

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**



**TESIS**

“Influencia de la temperatura y velocidad del flujo de aire en las características físicas y sensoriales del tomate (*Lycopersicum esculentum*) deshidratado en secador de bandejas”

PARA OPTAR:  
**TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO**  
**AGROINDUSTRIAL**

PRESENTADO POR:  
**Bach. Roberto Antonio Palacios Flores**

TACNA - PERÚ

2018

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AGROINDUSTRIAL

Tesis

Influencia de la temperatura y velocidad del flujo de aire en las características físicas y sensoriales del tomate (*Lycopersicum esculentum*) deshidratado en secador de bandejas

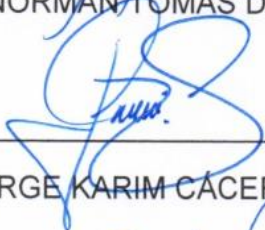
Tesis sustentada y aprobada el 22 de noviembre del 2018; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE:



M Sc. NORMAN TOMAS DELGADO CABRERA

SECRETARIO:



Ing. JORGE KARIM CÁCERES SÁNCHEZ

VOCAL:



Ing. DANNY DANIEL CARHUAZ VALDEZ

ASESOR:



M Sc. RAÚL CARTAGENA CUTIPA

TACNA – PERÚ

2018

## DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, ROBERTO ANTONIO PALACIOS FLORES, en calidad de: BACHILLER de la Escuela Profesional de INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado (a) con DNI 70459762.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada:  
“Influencia de la temperatura y velocidad del flujo de aire en las características físicas y sensoriales del tomate (*Lycopersicum esculentum*) deshidratado en secador de bandejas”

La misma que presento para optar:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones

o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, lunes 3 de diciembre de 2018



---

Bach. ROBERTO ANTONIO PALACIOS FLORES

DNI 70459762

## DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES

A MI FAMILIA

A MIS AMIGOS

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia especialmente a mis padres por todo el apoyo brindado durante mis estudios. A mis amigos por su ánimo, que contribuyeron de diversas maneras en la culminación de este trabajo de investigación. Y de manera especial al Ing. M Sc. Raúl Cartagena, Ing. M Sc. Efrén Chaparro e Ing. Daniel Carhuaz por su invaluable colaboración.

## CONTENIDO

RESUMEN. PALABRAS CLAVES .....	XII
ABSTRACT. KEY WORDS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
1.1. Descripción del problema .....	2
1.2. Formulación del problema .....	2
1.2.1 Problema general.....	2
1.2.2 Problemas específicos .....	3
1.3. Justificación e importancia .....	3
1.4. Objetivos .....	3
1.4.1 Objetivo general.....	3
1.4.2 Objetivos específicos .....	3
1.5. Hipótesis .....	4
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
2.1. Antecedentes de estudio .....	5
2.2. Bases teóricas.....	8
2.2.1. Generalidades del Tomate .....	8
2.2.2. Propiedades Nutricionales del Tomate .....	8
2.2.3. El Proceso de deshidratación .....	10
2.3. Definición de términos .....	13
2.3.1. Secado.....	13
2.3.2. Agua libre o agua no ligada .....	14
2.3.3. Agua ligada .....	14
2.3.4. Actividad de Agua .....	14
2.4. Variables .....	14
2.4.1. Identificación de variables .....	14
2.4.2. Definición de las variables.....	15
<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>16</b>
3.1 Tipo y diseño de la investigación.....	16

3.1.1. Tipo de investigación .....	16
3.1.2. Diseño de la investigación.....	16
3.2 Población y/o muestra de estudio.....	17
3.3 Operacionalización de variables .....	18
3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	19
3.4.1. Procedimiento experimental .....	19
a) Recepción de la materia prima .....	19
b) Selección, lavado y rebanado.....	19
c) Pre-tratamientos .....	20
d) Distribución en bandejas .....	20
e) Deshidratación .....	20
f) Envasado .....	20
g) Almacenamiento.....	20
3.4.2. Técnicas analíticas.....	20
3.4.2.1. En la materia prima.....	20
a) Preparación de la muestra .....	20
b) Medición del pH.....	20
c) Determinación de la acidez titulable .....	21
d) Determinación de los sólidos solubles .....	21
e) Determinación del índice de madurez .....	21
f) Determinación de la humedad.....	22
3.4.2.2. En los tratamientos .....	22
a) Determinación de la humedad.....	22
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....</b>	<b>23</b>
4.1 Caracterización físico-química de la materia prima .....	23
4.2 Evaluación del efecto de la temperatura y velocidad del flujo de aire en el tiempo de deshidratación.....	23
4.3 Evaluación de las características físicas y sensoriales del tomate deshidratado .....	34
4.4.1 Encogimiento .....	34
4.4.2 Evaluación Sensorial.....	36
<b>CAPÍTULO V: DISCUSIÓN .....</b>	<b>38</b>



