



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



[Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA

EVALUACION DE ORIGINALIDAD

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

**INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS DE SECADO CON AIRE CALIENTE
EN LA CINÉTICA DE SECADO PARA EL MANGO VARIEDAD HADEN
(*Mangifera indica* L)**

Presentado por:

VALENCIA MOLINA, PILAR

Bachiller del nivel **PREGRADO** de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos. El resultado obtenido es **16 % de porcentaje de similitud** por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Observaciones:

APROBADO OBTUVO EL 16% (MENOR AL 20% REQUERIDO)

Ica, **09** de agosto de 2022

JUAN MARINO ALVA FAJARDO
DIRECTOR DE UNIDAD DE INVESTIGACION
FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y DE
ALIMENTOS

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos



“Influencia de los parámetros de secado con aire caliente en la
cinética de secado para el mango variedad haden
(*mangifera indica l*)”

Línea de investigación

Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnología Sostenible

TESIS PARA OPTAR EL
TÍTULO DE INGENIERO DE ALIMENTOS

PRESENTADO POR

Bach. VALENCIA MOLINA PILAR

Ica – Perú

2024

Dedicatoria

A Dios, que me ayudo a fortalecer mi conocimiento para poder realizar esta investigación, de la misma forma a mis padres; Claudio, Ana, hermanos(as), e hijo que fueron mi soporte y motivo para hacer realidad mis metas.

Agradecimiento

Mi especial agradecimiento a Dios, que me guía y me da la fortaleza para cumplir mis metas.

A mi Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos, por haberme forjado al saber y lograr esta investigación.

A mi familia por su comprensión y estímulo constante brindándome su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios.

INDICE

INDICE DE TABLAS.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	2
1.2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.....	3
1.3 BASES TEORICAS.....	5
1.4 FORMULACION DEL PROBLEMA.....	19
1.5 JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION.....	19
1.6 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	19
1.7 HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION.....	19
1.8 VARIABLES DE LA INVESTIGACION.....	20
II. ESTRATEGIA METODOLOGICA.....	20
2.1 MATERIALES.....	20
2.2 METODOS PARA LA DESHIDRATACION DEL MANGO.....	20
III. RESULTADOS.....	24
3.1 RESULTADOS DE LA DESHIDRATACIÓN DEL MANGO VARIEDAD HADEN A LA TEMPERATURAS DE 50°C, 60°C Y 70°C.....	24
3.2 RESULTADO DEL ANALISIS SENSORIAL.....	33
IV. CONCLUSIONES.....	42
V. RECOMENDACIONES.....	43
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	44

INDICE DE TABLAS

TABLA I. VALOR NUTRITIVO DEL MANGO.....	06
TABLA II. TIEMPO VS CONTENIDO DE HUMEDAD PARA MANGO DESHIDRATADO VARIEDAD HADEN DESHIDRATADO A 50°C, 60°C Y 70°C.....	24
TABLA III. TIEMPO VS VELOCIDA DE SECADO PARA MANGO VARIEDAD HADEN A LAS TEMPERATURAS DE 50°C, 60°C Y 70°C.....	27
TABLA IV. IV. PARÁMETROS DE SECADO PARA LA TEMPERATURA DEC 50°C, 60°C Y 70°C.....	32
TABLA V. ECUACIONES DE LA DESHIDRATAACION DEL MANGO VARIEDAD HADEN PARA EL PERIODO CONSTANTE Y DECRECIENTE A LAS TEMPERATURAS DE 50°C, 60°C Y 70°C.....	32
TABLA VI. EVALUACION SENSORIAL DE LOS JUECES CONSUMIDORES.....	33

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. El mango.....	06
Figura 2. Mango variedad Haden.....	10
Figura 3. Curva de Deshidratación contenido de humedad vs tiempo.....	15
Figura 4. Curva de deshidratación velocidad de secado vs tiempo.....	15
Figura 5. Curva de deshidratación velocidad de secado vs contenido de humedad.....	16
Figura 6. Materia Prima.....	21
Figura 7. Mango en tajadas en las charolas.....	22
Figura 8. Mango deshidratado.....	23
Figura 9. Contenido de humedad vs tiempo a la temperatura de 50°C para el mango deshidratado.....	25
Figura 10. Contenido de humedad vs tiempo a la temperatura de 60°C para el mango deshidratado.....	25
Figura 11. Contenido de humedad vs tiempo a la temperatura de 70 °C para el mango deshidratado.....	26
Figura 12. Contenido de humedad vs tiempo a las temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C para el mango variedad Haden.....	26
Figura 13. Velocidad de secado vs tiempo a la temperatura de 50°C.....	28
Figura 14. Velocidad de secado vs tiempo a la temperatura de 60°C.....	28
Figura 15. Velocidad de secado vs tiempo a la temperatura de 70°C.....	29
Figura 16. Velocidad de secado vs tiempo a las temperatura de 50°C, 60°C y 70°C.....	29
Figura 17. Contenido de humedad en función del tiempo a 50°C en el periodo decreciente datos experimentales y Modelo difuncional para el mango.....	30
Figura 18. Contenido de humedad en función del tiempo a 60°C en el periodo decreciente datos experimentales y Modelo difuncional para el mango.....	31
Figura 19. Contenido de humedad en función del tiempo a 70°C en el periodo decreciente datos experimentales y Modelo difuncional para el mango.....	31

RESUMEN

La presente tesis “Influencia de los parámetros de secado con aire caliente en la cinética de secado para el mango variedad haden (*Mangifera indica L*) tiene como objetivo general: Determinar el efecto de los parámetros de secado del mango variedad Haden en la cinética de secado.

La formulación del problema fue: ¿La determinación de los parámetros de secado para el mango (*Mangifera indica L*) variedad Haden influyen en la cinética de secado?

Las principales conclusiones de la tesis fueron: La temperatura de deshidratación influye en el tiempo de secado, a mayor temperatura menor tiempo de secado. La temperatura también influye en la velocidad de secado en el periodo constante a la temperatura de 50°C la velocidad de secado fue 0,0103 g de agua/g.m.s.min, a 60°C fue de 0,0155 g de agua/g.m.s.min y a 70°C fue 0.0203 g de agua/g.m.s.min. Los contenidos de humedad de equilibrio fueron: para 50 °C fue 0,138 g de agua/g.m.s para 60 °C fue 0,109 g de agua/g.m.s y para 70 °C fue de 0.095 g de agua/g.m.s. Las difusividades aparentes fueron: Para 50°C fue $8.852 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$, a 60 °C fue $1.226 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$, y a 70°C fue $1.817 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$.

Palabras claves: Mango, deshidratación, contenido de humedad, contenido de humedad de equilibrio

I INTRODUCCION

El mango peruano se produce, en los departamentos de Piura, Lambayeque, La Libertad e Ica. Para los conocedores el mango peruano es el mejor porque se produce en un trópico seco, donde no llueve y la cosecha es más fácil. La fruta tiene un color más agradable, en general más firme, un sabor más dulce y menos aguarrás en la piel, por lo que es más deliciosa para comer.

La producción comienza en diciembre y continua hasta marzo, una característica muy interesante para las exportaciones a países del hemisferio norte, ya que se encuentran en temporada baja.

El desarrollo de nuevos productos como el mango deshidratado es una opción que permite dar valor agregado a este, generando así una nueva forma de comercialización en nuestros mercados.

La idea de desarrollar estos productos, genera la necesidad de determinar los parámetros técnicos en la deshidratación del mango para permitir transformar la materia prima y comercializarla a un precio asequible al mercado. Esto permite también aprovechar el potencial de producción existe en nuestra región.

Existen diversas formas de conservación una de ellas es la deshidratación que es el proceso de extracción del agua que contiene mediante la circulación de aire caliente, lo que detiene el crecimiento de enzimas y microorganismos que lo deterioran, en una operación de deshidratación se debe tener en cuenta los mecanismos de transmisión de calor y transporte de materia.[1]

1.1 Planteamiento del problema de investigación

El Perú es relativamente joven en la producción de mango, pues hace aproximadamente cuarenta años se introdujeron las variedades rojas de exportación: Haden, Kent y Tommy Atkins.

El mango peruano se produce, en los departamentos de Piura, Lambayeque, La Libertad e Ica. Para los conocedores el mango peruano es el mejor porque se produce en un trópico seco, donde no llueve y la cosecha es más fácil. La fruta tiene un color más agradable, en general más firme, un sabor más dulce y menos aguarrás en la piel, por lo que es más deliciosa para comer.

La producción comienza en diciembre y continua hasta marzo, una característica muy interesante para las exportaciones a países del hemisferio norte, ya que se encuentran en temporada baja.

Por otro lado, una de las causas de la pérdida y deterioro del producto es la cantidad de agua libre presente en el alimento. Con este factor importante, proliferan muchos microorganismos, las enzimas que catalizan las reacciones de descomposición aceleran el deterioro o podredumbre; causando un gran problema a la industria de los alimentos.

La deshidratación es una alternativa al problema del deterioro. Por lo tanto, los productos secos tienen la ventaja de un manejo fácil y un transporte conveniente con un menor volumen de producto, menores costos de transporte y almacenamiento y un procesamiento más sencillo. [2]

1.2 Antecedentes de la Investigación.

Citaremos como antecedente el trabajo de investigación “Deshidratación osmótica de prismas de camote, manzana y papa” de Prospero Genina-Soto y Silvia Beatriz Altamirano-Morales.

En el trabajo se determinaron las cinéticas de variación total de masas de prismas de sección cuadrado y tres diferentes espesores de camote (*Ipomea batatas*) sometidos a procesos de deshidratación osmótica usando soluciones de sacarosa en agua a dos diferentes concentraciones y dos temperaturas. Con fines comparativos se sometieron a deshidratación osmótica prismas cuadrangulares de manzana y papa de un solo espesor. [3]

La investigación llegó a las siguientes conclusiones:

Para reducir la impregnación y favorecer la deshidratación se debe operar a menores temperaturas.

El empleo de mayores concentraciones de soluciones osmóticas permite que los efectos de deshidratación e impregnación sean más pronunciados.

