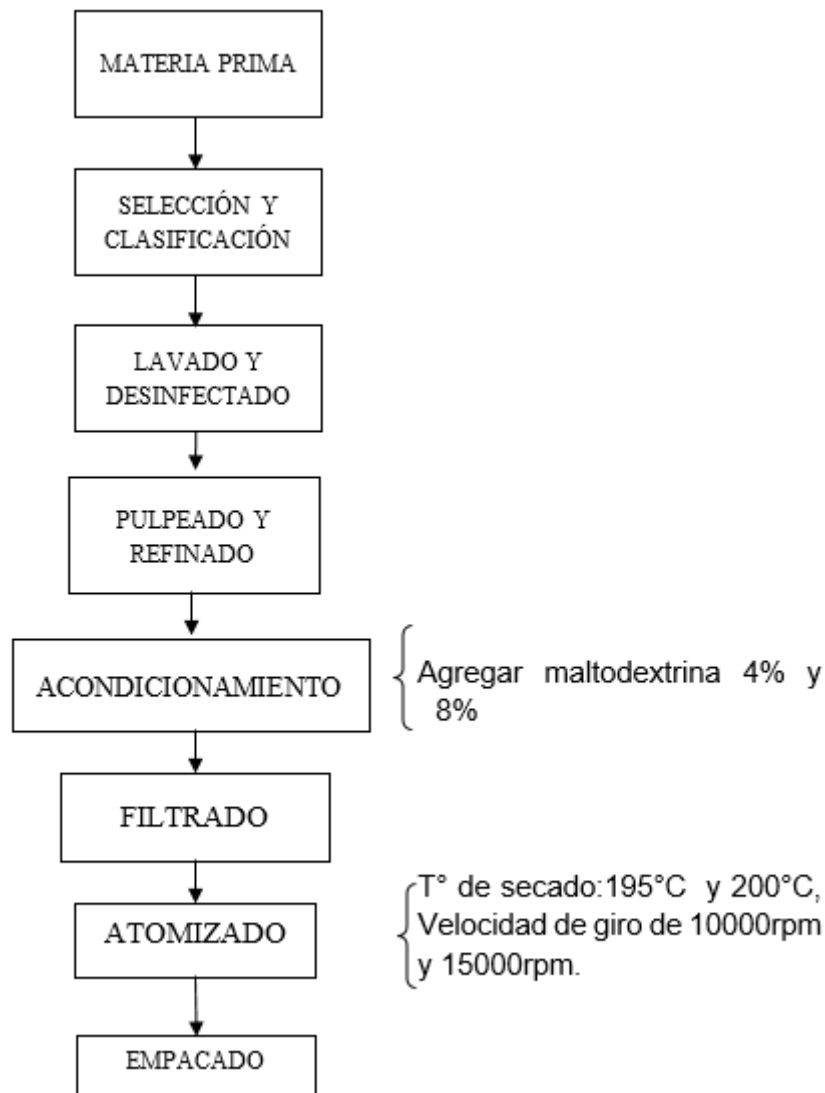
Dónde:

X1 = Temperatura (°C), X2 = Maltodextrina (%), X3 = Velocidad de giro. El factor X1 tiene 2 niveles (-1 = 195 °C, +1 = 200 °C), el factor X2 tiene 2 niveles (-1 = 4 %, +1 = 8 %), El factor X3 tiene 2 niveles (-1 = 10000 rpm, +1 = 15000) Revoluciones por minuto, con un rango de aceptación de R^2 (> 85 %) y el valor P (P < 0.05) ó (Fcal > Ftabla).

3.3 Procedimiento para la Recolección de los Datos Experimentales

En la figura 2 se muestra el flujograma seguido para obtener *Averrhoa carambola* L (carambola) en polvo obtenido en secador spray, los mismos que se describen en diagrama de flujo de proceso.

Figura 2. Diagrama de Flujo para el Deshidratado de la Pulpa de Carambola



3.4 Procesamiento y Análisis de Datos

Actualmente en la región Loreto mayormente el uso que se le da al fruto de la carambola es para preparación de bebidas y consumo directamente

Las etapas se muestran en la figura 2, los que se detallan a continuación:

✓ Materia Prima

Pesamos en bruto la materia prima obtenida. La fruta es adquirida en el instituto de medicina tradicional (IMET) de la ciudad de Iquitos, teniendo en cuenta la variedad del fruto Acido y dulce (IMET, 2018)

✓ **Selección/Clasificación**

Se seleccionan los frutos que presenten mejores condiciones físicas, y que no contengan otras partículas extrañas al proceso.

✓ **Lavado/Desinfectado**

Las frutas sin residuos extraños son remojadas en una solución de hipoclorito de sodio 0.2 % para desinfectarlas de los microorganismos adquiridos durante la cosecha y el transporte. El lavado se realiza con agua tratada y el objetivo es eliminar los residuos del desinfectante de la etapa anterior.

✓ **Pulpeado /Refinado**

La fruta seleccionada es colocada en la maquina pulpeadora para la extracción de la pulpa, seguidamente es llevada a la maquina refinadora para la separación de semillas de la pulpa.

✓ **Acondicionamiento**

A la pulpa se le agrega el encapsulante en las concentraciones de 4, 6 y 8% maltodextrina de acuerdo a cada tratamiento establecido.

✓ **Filtrado**

Se realiza con la finalidad de retener las posibles partículas que no hayan sido refinadas adecuadamente.

✓ **Atomizado**

Se realizará a Temperaturas de 195 y 200 °C, con Velocidad de giro 10000rpm-15000rpm.

✓ **Almacenado**

A temperatura ambiente. Los análisis se realizarán en el laboratorio de análisis físico químico de la facultad de industrias alimentarias para determinar la mejor temperatura de secado en base a la concentración de la provitamina A y vitamina C presentes, en la muestra.

3.4.1 Análisis realizados al jugo de *Averrhoa carambola L* (carambola) secado por atomización

3.4.1.1 Análisis Fisico-químicos

El análisis fisicoquímico se realizó siguiendo el método oficial de la AOAC.

3.4.1.1.1 Determinación de Humedad

Se aplicó el método de desecación por estufa de la AOAC 950.46.

Fundamento:

Se determina por el método de la estufa a 105°C hasta obtener peso constante. Es la cantidad de agua que se encuentra en un alimento o parte de una especie, y se expresa en porcentaje.

Procedimiento:

- Pesar la placa seca y enfriada en el desecador.
- Pesar 5 g de muestra y colocarlo en la placa.
- Llevamos la muestra a la estufa a una temperatura de 100-105°C por espacio de 5 a 6 horas.
- Se retira las placas de la estufa, y se coloca en el desecador y se deja enfriar por lo menos 20 minutos, para luego tomar el peso final. Este paso se realiza por triplicado.

Se calcula el contenido de humedad, utilizando la siguiente fórmula:

$$\% H = \frac{W1 - W2}{WM} \times 100$$

Donde:

W1 = Peso placa con muestra seca.

W2 = Peso de la placa vacío.

WM = Peso de la muestra.

3.4.1.1.2 Determinación de Cenizas

Para la determinación de ceniza se utilizó el método de N.T.P. 206.012.

Fundamento:

La ceniza es el residuo inorgánico de una muestra incinerada a 550°C, su cuantificación es el inicio para la determinación los macro y micro minerales en los alimentos; los cuales en el organismo actúan como: Activadores enzimáticos, equilibrio de ácido base, estructuras de los huesos y dientes y componentes de hormonas y vitaminas.

Procedimiento:

- Colocar el crisol limpio en estufa a 100°C durante una hora.
- Colocar el crisol en el desecador para que se enfríe y pesarlo, siempre manipulando con pinzas de metal o guantes para evitar ensuciarlo con la grasa de los dedos.
- Pesar 1.5 a 2.0 g de muestra y colocarlo en el crisol de porcelana.
- Colocarlo en la mufla a temperatura de 550°C por 3-5 horas.
- Cumplido el tiempo de incinerado, retirar el crisol de la mufla cuando la temperatura haya descendido a 100°C; colocarlo en un desecador para que se enfríe.
- Pesar el crisol con las cenizas.

Calculo:

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{(W1 - W2)}{WM} \times 100$$

Donde:

W1 = Peso de crisol más muestra (g)

W 2 = Peso crisol (g)

WM = Peso de la muestra (g)

3.4.1.1.3 Determinación de Grasas

Para la determinación de grasa se utilizó el método A.O.A.C. 960.39, (1998).

Fundamento:

Los lípidos son un grupo heterogéneo de sustancias naturales insolubles en agua, pero solubles en una diversidad de solventes orgánicos, Los componentes más abundantes son los glicéridos (normalmente más del 95%) siendo menores las cantidades de ceras, fosfolípidos, esteroides y vestigios de otros lípidos.

Procedimiento:

- Pesar un balón limpio, seco y frío. Anotar en el registro el peso (g) del balón y el número correspondiente.
- Hacer un cartucho con papel filtro, pesarlo y agregarle 3 a 5 g de muestra seca.
- Colocar el cuerpo del equipo de Soxhlet.
- Agregar hexano hasta que una parte del mismo descienda a través del sifón del equipo hacia el balón, conectar la fuente de calor (cocina eléctrica).
- El solvente (hexano) al calentarse a 69°C se evapora y asciende a la parte superior de la cámara de extracción. Allí se condensa por refrigeración con agua y cae sobre la muestra, regresando posteriormente al balón por 31 arrastrando consigo la grasa por un espacio de 3 horas.
- Se saca el paquete que contiene la muestra desengrasada. El balón debe sacarse del aparato cuando este contiene poco hexano.
- Evaporar el hexano remanente en una estufa a 100°C.
- Sacarlo de la estufa y colocarlo en el desecador.
- Pesar el balón conteniendo la grasa.

