



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

“EFECTOS DEL PROCESO DE SECADO E ÍNDICE DE MADUREZ SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y ORGANOLÉPTICAS DE LÁMINAS DE CARAMBOLA (*Averrhoa carambola*)”

Autor:

Caicedo Morales Darwin German

Director:

Ing. Luis Armando Manosalvas Quiroz

Asesores:

Ing. Nicolás Pinto
Ing. Juan de la Vega
Ing. Jimmy Cuaran

IBARRA – ECUADOR

2017

HOJA DE VIDA DEL INVESTIGADOR



APELLIDOS: Caicedo Morales

NOMBRES: Darwin Germán

C. CIUDADANIA: 100326620-0

EDAD: 26 años

NACIONALIDAD: Ecuatoriana

ESTADO CIVIL: Soltero

TÉLEFONO CELULAR: 0997503871

CORREO ELECTRONICO: windary90@gmail.com

DIRECCION: Provincia: Imbabura

Ciudad: Ibarra

Parroquia: El Sagrario

AÑO: 2017

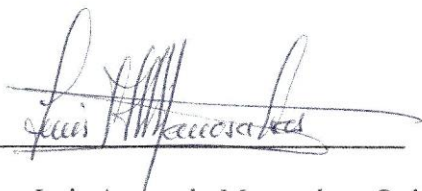
REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Darwin Germán Caicedo Morales “EFECTOS DEL PROCESO DE SECADO E ÍNDICE DE MADUREZ SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y ORGANOLÉPTICAS DE LÁMINAS DE CARAMBOLA Averrhoa carambola” trabajo de grado de la carrera de ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica del Norte, Ibarra 21 de abril del 2017.

DIRECTOR: Ing. Luis Armando Manosalvas Quiroz.


En la presente investigación se evaluó los efectos de la temperatura de secado, velocidad del aire de secado sobre las características físico-químicas, microbiológicas y organolépticas del producto deshidratado.

El producto cumple con los requerimientos microbiológicos establecidos por las NTE 1529-2996 calidad microbiológica para productos deshidratados.



Ing. Luis Armando Manosalvas Quiroz

DIRECTOR DE TESIS



Darwin Germán Caicedo Morales

AUTOR

1. RESUMEN.

La presente investigación tuvo como objetivo elaborar láminas deshidratadas a partir de pulpa de Carambola “Averrhoa Carambola” utilizando parámetros óptimos de grado de madurez de la fruta, temperatura de secado y velocidad de aire en el secador.

El desarrollo experimental se realizó en las unidades edu-productivas de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte, ubicadas en el Colegio Universitario de la ciudad de Ibarra. Los análisis de laboratorio fueron realizados en el laboratorio de análisis físico-químicos y microbiológicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales.

Las láminas deshidratadas de carambola se obtienen a partir de la pulpa, previamente pesada, seleccionada, desinfectada y licua, disponiéndola en bandejas lisas que contienen láminas de papel de arroz, y secándola a las temperaturas de secado, velocidades de secado e índice de madurez establecidas en esta investigación.

El modelo estadístico utilizado en la investigación fue el diseño completamente al azar con arreglo factorial A x B x C con veintisiete tratamientos y tres repeticiones, dando un total de ochenta y un unidades experimentales con pesos de 500g de pulpa de carambola, donde los factores estudiados fueron: la temperatura de secado en grados centígrados ($^{\circ}$ C), la velocidad del aire de secado en metros por segundo (m/s), el índice de madurez de la carambola, en grados brix. Las variables cuantitativas evaluadas fueron: pH, humedad, sólidos solubles, calcio y potasio. Mientras, las variables cualitativas evaluadas fueron: color, olor, sabor, textura y aceptabilidad.

Los factores temperatura de secado, velocidad del aire de secado e índice de madurez tuvieron un efecto significativo sobre la disminución del contenido de pH y humedad, así mismo, en el aumento de la cantidad de sólidos solubles, calcio y potasio, ya que a temperaturas altas de secado se elimina mayor cantidad de humedad en forma de vapor de agua, así mismo, los sólidos presentes en el producto

se transforman en ácidos por efecto de la fermentación, por otro lado, al aumentar la velocidad del aire de secado aumentamos la capacidad de arrastre de los solutos presentes en el interior del producto hacia la superficie de este donde se concentraran. Se obtuvo un producto deshidratado de calidad, con características físico- químicas adecuadas para el consumo humano y excelentes características organolépticas. El tratamiento T17 (temperatura de secado 75°C, velocidad del aire de secado 3,5 m/s e índice de madurez 8°brix), es el mejor, ya que presento mejores características físico-químicas y organolépticas.

PALABRAS CLAVE: Carambola, Temperatura, Madurez, Velocidad, Deshidratado.

ABSTRACT

The present research aimed to develop sheets dried Dragon fruit pulp from "Hylocereus buccinum" using optimum parameters of maturity of fruit, drying temperature and velocity of air in the dryer.

The experimental development was done in edu-productive units of the Faculty of engineering in agricultural sciences and environmental of the University technique of the North, located at the College of the city of Ibarra. Laboratory analyses were carried out in the laboratory of physical-chemical and microbiological analyzes of the Faculty of engineering in agricultural and environmental sciences.

The dried carambola sheets are obtained from the pulp, previously weighed, selected, disinfected and liquefying it, arranging it in smooth trays containing sheets of rice paper, and drying it at drying temperatures, drying and maturity index established in this research.

The statistical model used in the research was the completely randomized design with factorial arrangement A x B x C with twenty-seven treatments and three replicates, giving a total of eighty-one experimental units with weights of 500g of carambola pulp, where the factors studied were: the temperature of dryer in degrees centigrade (°C), the drying air velocity in meters per second (m/s), the carambola

maturity index , in degrees brix. The quantitative variables evaluated were: pH, moisture, soluble solids, calcium and potassium. Meanwhile, the qualitative variables evaluated were: color, smell, taste, texture and acceptability.

The drying temperature, drying rate and ripeness index had a significant effect on the decrease in pH and moisture content, as well as on the increase in the amount of soluble solids, calcium and potassium, since at high drying temperatures more moisture is eliminated in the form of water vapor, likewise, the solids present in the product are transformed into acids by the effect of fermentation, on the other hand, by increasing the air velocity of drying we increase the drag capacity of the solutes present inside the product towards the surface of this where they concentrate

it was obtained a dehydrated product of quality, with physical-chemical characteristics suitable for human consumption and excellent organoleptic characteristics. The T17 treatment (drying temperature 75 °C, drying rate 3.5 m/s and maturity index 8 °brix) is the best, since it has better physico-chemical and organoleptic characteristics.

KEYWORDS: Carambola, Temperature, Degree, Speed, Dehydrated.

2. INTRODUCCIÓN

Mediante esta investigación se dará a conocer el potencial agroindustrial de la Carambola *Averrhoa carambola*, perteneciente a la familia de las Oxalidáceas. Se considera un cultivo tropical y subtropical, que crece de 0 a 1200 msnm, a una temperatura entre 26 y 28°C. De sabores únicos, gran valor nutritivo y bondades nutraceuticas.

La aplicación de un método de conservación como el secado nos permite obtener un producto comestible como un dulce o bocadillo en forma de tiras flexibles, con apariencia brillante y textura suave. Dicho proceso de secado mejora la conservación

de la pulpa de fruta; prolongando su tiempo de vida útil, facilita su transporte y almacenamiento.

El desarrollo de láminas deshidratadas de carambola es la oportunidad idónea para lograr introducir al mercado ecuatoriano un nuevo producto alimenticio con un gran potencial nutritivo y comercial debido a que es el primero en su clase en éste país. Pero sobretodo, es la ocasión de poder conocer y describir de forma científica las propiedades mecánicas, físico-químicas y nutritivas de las pulpas de frutas exóticas.

Por lo expuesto anteriormente la presente investigación tuvo como objetivo, el desarrollo de un producto alimenticio; láminas deshidratadas de carambola (*Averrhoa carambola*) como alternativa a la forma tradicional de consumo. Para lo cual se inició con establecer la madurez comercial de la carambola (*Averrhoa carambola*) para el procesamiento de láminas deshidratadas; para luego proseguir a determinar los efectos de la temperatura, velocidad del aire de secado y el índice de madurez en grados °Brix, en la calidad del producto obtenido mediante la deshidratación; y finalmente evaluar la calidad del producto terminado mediante análisis Físico Químico (°Brix, humedad final, pH, calcio y potasio); microbiológico (mohos, levaduras y recuento total de aerobios) y organoléptico (olor, color, sabor, textura).