De acuerdo con los resultados obtenidos, los procesos podrían controlarse también utilizando las relaciones volumen/área adecuados para obtener los productos deseados y asegurar la homogeneidad de ellos, así como los tiempos de operación requeridos.

También citare como antecedente el trabajo de Investigación “Deshidratación osmótica de la papaya chilena (*Vasconcellea pubescens*) e influencia de la temperatura y concentración de la solución sobre la cinética de transferencia de materia”. De Antonio Vega-Gálvez; Marlene Palacios. El objetivo de este trabajo fue estudiar la cinética de deshidratación osmótica de la papaya chilena (*Vasconcellea pubescens*), utilizando dos variables experimentales: la temperatura (30, 40, 50 °C) y concentración (40, 50 y 60%) de la solución osmótica. Se determinó la variación de masa total, masa de agua y masa de sólidos solubles y se modeló

con las ecuaciones difusionales, además en esta investigación se consideró y utilizó una modificación de la ecuación propuesta por Biswal-Bozorgmehr. Estos modelos fueron evaluados por medio del coeficiente de regresión lineal, suma de errores cuadrados, raíz media de los errores cuadrados y Chi-cuadrado. Al comparar los valores experimentales con los calculados, se demostró que el modelo Biswal-Bozorgmehr modificado obtuvo mejor ajuste sobre la variación de masa de agua y sólidos solubles. Mediante la ecuación de Arrhenius se analizó el efecto de la temperatura sobre los parámetros cinéticos (K_w y K_{ss}) y difusividad efectiva de agua (D_{we}) y sólidos solubles (D_{sse}). De acuerdo al diseño factorial, se observó que la temperatura no influyó sobre la difusividad efectiva de agua y de sólidos, pero sí la concentración de la solución osmótica. La mejor condición de salida de agua y ganancia de sólidos solubles durante la deshidratación osmótica de la papaya chilena fue a 30 °C con una concentración del 60%.

Otro trabajo de investigación que citare es el “Estudio del Efecto del Proceso de Deshidratación Osmótica en la Obtención de Trozos Secos de Carambola (*Averrocha carambola L.*) de M. Castillo y F. Cornejo. En el estudio, la deshidratación osmótica afectó el rendimiento de carambola deshidratada. Los experimentos realizados permitieron determinar la cinética de deshidratación osmótica a 3 concentraciones de sacarosa (40° Brix, 50° Brix y (60° Brix)) ya presión atmosférica. Se ha demostrado que a 50°Brix se obtienen los menores coeficientes de difusión de sólidos y pérdidas de agua significativas. Por otro lado, la adopción del secado osmótico aumenta la difusión de agua durante el proceso de secado, reduciendo así el tiempo de curado. Además, se observó un aumento en el mono capas BET, lo que indica una mayor estabilidad y una mejor calidad sensorial en comparación con los alimentos deshidratados de forma convencional.

1.3 Bases teóricas

1.3.1 Descripción del mango

El mango es una fruta tropical con una cáscara exterior carnosa y semillas grandes en el interior. Hay muchos tipos de mango. Varían mucho en color, sabor, forma e incluso tamaño de grano. Por ejemplo, tenemos mangos verdes, rojos, amarillos o naranjas. Sin embargo, todas tienen en común que la pulpa de la fruta es de color amarillo dorado. Gracias a su sabor dulce y cremoso, es una de las frutas más consumidas en el mundo. Además de contener muchas vitaminas y minerales que nos benefician en muchos aspectos diferentes.

Fuente: <https://www.casaverdegourmet.com.pe/blog/todo-sobre-el-mango/>

Esta fruta es baja en calorías y muy rica en ácidos, vitamina C, vitamina B5 y especialmente vitamina A, lo que la convierte en una fruta antioxidante capaz de aportar defensa al organismo frente al deterioro celular.

El mango se cultiva en países de clima cálido como, por ejemplo, Perú, Venezuela, Costa Rica, Paraguay, Italia y Colombia.

Fuente: <http://transporteupc.blogspot.pe/2012/05/descripcion-del-mango>

En el Perú se cultivan dos tipos de mangos: el de árbol libre (sin injertar y multimembrana), que produce un mango denominado Criollo de Chulucanas y Chato de Ica y Rosado de Ica, que se orientan principalmente a la producción de pulpa y jugo concentrado y exportación a Europa; Y las variedades mejoradas (injertadas y de

embrión único), como Haden, Kent, Tommy Atkins y Edward, se exportan frescas.

1.3.1.1 Clasificación taxonómica

Reino	:Plantae
Filo	. Magnoliophyta
Clase	:Magnoliopsida
Orden	:Sapindales
Familia	:Anacardiaceae
Tribu	:Anacardieae
Genero	: <i>Mangifera</i>
Especie	. <i>Mangifera indica</i>



Fig1. El mango

1.3.1.2 Origen del mango

Es posible que los mangos procedieran de Malasia o, en general, de la región indobirmana. Su cultivo se extendió rápidamente a los países vecinos y se cultivó de forma intensiva en el sudeste asiático a partir del siglo IV o V a.C. Se dice que los árabes trajeron mangos a los puertos marítimos orientales de África, Madagascar y el Océano Índico, hasta que se extendieron tierra adentro. Los africanos también desempeñaron un

papel importante en la expansión de los mangos por los trópicos africanos antes de la colonización. Además de la fructificación, los árboles también se cultivan para dar sombra. Los navegantes portugueses trajeron el mango hasta Brasil, y desde allí se extendió a América del Sur y luego a América del Norte. En Australia, recién se introdujo en el siglo XIX, y en Europa, hubo muchos trasplantes de órganos entre los siglos XVII y XIX, pero ninguno de ellos fue realmente exitoso.

Los mangos que se comercializan comercialmente suelen ser el resultado de cruces libres o controlados entre cultivares parentales de múltiples membranas o mono embriones, cuyas propiedades cruzadas le permiten satisfacer la demanda del mercado. Durante el siglo XX se llevó a cabo un importante trabajo de investigación y selección que dio como resultado la producción de Haden, que se deriva del cultivar indio Mulgoba y se obtiene por injerto de brotes. Después de eso, aparecieron muchas otras variedades y ahora son populares en todo el mundo.

Fuente:http://unctad.org/es/PublicationsLibrary/INFOCOMM_cp07_Mango_es

1.3.1.3 Beneficios del mango para la salud

El mango presenta los siguientes beneficios:

Degeneración macular asociada a la edad: El mango contiene un antioxidante llamado zeaxantina, que filtra los dañinos rayos de luz azul y se cree que desempeña un papel en la protección de la salud ocular. Diversos estudios han demostrado que, en general, un mayor consumo de todas las frutas, de 3 o más porciones al día, reduce el riesgo de degeneración macular relacionada con la edad.

Prevención del asma: El riesgo de desarrollar asma disminuye en personas que consumen grandes cantidades de ciertos nutrientes. Uno de estos nutrientes es el beta-caroteno, que se encuentra en los mangos.

Cáncer: Las dietas ricas en beta-caroteno pueden desempeñar un papel protector contra el cáncer de próstata, según un estudio de la Escuela de Salud Pública de Harvard. Además, se ha demostrado que este nutriente tiene una relación inversa con el desarrollo de cáncer de colon.

Salud ósea: El consumo de bajas cantidades de vitamina K aumenta el riesgo de fracturas óseas. Por ello, un consumo adecuado de vitamina K, que también está presente en los mangos, es importante para mejorar la absorción del calcio que necesitan nuestros huesos.

Diabetes: Diversos estudios han demostrado que las personas con diabetes tipo 1 que siguen una dieta alta en fibra, presente en el mango, tienen niveles de glucosa más bajos, y las personas con diabetes tipo 2 mejoran sus niveles de azúcar en la sangre, los lípidos y los niveles de insulina.

Digestión: Debido a su contenido en fibra y agua, el mango ayuda a prevenir el estreñimiento y a promover la regularidad estomacal.

Enfermedades del corazón: El contenido de fibra, potasio y vitaminas del mango ayuda a prevenir enfermedades cardiovasculares. Varios estudios han demostrado que aumentar la ingesta de potasio y disminuir el sodio es una combinación ideal para reducir el riesgo de enfermedades del corazón.

Piel y pelo: Los mangos también son un gran aliado para el cabello, ya que contienen vitamina A, un nutriente necesario para la producción de sebo que ayuda a mantener el cabello hidratado. Esta vitamina también es necesaria para el crecimiento de todos los tejidos del cuerpo como la piel.

Fuente: <https://www.casaverdegourmet.com.pe/blog/todo-sobre-el-mango/>

1.3.1.4 Características del mango Haden

Las características del mango Haden fruta son: el peso esta entre 384 a 603 gramos, la forma es ovoide oblicua, tiene 10 a 12 centímetros de largo, 8-9 centímetros de ancho y grosor, la base es redondeada, pico ligeramente prominente, hombro ventral redondeado, hombro dorsal en curvatura larga, seño ligera y ápice redondeado.

El pericarpio tiene textura lisa, espesor de 1.9 milímetros, amarillo brillante con bastante tonalidad rojiza, el mesocarpio ocupa el 72% del peso del fruto, tiene un espesor de dos centímetros, de color amarillo anaranjado, con presencia media de fibras finas y largas, sabor dulce moderado.



Fig 2. Mango variedad Haden

1.3.1.5 Valor nutricional del mango

Los frutos del mango constituyen un valioso suplemento dietético, pues es muy rico en vitaminas A y C, minerales, fibras y anti-oxidantes; siendo bajos en calorías, grasas y sodio. Su valor calórico es de 62-64 calorías/100 g de pulpa. En la siguiente tabla se muestra el valor nutritivo del mango en 100 g de parte comestible.