<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>41</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>42</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>43</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>46</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores y niveles del diseño experimental .....	16
Tabla 2. Tratamientos que intervinieron en el trabajo de investigación .....	17
Tabla 3. Resultados de la caracterización físico-química de la materia prima.....	23
Tabla 4. Análisis de varianza para los factores temperatura y velocidad en el tiempo de deshidratación.....	33
Tabla 5. Prueba de rango múltiple de Duncan (P=0.05) para la temperatura en el tiempo de deshidratación.....	33
Tabla 6. Prueba de rango múltiple de Duncan (P=0.05) para la velocidad en el tiempo de deshidratación.....	34
Tabla 7. Superficie y espesor de las rebanadas de tomate.....	35
Tabla 8. Análisis de varianza para los factores temperatura y velocidad en el encogimiento de las rebanadas de tomate .....	35
Tabla 9. Prueba de rango múltiple de Duncan (P=0.05) para la velocidad en el tiempo de deshidratación.....	36
Tabla 10. Resultados de Media y prueba de rango múltiple de Duncan (P=0,05).....	37
Tabla 11. Medias de los tratamientos en la evaluación sensorial .....	37
Tabla 12. Resultados de la deshidratación de tomate .....	47
Tabla 13. Dureza del tomate que se utilizó para deshidratación.....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cambios que ocurren en los alimentos en función de la actividad de agua.....	11
Figura 2. Isotermas de sorción, determinadas por las curvas de absorción (A) y de desorción (B) .....	13
Figura 3. Diagrama de flujo del procesamiento de la materia prima .....	19
Figura 4. Curva de velocidad de secado, kg agua/kg s.s. versus tiempo (T1 55 °C a 0,6 m/s).....	24
Figura 5. Curva de velocidad de secado, kg agua/kg s.s. versus tiempo (T2 65 °C a 0,6 m/s).....	25
Figura 6. Curva de velocidad de secado, kg agua/kg s.s. versus tiempo (T3 75 °C a 0,6 m/s).....	26
Figura 7. Curva de velocidad de secado, kg agua/kg s.s. versus tiempo (T4 55 °C a 0,9 m/s).....	27
Figura 8. Curva de velocidad de secado, kg agua/kg s.s. versus tiempo (T5 65 °C a 0,9 m/s).....	28
Figura 9. Curva de velocidad de secado, kg agua/kg s.s. versus tiempo (T6 75 °C a 0,9 m/s).....	29
Figura 10. Curva de velocidad de secado, kg agua/kg s.s. versus tiempo (T7 55 °C a 1,2 m/s).....	30
Figura 11. Curva de velocidad de secado, kg agua/kg s.s. versus tiempo (T8 65 °C a 1,2 m/s) .....	31
Figura 12. Curva de velocidad de secado, kg agua/kg s.s. versus tiempo (T9 75 °C a 1,2 m/s) .....	32
Figura 13 - 15.Efecto de la velocidad de aire y temperatura sobre el tiempo de deshidratación de rebanadas de tomate .....	39
Figura 16. Tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> ) variedad Río Grande mejorado..	48
Figura 17. Pesado de la materia prima .....	48
Figura 18. Triturado de la materia prima para análisis físico-químico .....	49
Figura 19. Filtrado para el análisis físico-químico .....	49
Figura 20. Titulación con NaOH 0,1N para determinación de la acidez titulable ..	50
Figura 21. Determinación de humedad en estufa .....	50

## RESUMEN

El principal objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar la influencia de la temperatura y velocidad del flujo de aire en el tiempo de deshidratación. Se caracterizó la materia prima basado en las normas de la AOAC, reportando 94,5 % de humedad, 3,94 pH; 4,5 °Brix y 0,93 % de acidez titulable expresada en ácido cítrico. El proceso de deshidratación se realizó con temperaturas de 55, 65 y 75 °C a velocidades de 0,6; 0,9 y 1,2 m/s, las rebanadas de tomate de  $5 \pm 0,2$  mm de espesor; se sometieron a un pre-tratamiento en una solución de metabisulfito de sodio al 0,2 % + cloruro de calcio al 1%, donde a la mayor temperatura el proceso de deshidratación culminó en 7 h, mientras que a la menor temperatura deshidrato en 13 h. El porcentaje de encogimiento de las rebanadas de tomate estuvo entre 18,02 – 28,81. Las evaluaciones sensoriales realizadas con pruebas de aceptación por panelistas no entrenados, resultó en diferencias estadísticamente significativas en las características de olor, textura y apariencia más no así en la característica color de las muestras deshidratadas a un 95 % de confianza.

**Palabras clave:** deshidratación, tomate, encogimiento, propiedades físico-químicas.

## ABSTRACT

The main objective of this research work was to evaluate the influence of the temperature and velocity of air in the time of dehydration. The raw material was characterized based on the norms of the AOAC, reporting 94,5% of humidity, 3,94 pH; 4,5 ° Brix and 0,93% titratable acidity expressed in citric acid. The dehydration process was carried out with temperatures of 55, 65 and 75 °C at speeds of 0,6; 0,9 and 1,2 m/s, the tomato slices of  $5 \pm 0,2$  mm thick; They underwent a pre-treatment in a solution of sodium metabisulfite to 0,2 % + calcium chloride at 1%, where at the highest temperature the dehydration process culminated in 7 h, while at the lowest temperature dehydrate in 13 h. The percentage of shrinkage of tomato slices was between 18,02 – 28,81. Sensory evaluations carried out with evidence of acceptance by untrained panelists resulted in statistically significant differences in odor, texture and appearance characteristics but not in the characteristic color of the dehydrated samples at 95% confidence.

**Key words:** dehydration, tomato, shrinkage, physico-chemical properties.

## INTRODUCCIÓN

El tomate es originario de América tropical, probablemente en México o en Perú. Fue llevado a Europa a principios del siglo XVI y más tarde en el siglo XVIII a América del Norte y desde estas áreas se extendió al resto del mundo (Jenkins, 1948).

En el mundo existe un elevado consumo de hortalizas, que en los años noventa ha crecido por diversos factores, uno de los cuales es el cambio de los hábitos alimenticios de la población, llevando a ésta a una mayor preferencia por consumir más verduras y hortalizas en la dieta diaria.

El tomate con nombre científico "*Lycopersicum esculentum*" hoy en día es indispensable en la dieta diaria; a través de los años ha sido procesado para la elaboración de varios productos como jugos, pastas y salsas. Entre estos productos con valor agregado tenemos también al tomate deshidratado, que según estudios realizados, indican que el año 2002 aproximadamente el 20 % de la producción de tomate mundial está orientada para la elaboración de este producto clasificado como de tipo gourmet.

En el Capítulo I se describe el problema de investigación; en el Capítulo II, el marco teórico; en el Capítulo III se desarrolla la metodología usada; en Capítulo IV y V, los resultados y la discusión respectivamente.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción del problema

El tomate es una de las hortalizas más importantes en el mundo, debido a su alto nivel de producción y consumo en el ámbito mundial, nacional y local. A su vez existe una sobreproducción de este alimento, al darse esto se disminuye de manera considerable el precio de venta, reduciendo así los ingresos de los productores, teniendo este panorama se busca una alternativa para generar mayor valor agregado a esta hortaliza. Siendo un alimento perecedero tiene un difícil manejo post cosecha, lo que ocasiona pérdidas importantes de producto durante su almacenamiento y comercialización, razón importante para considerar métodos de conservación, como la deshidratación y así extender su vida útil (Moreno, Sierra, y Díaz-Moreno, 2014). Mediante la deshidratación se logra reducir el contenido de humedad, se reduce su actividad de agua ( $a_w$ ), inhibiendo al máximo el desarrollo de microorganismos y la velocidad de las reacciones químicas y enzimáticas; controlando la temperatura ( $T^{\circ}\text{C}$ ) y velocidad del flujo de aire ( $v_{fa}$ ) se obtiene un mejor producto final con buenas características organolépticas, físico-químicas y nutricionales, teniendo como principal objetivo la conservación del alimento, asimismo un considerable disminución en gastos de transporte y almacenamiento. Se investigó la deshidratación de tomates en rebanadas, evaluando la temperatura ( $T^{\circ}\text{C}$ ) y velocidad del flujo de aire ( $v_{fa}$ ) sobre las características físicas y sensoriales del tomate deshidratado.