El resultado se expresa en porcentaje, calculando según la fórmula:

$$\% G = \frac{P_1 - P_2}{PM} \times 100$$

Donde:

P₁ = Peso del balón más muestra grasa.

P₂ = Peso del balón vacío.

PM = Peso de la muestra.

3.4.1.1.4 Determinación de Proteínas

Se aplicó el método Kjeldahl del INTEC-N.T.N.201.021.

Fundamento:

Las proteínas, son polímeros cuyas unidades básicas son aminoácidos. En la molécula de una proteína existen cientos o a veces miles de aminoácidos que se encuentran unidos unos a otros por enlaces peptídicos. En los alimentos por lo general se presentan veinte aminoácidos.

Procedimiento:

Primera Etapa: Digestión

- Pesar 0.2 g de muestra seca y adicionar catalizador (1.5 g de sulfato de potasio + 0.005 g de sulfato de cobre) y colocar en el balón de Kjeldahl.
- Adicionar 3.5 ml de H₂SO₄ concentrado.
- Calentar el balón suavemente hasta que cese la formación de espuma.
- Digerir por ebullición vigorosa hasta que el contenido del balón muestre transparencia y de un color ligeramente azul-verdoso (continuar la digestión por 45 minutos) el tiempo total de digestión no debe ser menor de 2 horas.
- La digestión termina cuando el contenido del balón está completamente cristalino.

Segunda Etapa: Destilación

- Dejar enfriar la muestra digerida. Luego adicionar 50 ml de agua destilada y colocar en el equipo de destilación. Agregar 15 ml de hidróxido de sodio (NaOH) al 50%.
- Colocar en un Erlenmeyer 20 ml de solución de ácido bórico más 3 gotas de solución indicadora.
- Introducir la salida de vapor del destilador en la solución de ácido bórico contenido en el Erlenmeyer para atrapar el destilado producido. Destilar la muestra hasta obtener 40 ml de volumen final de destilado.
- Titular con HCl a 0.1N el destilado obtenido y anotar el gasto.

El porcentaje de nitrógeno se calculó:

$$\%N_2 = \frac{V \times N \times \text{Factor } N_2}{PM} \times 100$$

Donde:

V = ml de solución 0.1 de ácido Sulfúrico

N = Normalidad corregida solución de ácido

PM = Peso de la muestra

Factor N₂ = 0.014

El porcentaje de Proteína se obtuvo a través de:

$$\% \text{ Proteína} = \% N \times \text{Factor de Proteína}$$

Dónde:

% N = Porcentaje de nitrógeno

Factor de proteína = 6,25

3.4.1.1.5 Determinación de Carbohidratos

Para determinar carbohidratos se hizo por diferencia de porcentaje MINSA, 2009

Se obtiene por diferencia de porcentaje:

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (\%H + \%C + \%G + \%P)$$

Donde:

%H = Porcentaje de Humedad

%C = Porcentaje de Ceniza

%G = Porcentaje de Grasa

%P = Porcentaje de Proteína

3.4.1.1.6 Determinación de Fibra Total

Para determinar fibra bruta se utilizó la Referencia Técnica: A.O.A.C. 920.39, (1998)

Fundamento:

Para determinar fibra bruta, se utiliza una muestra seca y desengrasada, la cual primero es sometida en una digestión ácida con una solución de ácido

sulfúrico al 1.25%, luego el residuo de este proceso es sometido a una digestión alcalina con solución de hidróxido de sodio al 1,25%.

Procedimiento:

- Pesar 1-2 g de muestra y colocar en un Erlenmeyer de 1 L.
- Añadir 200 ml de ácido sulfúrico al 1.25% que ha sido previamente calentado a ebullición.
- Añadir agente antiespumante o en todo caso perlas de vidrio.
- Hervir suavemente durante exactamente 30 minutos bajo condensador de reflujo, rotando periódicamente los matraces Erlenmeyer para homogenizar el contenido y evitando que las partículas se adhieren a la pared del matraz.
- Filtrar el contenido con embudo de Bunchner (o Hartley) preparado con papel de filtro mojado.
- Arrastrar por lavado la muestra de nuevo hacia el matraz original utilizando 200 ml de hidróxido de sodio al 1.25% y calentar hasta ebullición.
- Hervir por exactamente 30 minutos y seguir con el mismo cuidado de la ebullición.
- Transferir todo el material insoluble a un crisol empleando agua hirviendo.
- Lavar sucesivamente con agua hirviendo, ácido clorhídrico al 1% y finalmente con agua hirviendo hasta que el agua de filtrado quede exenta de ácido.
- Lavar dos veces con etanol.
- Lavar tres veces con acetona.
- Desecar a 100°C hasta peso constante.
- Incinerar en horno de mufla a 550°C durante una hora.
- Enfriar el crisol en desecador y volver a pesar.

El porcentaje de fibra se obtuvo aplicando la siguiente fórmula:

Cálculo:

$$\% \text{ de Fibra} = \frac{P2 - P3}{PM} \times 100$$

Donde:

P₂ = Peso de la materia insoluble.

P₃ = Peso de las cenizas.

PM = Peso de la muestra.

3.4.1.1.7 Determinación de Vitamina C

METODO: Titulación 2,6 Diclorofenol Indofenol de Ácido Metafosforico.

NORMA: A.O.A.C 1984

Se basa en las propiedades de oxidación reducción del ácido ascórbico donde se mide la capacidad de reducción del extracto mediante el tratamiento con un agente oxidante, como el 2,6 Diclorofenol Indofenol Yodo, ferrocianuro, azul de metileno, etc. De estos el Diclorofenol Indofenol generalmente a sido encontrado que es el más satisfactorio.

En los métodos de titulación con 2,6 Diclorofenol Indofenol es frecuente el empleo de extractores como el ácido metafosforico y el ácido oxálico, el ácido metafosforico sugerido primero por poseer varias ventajas pues este retarda la oxidación del ácido ascórbico mediante la inactivación del efecto catalítico de la oxidasa del ácido ascórbico y el cobre. En resumen, es un precipitante de proteínas y de ese modo ayuda a la remoción de las oxidasas enzimáticas y facilita la clarificación del extracto, mientras que el ácido oxálico es atractivo debido a su costo mucho más bajo y gran estabilidad. Sin embargo, no es un precipitante de proteínas y por lo tanto es inaplicable para el uso de la extracción.

La determinación por este método del contenido de vitamina C permite conocer el valor de la vitamina reducida en la muestra.

Procedimiento

1.- Estandarización

- Tome 1 ml de solución de vitamina C en ácido metafosforico.
- Agregar 5 ml de solución de ácido metafosforico.
- Agitar vigorosamente.

- Titular con solución 2,6 Diclorofenol Indofenol hasta obtener un cambio de color a rosado, el cual debe persistir por 15 segundos.

- Anotar el gasto.

2.- Análisis de la muestra

- Tomar 10 ml de la muestra.

- Diluir a 100 ml con solución al 3 % de ácido metafosforico.

- Filtrar o centrifugar.

- Tomar 1 ml del extracto de la muestra.

- Titular con solución 2,6 Diclorofenol Indofenol hasta obtener un cambio de color rosado pálido.

- Anotar el volumen gastado.

$$\text{Ácido ascórbico} = \frac{A \times 1000}{B \times C}$$

Donde:

A = ml de 2,6 Diclorofenol Indofenol

B = Peso de la muestra.

C = Factor de corrección del 2,6 Diclorofenol Indofenol.

3.4.1.1.8 Determinación Cromatográfica de provitamina

Procedimiento:

- Se utilizó un sistema HPLC (Agilent Technologies) equipado con inyector manual, bomba con sistema de gasificación, detector de arreglo de diodos (longitud de onda variable), integrador y software para el procesado de datos cromatográficos (**ARAUJO, 2002**).
- La separación cromatográfica se realizó en una columna cromatográfica de acero inoxidable C18 para fase reversa de 25cm x 4,6mm de diámetro interno y 5µm de diámetro de partícula, con guarda-columna con cartucho C18 (**ARAUJO, 2002**).
- Los reactivos utilizados fueron vitamina A palmitato (1g = 1800000UI), metanol y etanol grado HPLC, hidróxido de sodio al 98%, ácido ascórbico, hexano grado HPLC y 2-Propanol (**ARAUJO, 2002**).