TABLA I
VALOR NUTRITIVO DEL MANGO

COMPONENTES	VALOR MEDIO DE LA MATERIA FRESCA
Agua (g)	81.8
Carbohidratos (g)	16.4
Fibra (g)	0.7
Vitamina A (U.I.)	1100
Proteínas (g)	0.5
Ácido ascórbico (mg)	80
Fósforo (mg)	14
Calcio (mg)	10
Hierro (mg)	0.4
Grasa (mg)	0.1
Niacina (mg)	0.04
Tiamina (mg)	0.04
Riboflavina (mg)	0.07

1.3.2 Teoría de la deshidratación en los alimentos

La deshidratación, si uno de los métodos más antiguos de conservación de alimentos conocido por el hombre. El proceso involucra la remoción de la mayor parte del agua del alimento para evitar la actividad enzimática y el desarrollo de microorganismos.

La deshidratación genera estabilidad microbiológica y química, disminuye el peso y volumen, reduce el empaque, costos de

almacenamiento y transporte, además permite el almacenamiento del producto a temperatura ambiente por largos periodos de tiempo.

La deshidratación extiende la vida útil de los alimentos obteniendo productos con mayor valor agregado. Esto permite disponer de frutas y hortalizas durante todo el año y evita la pérdida de los excedentes de producción y consumo.

Durante el proceso de deshidratación debe protegerse el valor nutricional del alimento y sus características organolépticas (sabor, color, olor y textura). Las condiciones del deshidratado deben ser tales que, cuando se restituye el contenido acuoso, se obtenga un producto lo más similar al que le dio origen.

Es importante destacar que durante la deshidratación se pierden nutrientes, esta pérdida dependerá de las condiciones del proceso (temperatura, humedad, velocidad del viento, duración, etc.). Sin embargo, los nutrientes restantes en las frutas u hortalizas, se concentran, aumentando su valor energético, contenido de azúcares, minerales, antioxidantes, entre otros.

1.3.2.1 Deshidratación por convección

Durante la deshidratación tiene lugar un transporte simultáneo de calor y materia. En los secadores convectivos el calor se transfiere al alimento mediante una corriente de aire caliente que además de transmitir el calor necesario para la evaporación del agua, es también el agente transportador del vapor de agua que se elimina del alimento [7]. Al calentar al producto por convección, el calor penetra hacia el interior del alimento a través de la superficie principalmente por conducción,

mientras que la humedad debe salir a través de ella, por lo que el gradiente de temperatura es contrario al gradiente de humedad. En consecuencia, únicamente se produce el secado o la reducción del contenido en agua cuando el interior ha alcanzado suficiente temperatura para que nuevamente emigre la humedad hacia la superficie y, finalmente, al exterior. Aunque la fuerza impulsora para el calentamiento es el gradiente de temperatura, para la transferencia de materia lo es, en este caso, el gradiente de concentración de agua existente entre el interior y la superficie seca. El secado por convección es frecuentemente un proceso lento, que requiere altas temperaturas externas para generar las diferencias de concentración requeridas [7]. Como consecuencia, los mecanismos de transferencia de calor y de materia durante el proceso dependerán de variables inherentes al aire de secado (temperatura, velocidad másica, humedad, características del flujo, etc.) y al producto (humedad, forma, estructura, etc.) [5].

En la deshidratación, la temperatura del aire y la humedad cambian a medida que el aire se mueve fuera del producto húmedo, y el contenido de humedad del sólido varía desde un punto a otro en el secador.

Las condiciones constantes en los procesos de deshidratación son más adecuadas, para proporcionar un entendimiento del mecanismo del proceso de secado.

En estos experimentos, una muestra de material es secado en un flujo de aire, teniendo la temperatura, la humedad y la velocidad constantes.

Las muestras deben ser lo suficientemente pequeñas, de modo que la temperatura y la humedad del aire no cambien apreciablemente entre la entrada y la salida y el contenido de humedad del sólido, se mantengan uniformes sobre la profundidad y anchura de la cama.

Básicamente, en los experimentos de secado en Bath, bajo condiciones constantes, se pueden efectuar mediciones de pérdida de humedad con el tiempo, a varios valores constantes de temperatura del aire, velocidad y humedad del mismo. Las constantes de velocidad de secado de estos datos, dan una expresión (ecuación) directa de la velocidad de secado, en términos de valores puntuales instantáneos de procesos variables.

El aire, en los estudios experimentales puede fluir paralelamente a la superficie de una capa del producto húmedo, o puede pasar verticalmente a través de una capa de material específico, de acuerdo a la disposición del equipo comercial, se requiere de una atención especial para asegurar que los efectos de la transferencia de calor por radiación, no generen una situación no representativa.

Los datos experimentales se plotan convenientemente como curvas de contenido de humedad, con respecto al tiempo.

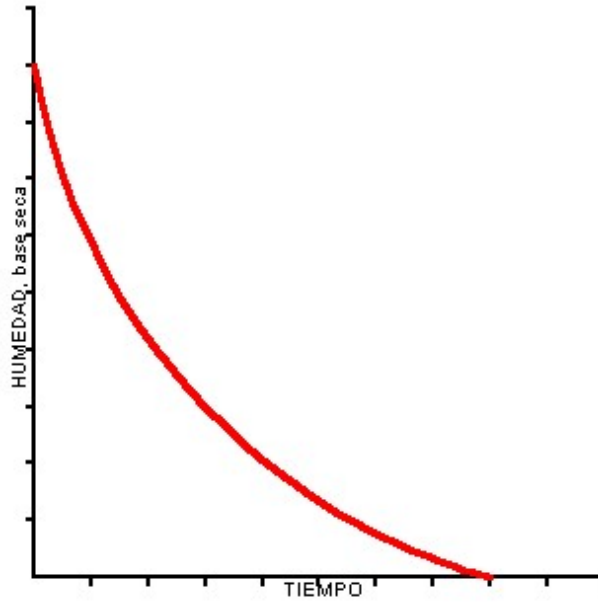


Fig 3. Curva de Deshidratación contenido de humedad vs. tiempo.

Por otro lado, es conveniente expresar el contenido de humedad como X , gramos de humedad por gramos de materia seca. La pendiente de la tangente de la curva puede ser escrita como $dX/d\theta$, y representa la velocidad de secado de un gramo de materia seca o el cambio del contenido de humedad en un tiempo determinado.

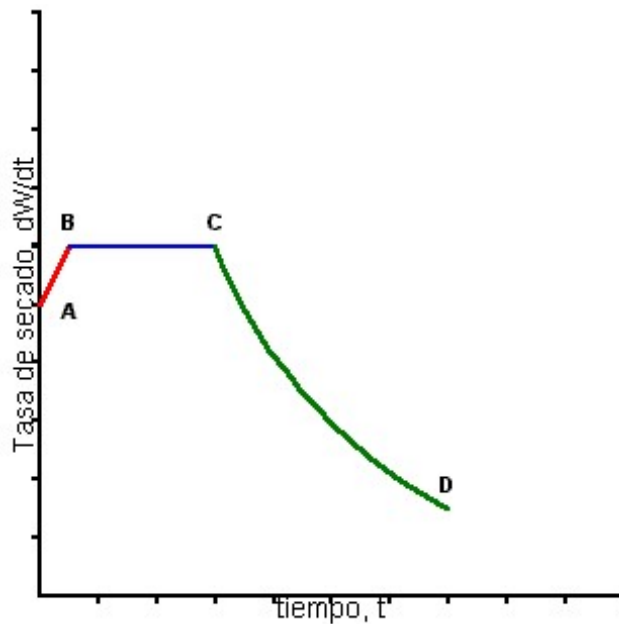


Fig4. Curva de deshidratación velocidad de secado vs. tiempo.

De estas pendientes, tomadas a lo largo de toda la curva, se puede hacer un ploteo de velocidad de secado vs. El contenido de humedad.

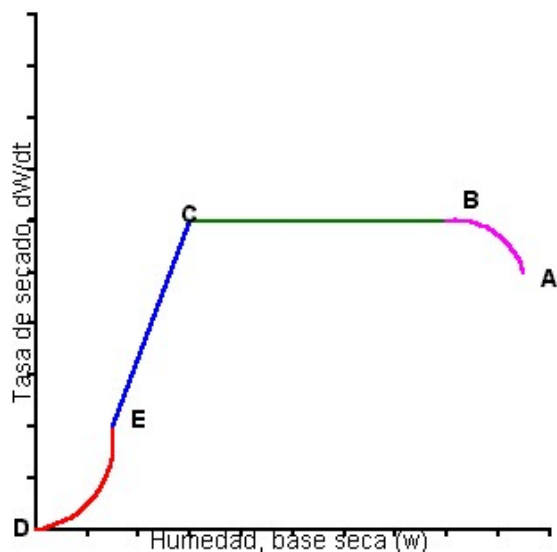


Fig 5. Curva de deshidratación velocidad de secado vs. contenido de humedad

Estas gráficas (o ploteos) pueden ser divididas usualmente en dos periodos típicos diferentes: Periodo de velocidad constante y periodo de velocidad decreciente.

1.3.2.2 Periodo de velocidad de deshidratación constante

Durante este periodo, mientras la superficie se encuentre húmeda, la deshidratación sólo depende del estado del aire que rodea al alimento, especialmente de su velocidad, temperatura y contenido de humedad. Si las condiciones permanecen constantes, la velocidad de deshidratación permanecerá constante. Puede suponerse que el aire forma 3 capas separadas. Una capa estacionaria muy fina se halla en contacto con la superficie del alimento; por encima de la anterior se encuentra otra capa que se mueve lentamente, haciéndolo con mayor rapidez en sus zonas más externas, por las cuales se une a la corriente principal de aire turbulento. La capa estacionaria se halla saturada de vapor de agua, que

pasa continuamente a la capa de aire que se mueve lentamente. La velocidad de deshidratación depende del grosor de esta capa y de la sequedad de la corriente principal de aire. Cuando aumenta la velocidad de aire, la capa interna de aire (que se mueve lentamente) disminuye de grosor y el vapor de agua pasa mucho más rápidamente a la corriente principal. Por tanto, cuando mayor sea la velocidad del aire que fluye sobre el alimento tanto más rápidamente se evaporará el agua.

$$y = A + B \cdot x$$

$$W = W_0 - B \cdot t \quad (1)$$

$$\frac{dW}{dt} = |-B|$$

1.3.2.3 Período de velocidad decreciente

Esta fase ocurre cuando se ha evaporado el agua de la superficie del producto y depende principalmente de la “velocidad de difusión” del agua desde las partes internas a las partes externas de éste. La velocidad de difusión depende del tipo de materia prima y de su espesor. En este periodo, a medida que avanza la Deshidratación se hace más difícil el paso del agua desde las partes internas, debido al engrosamiento de la parte exterior del producto dando como resultado un periodo de velocidad decreciente variable. Cuando la difusión de los líquidos controla el periodo de velocidad decreciente se emplea la ecuación de Sherwood y Newman.