### 1.2. Formulación del problema

#### 1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de la temperatura y velocidad del flujo de aire en las características físicas y sensoriales del tomate (*Lycopersicon esculentum*) deshidratado en secador de bandejas?

### 1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características de la materia prima?
- ¿Cuál es el efecto de la temperatura y velocidad del flujo de aire en el tiempo de deshidratación?
- ¿Cuáles serán las características físicas y sensoriales del tomate deshidratado?

### 1.3. Justificación e importancia

Las condiciones favorables del clima y las posibilidades que ofrecen los recursos naturales en el Perú, permiten la obtención de productos de óptima calidad, tal es el caso del tomate, el cual es un producto con bastante demanda en la dieta diaria, sin embargo, contiene un alto nivel de agua mayor al 90 % por lo que lo hace muy vulnerable al deterioro y por consecuencia tiene un periodo corto de vida útil.

El tomate al ser un fruto altamente perecedero, es uno de los productos a los que se le debería prestar gran atención por sus múltiples beneficios, tanto nutricionales como económicos; con la deshidratación se reducen gastos en almacenamiento y transporte, por lo cual es necesario estudiar la influencia de las principales variables en el proceso de deshidratación como son la temperatura ( $T^{\circ}\text{C}$ ) y velocidad del aire (vfa).

### 1.4. Objetivos

#### 1.4.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la temperatura y velocidad del flujo de aire en las características físicas y sensoriales del tomate deshidratado en secador de bandejas.

#### 1.4.2. Objetivos específicos

- Caracterizar físico-químicamente la materia prima.



- Evaluar el efecto de la temperatura y velocidad del flujo de aire en el tiempo de deshidratación.
- Evaluar las características físicas y sensoriales del tomate deshidratado.

### 1.5. Hipótesis

La temperatura ( $T^{\circ}\text{C}$ ) y velocidad del flujo de aire (vfa) influyen sobre las características físicas (cf) y sensoriales del tomate deshidratado en secador de bandejas.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del estudio

Moreno, Sierra, y Díaz-Moreno (2014) estudiaron los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales, que influyen en la calidad de muestras comerciales de tomate deshidratado. Para el estudio, se utilizaron muestras del mercado local y se analizaron los parámetros de humedad, actividad de agua y pH, finalmente, se hizo una prueba sensorial hedónica dirigida a consumidores, para correlacionar con los análisis instrumentales. Se obtuvo que el pH no tiene influencia en el tomate deshidratado comercial y que el color y la textura, además de presentar diferencias significativas entre muestras ( $p < 0.05$ ), son los parámetros más importantes en cuanto a la calidad sensorial del tomate, ya que el consumidor busca un color igual al tomate fresco y como producto deshidratado prefiere un producto blando y con fracturabilidad alta. La actividad de agua varía en un rango de 0,525 y 0,771; valores que no son característicos para un alimento deshidratado dejando agua libre disponible para reacciones de deterioro microbiano. En la medida de pH, la dispersión de las muestras no es significativa y solamente se pueden distinguir dos grupos de muestras; adicionalmente, no se encuentra ninguna correlación del pH con respecto a la humedad del producto.

Moreno y Díaz (s.f.) evaluaron la influencia de tres temperaturas (50, 60 y 70°C) en el color y la textura, encontrando que a 70°C la coloración roja se ve disminuida haciendo que el color en general cambie y que la temperatura de 60°C es la más adecuada texturalmente ya las muestras tienen más fracturabilidad que las muestras deshidratadas a 50 y 70°C y un buen balance de masticabilidad y dureza. La coloración conserva unos valores aceptables a las temperaturas de 50 y 60°C, pero a 70°C se observa un cambio significativo disminuyendo la tonalidad roja y adquiriendo una tonalidad marrón, esta condición de proceso indica una influencia negativa en las

características sensoriales del producto, no se considera apta para el proceso de deshidratación.

Monsalve y Machado (2007) realizaron una evaluación de la deshidratación del tomate variedad manzano por dos equipos de secado como lo fueron la estufa al aire (EA) y el secador de bandejas (SB), para determinar cuál de ellos ofrece mejores resultados. Por lo que fue necesario partir de una materia prima como el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) var. Manzano el cual posee un contenido de humedad de 94,4% en base húmeda (bh), se realizaron diferentes ensayos para determinar las temperaturas adecuadas para el secado, alcanzando una temperatura de 52°C para el secado en (EA), temperatura de bulbo seco 76°C y temperatura de bulbo húmedo de 70°C para el (SB). Para poder comparar los métodos fue necesario evaluar las características fisicoquímicas y microbiológicas del producto obtenido, así como el tiempo de vida útil del producto seco, alcanzando un contenido de humedad en el tomate de 14,62% en base seca (bs) en la estufa al aire y 10,52% (bs) en el secador de bandejas. Finalmente es importante destacar que el valor de humedad de la materia prima en base húmeda (bh) es bastante elevado, sin embargo la deshidratación se pudo realizar sin ningún problema. Ahora bien, entre los dos procesos empleados, el mejor fue el de (SB) con una probabilidad ( $P < 0,05$ ), debido a los resultados fisicoquímicos obtenidos por el mismo, en cuanto a los atributos de acidez titulable 3,00 mg Ac. cítrico (SB) – 2,02 mg Ac. cítrico (EA) humedad 10,52% (SB) – 14,62% (EA), °Brix 4,7 (SB) – 4,5 (EA) y cenizas totales 0,35% (SB) – 0,33% (EA).