- Durante la realización de la curva de calibración se pesó 0,1g de vitamina A de concentración 1.800.000UI g⁻¹, se colocó en un matraz de 500 mL y se agregó metanol grado HPLC hasta el aforo para obtener una concentración de 200mg/L, luego se calculó el volumen necesario para la preparación de los patrones (ARAUJO, 2002).
 - Para la extracción de la Vitamina de las muestras de carambola, se pesó 20 g de muestra en un balón de base plana de 1000 mL, se adicionó 70 mL de etanol absoluto, se burbujeó nitrógeno por cinco segundos, se tapó y se calentó a 40°C durante 40 minutos. Luego, se agregó 20 mL de solución de KOH al 50% y se saponificó la mezcla por 40 minutos con una agitación de 200 rpm en la centrifuga (ARAUJO, 2002).
 - Se agregaron tres porciones de agua (20 mL, 20 mL y 10 mL) con reposo de 10 minutos entre cada adición. La solución se agitó, enfrió a temperatura ambiente y se filtró al vacío (ARAUJO, 2002).
 - Luego se colocó el filtrado en 50 mL de hexano, se agitó durante 20 segundos y se esperó la separación de las fases. La fase superior (fase orgánica) se colocó en un balón de 250 mL de base redonda, que contenía aproximadamente 0,5 g vitamina C (ARAUJO, 2002).
 - La extracción se repitió dos veces más y los extractos se juntaron en el balón. Se evaporó a sequedad el solvente, haciendo uso de un rotavapor con baño de agua a 40°C. El residuo se diluyó inmediatamente con metanol grado HPLC y se aforó a 10 mL (ARAUJO, 2002).
 - Finalmente, la solución se pasó por un filtro de 0,2 µm y se inyectó manualmente en el cromatógrafo. Cada muestra pasó también por un proceso de degradación artificial, calentamiento a 80°C, oxidación con agua oxigenada y exposición a la luz solar indirecta por 60 días, para luego ser inyectadas nuevamente en el cromatógrafo (ARAUJO, 2002)
- Los resultados obtenidos expresados en mg/100gr de muestra se indican en la Tabla 9 y 10.

3.5 Aspectos Éticos

En la presente investigación se utilizaron únicamente los frutos maduros de las dos variedades de carambola, ácida y dulce que estaban en perfecto

estado. En ninguna parte del proyecto se pondrá en riesgo la existencia de la especie o se comprometerá el medio ambiente.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1 Resultados del Análisis Físico-químico Proximal del Fruto de *Averrhoa Carambola L* (carambola)

Tabla 8. Análisis de la *Averrhoa carambola L* (carambola) en estado fresco de la variedad ácida

componentes	Unidad	Valores finales
Agua	%	90.04 ± 0.029
Cenizas	%	0.38 ± 0.004
Grasa	%	0.25 ± 0.007
Proteína	%	0.46 ± 0.007
Carbohidratos	%	8.91 ± 0.007
Vitamina C	Mg	36.00 ± 0.667

En la Tabla 8 se muestra el análisis químico proximal del fruto de carambola de la variedad ácida donde la humedad fue 90.04 ± 0.029 %; ceniza 0.38 ± 0.004 %; grasa 0.25 ± 0.007 %; proteína 0.46 ± 0.007 %; carbohidratos 8.91 ± 0.007 % y vitamina C 36.00 ± 0.667 Con una desviación promedio respectivamente mostradas en la Tabla N°08, al lado derecho, características que se encuentran muy cercanas a las reportadas por (**SOLIS, 2010**) que en su investigación de transferencia de sacarosa, encontró valores de humedad 88.77 %, cenizas 0.10 %, grasas 0.149 %, proteínas 0.202 % carbohidratos 10.01 %; datos similares también fueron reportados por (**HELK, 2005**) quién señala que los porcentajes en el contenido de 100 g de parte comestible son: humedad 91,0 %, ceniza 0,40 %, grasa 0,8 %, proteínas 0,70 % y carbohidratos 5,3 %, cabe indicar que los valores reportados pueden variar por la influencia de varios factores como son la calidad del suelo, tiempo de cosecha, estado de madures del fruto y otros factores más, también coincidimos con (**TELLO, 2002**) quien resalta al ácido ascórbico como el componente que le da mayor valor a la fruta encontrando los siguientes datos en la carambola fresca: humedad 90.0 %, cenizas 0.40 %, grasas 0.3 %, proteínas 0.5 % carbohidratos 9.0 % y vitamina C 35.0 %.

Tabla 9. Análisis de la *Averrhoa Carambola L* (carambola) en estado fresco de la variedad dulce

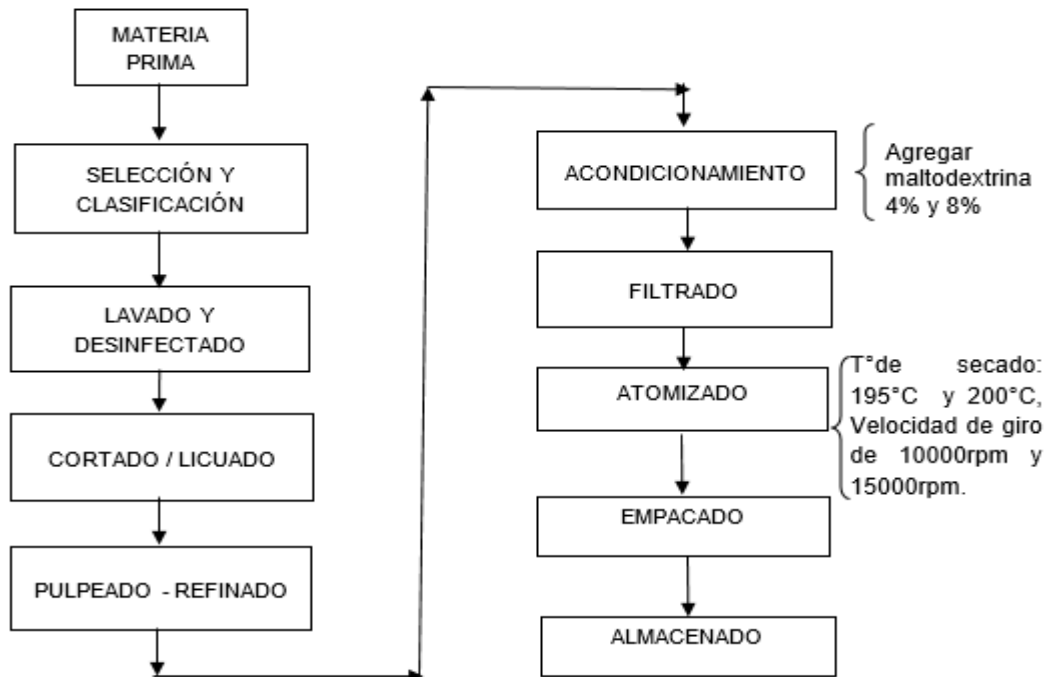
Componentes	Unidad	Valores Finales
Agua	%	89.48 ± 0.002
Cenizas	%	0.35 ± 0.002
Grasa	%	0.13 ± 0.002
Proteína	%	0.35 ± 0.002
Carbohidratos	%	9.69 ± 0.002
Calorías	%	41.33 ± 0.002
Solidos totales	%	10.52 ± 0.002
Vitamina C	Mg	39.83 ± 0.002

En la Tabla 9 se aprecia que los valores de análisis físico químicos como son la humedad, ceniza, grasa, proteínas, carbohidratos son similares para (TELLO, 2002) pero el valor de la vitamina C analizado en esta investigación para la carambola dulce es más alto con una presencia de 39.83 ± 0.002 % superando en 4.83 % al reportado por (TELLO, 2002).

4.2 Proceso Definitivo para la Obtención de Pulpa seca a partir de *Averrhoa Carambola L* (carambola) por el Método de Atomización

En la Figura 3 nos muestra el proceso seguido para la obtención de pulpa seca a partir de *Averrhoa Carambola L* (carambola) por el método de atomización donde es de vital importancia la temperatura y la concentración del encapsulante Maltodextrina para obtener las máximas concentraciones de vitamina C siendo a la vez un producto de buena calidad; finalmente el producto obtenido es almacenado a temperatura ambiente.

Figura 3. Diagrama de Flujo para Deshidratado Final de la Pulpa de Carambola



a) Materia Prima

Realizamos el pesado en bruto la materia prima obtenida. La fruta es proveniente del Instituto de Medicina Tradicional (IMET) de la ciudad de Iquitos, teniendo en cuenta la variedad del fruto Acido y dulce (IMET, 2018)

b) Selección/Clasificación

Se seleccionaron los frutos maduros, sin magulladuras o aplastamientos y que no tengan partículas extrañas como hojas, tallos, etc., que afecten al proceso.

c) Lavado/Desinfectado

Las frutas sin residuos extraños fueron remojadas en una solución de hipoclorito de sodio 0.2 % para desinfectarlas de los microorganismos adquiridos durante la cosecha y el transporte. El lavado se realizó con agua tratada y el objetivo es eliminar los residuos del desinfectante de la etapa anterior.

d) Cortado / Licuado

Se practicaron cortes transversales aproximadamente de 1 cm a cada fruto de carambola seleccionada reduciendo su tamaño para facilitar el proceso de licuado (licuadora industrial de 20 lt.) y así facilitar su paso a la siguiente etapa.

e) Pulpeado / Refinado

La fruta previamente licuada pasa por una maquina pulpeadora a la que se le instalo una malla N° 0.8, para la extracción de la pulpa refinada y separar las semillas presentes

f) Acondicionamiento

La pulpa refinada más la maltodextrina son mezclados (en una licuadora industrial de 20 lt.) para garantizar una correcta homogenización, este paso se realizó para cada concentración del encapsulante que es de 4, 6 y 8%.

g) Filtrado

Se realizó con la finalidad de retener las posibles partículas que no hayan sido refinadas adecuadamente, esto se realiza en el tanque de almacenamiento del atomizador.

h) Atomizado

A temperaturas de 195 y 200 °C, con velocidad de giro del aspensor comprendida entre 10000-15000 RPM.

i) Almacenado

A temperatura ambiente. Los análisis se realizaron en el laboratorio de análisis físico químico de la facultad de industrias alimentarias para determinar la mejor temperatura de secado en base a la concentración de la provitamina A y vitamina C presentes, en la muestra.