3. OBJETIVOS.

3.1.OBJETIVO GENERAL

Evaluar los efectos del proceso de secado e índice de madurez sobre las características fisicoquímicas y organolépticas de láminas de carambola (*Averrhoa carambola*).

3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Establecer la madurez comercial de la carambola (*Averrhoa carambola*) para el procesamiento de láminas deshidratadas.
- ❖ Determinar los efectos de la temperatura, velocidad del aire de secado y el índice de madurez en grados brix, sobre la calidad del producto deshidratado.
- ❖ Evaluar la calidad del producto terminado mediante análisis Físico Químico (°Brix, humedad final, pH, calcio y potasio); microbiológico (mohos, levaduras y recuento total de aerobios) y organoléptico (olor, color, sabor, textura).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

La fase experimental de esta investigación se realizó en la provincia de Imbabura, cantón Ibarra, parroquia El Sagrario; ubicada a 0°20` de latitud norte; a 78°08` longitud oeste; a una altitud de 2250 m.s.n.m.; la temperatura de bulbo seco es de 24°C, la temperatura de bulbo húmedo es de 18°C.; la humedad relativa es de 62%, con un pluviosidad de 503- 1000 mm/año. Se utilizó Carambola (*Averrhoa carambola*) variedad que se cultiva en las zonas tropicales de nuestro país. Los insumos utilizados para el procesamiento de láminas deshidratadas de carambola fueron agua, hipoclorito de sodio 0,1%, papel encerado, etiquetas, papel de arroz, fundas de celofán, por otro lado los materiales que se utilizaron son bandejas de plástico de capacidad de 3lt, cuchillos, estilete, espátula, jarras con graduación, recipientes de plástico de 5lt de capacidad, mesa de acero inoxidable, fundas plásticas pequeñas para muestras. Los equipos que se utilizaron son cronometro, Balanza analítica, deshidratador de bandejas, licuadora, pH metro, estufa, balanza desecadora infrarroja, cocineta industrial, refractómetro, termómetro.

En la fase del diseño experimental se empleó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial A x B x C en donde los factores son: Temperatura de secado

expresado en grados centígrados ($^{\circ}$ C), Velocidad del aire de secado expresado en metros por segundo (m/s), Índice de madurez de la Carambola, expresado grados $^{\circ}$ Brix. Se estructuraron 27 tratamientos con tres repeticiones, dando como resultado 81 unidades experimentales. La unidad experimental está compuesta por 500g de pulpa de carambola, con un espesor de 5 mm y con 89% de humedad inicial. El análisis funcional para tratamientos es Tukey al 5%, para factores se aplicara diferencia mínima significativa (DMS) y para variables no paramétricas Friedman al 5%.

NOMENCLATURA DE LOS TRATAMIENTOS

Tratamiento	Nomenclatura	Descripción
T1	A1B1C1	Temp. 65 °C+ 3 m/s + 7°brix (Semi pintón)
T2	A1B1C2	Temp. 65 °C+ 3 m/s + 8°brix (Pintón)
T3	A1B1C3	Temp. 65 °C+ 3 m/s + 9°brix (Maduro)
T4	A2B1C1	Temp. 70 °C+ 3 m/s + 7°brix (Semi pintón)
T5	A2B1C2	Temp. 70 °C+ 3 m/s + 8°brix (Pintón)
T6	A2B1C3	Temp. 70 °C+ 3 m/s + 9°brix (Maduro)
T7	A3B1C1	Temp. 75 °C+ 3 m/s + 7°brix (Semi pintón)
T8	A3B1C2	Temp. 75 °C+ 3 m/s + 8°brix (Pintón)
T9	A3B1C3	Temp. 75 °C+ 3 m/s + 9°brix (Maduro)
T10	A1B2C1	Temp. 65 °C+ 3,5 m/s + 7°brix (Semi pintón)
T11	A1B2C2	Temp. 65 °C+ 3,5 m/s + 8°brix (Pintón)
T12	A1B2C3	Temp. 65 °C+ 3,5 m/s + 9°brix (Maduro)
T13	A2B2C1	Temp. 70 °C+ 3,5 m/s + 7°brix (Semi pintón)
T14	A2B2C2	Temp. 70 °C+ 3,5 m/s + 8°brix (Pintón)
T15	A2B2C3	Temp. 70 °C+ 3,5 m/s + 9°brix (Maduro)
T16	A3B2C1	Temp. 75 °C+ 3,5 m/s + 7°brix (Semi pintón)
T17	A3B2C2	Temp. 75 °C+ 3,5 m/s + 8°brix (Pintón)
T18	A3B2C3	Temp. 75 °C+ 3,5 m/s + 9°brix (Maduro)
T19	A1B3C1	Temp. 65 °C+ 4 m/s + 7°brix (Semi pintón)
T20	A1B3C2	Temp. 65 °C+ 4 m/s + 8°brix (Pintón)
T21	A1B3C3	Temp. 65 °C+ 4 m/s + 9°brix (Maduro)
T22	A2B3C1	Temp. 70 °C + 4 m/s + 7°brix (Semi pintón)
T23	A2B3C2	Temp. 70 °C + 4 m/s + 8°brix (Pintón)
T24	A2B3C3	Temp. 70 °C+ 4 m/s + 9°brix (Maduro)
T25	A3B3C1	Temp. 75 °C+ 4 m/s + 7°brix (Semi pintón)
T26	A3B3C2	Temp. 75 °C+ 4 m/s + 8°brix (Pintón)
T27	A3B3C3	Temp. 75 °C+ 4 m/s + 9°brix (Maduro)

PROCESAMIENTO.

La recepción de la materia prima se llevó a cabo en los laboratorios de las Unidades Edu-productivas, provenientes del Valle del Cauca, Colombia, en cajas de cartón. La materia prima es aceptada si pasa estrictos y rígidos controles de calidad respetando la norma INEN 2910. En la cual establece que la materia prima debe de estar libre de materias extrañas y a una temperatura inferior de 12°C se debe verificar las características organolépticas como: color, olor y brillo. Luego se procedió a pesar para determinar qué cantidad de masa tenemos disponible para realizar la elaboración de láminas deshidratadas de carambola y verificar la cantidad de fruta que se pidió al proveedor, para brindar un producto de calidad la carambola debe de cumplir con un rango de madurez de 7, 8 y 9 °brix. Rangos con los cuales se seleccionó a la carambola. Se procede a realizar un segundo pesado con la finalidad de conocer la cantidad de carambola a procesar. El CODEX Alimentarius (2000) afirma que: Para la desinfección de frutas y hortalizas se emplean normalmente 0.1 % de hipoclorito de sodio, con un tiempo de contacto de 1-2 minutos. La desinfección se la realizó con agua a 4° C, esta operación se la realizó con el fin de eliminar la carga microbiana. En el despulpado se procedió a separar las aristas, la corteza interna y las pepas de la pulpa de la carambola para luego proceder a licuarla hasta lograr una consistencia espesa y firme, luego procedemos a pesar la pulpa de fruta necesaria, que será utilizada para la elaboración de las láminas deshidratadas y para determinar el rendimiento de la fruta. Así mismo pesamos, las cascaras y semillas que nos ayudó a determinar el rendimiento del producto terminado. Se preparan bandejas lisas de plástico termo resistente a las que se colocó láminas de arroz para que el producto no se pegue, la pulpa se debe esparcir sobre la lámina a lo largo de la bandeja, alcanzando un espesor uniforme de unos 3-5 milímetros. Antes de ingresar el producto al deshidratador debemos de fijar la temperatura de secado deseada en el monitor y la velocidad de secado requerida en el variador de velocidad. Luego se ingresa las bandejas con la pulpa de carambola al deshidratador, donde se secan por varias horas a las temperaturas de secado, velocidades de secado e índices de madurez establecida en el diseño experimental, hasta que el producto adquiriera la consistencia de cuero con una humedad menor al 5%. Las láminas deshidratadas se

pesan para determinar el rendimiento y la cantidad de agua eliminada de la fruta, para luego proceder a realizar las isotermas de secado, la humedad perdida en los tiempos determinados, y la velocidad de secado requerida para remover la humedad, en la cual observaremos los periodos de secado de acuerdo a cada tratamiento. Se realizó el pesado en intervalos de tiempo de 2 horas durante las 4 primeras horas y luego en intervalos de 30 minutos hasta obtener el producto final con un peso constante, el cual nos indica que el producto final ha llegado a su humedad de equilibrio. Se procede a realizar el corte de las láminas con la ayuda de un estilete, las dimensiones del corte son de 5 cm de largo por 2 cm de ancho y 1 mm de espesor. De forma manual, se envuelven las láminas con papel encerado y formando grupos de 20 láminas, para luego ser empacadas en cajas de cartón y selladas con papel celofán. Su almacenamiento debe hacerse en lugares secos, con buena ventilación, de preferencia sin exposición a la luz y sobre anaqueles.