Gómez (2009) realizó el deshidratado de tomate variedad Saladette en un secador de charolas diseñado y construido en la Universidad Tecnológica de la Mixteca. Las condiciones de secado empleadas fueron temperaturas de 45, 50 y 60 °C, con velocidades de aire de 0.6 y 1.2 m/s, con y sin rotación de charolas. Se utilizaron rebanadas de 6 mm de grosor, pre-tratadas con metabisulfito de sodio al 1%. Las curvas de secado obtenidas se analizaron en los períodos de velocidad constante y decreciente y se emplearon tres modelos matemáticos para predecir los tiempos de secado. A las rebanadas

de tomate deshidratadas se les determinó el contenido de licopeno, ácido ascórbico, fenoles totales y color por métodos espectrofotométricos; así como la razón de rehidratación. Las mejores condiciones de secado fueron 60 °C, 0.6 m/s y rotación de charolas. Estas permitieron la menor degradación de licopeno (2.9%), ácido ascórbico (17.3%) y fenoles totales (2.1%). El análisis estadístico a un nivel de significancia del 5%, indicó que la rotación de charolas tiene una contribución sobre el color ( $a^*$ ), licopeno y ácido ascórbico.

Doymaz (2006) en su investigación titulada “Deshidratación de tomates por aire caliente”, su principal objetivo fue evaluar el efecto de la solución de oleato de etilo alcalina (2 % oleato de etilo + 4 % de carbonato de potasio) como pre-tratamiento para los tomates deshidratados en un secador de bandejas escala laboratorio usando cuatro temperaturas (55, 60, 65, 70 °C) con una velocidad de aire fijada a 1,5 m/s y fueron llevados hasta un contenido de humedad de 11 % de una humedad inicial de 94,5 %. También se evaluó la capacidad de rehidratación donde con cinco gramos de producto deshidratado fue añadido con 200 mL de agua destilada en un matraz beaker a 25 °C por 24 h. La solución alcalina de oleato de etilo usado en el secado de tomate afectó fuertemente las características del secado y las capacidades de rehidratación en el producto deshidratado. Los tomates pre-tratados con solución alcalina de oleato de etilo deshidrataron más rápido que las muestras sin tratar. Además, la capacidad de rehidratación de las muestras pre-tratadas fue mayor.

Maldonado, Amau y Bertuzzi (2009) evaluaron el efecto del pre-tratamiento y temperatura en la difusión de agua durante la rehidratación en mangos deshidratados, estudiaron las cinéticas asociadas con la rehidratación de mangos deshidratados a tres temperaturas: 25, 40 y 60 °C. Además, estudiaron como la rehidratación se vio afectada por el pre-tratamiento de la fruta osmodeshidratada ya sea en glucosa o sacarosa antes de la deshidratación térmica. Demostraron que la rehidratación puede ser interpretada por la difusión de Fickian y que el coeficiente de difusión de agua eficaz es mayor a 40 °C que a 25 o 60 °C.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Generalidades del tomate

El tomate es originario de la familia de las Solanáceas, cuya especie básica la denominan científicamente como *Lycopersicon esculentum*. El desarrollo de la industria de procesamiento de tomates se da a inicios de la década de 1960 y con el paso de los años esta industria ha dado grandes avances en todos los países del mundo; el cultivo y consumo de tomate en fresco y en productos procesados como jugos y salsas ha alcanzado una extraordinaria dimensión.

La producción mundial de tomate, según datos de la FAO y la ONU, durante el periodo 2003 – 2006, se ha mantenido estable, con un nivel promedio anual de 123,79 millones de toneladas, convirtiéndolo en una de las hortalizas con mayor consumo a nivel mundial. Su importancia radica en que posee cualidades para integrarse en la preparación de alimentos, lo que lo convierte al tomate en un ingrediente básico en la dieta diaria (Guzmán Jara, 2008).

Originario de América tropical, probablemente en México o en Perú. Fue llevado a Europa a principios del siglo XVI y más tarde en el siglo XVIII a América del Norte y desde estas áreas se extendió al resto del mundo (Jenkins, 1948).

### 2.2.2. Propiedades nutricionales del tomate

Las características más apreciadas en el tomate para el consumo en fresco son su color y sabor. El color en los tomates, está dado principalmente por los carotenoides, siendo el licopeno el que se encuentra en mayor cantidad; mientras que el sabor es proporcionado por los azúcares y los compuestos volátiles.

La fracción de compuestos volátiles le confiere al tomate las propiedades sensoriales, sabor y aroma. Esta fracción está constituida por más de 400 sustancias, entre las cuales se encuentran hidrocarburos, éteres, fenoles, cetonas, aldehídos, ésteres y lactonas. De esos compuestos 30 juegan un

papel importante; adicionalmente se ha observado que su componente principal, el volátil (Z)-hex-3-enal, se encuentra en una concentración del 31% (Gómez y Camelo, 2002). Por ello es importante que al llevar a cabo un tratamiento térmico en el tomate se tomen en cuenta las condiciones de operación, tales como las temperaturas, aditivos y exposición al aire. Esto último cuando el tomate se deshidrate en sistemas que operen con flujos de aire forzado (Guzmán Jara, 2008).

En cuanto al sabor son importantes los azúcares, que constituyen aproximadamente el 60% de los sólidos solubles (predominan glucosa y fructosa), el contenido de azúcares experimenta un crecimiento brusco cuando el fruto alcanza un color amarillento y aumenta paulatinamente durante la maduración (Gómez y Camelo, 2002). Al realizar un tratamiento térmico, la presencia de los azúcares favorece reacciones de Maillard. Estas reacciones inducen el pardeamiento del producto.

En los últimos años el interés por los productos derivados del tomate, ha cobrado importancia debido a su actividad antioxidante. El tomate no sólo contiene antioxidantes nutritivos como las vitaminas A, C y E; contiene también una gran cantidad de antioxidantes no nutritivos como betacarotenos, carotenoides (licopeno, principalmente), flavonoides, flavonas y ácidos fenólicos (Chang, Lin, y Liu, 2006). El licopeno constituye aproximadamente el 83% de todos los pigmentos presentes en el tomate, siendo el fruto que tiene los niveles más altos de dicho compuesto. Los tomates y sus productos son las principales fuentes de licopeno en la dieta de las personas. La degradación del licopeno no sólo afecta el color del producto final, sino también su valor nutritivo. Estudios han demostrado que el licopeno protege contra cáncer de próstata, de mama, arteriosclerosis, reduce la oxidación de proteínas de alta densidad y ayuda a disminuir los niveles de colesterol en la sangre (Kerkhofs, Lister, y Savage, 2005).