1.3.3 Deshidratación de alimentos

Se entiende por deshidratación de alimentos la separación deliberada del agua de los alimentos, proceso que se realiza en la mayoría de los casos mediante la evaporación del agua mediante la adición de su calor latente de evaporación. Por lo tanto, en el proceso de secado básico, dos factores importantes juegan un papel importante. Transferencia de calor, para proporcionar el calor latente necesario para la evaporación y el movimiento de agua o vapor a través y la separación de productos alimenticios.

1.3.4 Temperatura de bulbo seco

Temperatura de bulbo seco o temperatura seca es la medida con un termómetro convencional de mercurio o similar cuyo bulbo se encuentra seco. [5].

1.3.5 Temperatura de bulbo húmedo.

El termómetro de bulbo húmedo es un termómetro de mercurio que tiene el bulbo envuelto en un paño de algodón empapado de agua. Al proporcionarle una corriente de aire, el agua se evapora más o menos rápidamente dependiendo de la humedad relativa del ambiente, enfriándose más cuanto menor sea ésta, debido al calor latente de evaporación del agua. [5]

1.3.6 Humedad relativa del aire

La humedad relativa es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura. [5]

1.4 Formulación del problema

¿La determinación de los parámetros de secado para el mango (*Mangifera indica L*) variedad Haden influyen en la cinética de secado?

1.5 Justificación de la investigación

El proyecto se justifica por la necesidad imperativa de buscar alternativas de industrialización del mango en diversas formas, procesadas o semiprocesadas, de manera que puedan almacenarse por periodos prolongados y que no requieren procedimientos costosos para su conservación.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Determinación del efecto de los parámetros de secado del mango (*Mangifera indica L*) variedad Haden en la cinética de secado.

1.6.2 Objetivos Específicos

- ✓ Determinación de los parámetros de Secado Convencional del mango variedad Haden
- ✓ Análisis sensorial del producto final.

1.7 Hipótesis de la investigación

Los parámetros de deshidratación a temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C para el mango (*Mangifera indica L*) variedad Haden, si influyen en la cinética de secado. Resultando en un producto con menor tiempo - velocidad de secado y mayor calidad sensorial.

1.8 Variables de la investigación

- **Variable Independiente:** Parámetros de secado (Temperatura de secado, Humedad relativa del aire).
- **Variable Dependiente:** Cinética de secado (Tiempo de secado, velocidad).
- **Variable Controlada:** Variedad de mango (Haden).

II. ESTRATEGIA METODOLOGICA

2.1 Materiales

Materia Prima

- Mango en trozos

Equipos y materiales de laboratorio

- Secador artificial
- Cuchillos de acero inoxidable
- Bandejas de plástico de 10 x 20 cm
- Coladeras de plástico
- Balanza de precisión
- Higrómetro digital marca BOECO
- Termómetros digital Marca C.E.
- Placas Petrix de 9 cm de diámetro

2.2 Método para la deshidratación del mango

2.2.1 Recepción de la materia prima

Los mangos variedad Haden fueron adquiridos de los mercados de Ica

Una vez recepcionada la materia prima inmediatamente se realizó el control de frescura, separando aquellos en mal estado o que no tengan el punto adecuado de maduración.



Fig 6. Materia prima

2.2.2 Selección

Se selección los mangos maduros pero que aún este firme la pulpa y se desecharon los mangos muy maduros y podridos

2.2.3 Lavado

El lavado se realiza con abundante agua clorada con la finalidad de retirar impurezas.

2.2.4 Pelado y cortado

Se retira la cascara del mango y se procede a cortar el mango (tajadas de 0.5 cm de espesor)

2.2.5 Escaldado

Es un tratamiento térmico que consiste en someter al alimento a temperaturas elevadas durante un periodo determinado de tiempo, el cual

estará en función del tipo, estado de madurez y tamaño del producto, para luego enfriarlo rápidamente.

El escaldado se realizó 95°C por 3 minutos

2.2.6 Pesado

Se realiza el pesado de los trozos de mango en rodajas

2.2.7 Secado

Una vez pesadas las tajadas de mango se colocan en las charolas, en capas delgadas y regulares y son llevadas al secador artificial, al cual previamente se le han regulado las temperaturas de procesamiento a 50°C, 60°C y 70 ° C

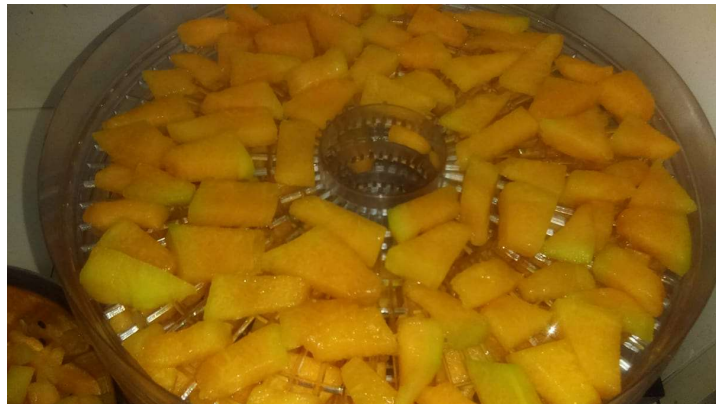


Fig7. Mango en tajadas en las charolas

2.2.8 Envasado

Finalizado la operación de secado se empacan los espárragos deshidratados en bolsas flexibles de plástico de 150 g. de capacidad y se sellan.



Fig 8. Mango deshidratado

2.2.9 Almacenamiento

Se almacenada en un lugar fresco

III RESULTADOS

3.1 Resultados de la deshidratación del mango variedad Haden a la temperatura de 50°C, 60°C y 70°C.

3.1.1 Datos experimentales del tiempo vs el contenido de humedad y gráficas para el mango deshidratado a la temperatura de 50°C.

En la tabla 2, se presentan el tiempo vs. el contenido de humedad y en las figuras 13,14, 15 y 16 los gráficos tiempo vs contenido de humedad a la temperatura de 50°C.

TABLA II
TIEMPO VS. CONTENIDO DE HUMEDAD PARA MANGO DESHIDRATADO
VARIEDAD HADEN DESHIDRATADO A 50°C, 60°C Y 70°C.

Tiempo (min)	Temperatura 50°C	Temperatura 60°C	Temperatura 70°C
	Contenido de humedad (g de agua/g.m.s)	Contenido de humedad (g de agua/g.m.s)	Contenido de humedad (g de agua/g.m.s)
0	4.882	4.882	4.882
10	4.766	4.721	4.677
20	4.656	4.560	4.467
30	4.544	4.407	4.258
40	4.443	4.257	4.065
50	4.332	4.107	3.868
60	4.231	3.947	3.670
80	4.048	3.687	3.315
100	3.842	3.399	2.953
120	3.652	3.131	2.617
140	3.465	2.879	2.282
160	3.278	2.619	1.958
180	3.103	2.372	1.651
210	2.884	2.086	1.288
240	2.591	1.838	1.071
270	2.423	1.584	0.741
300	2.186	1.341	0.510
360	1.625	0.955	0.275
420	1.292	0.749	0.194
480	1.030	0.565	0.095
540	0.859	0.320	
600	0.601	0.208	
660	0.411	0.124	
720	0.281	0.109	
780	0.210		
840	0.138		

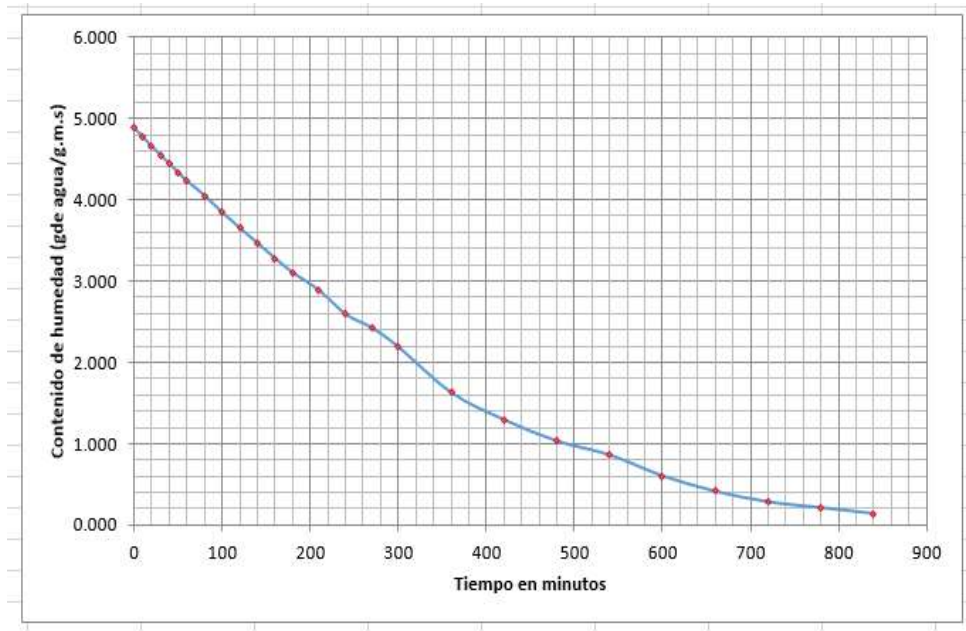


Fig 9. Contenido de humedad vs tiempo a la temperatura de 50°C para el mango deshidratado