VARIABLES EVALUADAS

Se determinaron en el laboratorio de análisis físico-químicos y microbiológicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte.

En materia prima: CARAMBOLA. (*Averrhoa carambola*)

- Sólidos solubles (°Brix): se toma una muestra de 5g de pulpa de carambola, para luego medir el contenido de sólidos solubles con un refractómetro (0-30°brix) AB previamente encerado, según el método NTE 380.
- pH: indica la concentración de iones hidrógeno de una solución. Se toma una muestra de 10g de pulpa de carambola, para luego medir su valor con el electrodo del pH-metro previamente calibrado con agua destilada, según el método APHA 4500 –H+B.
- Humedad (%): es la cantidad de agua presente en la materia prima. Se toma una muestra de 3g de pulpa de carambola, la cual se la coloca en la balanza

dsecadora infrarroja previamente encerada para cada medición, para obtener la humedad de la materia prima, según el método NTE AOAC 925.10.

- Se toma una muestra de 20 g de la fruta en fresco y se procede a realizar el análisis de calcio mediante el método APHA 3500-Ca D (ppm), con la ayuda del espectrofotómetro de absorción atómica previamente encerado.
- Se tomó una muestra de 20 g de la fruta en fresco y se procede a realizar el análisis de potasio mediante el método AOAC 956.01 (ppm), con la ayuda del espectrofotómetro de absorción atómica previamente encerado.

En producto final: LÁMINAS DE CARAMBOLA

Rendimiento: Se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento: } \textit{Peso} \frac{\textit{final}}{\textit{inicial}} * 100$$

- pH: Se toma una muestra de 10g de láminas deshidratadas de carambola, las cuales se las macera en 100ml de agua por 30 minutos, para luego medir su valor con el electrodo del pH-metro previamente calibrado con agua destilada, según el método APHA 4500 –H+B.
- Sólidos solubles (°Brix): Se toma una muestra de 10g de láminas deshidratadas de carambola, las cuales se aforan en 100ml de agua por 1 día, para luego medir su valor con el refractómetro (0-30°brix) AB, según la NTE 380.
- Humedad (%): se toma una muestra de 1g de láminas deshidratadas de carambola las cuales se colocan en la balanza desecadora infrarroja para medir la humedad del producto deshidratado, para cada medición se debe encerar el equipo, según la NTE AOAC 925.10.

- Se toma una muestra de 5 g de las láminas deshidratadas de carambola, las cuales se calcinan y sus cenizas se aforan a 250ml de agua, con 5ml de ácido nítrico libre de metales por 30 minutos, para luego medir su valor con el espectrofotómetro de absorción atómica previamente encerado, según el método APHA 3500-Ca D (ppm).
- Se toma una muestra de 5 g de las láminas deshidratadas de carambola, las cuales se calcinan y sus cenizas se aforan a 250ml de agua, con 5ml de ácido nítrico libre de metales por 30 minutos, para luego medir su valor con el espectrofotómetro de absorción atómica previamente encerado, según el método AOAC 956.01 (ppm).

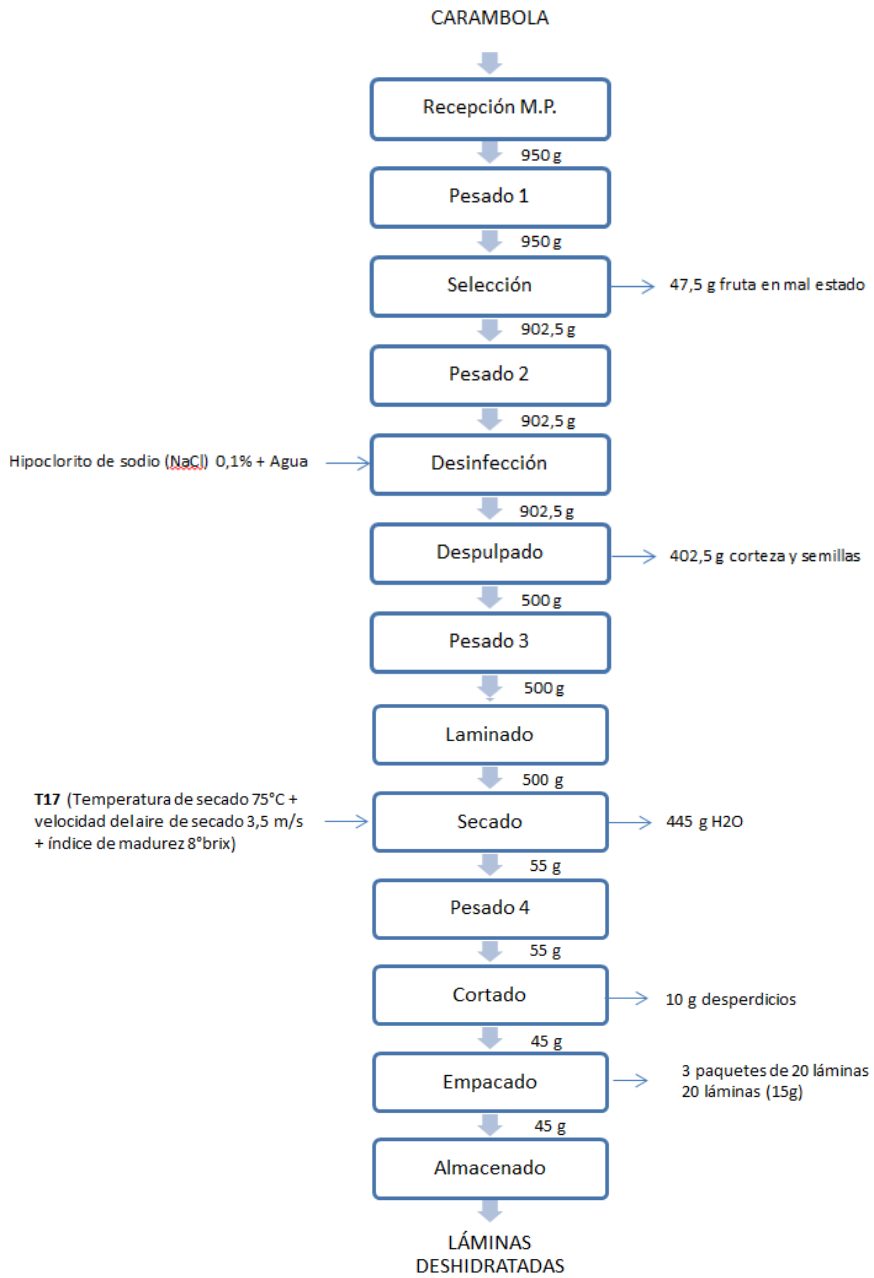
DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES CUALITATIVAS

Se determinó mediante análisis sensorial con 20 panelistas que evaluaron el color, olor, sabor y textura del producto elaborado.

Los datos registrados se los manejó a través de las pruebas no paramétricas de Friedman, basada en la siguiente fórmula:

$$X^2 = \frac{12}{r \cdot K(K+1)} \cdot \sum R^2 - 3r(K+1)$$

Diagrama de bloques para determinar la Influencia de los parámetros en la deshidratación de carambola.



5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ANÁLISIS DE VARIABLES EN MATERIA PRIMA

VARIABLES	SEMIPINTON	PINTON	MADURO	MÉTODO DE ENSAYO
Sólidos solubles	6,50	7,50	8,75	NTE INEN 380
Humedad (%)	88,35	89,28	90,02	AOAC 925,10
pH	3,40	3,62	3,70	APHA 4500- H+B
Calcio (mg/100 g)	2,90	2,80	2,80	APHA 3500- Ca D
Potasio(mg/100 g)	127,40	126,00	125,00	AOAC 956,01

Los resultados de la carambola (*Averrhoa carambola*) muestran que el pH es de 3.4, 3.62 y 3.7 de acuerdo a su respectivo grado de madurez, lo cual nos indica que la fruta es ácida, lo que permite que tenga una buena conservación con respecto a esta variable, La carambola tiene un alto contenido de potasio y de calcio como se puede observar en el análisis de la materia prima. Los sólidos totales son equivalentes a 6.5, 7.5 y 8.75 siendo un rango aceptable para el consumo. La cantidad de agua en la fruta es de 88.35, 89.28 y 90.02%, lo cual se debe considerar para la deshidratación.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE pH EN EL PRODUCTO TERMINADO.