Los tomates proporcionan potasio, hierro, fósforo, algunas vitaminas del complejo B y son una buena fuente de fibra. Contienen alrededor de un 90% de agua, lo que los hace altamente perecederos. La composición depende de la variedad, etapa de madurez, condiciones de cultivo: clima, luz, temperatura, tierra y fertilización, así como su manejo y almacenamiento (Yilmaz, 2001).

El color, licopeno, ácido ascórbico y fenoles totales están íntimamente relacionados con la calidad del tomate, y son considerados indicadores de calidad. Cuando se lleva a cabo el procesamiento térmico del tomate estos componentes se ven afectados, modificando consecuentemente su calidad, valor nutritivo y comercial. Por lo tanto, se vuelve importante que al procesar este alimento, se tome en cuenta la conservación o disminución de las pérdidas de estos compuestos.

### 2.2.3.El proceso de deshidratación

El deshidratado de alimentos es uno de los métodos de conservación más antiguos conocidos y consiste en la eliminación total o parcial del contenido de agua del material que la contiene (Hardenburg, Watada, y Wang, 1988). Este proceso conlleva una apreciable reducción del peso y volumen de los alimentos que se deshidratan, consiguiéndose así una importante reducción de los costos de transporte y almacenamiento de esos productos (Doymaz, 2004). Aunque el contenido en humedad en un alimento puede ser un factor indicativo de estar propenso al deterioro, también se ha observado que diferentes alimentos con el mismo contenido de humedad pueden ser muy diferentes en su estabilidad por lo que este índice resulta insuficiente para indicar lo percedero de un alimento al no tener en cuenta las interacciones del agua con otros componentes del mismo. Por esta razón, el primer objetivo de la operación de secado en cuanto a aumentar la estabilidad del producto se define en términos de depresión de la actividad de agua y no en términos de disminución del contenido de humedad (Catraro, 2014).

La actividad acuosa ( $a_w$ ) mide la relación entre la presión de vapor de un alimento y la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura ( $T^{\circ}\text{C}$ ). Este parámetro indica la humedad libre que en condiciones normales puede intercambiarse con el medio ambiente, por lo tanto permite determinar la capacidad de conservación de los alimentos.

Se ha demostrado que la  $a_w$  es un factor clave para el crecimiento de los microorganismos, la producción de toxinas y la resistencia al calor. En alimentos deshidratados, lo ideal es lograr y mantener una  $a_w$  por debajo de

0,6 para evitar el crecimiento de hongos, levaduras y bacterias (Figura 1) (Catraro, 2014).

En la figura 1, observamos los cambios que ocurren en los alimentos en función de la actividad de agua, donde: a) Oxidación de lípidos; b) reacciones hidrolíticas; c) oscurecimiento no enzimático; d) isoterma de adsorción; e) actividad enzimática; f) crecimiento de hongos; g) crecimiento de levaduras y h) crecimiento de bacterias.

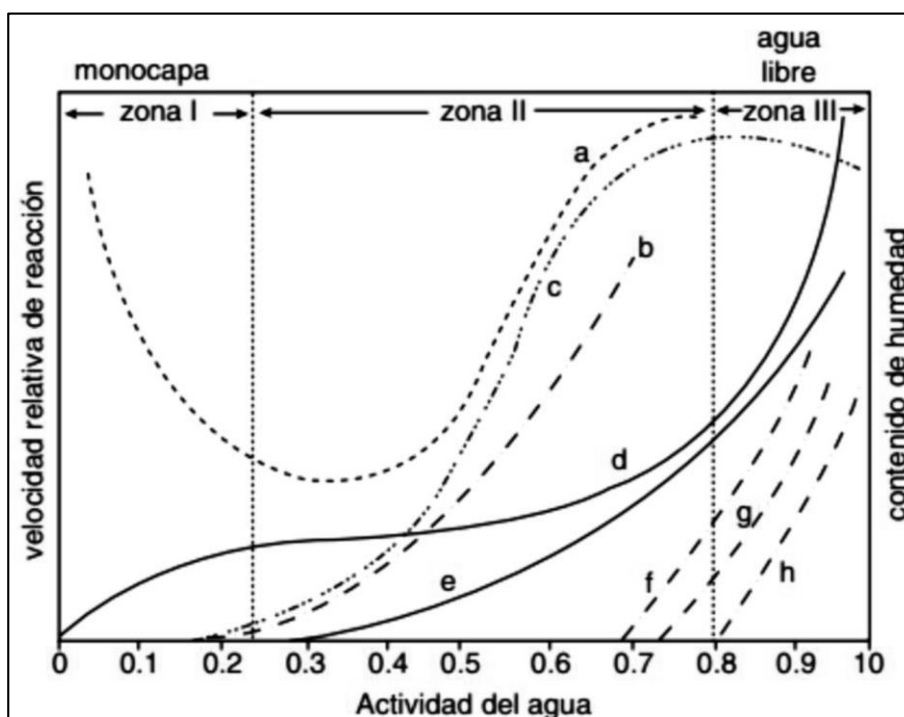


Figura 1. Cambios que ocurren en los alimentos en función de la actividad de agua.

Fuente: Badui Dergal, 2006

Además la  $a_w$  juega un papel de suma importancia en la estabilidad química y la calidad de los alimentos. Por ello, ajustándola y eligiendo el envase adecuado puede alargarse la vida útil de un alimento sin necesidad de refrigeración durante el almacenamiento.

A medida que se extrae la humedad del alimento, comienza a incrementarse la cantidad de energía necesaria para extraerla. Esto se debe a que el agua contenida dentro de los alimentos se encuentra ligada a las moléculas de los sólidos en mayor o menor medida dependiendo de varios



factores como el contenido de sólidos solubles totales, el contenido de fibra, entre otros.

Otro aspecto de interés a considerar es el contenido de agua libre, siendo la misma la que se encuentra unida por fuerzas de capilaridad que posee alta capacidad solvente, es congelable y su retención depende del pH y de las sales presentes en la materia. El agua débilmente ligada, es una multicapa deshidratable, puede iniciar reacciones químicas como solvente. El agua ligada es la que se encuentra fuertemente unida a los solutos por lo tanto es difícil de eliminar, es una monocapa sin capacidad solvente y no es extraída de los alimentos durante el proceso de deshidratado (Catraro, 2014).