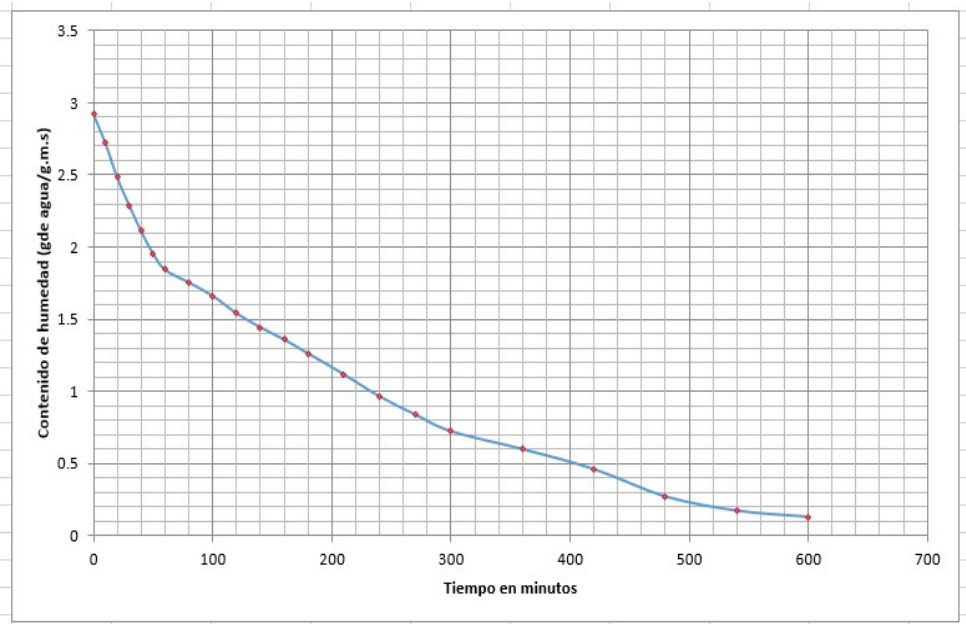


Fig 10. Contenido de humedad vs tiempo a la temperatura de 60°C para el mango deshidratado

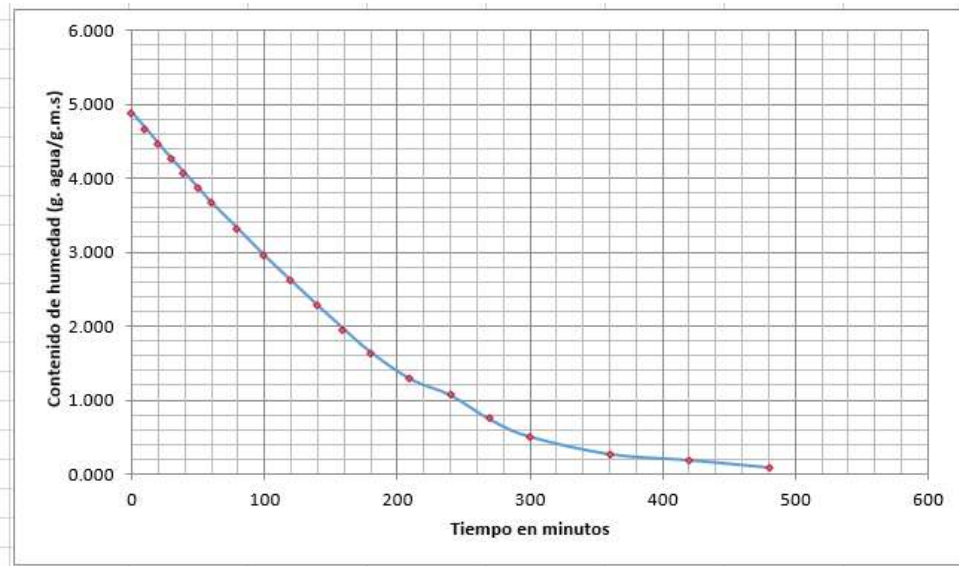
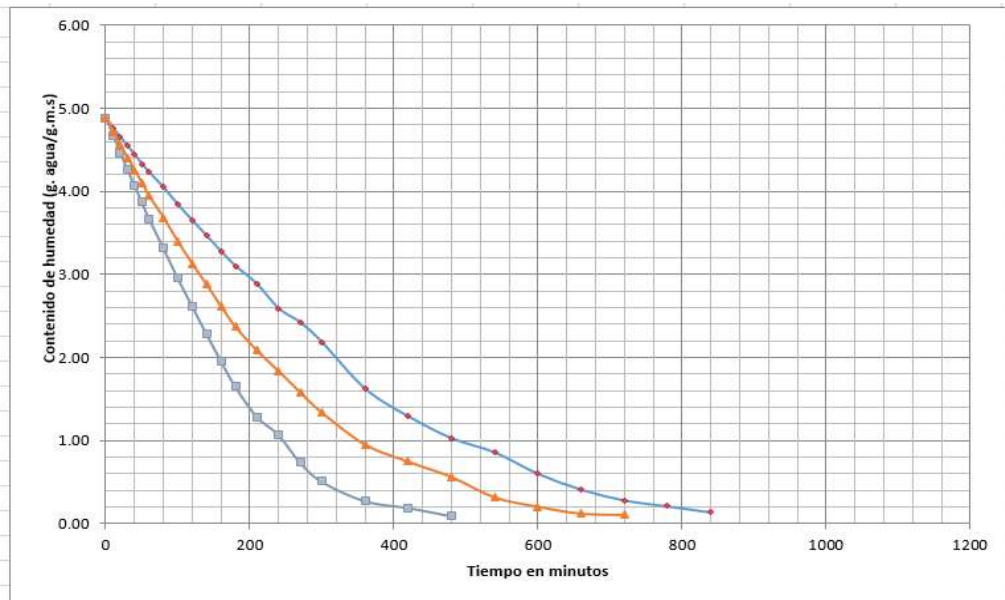


Fig 11. Contenido de humedad vs tiempo a la temperatura de 70 °C para el mango deshidratado



- ◆ Contenido de humedad a 50 °C
- ▲ Contenido de humedad a 60 °C
- Contenido de humedad a 70 °C

Figura 12. Contenido de humedad vs tiempo a las temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C para el mango variedad Haden.

3.1.2 Datos experimentales del tiempo vs. la velocidad de secado y gráficas para el mango variedad Haden deshidratado a 50 °C, 60°C y 70°C

En la tabla 3, se presentan los datos experimentales del tiempo y la velocidad de secado y en las figuras 17,18, 19 y 20 los gráficos tiempo vs velocidad de secado a la temperatura de 50°C, 60°C y 70°C.

TABLA III
TIEMPO VS VELOCIDAD DE SECADO PARA EL MANGO VARIEDAD HADEN A LAS TEMPERATURAS DE 50°C, 60°C Y 70°C

Tiempo (min)	Temperatura 50°C	Temperatura 60°C	Temperatura 70°C
	Velocidad de secado (g de agua/g.m.s.min)	Velocidad de secado (g de agua/g.m.s.min)	Velocidad de Secado (g de agua/g.m.s.min)
10	0.0116	0.0161	0.0205
20	0.0113	0.0161	0.0208
30	0.0113	0.0158	0.0208
40	0.0110	0.0156	0.0204
50	0.0110	0.0155	0.0203
60	0.0109	0.0156	0.0202
80	0.0104	0.0149	0.0196
100	0.0104	0.0148	0.0193
120	0.0103	0.0146	0.0189
140	0.0101	0.0143	0.0186
160	0.0100	0.0141	0.0183
180	0.0099	0.0139	0.0180
210	0.0095	0.0133	0.0171
240	0.0095	0.0127	0.0159
270	0.0091	0.0122	0.0153
300	0.0090	0.0118	0.0146
360	0.0090	0.0109	0.0128
420	0.0085	0.0098	0.0112
480	0.0080	0.0090	0.0100
540	0.0075	0.0084	
600	0.0071	0.0078	
660	0.0068	0.0072	
720	0.0064	0.0066	
780	0.0060		
840	0.0056		