Comportamiento de los Tratamientos

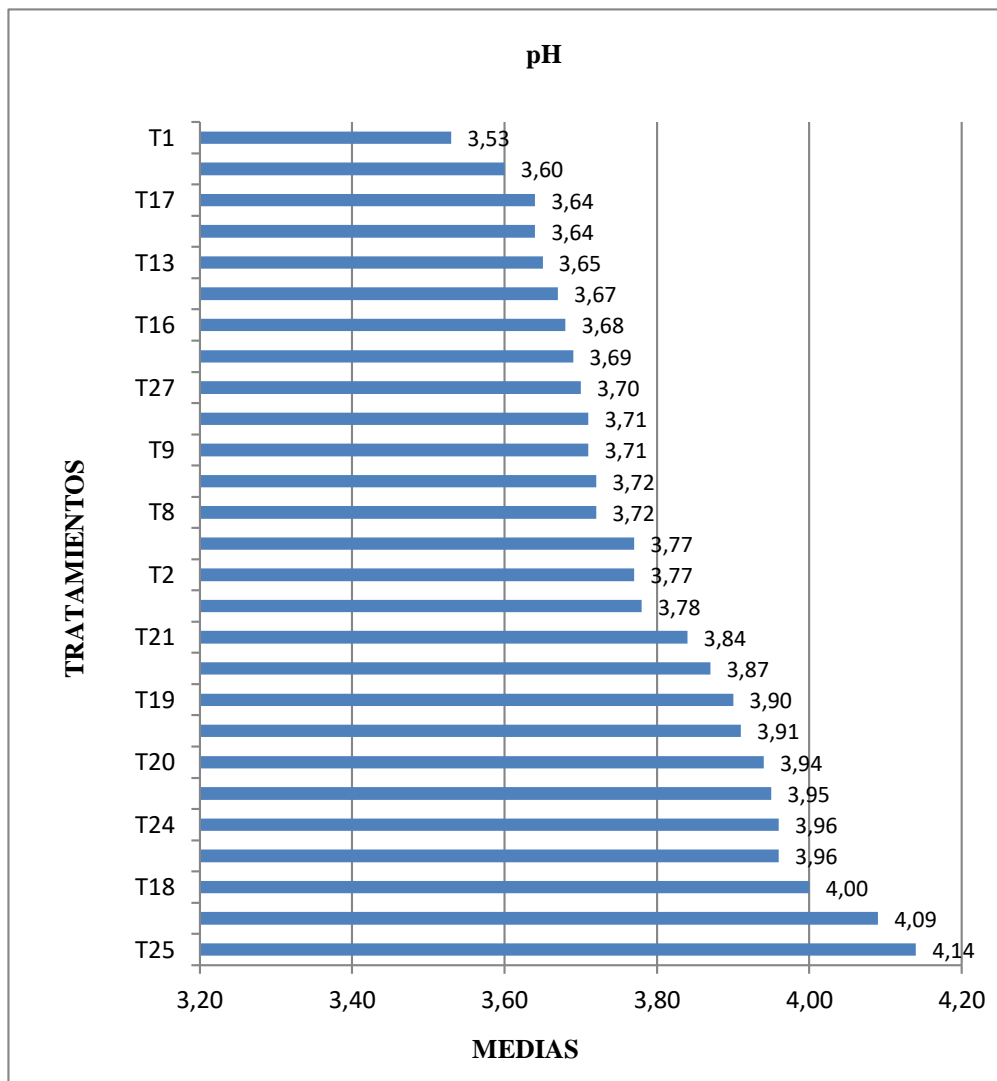


Figura 1. Representación gráfica de la variable pH (%) en las láminas deshidratadas de carambola.

Se aprecia que el **T1, T4, T17**; son los tratamientos que menor pH presentan en el producto terminado por consiguiente estos tratamientos presentan la combinación adecuada para generar el proceso de fermentación en el cual los azúcares del alimento se transforman en ácidos, provocando pH bajos en el producto deshidratado y de esta manera tener un mayor tiempo de conservación de las láminas deshidratadas que según Johnson, (2013) expresa que “Para la conservación de barras deshidratadas de fruta un pH menor a 4 es el correcto para evitar el desarrollo de mohos y bacterias que deterioren el producto terminado”.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE SÓLIDOS SOLUBLES EN EL PRODUCTO TERMINADO.

Comportamiento de los Tratamientos

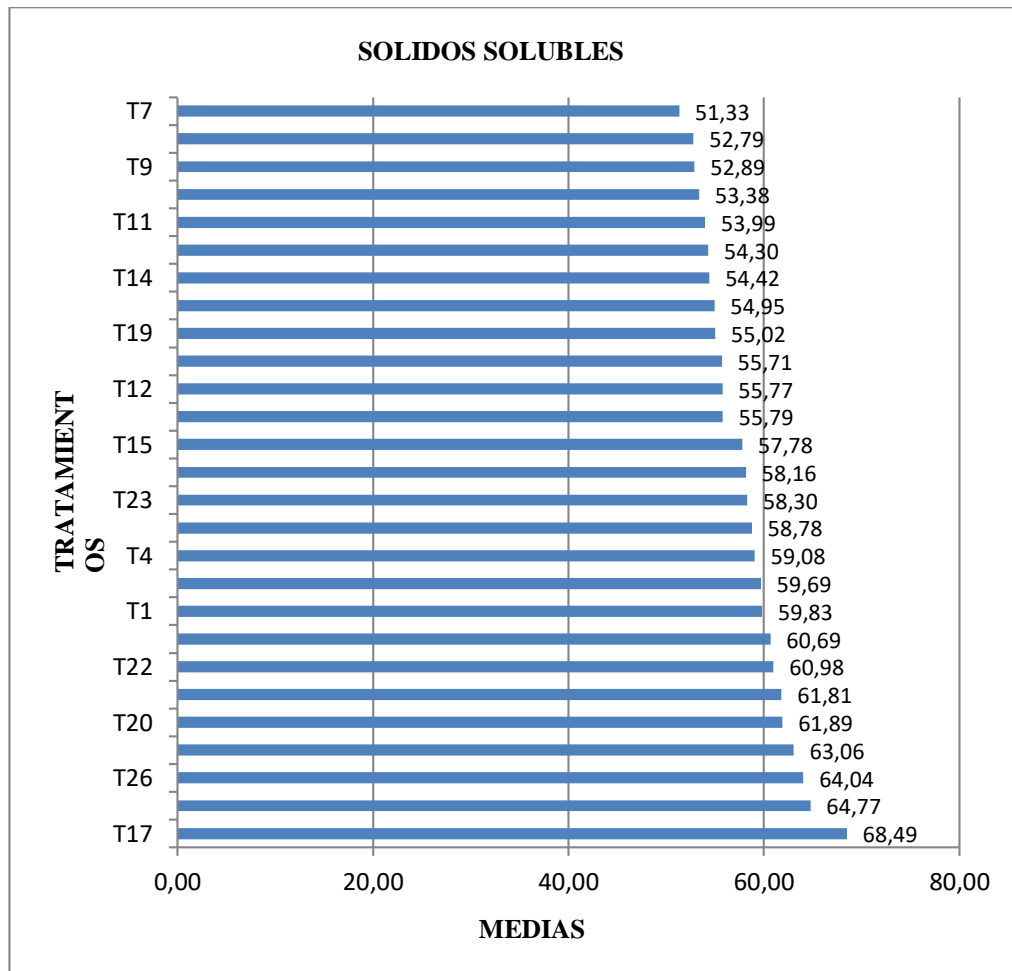


Figura 2. Representación gráfica de la variable sólidos solubles (°brix) en las láminas deshidratadas de carambola.