En los fenómenos de secado, la psicrometría es de gran importancia ya que se refiere a las propiedades de la mezcla de aire-vapor que controla la velocidad de secado. Cuando se proporciona un suministro adecuado de calor para el secado, la temperatura ( $T^{\circ}\text{C}$ ) y la velocidad a la que se produce la vaporización del líquido dependerá de la concentración de vapor en la atmósfera circundante (Hii, Jangam, Ong, y Mujumdar, 2012)

Durante el proceso de secado se puede provocar cambios indeseables en los alimentos. El tamaño y la forma pueden cambiar considerablemente de manera que cuando se reconstituye el alimento este no recupera su forma y tamaños originales. Los cambios de color y textura también pueden darse debido a la exposición durante el secado a altas temperaturas, cambios que perduran después de la reconstitución (Catraro, 2014).

Estos cambios en las características físicas, químicas y biológicas de los productos alimenticios se producen durante el procesamiento, almacenamiento y distribución por lo tanto, para evaluar su estabilidad, es necesario el conocimiento de las isotermas de sorción de agua. Las isotermas de sorción son una importante herramienta para predecir las interacciones entre el agua y los componentes de los alimentos, describen la relación entre la  $a_w$  y el contenido de humedad de equilibrio de los productos alimenticios. Estas son representadas gráficamente mediante la relación entre el contenido de humedad a la correspondiente  $a_w$  dentro de un rango de valores a temperatura constante. En la Figura 2 se presentan las isotermas de absorción y desorción, de las cuales puede deducirse la existencia de una

ligera histéresis en la re-absorción de agua cuando el producto ha sido desecado (Hii, Jangam, Ong, y Mujumdar, 2012).

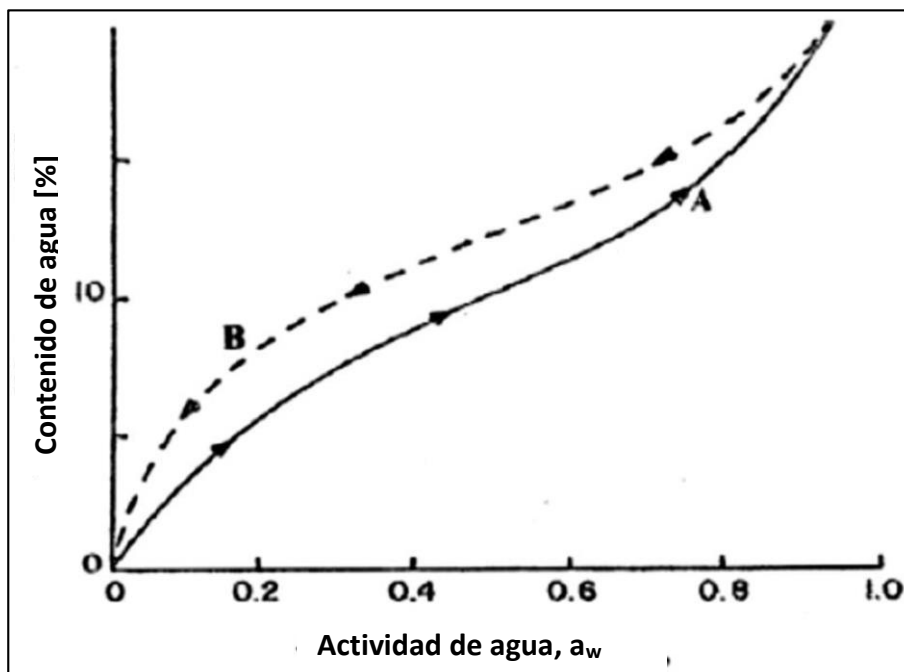


Figura 2. Isotermas de sorción, determinadas por las curvas de absorción (A) y de desorción (B).

Fuente: Adaptado de Hii, Jangam, Ong, y Mujumdar, 2012

Los cambios de sabor y aroma de los productos deshidratados se deben fundamentalmente a la pérdida de componentes volátiles durante el proceso, también al desarrollo de sabores y aromas típicos de productos cocidos provocados por las altas temperaturas. Estos cambios son tanto mayores cuando más altas son las temperaturas utilizadas y/o cuanto mayor es el tiempo de secado pudiendo minimizarse utilizando métodos de secado que impliquen el uso de temperaturas moderadas o bajas.

Las temperaturas elevadas si bien reducen el tiempo de secado, pueden acelerar los procesos de pardeamiento, pérdidas de vitamina C y además producen deformaciones pronunciadas en los trozos de la fruta (Vázquez, Arnéz, Fernández, y Fernández, 1997).

## 2.3. Definición de términos

### 2.3.1. Secado

El secado es un proceso en el que el agua se elimina para detener o aminorar el crecimiento de microorganismos perjudiciales, así como de ciertas reacciones químicas (Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado, 2000).

### 2.3.2. Agua libre o agua no ligada

El agua libre o no ligada se define como el agua del alimento que se comporta como agua pura. El agua no ligada se elimina durante el período de velocidad constante de secado cuando la naturaleza del alimento no tiene gran efecto en el proceso de secado (Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado, 2000).

### 2.3.3. Agua ligada

Se define como el agua que posee una menor presión de vapor, menor movilidad y reduce el punto de congelación de modo más elevado que el agua pura. Las moléculas ligadas de agua tienen propiedades cinéticas y termodinámicas diferentes a las moléculas ordinarias de agua (Barbosa-Cánovas y Vega-Mercado, 2000).

### 2.3.4. Actividad de agua

Es la relación entre la presión del agua en el medio considerado y la presión de vapor del agua a la misma temperatura. Es también, por definición, el grado higrométrico o la humedad relativa del medio (Claude, 2004).

## 2.4. Variables

### 2.4.1. Identificación de variables

- Temperatura de deshidratación ( $T^{\circ}d$ )

- Velocidad del flujo de aire (vfa)
- Parámetros físico-químicos (pqf)
- Tiempo de deshidratación (td)
- Características físicas (cf)
- Características sensoriales (cs)

#### 2.4.2. Definición de las variables

- Temperatura de deshidratación ( $T^{\circ}d$ ): Influyen en el tiempo de deshidratado, las temperaturas serán 55, 65 y 75 °C
- Velocidad del flujo de aire (vfa): Influye en el tiempo de deshidratación mientras mayor esta menor el tiempo de deshidratación, 0,6; 0,9 y 1,2 m/s
- Parámetros físico-químicos (pqf): Influyen en el producto final luego del deshidratado: sólidos solubles, pH, acidez titulable y humedad
- Tiempo de deshidratación (td): Depende de la temperatura y velocidad del aire; también se le conoce como tiempo de residencia, 5 – 15 h
- Características físicas (cf): Dependen de la temperatura y velocidad del aire, se evaluará el encogimiento.
- Características sensoriales (cs): Dependen de la temperatura y velocidad del aire, se evaluará el color, olor, sabor y textura.