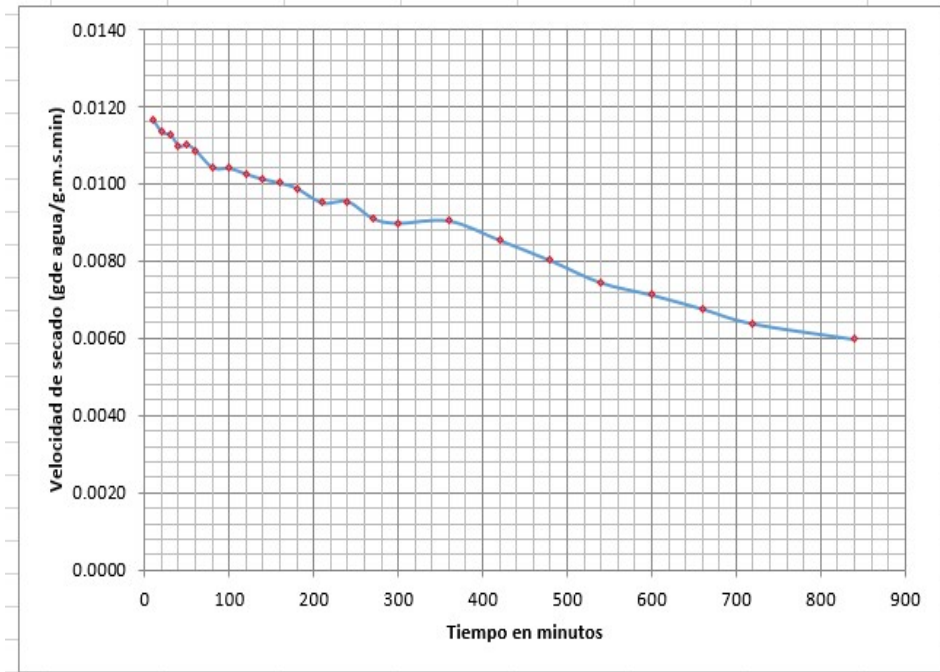


Fig 13. Velocidad de secado vs tiempo a la temperatura de 50°C

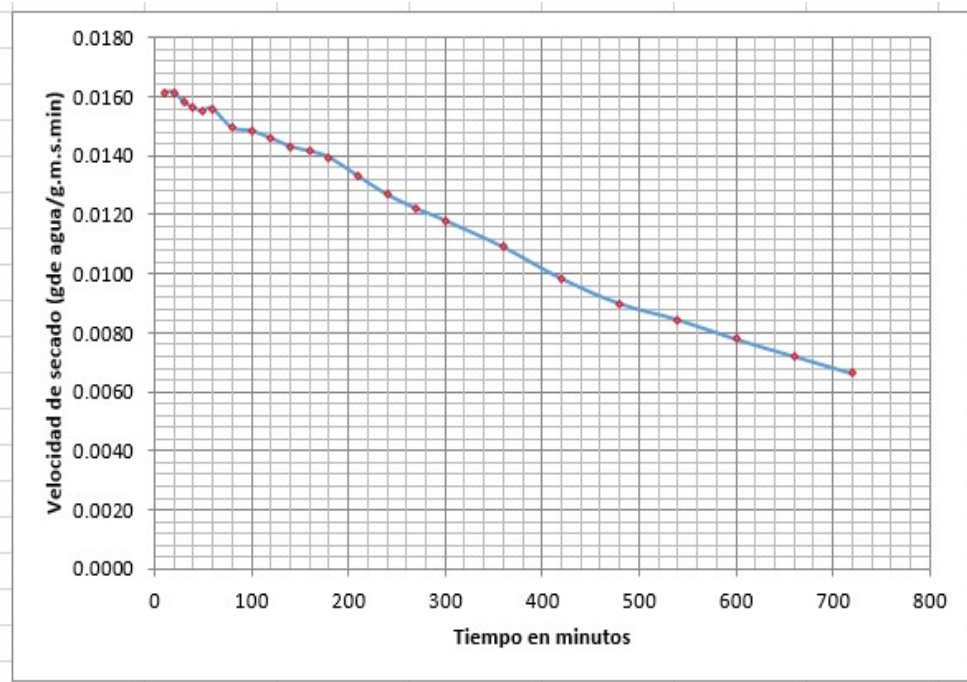


Fig 14. Velocidad de secado vs tiempo a la temperatura de 60°C.

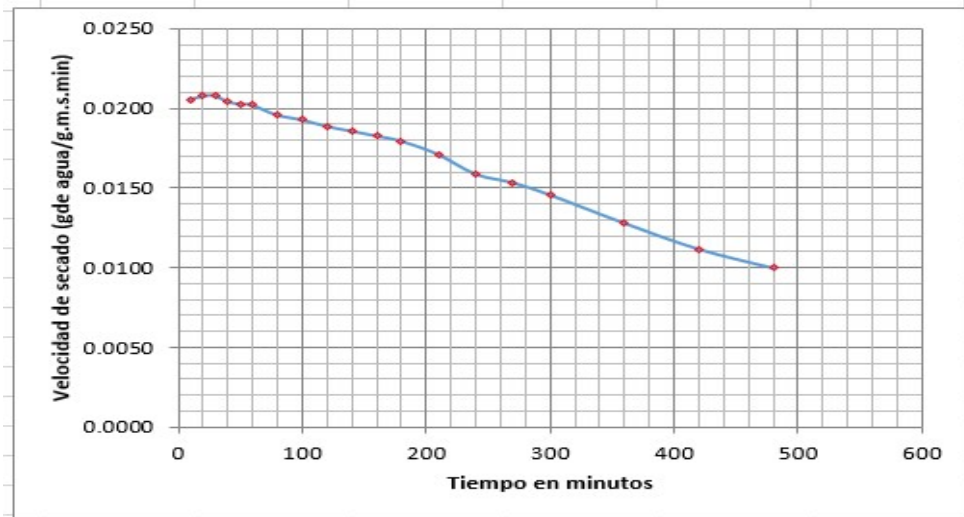


Fig 15. Velocidad de secado vs tiempo a la temperatura de 70°C

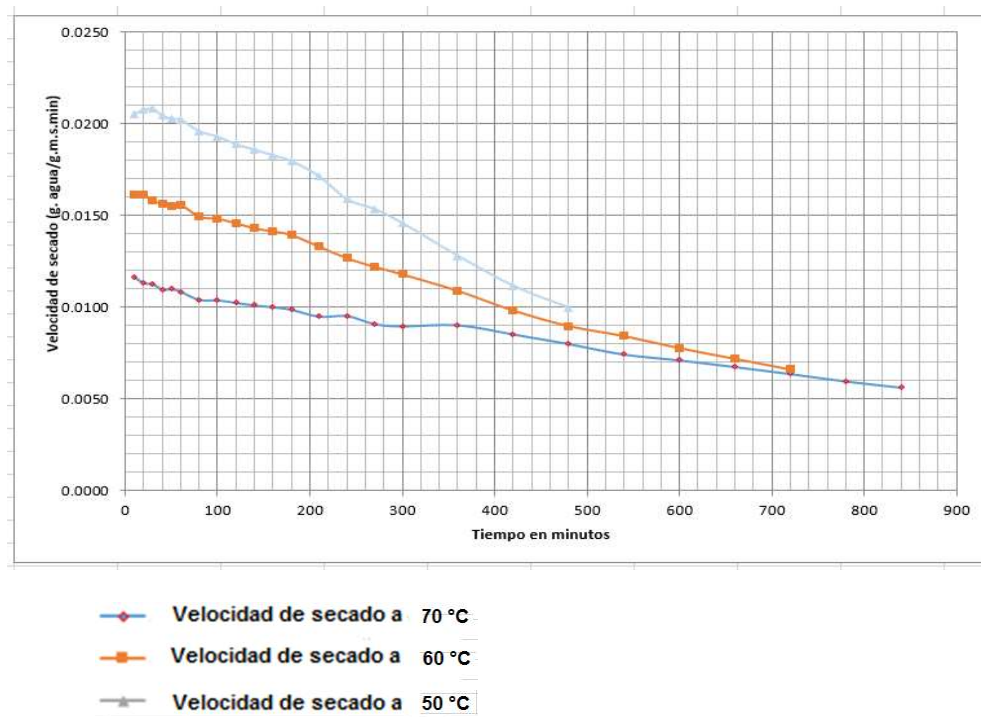


Fig16. Velocidad de secado vs tiempo a las temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C

3.1.3 Curva de deshidratación para el periodo decreciente a 50°C, 60°C y 70°C para el mango

En las figuras 37, 38,39,40,41,42,43,44 y 45 se presenta la velocidad de deshidratación decreciente (g de agua/ g. de masa seca min) a diferentes intervalos de tiempo para las temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C y los valores correspondientes al modelo difuncional.

Fig. 9 Contenido de humedad en función del tiempo a 50°C en el periodo decreciente datos experimentales y Modelo difuncional para el mango

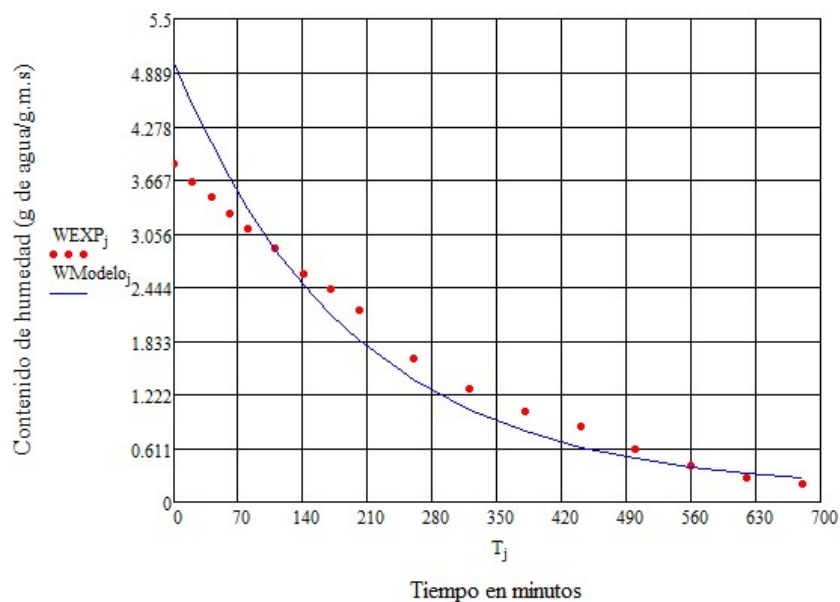


Fig 17. Contenido de humedad en función del tiempo a 50°C en el periodo decreciente datos experimentales y Modelo difuncional para el mango

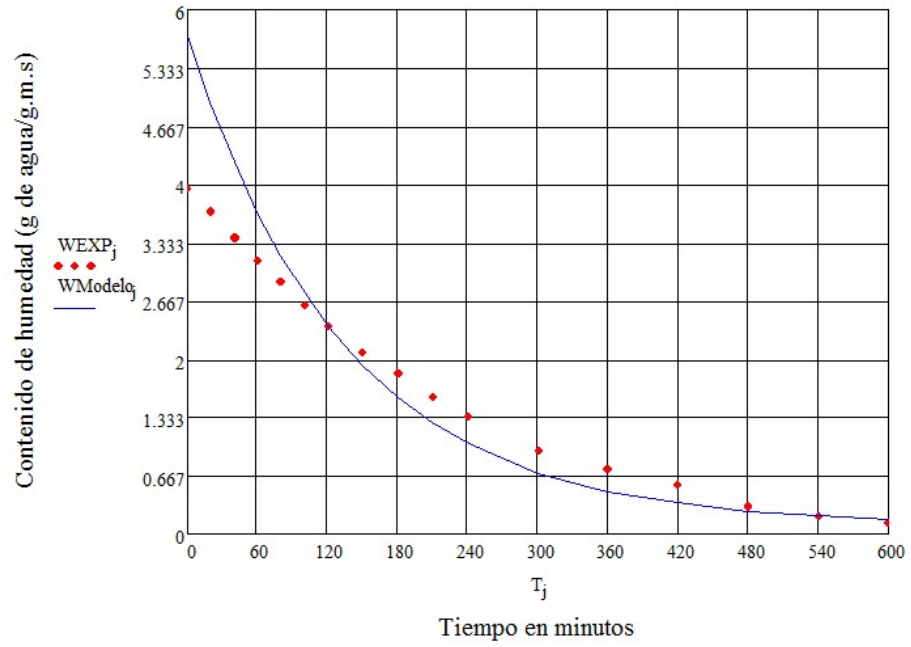


Fig 18. Contenido de humedad en función del tiempo a 60°C en el periodo decreciente datos experimentales y Modelo difusional para el mango