Se aprecia que el **T17, T18, T26**; son los tratamientos que mayor sólidos solubles presentan en el producto terminado, ya que presentan la combinación adecuada para que la velocidad del aire de secado elimine el vapor de agua de la superficie del producto, facilitando la difusión interna de los sólidos solubles disueltos en agua hacia la superficie del producto, donde se concentrarán, que según Paulette Gómez,

(2011), menciona que, “la cantidad de solidos solubles que se encuentra dentro del rango de 40,6 a 77,1 °Brix evita el deterioro causado por las actividades reducidas del agua en láminas de frutas deshidratadas”. El porcentaje de solidos solubles es mayor en estos tratamientos ya que según Vique Damian, (2011), afirma que “Al trabajar con velocidades del aire de secado y temperaturas de secado altas arrastramos hacia el exterior más rápidamente una mayor concentración de sólidos y finalmente lograr su cristalización”.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE HUMEDAD EN EL PRODUCTO TERMINADO.

Comportamiento de los Tratamientos

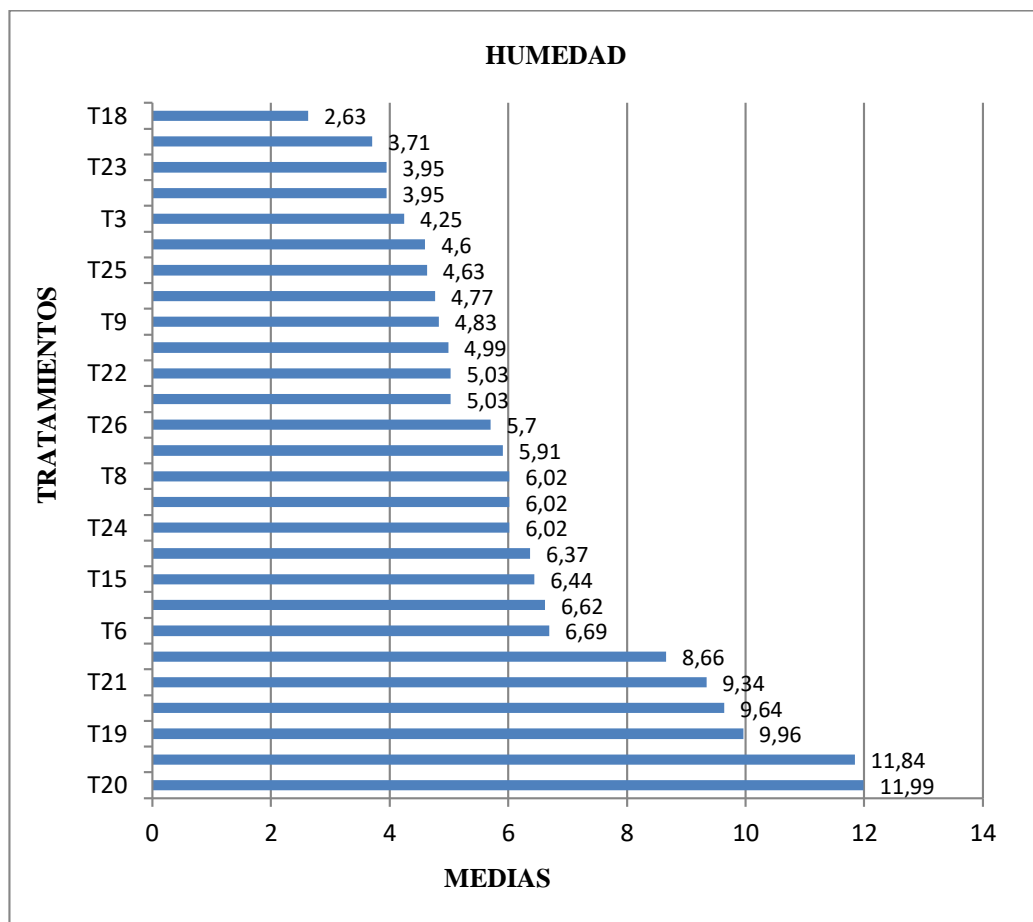


Figura 3. Representación gráfica de la variable humedad en las láminas deshidratadas de carambola.

Se aprecia que el **T27, T9, T5**; son los tratamientos que mejor porcentaje de humedad presentan en el producto terminado, ya que presentan la combinación adecuada para que a medida que aumente la temperatura de secado y la velocidad del aire de secado, exista una mayor cantidad de agua evaporada y eliminada del producto, y según Mayra Veloso (2014) y la NTE INEN 2996 expresan que la “humedad favorable para evitar el desarrollo de hongos, bacterias y reacciones químicas o bioquímicas deteriorantes es a una humedad del 5%”.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE CALCIO EN EL PRODUCTO TERMINADO.

Comportamiento de los Tratamientos

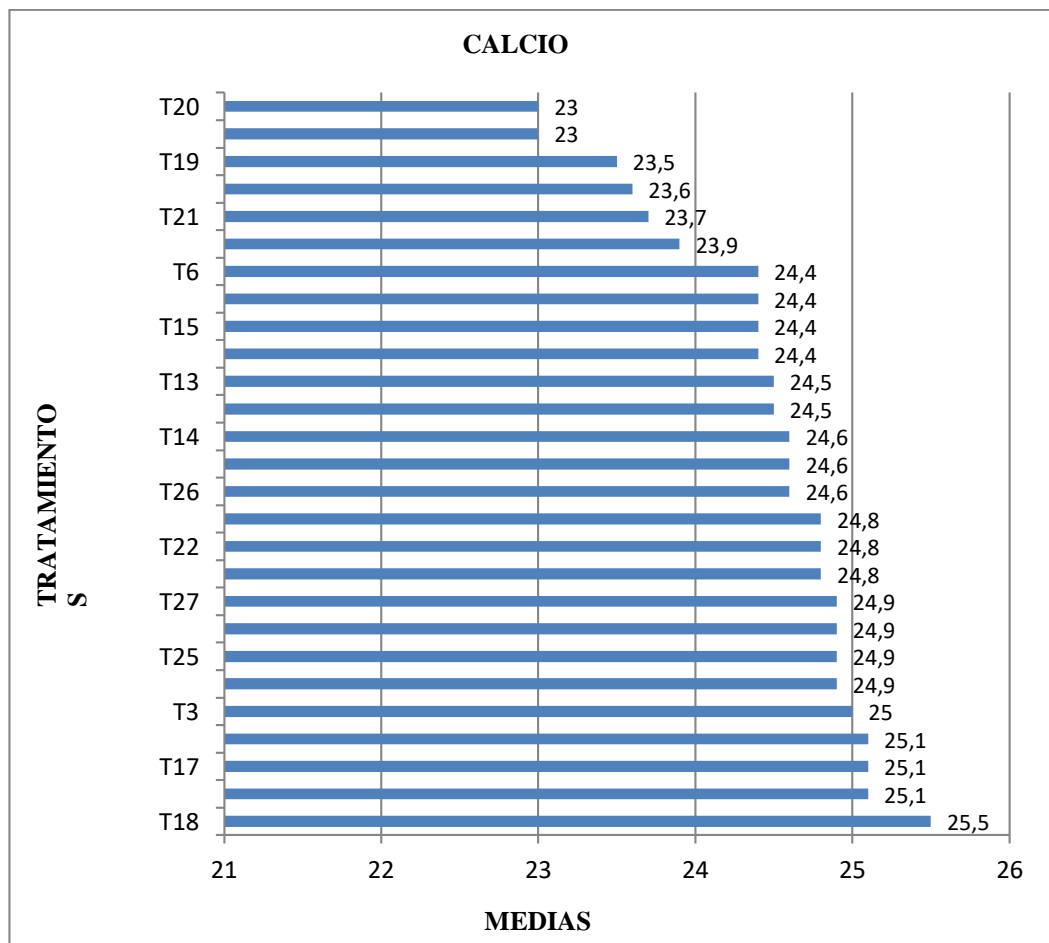


Figura 4. Representación gráfica de la variable calcio en las láminas deshidratadas de carambola.

Se aprecia que el **T18, T16, T17**; son los tratamientos que mayor concentración de calcio presentan en el producto terminado, puesto que son los que presentan la combinación más adecuada de temperatura de secado y velocidad del aire de secado para evaporar y eliminar el agua superficial del alimento para facilitar la concentración del calcio en el producto deshidratado y los cuales están dentro del rango de consumo diario permitido de calcio según The National Institutes of Health (2013), que indica que el consumo diario es de 2,500 a 3,000 miligramos de calcio por día para niños y adolescentes. De 2,000 a 2,500 miligramos de calcio por día parecen ser seguros para adultos. Cada paquete de láminas deshidratadas de carambola tiene 20 unidades que en promedio contienen 490 mg/100g de calcio, con lo cual podemos recomendar que para cumplir la cantidad diaria requerida de calcio es necesario consumir de dos a tres paquetes diarios de este producto.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE POTASIO EN EL PRODUCTO TERMINADO.