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Tipo y diseño de la investigación

##### 3.1.1. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo descriptivo y de nivel experimental. Se describieron los efectos que se generan durante el experimento que es una situación provocada por el investigador, donde se controló el aumento o disminución de las variables.

##### 3.1.2. Diseño de la investigación

Se realizó un diseño factorial multinivel de 9 tratamientos para el proceso de deshidratación de las rebanadas de tomate y para el análisis posterior de los resultados obtenidos.

Tabla 1. Factores y niveles del diseño experimental

Factores	Niveles			Unidades
	Bajo	Medio	Alto	
X1: Temperatura	55	65	75	°C
X2: Velocidad del flujo de aire	0,6	0,9	1,2	m/s

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Tratamientos que intervinieron en el trabajo de investigación

<b>Tratamiento</b>	<b>X1: Temperatura de secado (°C)</b>	<b>X2: Velocidad de flujo de aire (m/s)</b>
<b>T1</b>	55	0,6
<b>T2</b>	65	0,6
<b>T3</b>	75	0,6
<b>T4</b>	55	0,9
<b>T5</b>	65	0,9
<b>T6</b>	75	0,9
<b>T7</b>	55	1,2
<b>T8</b>	65	1,2
<b>T9</b>	75	1,2

Fuente: Elaboración propia

### 3.2. Población y/o muestra de estudio

El estudio se realizó con tomates variedad Río grande mejorado comprados en un mercado local, provenientes de la región Tacna.

## 3.3. Operacionalización de variables

Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis General	Variables	Indicadores	Índices	Métodos
¿Cuál es el efecto de la temperatura y velocidad del flujo de aire en el tiempo de deshidratación?	Evaluar el efecto de la temperatura y velocidad del flujo de aire en el tiempo de deshidratación	La temperatura y velocidad del flujo de aire influyen sobre las características físicas y sensoriales del tomate deshidratado en secador de bandejas	<b>Independientes</b>			
			Temperatura de deshidratación (T°d)	Temperatura	55 – 75 °C	Se registrará la temperatura y la velocidad del flujo del aire mediante lectura de los instrumentos del secador de bandejas.
			Velocidad del flujo de aire (vfa)	Velocidad	0,6 – 1,2 m/s	
¿Cuáles serán las características físicas y sensoriales del tomate deshidratado?	Evaluar las características físicas y sensoriales del tomate deshidratado		<b>Dependientes</b>			
			Tiempo de deshidratación (td)	Tiempo	5 – 15 h	El tiempo se medirá con un cronómetro.
			Características sensoriales (cs)	Evaluación sensorial	Textura, color, olor y sabor	Se realizará la evaluación sensorial con 10 jueces semi-entrenados.
			Características físicas (cf)	Encogimiento	5 – 40 %	Se medirá el porcentaje de encogimiento de las rebanadas de tomate.

Fuente: Elaboración propia

### 3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

#### 3.4.1. Procedimiento experimental

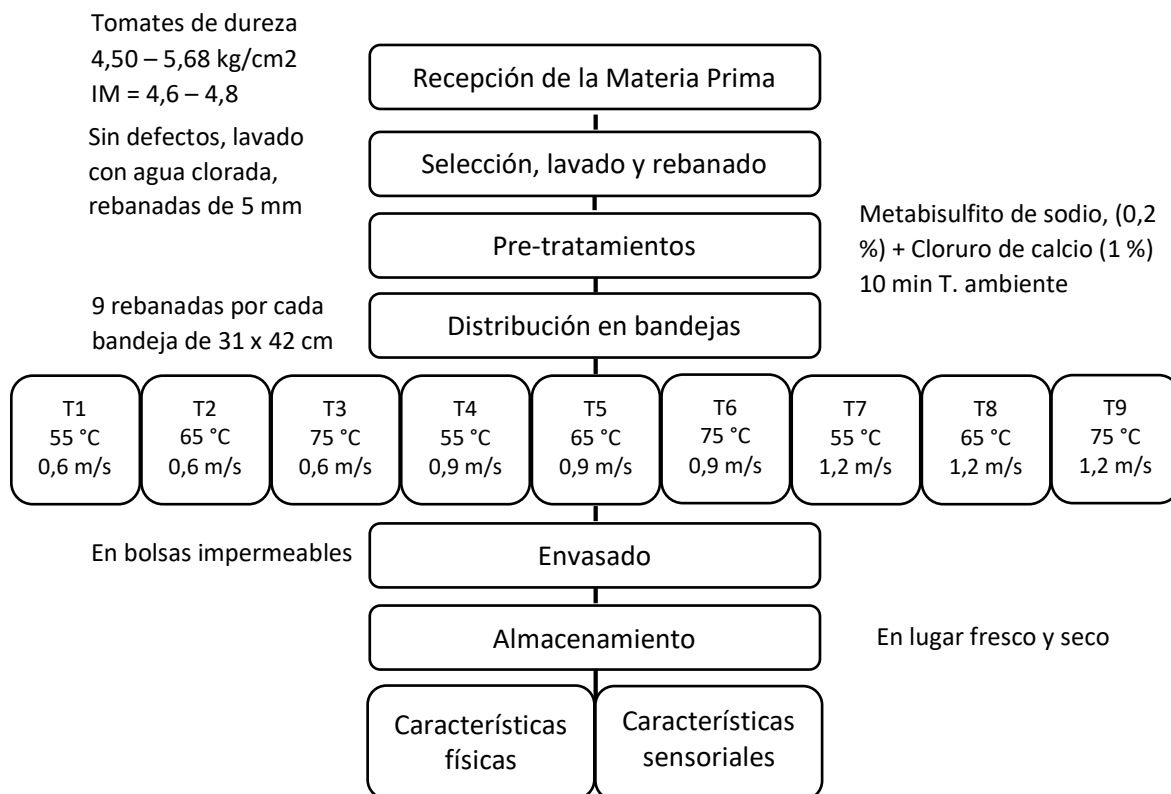


Figura 3. Diagrama de flujo del procesamiento de la materia prima

Fuente: Elaboración Propia

#### a) Recepción de la Materia Prima

Los tomates variedad Rio Grande mejorado tuvieron una dureza que varía entre 4,50 y 5,68 kg/cm<sup>2</sup> (ver Anexos. Tabla 13) y entre un 4,6 y 4,8 de índice de madurez para realizar la deshidratación, presentaron una cáscara relativamente gruesa, sin rajaduras ni grietas, la sensación al tacto debe sentirse duro, ante una suave presión y el color de la cáscara debe ser 100 % roja.