4.3 Análisis Físicoquímicos

Tabla 10. Análisis Físico-químico de la *Averrhoa Carambola L* (carambola) Dulce

N °	T° (°C)	Velocidad de Giro. (RPM)	Maltodextrina (%)	Pro. Vit. A	Concentración Vit. C	Humedad (%)	Ceniza (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Carbohidratos (%)
1	195	10000	4	47.73 ± 0.53	119.25 ± 0.60	3.47 ± 0.03	3.65 ± 0.06	0.39 ± 0.01	2.51 ± 0.04	89.96 ± 0.16
2	200	10000	4	46.47 ± 1.59	118.35 ± 0.07	3.49 ± 0.13	3.89 ± 0.10	0.31 ± 0.08	2.61 ± 0.00	89.68 ± 0.04
3	195	15000	4	47.00 ± 1.26	116.55 ± 1.49	3.45 ± 0.21	3.86 ± 0.08	0.35 ± 0.00	2.54 ± 0.01	89.79 ± 0.29
4	200	15000	4	47.26 ± 0.76	112.95 ± 0.49	3.69 ± 0.00	3.69 ± 0.00	0.48 ± 0.09	2.48 ± 0.01	89.87 ± 0.21
5	195	10000	8	43.99 ± 0.43	100.40 ± 2.96	5.11 ± 0.15	2.48 ± 0.11	0.43 ± 0.05	2.53 ± 0.04	89.45 ± 0.36
6	200	10000	8	43.09 ± 0.12	100.59 ± 1.56	5.40 ± 0.14	2.42 ± 0.03	0.35 ± 0.04	2.61 ± 0.02	89.38 ± 0.00
7	195	15000	8	47.77 ± 0.38	98.45 ± 0.35	4.64 ± 0.36	2.54 ± 0.08	0.43 ± 0.04	2.42 ± 0.02	90.17 ± 0.09
8	200	15000	8	44.82 ± 0.87	99.25 ± 0.21	5.08 ± 0.16	2.32 ± 0.03	0.32 ± 0.03	2.51 ± 0.01	89.76 ± 0.08

En la Tabla 10 se muestran los experimentos realizados según el modelo estadístico propuesto, resultando que el tratamiento N°1 con la temperatura de 195 °C y 10000 RPM de velocidad de giro del aspersor y una concentración de maltodextrina de 4% muestra un valor promedio, de 47.73 ± 0.53 mg/100 gr de muestra de pro vitamina A, y una concentración de un valor promedio 119.25 ± 0.60 mg/100 gr de muestra de vitamina C.

También se aprecia que las condiciones empleadas en los experimentos parecen no afectar en gran medida al rendimiento de la pro vitamina A, pues en los tres primeros tratamientos se observan valores similares, pero en el rendimiento final de la vitamina C,

si se nota la diferencia en los tratamientos pues el segundo y el tercero reportaron valores muy cercanos al primero que son valores promedios de 118.35 ± 0.07 mg/100 gr de muestra y 116.55 ± 1.49 mg/100 gr de muestra.

Tabla 11. Análisis Físico-químico de la *Averrhoa Carambola L* (carambola) Ácida

N°	T° (°C)	Velocidad de Giro (RPM)	Maltodextrina (%)	Pro. Vit. A	Concentración Vit. C	Humedad (%)	Ceniza (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Carbohidratos (%)
1	195	10000	4	85.32 ± 1.37	533.92 ± 0.16	3.79 ± 0.45	3.65 ± 0.05	1.03 ± 0.19	2.52 ± 0.08	89.01 ± 0.79
2	200	10000	4	85.45 ± 1.17	530.28 ± 0.08	3.52 ± 0.09	3.63 ± 0.14	0.82 ± 0.24	2.55 ± 0.01	89.48 ± 0.00
3	195	15000	4	84.89 ± 1.43	521.91 ± 9.21	3.81 ± 0.11	2.99 ± 0.95	0.34 ± 0.02	2.72 ± 0.01	90.14 ± 0.88
4	200	15000	4	86.86 ± 0.84	529.15 ± 1.37	4.22 ± 0.13	3.65 ± 0.05	1.07 ± 0.11	2.76 ± 0.12	88.29 ± 0.04
5	195	10000	8	83.58 ± 1.14	125.44 ± 3.83	4.99 ± 0.19	3.39 ± 0.07	1.09 ± 0.19	2.59 ± 0.06	87.92 ± 0.52
6	200	10000	8	81.40 ± 0.21	99.23 ± 0.33	3.92 ± 0.25	2.44 ± 0.06	0.35 ± 0.04	2.76 ± 0.07	89.38 ± 0.00
7	195	15000	8	83.29 ± 0.20	102.09 ± 0.38	3.99 ± 0.16	2.37 ± 0.03	0.34 ± 0.03	2.69 ± 0.09	90.62 ± 0.13
8	200	15000	8	80.93 ± 0.78	91.25 ± 2.25	3.44 ± 0.14	2.37 ± 0.00	0.31 ± 0.04	2.63 ± 0.07	91.25 ± 0.02

En la Tabla N°11 se muestran los experimentos realizados según el modelo estadístico propuesto, resultando que el tratamiento N°1 con la temperatura de 195 °C y 10000 RPM de velocidad de giro del aspersor y una concentración de maltodextrina de 4% muestra un valor promedio de 85.32 ± 1.37 mg/100 gr de muestra de pro vitamina A, una concentración de 533.92 ± 0.16 mg/100 gr de muestra de vitamina C. También se aprecia que las condiciones empleadas en los experimentos parecen no afectar en gran medida al rendimiento de la pro vitamina A, pero en el rendimiento final de la vitamina C, si se nota la diferencia en los tratamientos pues el

segundo y el cuarto reportaron valores promedio muy cercanos al primero que son de 530.28 ± 0.08 mg/100 gr de muestra, valores promedio de 529.15 ± 1.37 mg/100 gr de muestra.

En las Tablas 10 y 11 se puede apreciar que los valores de la pro vitamina A y vitamina C para los mismos tratamientos se diferencian notablemente.

Tabla 12. Diferencias de Valores de pro vitamina A y vitamina C en ambas Variedades de *Averrhoa carambola* L (carambola): Dulce y Ácida mg/100g

Tto.	Dulce		Ácido	
	Pro vitamina A	Vitamina C	Pro vitamina A	Vitamina C
1	47.73 ± 0.53	119.25 ± 0.60	85.32 ± 1.37	533.92 ± 0.16
2	46.47 ± 1.59	118.35 ± 0.07	85.45 ± 1.17	530.28 ± 0.08
3	47.00 ± 1.26	116.55 ± 1.49	84.89 ± 1.43	521.91 ± 9.21
4	47.26 ± 0.76	112.95 ± 0.49	86.86 ± 0.84	529.15 ± 1.37
5	43.99 ± 0.43	100.40 ± 2.96	83.58 ± 1.14	125.44 ± 3.83
6	43.09 ± 0.12	100.59 ± 1.56	81.40 ± 0.21	99.23 ± 0.33
7	47.77 ± 0.38	98.45 ± 0.35	83.29 ± 0.20	102.09 ± 0.38
8	44.82 ± 0.87	99.25 ± 0.21	80.93 ± 0.78	91.25 ± 2.25

Los resultados muestran una ventaja de la *Averrhoa carambola* L (carambola) de la variedad ácida sobre *Averrhoa carambola* L (carambola) de la variedad dulce.

Los primeros cuatro tratamientos son con 4% de encapsulante maltodextrina para ambas variedades (dulce y ácida), se obtuvo un incremento de la pro vitamina A, que va de 85.32 ± 1.37 no tan significativo ya que hubo poca variación, pero si en la vitamina C, que va de 529.15 ± 1.37 hasta 533.92 ± 0.16 , estos incrementos son de la variedad ácida sobre la variedad dulce.

En los tratamientos del 5 al 8 con 8 % de encapsulante maltodextrina donde el incremento de la pro vitamina A, tiene valores que van desde 80.93 ± 0.78 a 83.58 ± 1.14 , en cuanto a la vitamina C, el mayor incremento lo obtuvo el tratamiento 5 que obtuvo un valor de 91.25 ± 2.25 hasta 125.44 ± 3.83 , los demás tratamientos arrojan valores similares a los ya obtenidos.

4.4 Análisis Microbiológico

Tabla 13. Resultados del Análisis Microbiológico de la *Averrhoa Carambola* L (carambola).

ENSAYO MICROBIOLÓGICO	RESULTADOS
Mohos (UFC/g)	10
Levadura (UFC/g)	< 10
E. Coli (NMP/g)	0
Salmonela	Ausencia en 25 g.