Comportamiento de los Tratamientos

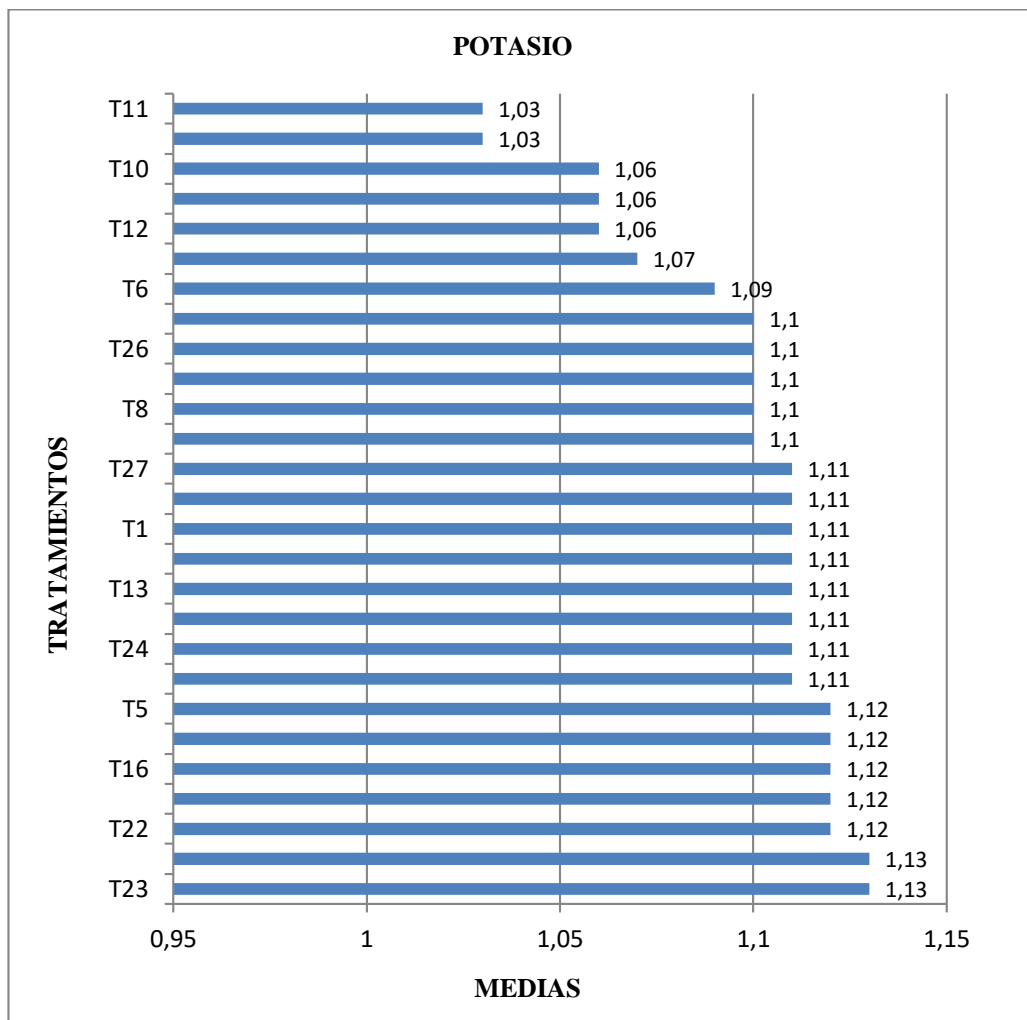


Figura 5. Representación gráfica de la variable potasio en las láminas deshidratadas de carambola.

Se aprecia que el **T23, T18, T22**; son los tratamientos que mayor concentración de potasio presentan en el producto terminado, puesto que son los que presentan la combinación más adecuada de temperatura de secado y velocidad del aire de secado para evaporar y eliminar el agua superficial del alimento para facilitar la concentración del potasio en el producto deshidratado, además según The National Institutes of Health (2013), se encuentran dentro de la dosis diaria recomendada de

potasio para consumo humano que es de 3,00 a 4,50 gramos de potasio por día para niños y adolescentes. De 4,70 a 5.10 gramos de potasio por día para adultos.

Cada lámina deshidratada de carambola contiene en promedio 1,10 g/100g de potasio, con lo cual podemos recomendar que para cumplir la cantidad diaria requerida de potasio es necesario consumir de tres a cinco laminas deshidratadas de carambola.

6. Curva de deshidratado del mejor tratamiento T17 (Temperatura de secado 75 °C+ velocidad del aire de secado 3,5 m/s + índice de madurez 8°brix).

TIEMPO Horas	PESO gramos	HUMEDAD KgH2O/KgSS	HUMEDAD MEDIA KgH2O/KgSS	VELOCIDAD KgH2O/hm ²
0	500,0	8,0909		
2	381,0	6,1653	7,1281	0,1220
4	245,0	3,9645	5,0649	0,0697
6	117,5	1,9014	2,9330	0,0436
6,5	90,0	1,4564	1,6789	0,0089
7	75,0	1,2136	1,3350	0,0044
7,5	67,5	1,0923	1,1530	0,0021
8	60,0	0,9709	1,0316	0,0019
8,5	55,0	0,8900	0,9305	0,0012
9	55,0	0,8900	0,8900	0,0000

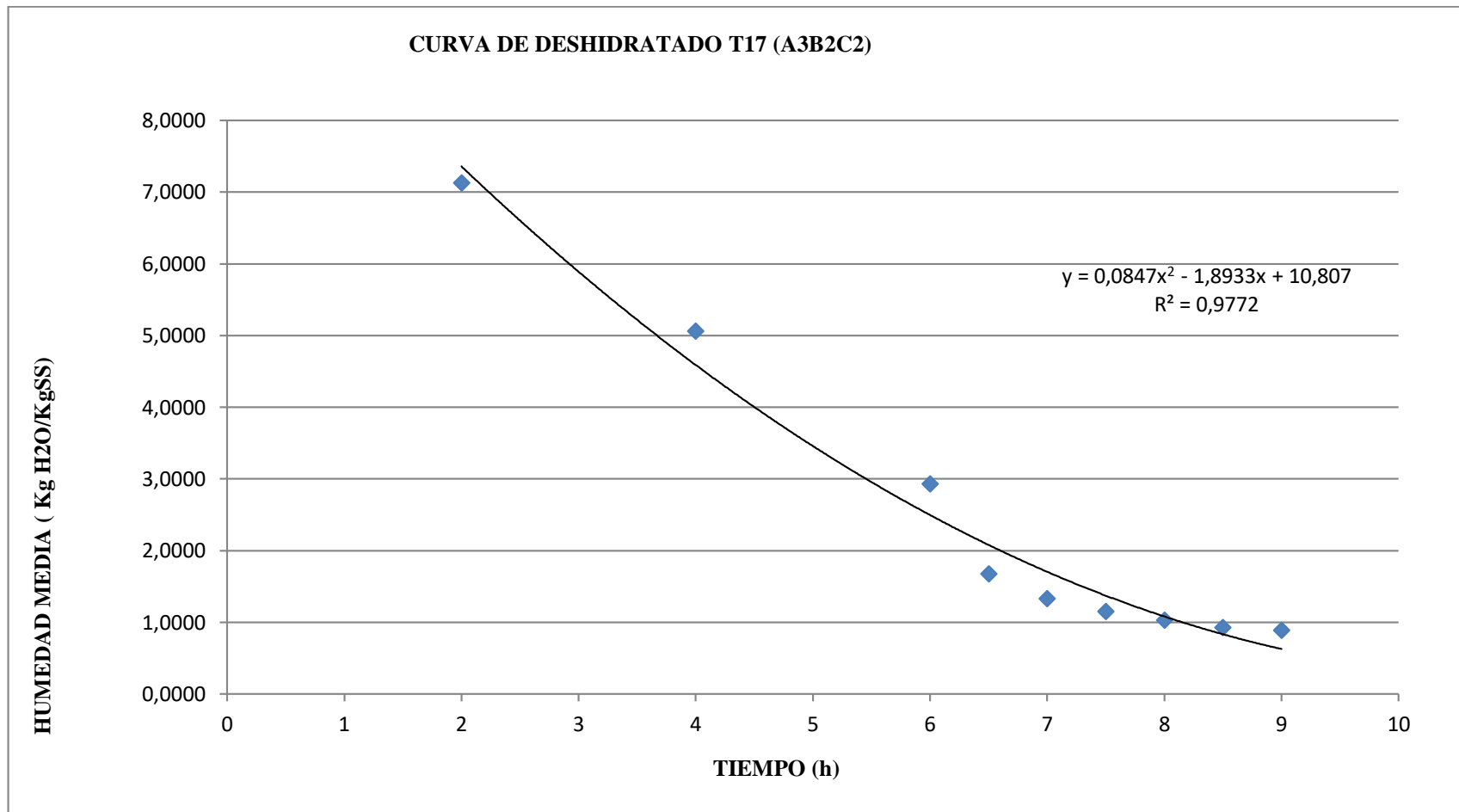


Gráfico 1. Curva de deshidratado

La ausencia de matriz celular en la pulpa de carambola ocasiona una pérdida extremadamente lenta del agua, por lo tanto no existe vías de difusión del vapor de agua desde el interior de la lámina hacia la superficie, la disminución del peso por la evaporación del agua es extremadamente lenta, como se puede observar en la baja pendiente del gráfico 1.