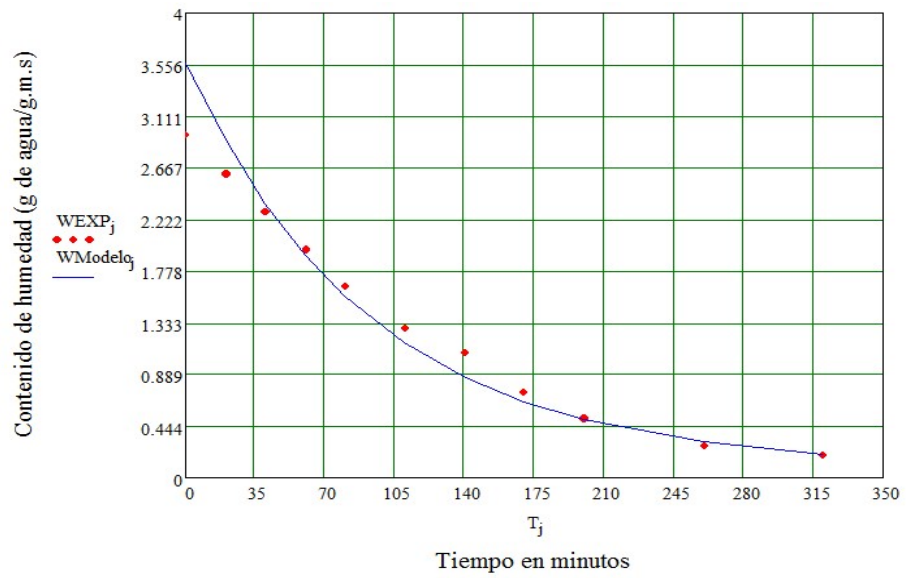


Fig19. Contenido de humedad en función del tiempo a 70°C en el periodo decreciente datos experimentales y Modelo difusional para el mango.

3.1.4 Parámetros de la deshidratación

3.1.4.1 Parámetros de la deshidratación a la temperatura de 50 °C, 60 °C y 70°C

En la tabla 4 se presentan los parámetros de la deshidratación a las temperaturas de 50°C, 60°C y 70°C para el mango deshidratado.

TABLA IV
PARÁMETROS DE SECADO PARA LA TEMPERATURA DE 50°C, 60°C Y 70°C

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Temperatura de bulbo seco	50°C	60°C	70°C
Contenido de Humedad inicial de agua / g.m.s	4.882	4.882	4.882
Contenido de Humedad crítica en g de agua/ g.m.s	3.842	3.947	2.953
Contenido de Humedad de equilibrio en g de agua/ g.m.s	0.138	0.109	0.095
Velocidad constante en g de agua/ g.m.s. min	0.0103	0.0155	0.0203
Tiempo del periodo constante en minutos	100	60	50
Tiempo total de secado en minutos	840	720	480
Difusividad del líquido en m ² /s	8.852 x 10 ⁻¹⁰	1.266 x 10 ⁻⁹	1.817 x 10 ⁻⁹

TABLA V
ECUACIONES DE LA DESHIDRATACIÓN DEL MANGO VARIEDAD HADEN PARA EL PERIODO CONSTANTE Y DECRECIENTE A LAS TEMPERATURA DE 50°C, 60°C Y 70°C

	Ecuación del proceso de secado del mango		
	50°C	60°C	70°C
Periodo Constante	$W = 4.882 - 0.0103.t$	$W = 4.882 - 0.0155.t$	$W = 4.882 - 0.0203t$
Periodo decreciente	$Xrs = e^{0.274-0.0052*t}$	$Xrs = e^{0.376-0.0075*t}$	$Xrs = e^{0.195-0.0108*t}$

3.2 Resultado del análisis sensorial

3.2.1 Evaluación sensorial de los jueces

En la tabla 6 se presenta el puntaje obtenido de los 30 jueces consumidores, para lo cual se aplicó una escala hedónica de 7 puntos, para la muestra 1 se utilizó la temperatura de 50°C, para la muestra 2 la temperatura de 70 °C y la muestra 3 la temperatura de 60 °C

TABLA VI
EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS JUECES CONSUMIDORES

JUECES	MUESTRAS	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA	PROMEDIO
1	MUESTRA 3	6	6	6	5	5,8
	MUESTRA 2	5	5	5	6	5,3
	MUESTRA 1	4	5	5	5	4,8
2	MUESTRA 3	6	6	5	6	5,8
	MUESTRA 2	5	5	6	6	5,5
	MUESTRA 1	4	3	3	6	4,0
3	MUESTRA 3	6	6	7	6	6,3
	MUESTRA 2	5	5	6	5	5,3
	MUESTRA 1	5	4	5	4	4,5
4	MUESTRA 3	6	6	6	6	6,0
	MUESTRA 2	4	5	5	3	4,3
	MUESTRA 1	4	4	5	4	4,3
5	MUESTRA 3	6	7	6	7	6,5
	MUESTRA 2	5	6	5	6	5,5
	MUESTRA 1	4	5	6	6	5,3
6	MUESTRA 3	7	5	6	6	6,0
	MUESTRA 2	5	4	5	3	4,3

	MUESTRA 1	4	4	4	3	3,8
7	MUESTRA 3	6	6	7	7	6,5
	MUESTRA 2	5	6	6	7	6,0
	MUESTRA 1	4	4	5	4	4,3
8	MUESTRA 3	6	6	6	6	6,0
	MUESTRA 2	6	6	3	3	4,5
	MUESTRA 1	4	5	4	3	4,0
9	MUESTRA 3	5	6	6	6	5,8
	MUESTRA 2	5	5	3	5	4,5
	MUESTRA 1	4	4	4	4	4,0
10	MUESTRA 3	6	6	7	6	6,3
	MUESTRA 2	5	6	6	7	6,0
	MUESTRA 1	3	4	4	4	3,8

Continuación de la TABLA VI

JUECES	MUESTRAS	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA	PROMEDIO
11	MUESTRA 3	6	6	7	6	6,3
	MUESTRA 2	5	5	6	5	5,3
	MUESTRA 1	4	4	4	5	4,3
12	MUESTRA 3	6	6	6	6	6,0
	MUESTRA 2	5	5	6	5	5,3
	MUESTRA 1	4	3	4	4	3,8
13	MUESTRA 3	5	7	7	6	6,3
	MUESTRA 2	5	5	5	4	4,8
	MUESTRA 1	4	3	4	4	3,8
14	MUESTRA 3	6	5	7	7	6,3
	MUESTRA 2	5	4	5	5	4,8
	MUESTRA 1	4	4	5	5	4,5

15	MUESTRA 3	6	6	7	6	6,3
	MUESTRA 2	5	5	4	4	4,5
	MUESTRA 1	4	4	5	5	4,5
16	MUESTRA 3	6	5	5	7	5,8
	MUESTRA 2	4	5	6	6	5,3
	MUESTRA 1	4	5	4	4	4,3
17	MUESTRA 3	7	6	7	6	6,5
	MUESTRA 2	5	6	5	5	5,3
	MUESTRA 1	4	4	5	4	4,3
18	MUESTRA 3	7	6	6	6	6,3
	MUESTRA 2	5	6	5	5	5,3
	MUESTRA 1	5	4	5	4	4,5
19	MUESTRA 3	7	5	6	7	6,3
	MUESTRA 2	5	5	6	5	5,3
	MUESTRA 1	6	7	6	5	6,0
20	MUESTRA 3	6	6	7	6	6,3
	MUESTRA 2	5	4	5	5	4,8
	MUESTRA 1	4	5	6	6	5,3

Continuación de la TABLA VI

JUECES	MUESTRAS	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA	PROMEDIO
21	MUESTRA 3	6	7	7	6	6,5
	MUESTRA 2	5	5	5	5	5,0
	MUESTRA 1	4	4	5	6	4,8
22	MUESTRA 3	6	6	6	6	6,0
	MUESTRA 2	5	4	5	5	4,8
	MUESTRA 1	4	5	5	6	5,0

23	MUESTRA 3	5	7	6	6	6,0
	MUESTRA 2	5	5	5	6	5,3
	MUESTRA 1	5	5	4	6	5,0
24	MUESTRA 3	6	6	7	6	6,3
	MUESTRA 2	5	4	5	5	4,8
	MUESTRA 1	4	5	4	5	4,5
25	MUESTRA 3	7	6	7	6	6,5
	MUESTRA 2	5	6	4	5	5,0
	MUESTRA 1	4	4	4	6	4,5
26	MUESTRA 3	6	6	6	6	6,0
	MUESTRA 2	5	5	5	5	5,0
	MUESTRA 1	4	5	4	6	4,8
27	MUESTRA 3	7	6	7	6	6,5
	MUESTRA 2	5	4	5	5	4,8
	MUESTRA 1	4	5	4	4	4,3
28	MUESTRA 3	6	6	7	7	6,5
	MUESTRA 2	5	5	5	5	5,0
	MUESTRA 1	4	5	6	4	4,8
29	MUESTRA 3	6	7	7	6	6,5
	MUESTRA 2	6	4	5	5	5,0
	MUESTRA 1	4	4	6	5	4,8
30	MUESTRA 3	7	6	7	7	6,8
	MUESTRA 2	5	4	5	5	4,8
	MUESTRA 1	4	5	5	4	4,5

De la Evaluación Sensorial de los Jueces se concluye:

La evaluación sensorial realizada por los 30 jueces consumidores utilizando una escala hedónica de 7 puntos permitió obtener una visión detallada de la aceptación de las muestras en términos de color, olor, sabor y textura, bajo diferentes temperaturas. A continuación, se presentan las conclusiones principales:

- Aceptación General:

- Las muestras evaluadas mostraron una aceptación variable dependiendo de la temperatura. En general, las muestras con temperaturas más altas (70°C) y medias (60°C) tendieron a recibir puntajes más altos en comparación con la muestra a 50°C, lo que sugiere que la temperatura influye significativamente en la percepción sensorial.