FUENTE: QUEVEDO (1987)

Los resultados obtenidos del análisis microbiológico indican que el producto final está dentro de los estándares de calidad, indicando así que el proceso indicado en el diagrama de flujo para la obtención de pulpa seca a partir de *Averrhoa carambola* L (carambola) por el método de atomización es el indicado (QUEVEDO, 1987)

4.5 Análisis Estadístico

Tabla 14. Resultados del Análisis Estadístico para la *Averrhoa Carambola* L (carambola) de la Variedad Ácida Dulce

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	1236.87	176.70	100.38	0.000
Lineal	3	1219.36	406.45	230.91	0.000
Temperatura (°C)	1	2.41	2.41	1.37	0.276
Velocidad de Giro (RPM)	1	40.29	40.29	22.89	0.001
Maltodextrina (%)	1	1176.66	1176.66	668.46	0.000
Interacciones de 2 términos	3	15.81	5.27	2.99	0.095

Temperatura (°C) * Velocidad de giro (RPM)	1	0.56	0.56	0.32	0.589
Temperatura (°C) * Maltodextrina (%)	1	6.24	6.24	3.54	0.097
Velocidad de giro (RPM) * Maltodextrina (%)	1	9.02	9.02	5.12	0.053
Interacciones de 3 términos	1	1.70	1.70	0.96	0.355
Temperatura (°C)* Velocidad de giro (RPM) * Maltodextrina (%)	1	1.70	1.70	0.96	0.355
Error	8	14.08	1.76		
Total	15	1250.95			

Del análisis estadístico de la Tabla 14 se deduce que el empleo del encapsulante maltodextrina como agente protector de la vitamina C y la velocidad de giro del aspersor (RPM) durante el proceso de secado por atomización resulta ser adecuado por presenta un valor ($P < 0.05$), mientras que el valor P de la temperatura es mayor a 0.05 indicando que no influye mucho durante el proceso de secado.

La función de respuesta que representa la relación entre el contenido de vitamina C y las variables independientes presentadas en los tratamientos del secado por atomización, X1 Temperatura (°C), X2 Velocidad de giro (RPM) y X3 Concentración de Maltodextrina (%), está determinada por la ecuación de regresión en unidades no codificadas resultado del análisis estadístico:

$$\text{Vitamina C} = -128 + 1.42 \text{ Temperatura (°C)} + 0.0352 \text{ Veloc. Giro (RPM)} + 33.5 \text{ Maltodextrina (\%)} - 0.000186 \text{ Temperatura (°C)} * \text{Veloc. Giro (RPM)} - 0.201 \text{ Temperatura (°C)} * \text{Maltodextrina (\%)} - 0.00499 \text{ Veloc. Giro (RPM)} * \text{Maltodextrina (\%)} + 0.000026 \text{ Temperatura (°C)} * \text{Veloc. Giro (RPM)} * \text{Maltodextrina (\%)}$$

Resumen del modelo

S	R-cuad	R-cuad (ajustado)	R-cuad (pred)
1.32675	98.87%	97.89%	95.50%

La ecuación de regresión del modelo para la *Averrhoa carambola L* (carambola) variedad dulce nos da un valor de $R^2 = 98.87 \%$, el cual nos indica que es un modelo cuyas estimaciones se ajustan muy bien a los datos recolectados experimentalmente en base a los tratamientos propuestos.

Tabla 15. Resultados del Análisis Estadístico para la *Averrhoa Carambola L* (carambola) de la Variedad Ácida

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	617913	88273	6.20	0.010
Lineal	3	560224	186741	13.11	0.002
Temperatura (°C)	1	184511	18451	1.30	0.288
Velocidad Giro (RPM)	1	9384	9384	0.66	0.440
Maltodextrina (%)	1	532389	532389	37.38	0.000
Interacciones de 2 Términos	3	43902	14634	1.03	0.430
Temperatura (°C) * Velocidad Giro (RPM)	1	17530	17530	1.23	0.299
Temperatura (°C) * Maltodextrina (%)	1	9857	9857	0.69	0.430
Velocidad giro (RPM) * Maltodextrina (%)	1	16516	16516	1.16	0.313
Interacciones de 3 Términos	1	13786	13786	0.97	0.354
Temperatura (°C) * Velocidad Giro (RPM) * Maltodextrina (%)	1	13786	13786	0.97	0.354
Error	8	113930	14241		
Total	15	731843			

Del análisis estadístico de la Tabla 15 se deduce que el empleo del encapsulante maltodextrina como agente protector de la vitamina C presente en la carambola ácida durante el proceso de secado por atomización resulta ser adecuado por presentar un valor ($P < 0.05$), mientras que el valor P de la temperatura y la velocidad de giro del aspersor (RPM) es mayor a 0.05 indicando que no influye mucho durante el proceso de secado.

La función de respuesta que representa la relación entre el contenido de vitamina C y las variables independientes presentadas en los tratamientos del secado por atomización, X1 Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), X2 Velocidad de giro (RPM) y X3 Concentración de Maltodextrina (%), está determinada por la ecuación de regresión en unidades no codificadas resultado del análisis estadístico.

$$\text{Vitamina C} = 56655 - 286 \text{ Temperatura } (^{\circ}\text{C}) - 3.78 \text{ Veloc. Giro (RPM)} - 6789 \text{ Maltodextrina } (\%) + 0.0194 \text{ Temperatura } (^{\circ}\text{C}) * \text{Veloc. Giro (RPM)} + 34.3 \text{ Temperatura } (^{\circ}\text{C}) * \text{Maltodextrina } (\%) + 0.457 \text{ Veloc. Giro (RPM)} * \text{Maltodextrina } (\%) - 0.00235 \text{ Temperatura } (^{\circ}\text{C}) * \text{Veloc. Giro (RPM)} * \text{Maltodextrina } (\%)$$

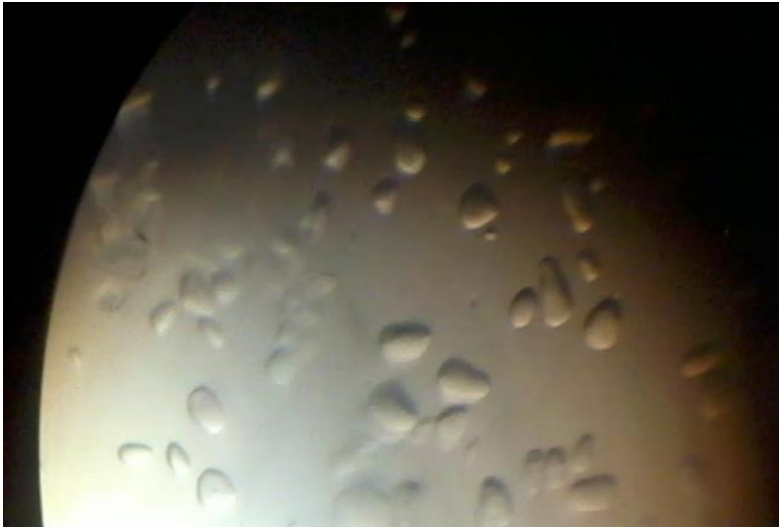
Resumen del modelo

S	R-cuad	R-cuad (ajustado)	R-cuad (pred)
119.337	84.43%	70.81%	37.73%

La ecuación de regresión del modelo nos da un valor de $R^2 = 84.43\%$, el cual nos indica que es un modelo cuyas estimaciones se ajustan bien a los datos recolectados experimentalmente en base a los tratamientos propuestos.

Del análisis estadístico de las Tablas 14 y 15 se deduce que el empleo del encapsulante maltodextrina como agente protector de la vitamina C para las dos variedades de carambola ácida y dulce resulta ser el adecuado durante el proceso de secado por atomización. Tenemos en la imagen el tamaño y forma de los gránulos *Averrhoa carambola L* (carambola).

Figura 4. Gránulos de la *Averrhoa Carambola L*(carambola) Atomizado

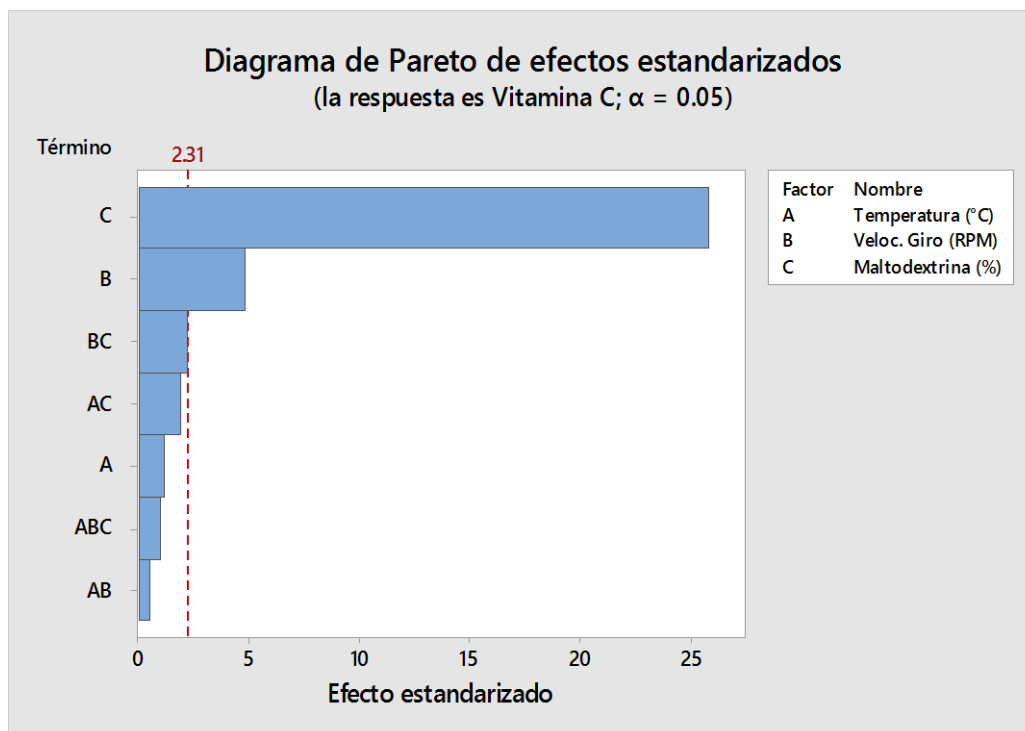


La Figura 5, nos muestra el diagrama de Pareto de efectos estandarizados el cual muestra la línea divisoria con el valor 2.31, los efectos situados a su lado izquierdo no tienen un efecto significativo para el proceso y los ubicados al lado derecho si intervienen en el proceso en forma determinante.