Se puede determinar que la humedad disminuye conforme el tiempo de secado aumenta, obteniendo un 3,95% de humedad final para el T17 (A3B2C2), una vez que se ha llegado al peso constante, a las 9 horas de secado. Según Johnson, (2013) la Humedad que se encuentra dentro de lo permitido para evitar el crecimiento de microorganismos durante el almacenamiento de productos deshidratados es una humedad que llega al 5%.

Se puede apreciar un tiempo de secado alto por la utilización de bandejas lisas para el secado de la pulpa de carambola, esto ocasiona que el aire de secado actúe superficialmente.

- Velocidad de secado y humedad.

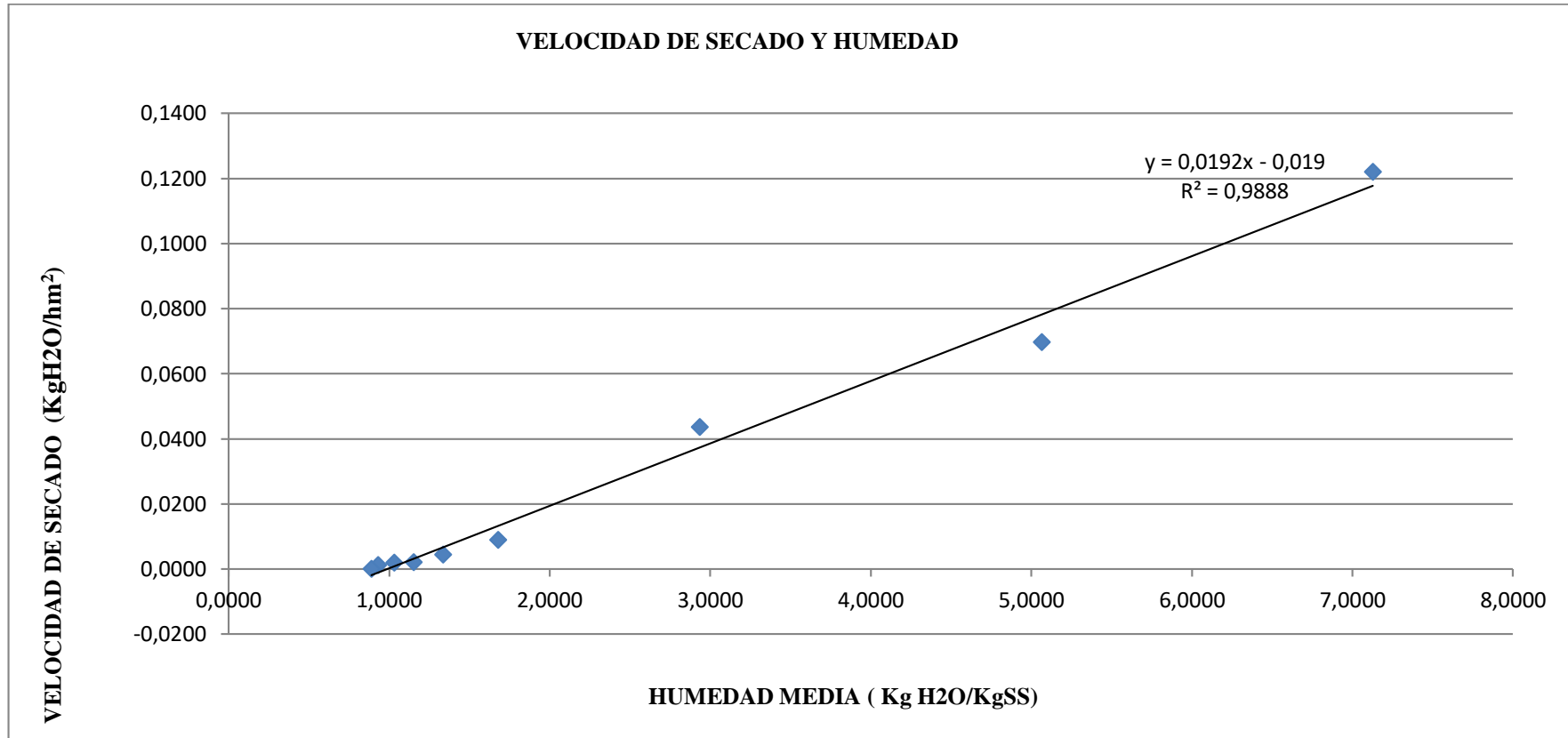


Grafico 2. Velocidad de secado vs humedad.

la curva de velocidad de secado según Vique Damián (2011), permite observar en todos los casos la existencia de un breve periodo de inducción (adaptación de las muestras a las condiciones de secado) seguido de dos periodos de velocidad de secado decreciente (ambos periodos identificados por el cambio en la pendiente de la curva), lo que indica que la transferencia de materia está gobernada por las características intrínsecas del producto y la resistencia que éste ofrece a la difusión interna de agua hacia la superficie en contacto con la corriente gaseosa, donde es finalmente evaporada.

En ningún caso en esta investigación se pudo observarse un periodo de velocidad de secado constante.

Se puede apreciar que durante el secado, conforme la humedad va disminuyendo se necesita una velocidad de secado menor.

La velocidad de secado según Cuevas Julieta (2012) disminuye a medida que lo hace la superficie mojada; y si existe una carencia de estructura celular rígida en la pulpa deshidratada, tendremos una pérdida de peso gradual desde el inicio del secado, hasta que toda la superficie del material queda seca, siendo cada vez menor la velocidad requerida para eliminar la humedad del producto conforme va avanzando el proceso de deshidratación. Entre menos humedad tenga el producto, la velocidad de secado requerida para removerla será menor.

No hay suficiente agua libre disponible en la superficie para actuar como una fuente de agua libre debido a la alta concentración de sólidos y por lo tanto la presión de vapor de la superficie no será igual que para el agua pura. Vique Damián (2011) determina que la mayor parte del agua libre se elimina en un corto período de tiempo, dando lugar a un muy corto período de secado a velocidad constante y un período decreciente relativamente más largo que cae durante el secado del producto.

Todo el periodo de secado de 9 horas corresponde al periodo pos crítico puesto que no se presenta un periodo ante crítico en esta investigación y por consiguiente no se podrá obtener una humedad crítica durante este proceso de secado, debido a que las especificaciones técnicas con las que funciona el equipo de deshidratación que se utilizó para el desarrollo de esta investigación son diferentes a las utilizadas en otras investigaciones similares. Por lo que la humedad en todo momento es variable hasta llegar a una humedad de equilibrio, que para el **T17 (A3B2C2)** es de X^* (0,9896).

La humedad de equilibrio la obtenemos dividiendo las dos variables de la pendiente

$$y = 0,0192x - 0,019.$$

7. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO PARA EL MEJOR TRATAMIENTO.

Realizada la degustación, se determinó el mejor tratamiento el cual fue sometido a un análisis físico – químico.

Análisis fisicoquímico para el mejor tratamiento T17.

VARIABLES	MEJOR TRATAMIENTO	MÉTODO DE ENSAYO
	T17	
Sólidos solubles	68,49	NTE INEN 380
Humedad (%)	3,95	AOAC 925,10
pH	3,64	APHA 4500- H+B
Calcio(mg/100 g)	25,1	APHA 3500- Ca D
Potasio(mg/100 g)	1120	AOAC 956,01

8. CONCLUSIONES

- ❖ Para el procesamiento de láminas deshidratadas de carambola lo ideal es utilizar una fruta totalmente madura (9 °Brix) en el proceso de secado, según el análisis sensorial realizado para todos los tratamientos del producto deshidratado.
- ❖ A temperaturas altas de secado de 75°C y bajas velocidades del aire de secado de 3 m/s, con un estado de madurez de la fruta semi pintón (7 °Brix), se obtiene un pH más bajo y una humedad del 5% en el producto

deshidratado, reflejado en los datos obtenidos del mejor tratamiento (T17) con un pH de 3,64 y una humedad de 3,95%.