- Atributos Evaluados:

- Color: La mayoría de las muestras recibieron puntajes altos en color, indicando que este atributo fue bien recibido por los jueces.
- Olor: El olor también fue bien evaluado, aunque con algunas variaciones entre las muestras.
- Sabor: El sabor fue el atributo con mayor variabilidad, con algunas muestras recibiendo puntajes más bajos, especialmente en la muestra a 50°C.
- Textura: La textura fue generalmente bien evaluada, aunque algunas muestras a temperaturas más bajas recibieron puntajes ligeramente inferiores.

- Temperaturas Óptimas:

- Muestra 1 (50°C): Esta muestra recibió puntajes más bajos en general, especialmente en sabor y textura, lo que sugiere que esta temperatura no es la más adecuada para resaltar las cualidades sensoriales del producto.

- Muestra 2 (70°C): Esta muestra obtuvo puntajes más altos, particularmente en sabor y textura, indicando que una temperatura más alta puede mejorar la percepción sensorial.
 - Muestra 3 (60°C): Esta muestra también recibió puntajes altos, sugiriendo que una temperatura media puede ser óptima para equilibrar todos los atributos sensoriales.
- Recomendaciones:
- Basado en los resultados, se recomienda considerar la temperatura de 60°C como la más adecuada para el producto, ya que ofrece un equilibrio óptimo entre los atributos sensoriales evaluados.
 - Se sugiere realizar más pruebas para ajustar las características del producto y mejorar la aceptación en las muestras que recibieron puntajes más bajos.

3.2.2 Resultados de la prueba de Fischer

Para la prueba de Fisher se plantearon las siguientes hipótesis:

H_0 : Todas las muestras tienen el mismo efecto

H_1 : Al menos una muestra tiene efecto diferente.

H_0 : Las puntuaciones del análisis sensorial de los jueces son iguales

H_1 : Las puntuaciones del análisis sensorial de los jueces son diferentes

El nivel de significación elegido fue:

$$\alpha = 0.05$$

El resultado de la prueba de Fischer se presenta en el siguiente cuadro,

Cuadro N° 1. El ANOVA, sirve para la prueba de bloques completamente al azar DBCA

FUENTE DE VARIABILIDAD	GL	SC	CM	FC
TRATAMIENTO	2	48,948	24,474	218,652
JUECES	29	5,303	0,183	1,634
RESIDUO	58	6,492	0,112	
TOTAL	89	60,743		

De la prueba de Fisher se concluye que:

Para las muestras

Dado que $F_c = 218.652 > F_{\text{tabla}} = 3,156$ se rechaza H_0 y se concluye que existe diferencia significativa entre las tres muestras analizadas

Para los jueces

Dado que $F_c = 1,634 < F_{\text{tabla}} 1,663$ se acepta H_0 y se concluye que no existe diferencia significativa entre las puntuaciones de los jueces.

Por lo tanto, se debe realizar una prueba puntual para identificar las muestras que son diferentes.

4.2.3 Prueba de Duncan

Las hipótesis planteadas para la prueba de Duncan fueron:

$$H_0 : x_{M1} = x_{M2}$$

$$H_1 : x_{M1} \neq x_{M2}$$

$$H_0 : x_{M1} = x_{M3}$$

$$H_1 : x_{M1} \neq x_{M3}$$

$$H_0 : x_{M2} = x_{M3}$$

$$H_1 : x_{M2} \neq x_{M3}$$

Nivel de significación

$$\alpha = 0.05$$

Desviación estándar de los promedios

$$\delta x := \sqrt{\frac{CM_{\text{Residuo}}}{r}}$$

$$\delta x = 0.061$$

Valores tabulares de amplitud EES(D) y ALS(D)

	Valores de p	
	2	3
AES(D)	2,866	3,016
	0,061	
ALS(D)	0,175	0,184

Ordenando los promedios de las muestras

I	II	III
4.453	5.077	6.233
1	2	3

Las comparaciones y decisión de la prueba fue;

Comparaciones	Diferencias	ALS(D)	Decisión
III - I	6.233-4.453 = 1,78	0.184	Se rechaza
III - II	6.233-5.077 = 1.156	0.175	Se rechaza
II - I	5.077-4.453 = 0.624	0.175	Se rechaza

De los resultados de la prueba de Duncan se concluye que existe diferencia entre las comparaciones de las tres muestras

Para determinar cuál de las muestras de mango tuvo mayor aceptación se aplicará una prueba de medias entre las muestras 2 y 3 que obtuvieron los mayores puntajes.

4.2.4 Prueba de medias

La hipótesis planteada para la prueba de media fue:

$$H_0 : \mu_{M3} = \mu_{M2}$$

$$H_1 : \mu_{M3} > \mu_{M2}$$

Nivel de significación

$$\alpha = 0.05$$

Estadístico de prueba

$$T = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{\frac{\text{Var}_c}{n_1} + \frac{\text{Var}_c}{n_2}}} \quad n_1 := 30 \quad n_2 := 30$$

$$\text{Var}_c := \frac{(30 - 1) \cdot \text{varianza}_{M3} + (30 - 1) \cdot \text{varianza}_{M2}}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$\text{Var}_c = 0.12$$

ES = Error Standar

$$ES := \sqrt{\frac{\text{Var}_c}{n_1} + \frac{\text{Var}_c}{n_2}} \quad ES = 0.09$$

$$t_k := \frac{\text{mean}(M3) - \text{mean}(M2)}{ES} \quad t_k = 12.913$$

Valor del criterio

$$T_{\text{tabla}} = 2.001$$

Decisión

Dado que $t_k = 12.913 > T_{\text{tabla}} = 2,001$ Se rechaza H_0

De los resultados del análisis sensorial se concluye que la Muestra 3 tiene mayor aceptación que las muestra 2 y 1

IV CONCLUSIONES

De la Investigación realizada se deducen las siguientes conclusiones

- 1 La temperatura de deshidratación influye en el tiempo de secado, a mayor temperatura menor tiempo de secado.
- 2 La temperatura también influye en la velocidad de secado en el periodo constante a la temperatura de 50°C la velocidad de secado fue 0,0103 g de agua/g.m.s.min, a 60°C fue de 0,0155 g de agua/g.m.s.min y a 70°C fue 0.0203 g de agua/g.m.s.min
- 3 Los contenidos de humedad de equilibrio fueron: para 50 °C fue 0,138 g de agua/g.m.s para 60 °C fue 0,109 g de agua/g.m.s y para 70 °C fue de 0.095 g de agua/g.m.s
- 4 Las difusividades aparentes fueron: Para 50°C fue $8.852 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$, a 60 °C fue $1.226 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$, y a 70°C fue $1.817 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$.

V RECOMENDACIONES

Realizar trabajos de investigación con otros tipos de vegetales

Que la facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos adquiera un secador con sistema automático de pesado con programas para obtener las curvas de secado.

Así mismo la adquisición de un equipo para determinar la Actividad de agua.

VI BIBLIOGRAFIA

- [1] Adams M.R y Moss M.O.(1997) Microbiología de los Alimentos Editorial Acribia España
- [2] Aguado José (1990) Ingeniería de la industria alimentaria volumen I,II,II Editorial Síntesis España
- [3] Badui Dergel Salvador (2006) Química de los Alimentos Ed Pearson
- [4] Carhuaricra Montes Carolina (2012) “El cultivo de Arándano y sus principales características” Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.
- [5] Contreras Monzón Carolina (2006) Influencia del método de secado en parámetros de calidad relacionados con la estructura y el color de manzana y fresa deshidratadas Universidad politécnica de Valencia España
- [6] Cheftel, J.C y Cheftel, H (1976) Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos. Editorial Acribia España
- [7] Fito P. (2006) Introducción al secado de alimentos por aire caliente. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- [8] Earle R.L. (1998) Ingeniería de los Alimentos Editorial Acribia
- [9] Gonzales Edna (2007) Tesis “Análisis comparativo de las propiedades organolépticas de zanahoria deshidratada con y sin pretratamiento osmótico” Universidad de San Carlos Guatemala
- [10] Gustavo V. Barbosa-Cánovas (2000) Deshidratación de Alimentos Editorial Acribia España
- [11] G.J. Geankopoplis (1998) Procesos de transporte y operaciones unitarias editorial CIESA México
- [12] Molina N,D (2010) Produccion de Arandonos en Corrientes, Analisis técnico y económico. INIA – tacion Experimental Agropecuaria Bella Vista. Region Corrientes. Argentina.
- [13] Lomas Esteban Maria(2002) Introducción al cálculo de los proceso tecnológicos de los alimentos Editorial Acribia España

- [14] Simal et al (1997) Simple modelling of air curves of fresh and osmotically pre-dehydrated apples cubes. Journal of Food Engineering
- [15] Suca Apaza Carlos (2007) “deshidratación osmótica de alimentos” Boletín de divulgación tecnología agroindustrial Volumen 1 Nro 1
- [16] Uretir et al (1996) Effects of Velocity and Temperature of Air on the Drying Rate Constants of Apple Cubes. Journal of food Engineering
- [17] Xue Keqing (2004) Optimización del secado por aire caliente de pera (Variedad blanquilla) Universidad politécnica de Valencia España
- [18] Carlos Omar Vuarant Carlos (2013) Optimización del proceso de secado de arándanos por infrarrojos” consultada el 12 de marzo 2016 de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/43771/VUARANT%20-%20Optimizaci%C3%B3n%20del%20proceso%20de%20secado%20de%20ar%C3%A1ndanos%20por%20infrarrojos..pdf?sequence=1>