Durante el proceso de atomización para la obtención de pro vitamina A y vitamina C de la carambola *Averrhoa carambola L* (carambola) de la variedad dulce los efectos principales fueron los factores que tuvieron mayor presencia independiente que son la maltodextrina (%) y la velocidad de giro (RPM) y en menor influencia la temperatura (°C)

La concentración del encapsulante maltodextrina (%) influye más en forma individual con un efecto estandarizado de 25 y le sigue la velocidad de giro (RPM) con un efecto de estandarizado de 5, las combinaciones de 2 y 3 factores en el proceso parecen no afectar mucho el rendimiento final de la vitamina

Figura 5. Análisis de Pareto para la *Averrhoa Carambola L* (carambola) de la Variedad Dulce

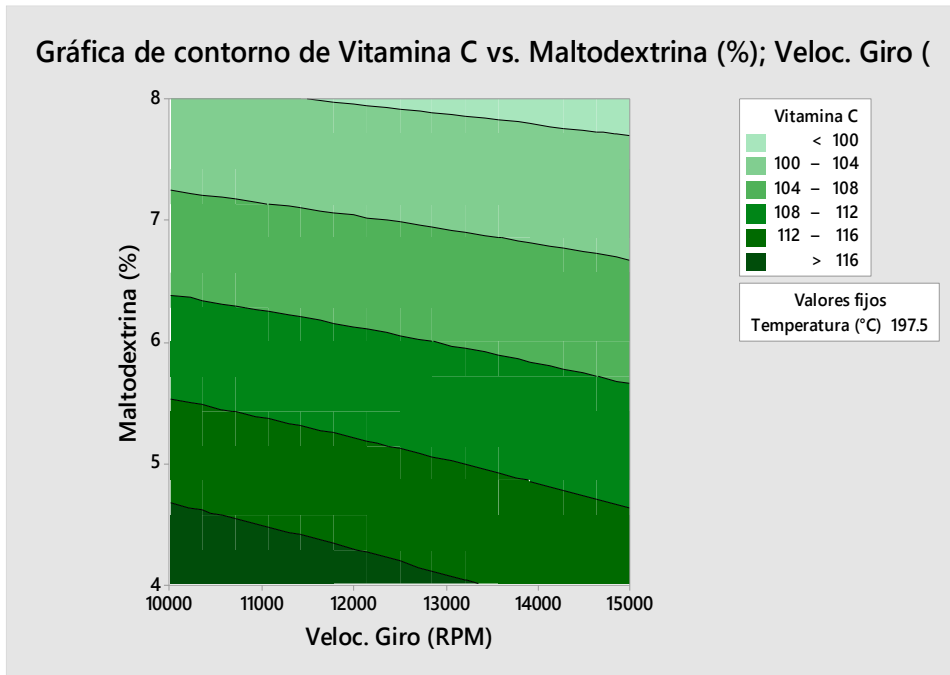


La Figura 6, nos presenta en forma gráfica la interacción de dos de los factores independientes del proceso de atomización que son el encapsulante maltodextrina (%) Vs la velocidad de giro (RPM) sobre la respuesta final que es la cantidad presente de vitamina C.

Los segmentos de colores indican que mientras más oscuro sea la franja mayor será la presencia de vitamina C y viceversa del mismo modo mientras más claro sea la franja sección menor será la presencia de vitamina C, gráficamente se puede ver que la mayor presencia de vitamina C 120 mg/100 gr de muestra se ubica entre valores de 4.5 % de maltodextrina y la velocidad de giro (RPM) del aspersor puede estar comprendida entre los 10,000 y 13,500 rpm, el efecto contrario ocurre si aumentamos la cantidad de encapsulante y elevamos la velocidad de giro del aspersor por arriba de estos valores disminuyendo la presencia de vitamina C hasta 98.2 mg/100 gr de muestra.

Del análisis gráfico se puede concluir que los mejores parámetros son una concentración de maltodextrina 4% y una velocidad de giro de 10,000 rpm.

Figura 6. Grafica de Contorno de la *Averrhoa Carambola L* (carambola) de la Variedad Dulce

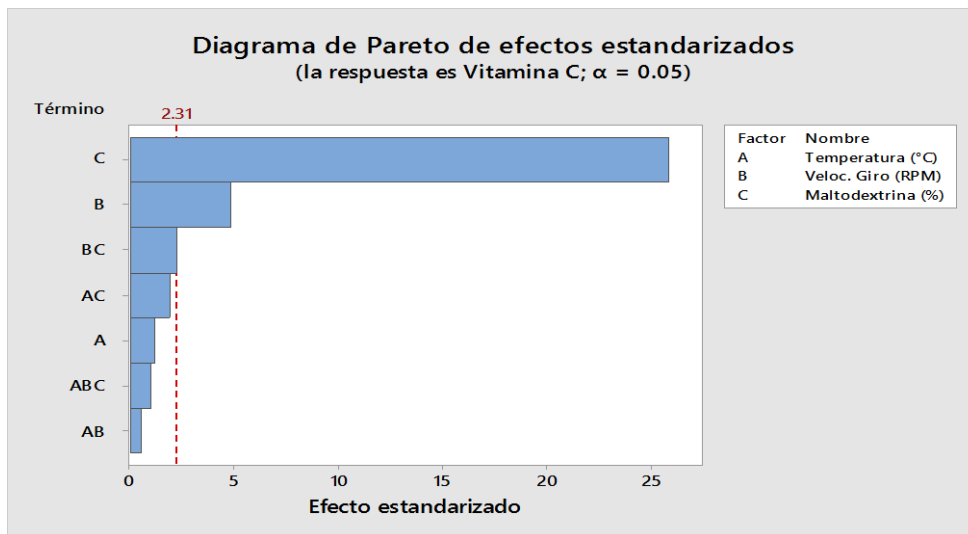


La Figura 7, nos muestra el diagrama de Pareto de efectos estandarizados para la *Averrhoa Carambola L* (Carambola) de la Variedad Ácida, el cual muestra la línea divisoria con el valor 2.30, los efectos situados a su lado izquierdo no tienen un efecto significativo para el proceso y los ubicados al lado derecho si intervienen en el proceso en forma determinante.

Durante el proceso de atomización para la obtención de pro vitamina A y vitamina C de la *Averrhoa Carambola L* (carambola) de la variedad ácida, el efecto principal lo tiene el factor maltodextrina (%) que predomina ampliamente sobre los factores de temperatura (°C) y velocidad de giro (RPM).

La concentración del encapsulante maltodextrina (%) influye más en forma individual seguido de la temperatura(°C) y por último la velocidad de giro del aspersor (RPM), los efectos combinados de 2 y 3 factores no afectan mucho el proceso de atomizado de la carambola en su contenido final de vitamina C.

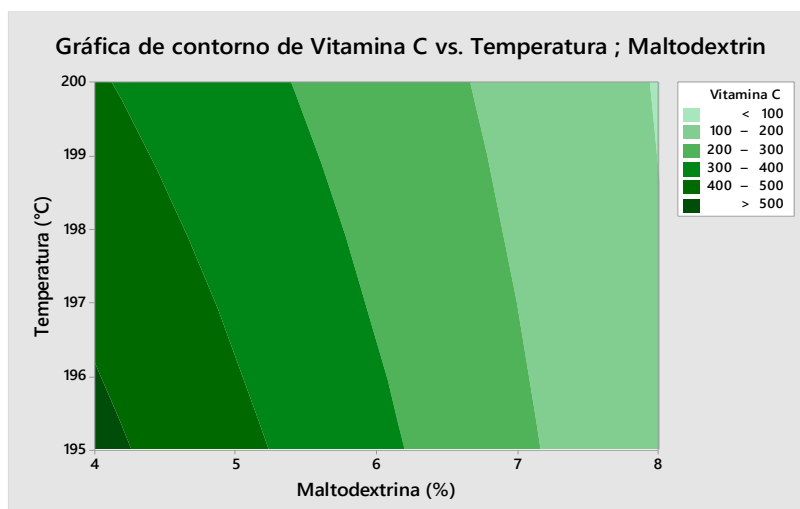
Figura 7. Análisis de Pareto, de Efectos Estandarizado para la *Averrhoa Carambola L* (carambola) de la Variedad Ácida



La Figura 8, nos presenta en forma gráfica la interacción de dos de los factores independientes del proceso de atomización que son la temperatura (°C) Vs el encapsulante maltodextrina (%) sobre el contenido final de vitamina C.

Los segmentos de colores indican que mientras más oscuro sea la franja mayor será la presencia de vitamina C, esto se refleja en el gráfico donde a una concentración del 4% se obtiene una cantidad de vitamina C de 534 mg/100 gr de muestra con una temperatura de 195 y 196 °C, si elevamos paulatinamente la temperatura hasta 200 °C y la concentración de maltodextrina hasta 8 % el valor de la de vitamina C disminuye hasta 98.99 mg/100 gr de muestra.