- ❖ A medida que aumenta la temperatura de secado de 65- 75°C y la velocidad del aire de secado de 3-4m/s, con una fruta totalmente madura, genera una mayor concentración de sólidos solubles en las láminas deshidratadas de carambola, de 7,58 °brix en la materia prima a 68,49 °brix en el producto deshidratado del mejor tratamiento T17.
- ❖ La temperatura de secado en sus tres niveles a 65°C, 70°C y 75°C, es el factor que mayor efecto tuvo sobre las características físico químicas y atributos organolépticos del producto deshidratado.
- ❖ De las cinco variables cuantitativas evaluadas, humedad, pH, sólidos solubles, calcio y potasio, la variable humedad es la más determinante para seleccionar los tres mejores tratamientos T 17, T18, T27.
- ❖ La calidad organoléptica del producto final evaluada mediante análisis sensorial indica que el mejor tratamiento es T17, el cual sobresale porque presentó mayor aceptabilidad por parte del panel degustador. Además de estar microbiológicamente dentro de los límites permitidos por las normas NTE INEN 1529 para productos deshidratados de consumo humano.
- ❖ Se acepta la hipótesis alternativa planteada ya que la temperatura de secado, velocidad del aire de secado e índice de madurez de la carambola, si influyen sobre las características físico químicas y organolépticas de la fruta que es sometida al proceso de secado para la obtención de láminas deshidratadas.

9. RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda aplicar los factores estudiados en esta investigación con otras frutas exóticas, promoviendo la producción agroindustrial e incentivando al desarrollo del conocimiento sobre estas materias primas.
- ❖ Se recomienda realizar otra investigación con esta fruta probando otro tipo de procesos de despulpado, troceado y otro método de deshidratación.
- ❖ Se recomienda usar como temperatura máxima 75°C ya que al realizar ensayos preliminares a mayores temperaturas se pierden el aroma, olor y sabor característicos de la carambola.
- ❖ Antes del proceso de despulpado se recomienda escaldar a la carambola por un corto periodo de tiempo de 1-5 minutos a una temperatura de 75 a 85 °C, para provocar la exposición de los nutrientes y facilitar su despulpado. Un escaldado por un periodo de tiempo mayor a 5 minutos y a temperaturas superiores a los 90°C provocará la pérdida de los nutrientes.
- ❖ Para la deshidratación de pulpas de frutas es recomendable usar láminas de arroz en bandejas lisas o resina para evitar que la pulpa se pegue en la bandeja y lograr la textura y flexibilidad deseada en el producto final. Ya que en el proceso de secado la pulpa de fruta se calcina al contacto directo con la bandeja generando la pérdida de nutrientes y baja calidad en el producto que se desea obtener.

REFERENCIAS

- 1) Abad Paredes, M. (2015). *Diseño de un secador prototipo para la deshidrtación de manzanas y peras*. Quito: Doctoral dissertation, EPN.
- 2) Agropecuarias, I. N. (2009). Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Quito: INIAP.
- 3) Amores Vizueté, D. D. (2012). *Evaluación nutritiva y nutraceutica de la mora de castilla deshidrtada por el metodo de liofilización y comparación con la obtenida por deshidrtación en microondas y secador de bandejas*. Medellín.
- 4) Cánovas, I. A. (2008). *Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos*. Madrid: Mundi Prensa.
- 5) Casp Vanaclocha, A. &. (2015). *Proceso de Conservación de Alimentos*. España: Mundi- Prensa.
- 6) Ceruquera Peña, N. E., Camacho Tamayo, J. H. (2013). Determinacion de variables de secado en lamina para la deshidratcion de pulpa de maracuyá. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, p. 6.
- 7) Chaparro, L., Palmero, J. (2011). *Curvas de deshidrtación de apio y auyama y su efecto sobre las propiedades funcionales*. Medellín: RFA.
- 8) Cobo, M., Demetrio, A. (2013). *Desarrollo de un producto alimenticio: láminas de fruta deshidrtada, utilizando pulpa de mora y manzana*. Medellín, Colombia: Frozen Tropic Cía. Ltda.

- 9) Dienes, A. H. (2013). *Determinación de las condiciones óptimas de procesamiento para la deshidratación del mango*. Colombia: Universidad Metropolitana. p 171- 190.
- 10) Facciola, S. (2012). *Cornucopia: a Source Book of Edible Plants*. California: Kampong Publications.
- 11) García Pereira, A. M. (2013). *Análisis comparativo de la cinética de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente de la piña*. Medellín: R.C.T.A. p. 62-69.
- 12) Giraldo, G. A., Chiralt, A. (2011). *Deshidratación osmótica de mango. Aplicación al escarchado*. Medellín: RIC. p. 44- 55.
- 13) Gómez, P. G. (2011). *Elaboración de barras deshidratadas a partir de pulpa de tunas anaranjadas y púrpura con incorporación semillas de linaza*. Santiago de Chile: S.C.
- 14) Gomez, R. A. (2014). Correlación de la variables fisicoquímicas de láminas de mango fortificadas con cloruro de calcio mediante deshidratación osmótica con pulsos de vacío. *Revista tecnologica ESPOL*, p. 27.
- 15) Health, I. o. (2013). *Dietary reference intakes for calcium, phosphorous, magnesium, vitamin D and fluoride*. Pennsylvania.
- 16) Ibarz, A. B. (2014). *Introducción to food engineering*. Crcpres.
- 17) Jhonson, D. A. (2013). Elaboración de láminas de frambuesa con adición de diferentes semillas y sucralosa. *Revista de la Universidad Austral de Chile*, 24-26.

- 18) Julieta, C. Y. (2012). *Desarrollo de láminas flexibles enriquecidas con calcio de parchita con tomate de árbol y parchita con fresa*. Caracas.
- 19) Luján, M. A. (2014). *Efecto de la sustitución parcial de azúcar por un edulcorante no calórico, tiempo de concentración osmótica y temperatura de secado para mejorar las propiedades sensoriales de la uvilla deshidratada osmóticamente*. Ambato: U.T.A.
- 20) Martínez, W. E., Sánchez, D. M. (2014). *Evaluación del proceso de secado por aire caliente de manzana variedad san antonio*. Colombia: I. C. T. I.
- 21) Morton, Julia F. (2012). *Compendio de Agronomía Tropical*. San Jose de Costa Rica: FL.
- 22) N., D. (2010). *Conservación de alimentos*. Mexico.
- 23) Navarro, B. E. (2011). *Análisis bromatológico del carambolo (Averrhoa carambola L.) y determinación de su capacidad antioxidante*. Medellín.
- 24) Ocampo, A. (2013). *Modelo cinético del secado de la pulpa de mango*. Medellín: EIA, p. 119- 128.
- 25) Rodríguez, M. M. (2011). *Obtención de frutos deshidratados de calidad diferenciada mediante la aplicación de técnicas combinadas*. Santiago de Chile: Trillas.
- 26) Rodríguez, M. M. (2013). *Obtención de frutos deshidratados de calidad diferenciada mediante la aplicación de técnicas combinadas*. Colombia: Doctoral Dissertation, Facultad de Ingeniería.

- 27) Valle, C. R. (2013). *Deshidratación de dos variedades de frutilla (fragaria vesca.) mediante la utilización de flujo de aire caliente*. Ibarra.
- 28) Vanaclocha, C. (2008). *Proceso de conservación de los alimentos*. Madrid : Mundi Prensa.
- 29) Vanegas M., Pedro; Parra C. (2012). *Producción de láminas de mango usando deshidratación dinámica*. Medellín, Colombia: pp. 75- 77.
- 30) Villalobos Sanjinés, G., Dirección Nacional de Agroindustrias . (2011). *Laminas deshidratadas de frutas*. Colombia: Ministerio de Agricultura, Ganaderia y Desarrollo Rural.
- 31) Vique, D. F. (2011). Evaluación nutricional de cocona deshidratada por metodo de bandejas a tres temperaturas. *Tecnología de alimentos ESPOCH*, 70-76.