Figura 8. Gráfica de Contorno de la *Averrhoa Carambola L* (carambola) de la Variedad Ácida



4.6 Balance de Materia para el Proceso de Atomización

Siguiendo el diagrama de flujo establecido para este proceso, tenemos:

Tabla 16. Balance de Materia de la Pulpa de *Averrhoa Carambola* L. (Carambola) con Maltodextrina al 4 % como Encapsulante

SELECCIÓN/CLASIFICACIÓN			
A:	Materia prima que ingresa	12	Kg
B:	Perdidas en operación (2%)	0.24	Kg
C:	Materia a usar	11.76	Kg

LAVADO Y DESINFECTADO			
C:	Materia a usar	11.76	Kg
D:	Agua de lavado (1/1)	11.76	Kg
F:	Impurezas (1%)	0.12	Kg
E:	materia lavada	11.64	Kg

CORTADO / LICUADO			
E:	Materia lavada	11.64	Kg
G:	Licuado	11.64	Kg

PULPEADO			
E:	Materia lavada	11.64	Kg
G:	Semillas, cáscara (22%)	2.56	Kg
H:	Pulpa final (78%)	9.08	Kg

HOMOGENIZADO			
H:	Pulpa final	9.08	Kg
	Encapsulante Maltodextrina (4 %)	0.36	Kg
J:	Jugo estabilizado	9.44	Kg

ATOMIZACIÓN			
J:	Jugo estabilizado	9.44	Kg
K:	Agua eliminada (90 % del jugo estabilizado)	8.49	Kg
L:	Producto seco	0.94	Kg

Para los ensayos realizados se empleó siempre 12.00 kg de materia prima en estado natural, para seguir luego con las diferentes etapas de acondicionamiento para su conversión en polvo.

La operación unitaria de cortado es importante debido a que la licuadora industrial se obstruye al poner trozos muy grandes por eso hay que cortar los frutos de carambola en forma transversal con un espesor aproximado de 1 cm, esto nos garantizara un licuado uniforme y constante, donde se rompe la cascara del fruto convirtiéndolas en una solución que puede pasar sin inconvenientes por la maquina pulpeadora y refinadora para eliminar las partículas sólidas que puedan obstruir al aspersor durante la etapa de atomización.

El equipo atomizador donde se realizan las pruebas tiene una capacidad operativa de 60 y 80 L/h (dependiendo de la velocidad de giro del disco del aspersor) lo que significa que la muestra preparada de 9.50 L para cada ensayo mostrado en el Tabla 13 para su conversión en polvo demora aproximadamente 10.00 minutos obteniéndose finalmente 0.94 kg de polvo de carambola atomizado.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

➤ Los valores de análisis fisicoquímicos de la vitamina C realizados a la fruta *Averrhoa carambola L* (carambola) es de 36.00 ± 0.667 mg/100 g de muestra y 39.83 ± 0.002 mg/100 g de muestra de la variedad dulce, ambos muy cercanos al valor de 35.0 mg/100 g de muestra reportado por **(TELLO, 2002)** para la misma fruta en estado fresco.

➤ El proceso seguido para la obtención de pulpa de *Averrhoa Carambola* (carambola) coincide con lo reportado por **(TELLO, 2002)** quien para obtener una jalea primero blanqueo, seguidamente corto en trozos la fruta y posteriormente fue pulpeado empleando una malla de 1.5 mm y refinando después con una malla de 0.8 mm de diámetro, en nuestra investigación cortamos en trozos a la fruta y luego refinamos con malla 0.8 mm, saltamos el paso de pulpeado por que previamente la fruta fue licuada preparándola para refinarla directamente.

➤ El contenido de vitamina C en polvo atomizado de *Averrhoa Carambola L* (carambola) obtenido en el Tratamiento 1 de la investigación para la carambola ácida es de 533.92 ± 0.16 mg/100 g de muestra y para la carambola dulce es de 119.25 ± 0.60 mg/100 g de muestra que contrasta con lo reportado por **(VIVANCO, 2015)** que reporta en su tratamiento T2 un contenido promedio de vitamina C de 1057.02 mg/100 g de muestra que viene a ser casi el doble del reportado por nuestra investigación, este valor se puede deber a que en su Tratamiento 2 empleo 10% de maltodextrina y 120 °C de temperatura del aire de entrada al atomizador cuya temperatura de operación es para equipos a escala de laboratorio mientras que nosotros empleamos un equipo industrial donde las temperaturas de operación van de 180 °C a 450 °C

➤ El porcentaje de maltodextrina también influye en el contenido final de vitamina C, porque un exceso de la misma ocasionaría una dispersión de la vitamina C en el encapsulante; es así que a un porcentaje de 8 % esta decae hasta valores comprendidos entre 81.2 mg/100 g de muestra para la carambola ácida y 43 mg/100 g de muestra para la carambola dulce, este mismo efecto también lo observo **(QUEK, 2007)**, quienes indican que la adición de altas concentraciones de maltodextrina produce polvos de baja calidad porque los nutrientes del jugo estarían diluidos, en una investigación más reciente

(CASANOVA, 2013) también señala que el incremento en la concentración de maltodextrina tiene un efecto negativo sobre el contenido de vitamina C, provocando una disminución significativa en su valor final.

➤ El efecto de la temperatura es muy importante porque al ser la vitamina C termolábil es fácilmente degradada por esta, pero la pro vitamina A es más resistente al efecto de la temperatura presentando un contenido de 48.1 mg/100 g de muestra después del proceso de atomizado y un valor más bajo 44.3 mg/100 g de muestra a la misma temperatura de operación, similarmente **(GHOBADIAN, 2007)** indica que elevar la temperatura de trabajo en un atomizador de laboratorio de 130 °C a 150 °C reduce el rendimiento del compuesto activo y se incrementan los sólidos insolubles, es decir el polvo se encuentra mucho más seco.

➤ El valor de vitamina C de carambola *Averrhoa carambola L* (carambola) en estado fresco de la variedad ácida es de 36.00 ± 0.667 mg/100 g de muestra se ve incrementada hasta 533.92 ± 0.16 mg/100 g de muestra después del proceso de atomizado y en la variedad dulce fresca es de 39.83 ± 0.002 mg/100 g de muestra y se vio incrementada después del proceso de atomizado hasta un valor de 119.25 ± 0.60 mg/100 g de muestra, esto representa un incremento mayor a 14 veces su contenido inicial en la variedad ácida y en la variedad dulce un incremento de vitamina C de 3 veces su contenido inicial, lo que indica que los tratamientos empleados fueron los indicados.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

Para la obtención de pulpa seca a partir de *Averrhoa carambola L* (carambola) por el método de Atomización, se utilizó la Temperatura, Velocidad de Giro y Concentración de Malto dextrina como variables de proceso, altos valores de concentración de pro-vitamina A ($85.32 \pm 1.37 \text{mg}/100\text{g}$) y vitamina C ($533.92 \pm 0.16 \text{mg}/100\text{g}$).

De las variedades estudiadas la mayor concentración de pro-vitamina A y vitamina C fue observada en la variedad acida.

Las temperaturas de operación optimas 195 a 200 °C son las adecuadas para el atomizado de *Averrhoa carambola L*(carambola), mostrando mayor rendimiento a 195 °C.

A menor temperatura (195 °C) y menor velocidad de giro (10000 RPM) incrementa la concentración de la pro-vitamina A y vitamina C.

A mayor velocidad de giro y menor concentración de malto dextrina, disminuye el contenido de vitamina C en partículas de *Averrhoa Carambola L* (carambola).

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

1. Continuar con los estudios de atomizado en la fruta carambola *Averrhoa carambola L* (carambola) con otros tipos de encapsulantes o una mezcla de ellos para evaluar el contenido final de vitamina C debido que para este proyecto se utilizó maltodextrina
2. Evaluar el tiempo de vida en anaquel de la *Averrhoa Carambola L* (Carambola) atomizada, mediante pruebas aceleradas para evaluar la retención de vitamina C y provitamina A y la actividad de agua como principales factores de calidad
3. Realizar estudio de pre-factibilidad en la Región Loreto sobre los frutos de la amazonia dando como un valor agregado el método de atomizado.

CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

ARAUJO, 2002. Obtención de polvo de papaya de monte (*CARICA PUBESCENS*) por atomización . [aut. libro] ARAUJO. *Ingeniería UC*. BENEZUELA VALENCIA : s.n.

BAREA, 2015. Caracterización , Capacidad Antioxidante y Perfil Fenólico de Frutas Subtropicales Producidas y Comercializadas en la Costa de Granada. [aut. libro] BOREA. España : s.n.

BELITZ, 2012. Química de los alimentos III. [aut. libro] BELITZ. *Química de los alimentos III*. España : s.n.

BENJI, CORONEL CARPIO LASTENIA/PÉREZ JUÁREZ JOSÉ. 2016. *EVALUACIÓN DE LA RETENCIÓN DE LA VITAMINA C EN EL ZUMO DE ARÁNDANO (*Vaccinium corymbosum*) ATOMIZADO EMPLEANDO AGENTES ENCAPSULANTES*. LAMBAYEQUE : s.n.

CAHUAYA, 2017. Efecto del secado del secado por aspersion en el contenido de vitamina C , capacidad antioxidante y características fisicoquímicas del jugo de naranja . [aut. libro] CAHUAYA. PERU : s.n.

CAMPBELL, 1989. Sugar/Acid composition and development of sweet and tart carambola fruit .Journal of the American society for horticultural science. [aut. libro] CAMPBELL. 1989.

CASANOVA, 2013. Efecto de la temperatura de secado y concentración de ecapsulante en el rendimiento y concentración de vitamina C del jugo de *Myrciaria dubia* (Camu camu) atomizado. [aut. libro] CASANOVA. Iquitos-peru : s.n.

CASTILLO, 2007. Diseño de proceso de obtención de trozos secos de carambola tesis de grado. [aut. libro] CASTILLO. Ecuador : s.n.

CASUSO, FRANCISCO MARTÍN PORTOCARRERO. 2018. *EFFECTOS DE LA TEMPERATURA SOBRE EL POLVO DE *Mauritia flexuosa* (AGUAJE) OBTENIDO EN SECADOR SPRAY*. Iquitos : s.n.

CORTES, 2012. "Secado por aspersion de concentrado de caña panelera : Una tecnología apropiada para mejorar la competitividad de la caña". [aut. libro] CORTES. Colombia : s.n.

ENRIQUEZ, MAURICIO ALEXANDER CUASPUD. 2015. *OBTENCION DE ACEITE DE AGUACATE MICROENCAPSULADO MEDIANTE SECADO POR ATOMIZACION.* QUITO : s.n.

GHOBIAN, 2007. SPRAY DRYER PARAMETERS FOR FRUIT JUICE DRYING. [aut. libro] GHOBIAN.

GONZALES, 2000. Análisis del desarrollo de la fase reproductiva y determinación de parámetros de recolección de la carambola (Averrhoa carambola L) Variedad ácida producida en el piedemonte amazónico colombiano . [aut. libro] GONZALES. COLOMBIA : s.n.

IMET, 2018.Instituto de Medicina Tradicional. [aut. libro] IMET. *Instituto de Medicina Tradicional.* Iquitos : s.n.

JACKSON, 1991. Microencapsulation and food industry. [aut. libro] JACKSON.

LUND, 2007.Handbook of food engineering . [aut. libro] LUND. NEW YORK : s.n.

MADENE, 2006. Flavour encapsulation and controlled release. [aut. libro] MADENE. .

MAMANI, 2018. *Evaluación de compuestos bioactivos en pulpa atomizada y pulpa congelada de Mauritiella aculeata.*

HUERTAS, 2015. *OPTIMIZACION DEL PROCESO DE ATOMIZACION DEL ZUMO DE TORONJA (citrus paradisi).* NUEVO CHIMBOTE : s.n.

MARTÍN, 2009.Técnicas de micro encapsulación : una propuesta para micro encapsular probióticos . [aut. libro] MARTÍN. ESPAÑA : s.n.

MORENO, 2015. "Optimización del proceso de atmomización del zumo de toronja (citrus paradisi)". [aut. libro] MORENO. colombia-bogota : s.n.

MORI, 2018. Componentes de la carambola analizada. [aut. libro] Mori. PERÚ-IQUITOS : s.n.

MOSQUERA, 2010. "Influencia de la humedad y de la adición de solutos (Maltodextrina o Goma Arábica) en las propiedades fisicoquímicas de borojón y fresa en polvo". España : s.n.

NIEBLA, 2009. Evaluación de encapsulamiento de compuestos de sabor en matrices de almidón . [aut. libro] NIEBLA. México : s.n.

PROSISE, 1985. Comercial lecithin products. [aut. libro] PROSISE.

QUEK, 2007. 2007. The Physicochemical properties of spraydried watermelon powders. [aut. libro] QUEK.

QUEVEDO, 1987 Rango de tolerancia microbiológica . [aut. libro] QUEVEDO. *Rango de tolerancia microbiológica*.

ROZO, 1986. Vitaminas ,Agente nutritivo y terapéutico . [aut. libro] ROZO. ESPAÑA : s.n.

SHARMA, 2003.Ingeniería de alimentos . [aut. libro] SHARMA. *Ingeniería de alimentos* . MÉXICO : s.n.

SOLIS, 2010.Modelamiento matemático de la transferencia de sacarosa en la deshidratación osmótica del fruto de la carambola (Averrhoa carambola L). [aut. libro] SOLIS. PERÚ : s.n.

TELLO, 2002.Conservación de Averrhoa carambola por azúcar y calor. [aut. libro] TELLO. *conservacion de frutos tropicales*.

TONON, 2010.Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-driedcai. [aut. libro] TONON.

TRAVAGLINI, 1999. Equipos de secado in:Deshidratación de frutas y hortalizas . [aut. libro] TRAVAGLINI.

VIVANCO, 2015.Propiedades de rehidratación y vitamina C de un producto microencapsulado a base de zumo de carambola (Averrhoa Carambola L. [aut. libro] VIVANCO. PERÚ : s.n.

WATERHOUSE, 2012.Microencapsulation of polyphenol bioactives ; A comparative study using different natural fibre polymers as encapsulation . [aut. libro] WATERHOUSE.

WROLSTAD, 2000. Anthocyanins .En natural food coloranst. [aut. libro]
WROLSTAD. NEW YORK : s.n.

ANEXOS

Pasos seguidos para la atomización de la *Averrhoa carambola L* (carambola)

Materia Prima



Selección/Clasificación/Pesado



Lavado/Desinfectado



Cortado / Licuado





Pulpeado / Refinado



Acondicionamiento



Filtrado





Atomizado



PRIMERA CORRIDA DE TRATAMIENTOS - DULCE

°N	T° (°C)	Velocidad de Giro (RPM)	Maltodextrina (%)	Pro. Vit. A	Concentración Vit. C	Humedad (%)	Ceniza (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Carbohidratos (%)
1	195	10000	4	48.10	120.00	3.50	3.70	0.4	2.55	89.85
2	200	10000	4	47.60	118.30	3.40	3.97	0.37	2.61	89.65
3	195	15000	4	47.90	115.10	3.30	3.80	0.35	2.55	90
4	200	15000	4	47.80	113.30	3.40	3.70	0.41	2.47	90.02
5	195	10000	8	44.30	98.30	5.00	2.40	0.39	2.5	89.71
6	200	10000	8	43.00	99.49	5.30	2.40	0.32	2.6	89.38
7	195	15000	8	43.50	98.20	4.90	2.60	0.4	2.4	90.1
8	200	15000	8	44.20	99.10	5.20	2.30	0.3	2.5	89.7

SEGUNDA CORRIDA DE TRATAMIENTOS – DULCE

°N	T° (°C)	Velocidad de Giro (RPM)	Maltodextrina (%)	Pro. Vit. A	Concentración Vit. C	Humedad (%)	Ceniza (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Carbohidratos (%)
1	195	10000	4	47.35	119.30	3.45	3.61	0.38	2.48	90.08
2	200	10000	4	45.34	118.40	3.59	3.82	0.25	2.62	89.72
3	195	15000	4	46.11	117.21	3.61	3.92	0.36	2.53	89.58
4	200	15000	4	46.72	112.60	3.55	3.69	0.55	2.49	89.72
5	195	10000	8	43.68	102.50	5.22	2.56	0.47	2.56	89.19
6	200	10000	8	43.18	101.70	5.51	2.45	0.38	2.63	89.38
7	195	15000	8	44.05	98.70	4.38	2.48	0.46	2.44	90.24
8	200	15000	8	45.44	99.40	4.96	2.35	0.35	2.52	89.82

PRIMERA CORRIDA DE TRATAMIENTOS – ACIDO

°N	T° (°C)	Velocidad de Giro (RPM)	Maltodextrina (%)	Pro. Vit. A	Concentración Vit. C	Humedad (%)	Ceniza (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Carbohidratos (%)
1	195	10000	4	86.29	534.03	4.11	3.69	1.17	2.58	88.45
2	200	10000	4	85.58	530.22	3.45	3.52	0.99	2.56	89.48
3	195	15000	4	85.91	515.39	3.89	2.32	0.32	2.71	90.76
4	200	15000	4	86.27	528.18	4.13	3.61	1.15	2.85	88.26
5	195	10000	8	84.39	122.73	5.13	3.45	1.23	2.64	87.55
6	200	10000	8	81.25	98.99	3.74	2.39	0.32	2.81	89.38
7	195	15000	8	83.44	101.82	3.87	2.35	0.31	2.76	90.71
8	200	15000	8	81.49	89.66	3.33	2.38	0.34	2.68	91.27

SEGUNDA CORRIDA DE TRATAMIENTOS - ACIDO

°N	T° (°C)	Velocidad de Giro (RPM)	Maltodextrina (%)	Pro. Vit. A	Concentración Vit. C	Humedad (%)	Ceniza (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Carbohidratos (%)
1	195	10000	4	84.34	533.8	3.47	3.61	0.89	2.46	89.57
2	200	10000	4	85.33	530.34	3.59	3.73	0.65	2.55	89.48
3	195	15000	4	83.88	528.42	3.73	3.67	0.36	2.73	89.51
4	200	15000	4	87.46	530.12	4.32	3.69	0.99	2.68	88.32
5	195	10000	8	82.77	128.15	4.86	3.34	0.96	2.55	88.29
6	200	10000	8	81.55	99.47	4.10	2.48	0.38	2.71	89.38
7	195	15000	8	83.15	102.37	4.11	2.39	0.36	2.62	90.52
8	200	15000	8	80.38	92.85	3.54	2.37	0.28	2.57	91.24