#### b) Selección, Lavado y Rebanado

Se seleccionaron los tomates sin defectos en la cáscara. A continuación se les realizó un lavado sumergiendo los tomates en agua clorada, se cortaron los tomates en rebanadas de entre 2 a 5 mm de grosor.



- c) Pre-Tratamientos  
Se sumergirán en una solución de metabisulfito de sodio al 0,2 % y cloruro de calcio al 1 % por 10 minutos a temperatura ambiente.
- d) Distribución en bandejas  
Se distribuirán en 5 bandejas, de 31 x 42 cm, 9 rebanadas por bandeja.
- e) Deshidratación  
Se llevarán las bandejas para la deshidratación en el secador. En esta etapa se controlarán las variables temperatura (T°C) y velocidad del flujo de aire (vfa), también se registrará el tiempo en que las muestras lleguen a peso constante, donde se dará por finalizado el proceso de deshidratación. Se registrará el peso regularmente durante el proceso.
- f) Envasado  
Las rebanadas deshidratadas se envasaron en bolsas plásticas impermeables.
- g) Almacenamiento  
Se almacenarán en un lugar fresco y seco, hasta cuando se realice las evaluaciones sensoriales.

### 3.4.2. Técnicas analíticas.

#### 3.4.2.1. En la materia prima

- a) Preparación de la muestra. CODEX STAN 247-2005
- Pesar 10 g de tomate
  - Añadir 50 mL de agua destilada y licuar junto al tomate
  - Se añade a una fiola y se enrasa a 100 ml con agua destilada y luego se procede al filtrado
- b) Medición del pH. Determinación por potenciometría: Método ISO 1842:1991
- Colocar 25 mL de muestra en un vaso de precipitación de 50 mL

- Introducir directamente el electrodo en la solución problema y leer el pH
- c) Determinación de la acidez titulable. Determinación por colorimetría: Método 942.15 (37.1.37) del AOAC (1996)
- Una vez que las muestras han sido homogenizadas
  - Seguidamente se procede al filtrado utilizando papel filtro watman N° 2
  - A continuación colocar el filtrado (sobrenadante) en una fiola de 100 mL
  - Finalmente tomar una cantidad de alícuota de la fiola y titular con solución de hidróxido de sodio 0,1 N; usando 4 o 5 gotas de solución de fenolftaleína
  - Leer el gasto y anotar
  - Calcular con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de ácido cítrico} = 100 \times \frac{(ml \text{ NaOH})(N)(M \text{ eq})(Vol. de dilución)}{(\text{peso de la muestra})(alícuota)} \quad (1)$$

- d) Determinación de los sólidos solubles. Determinación indirecta por refractometría: Método 983.17 del AOAC, 1996
- Chequear el instrumento con agua destilada, el índice de refracción debe ser 1,3330 a 20 °C y 1,3328 a 22 °C
  - Limpiar el prisma cuidadosamente
  - Tomar la muestra problema ya filtrada y colocar unas gotas en el prisma
  - Leer y anotar el índice de refracción
  - Calcular con la siguiente fórmula:

$$ST = 701,51 (IR - 1,3000) - 22,378 \quad (2)$$

- e) Determinación del Índice de Madurez (IM)

$$IM = \frac{\text{acidez titulable (\%)}}{^{\circ} \text{Brix}} \quad (3)$$

- f) Determinación de la humedad. Determinación por gravimetría: Método 934.06 (37.1.10) del AOAC, 1996
- Pesar cerca de 5 g. de muestra en 3 placas previamente tarados e identificados
  - Llevar a la estufa a 105°C por 5 horas
  - Enfriar en el desecador y pesar
  - Determinar la humedad con la siguiente formula:

$$\text{humedad (\%)} = \frac{\text{Pérdida de peso (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100 \quad (4)$$

#### 3.4.2.2. En los tratamientos

- a) Determinación de la humedad. Determinación por gravimetría: Método 934.06 (37.1.10) del AOAC, 1996
- Pesar cerca de 5 g. de muestra en 3 placas previamente tarados e identificados
  - Llevar a la estufa a 105°C por 5 horas
  - Enfriar en el desecador y pesar
  - Determinar la humedad con la siguiente formula:

$$\text{humedad (\%)} = \frac{\text{Pérdida de peso (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Caracterización físico-química de la materia prima

En la tabla 3 se muestran los resultados de la caracterización físico-química del tomate variedad Río Grande mejorado, donde el Índice de Maduración estuvo entre 4,6 a 4,8; la determinación de humedad reportó un 94,5 % en base húmeda. En cuanto a pH se encontró un valor de 3,94 unidades. Los sólidos solubles en el tomate se tuvo 4,5 °Brix en promedio. La acidez estuvo en 0,93 % expresado en ácido cítrico.

Tabla 3. Resultados de la caracterización físico-química de la materia prima

<b>ITEM</b>	<b>RESULTADO</b>
IM	4,6 – 4,8
Humedad	94,5 %
pH	3,94
Sólidos solubles	4,5 °Brix
Acidez	0,93 % ácido cítrico

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2. Evaluación del efecto de la temperatura y velocidad del flujo de aire en el tiempo de deshidratación

A continuación se presentan los gráficos de las curvas correspondientes a cada tratamiento realizado de acuerdo al diseño experimental que se utilizó en la investigación.

#### 4.2.1 Tratamiento 1

En la figura 4 se observa la curva de velocidad de secado, kg agua/kg s.s. versus el tiempo de deshidratación, donde la temperatura usada fue de 55 °C a 0,6 m/s de velocidad del flujo aire, el tiempo de deshidratación fue de 13 h. El coeficiente de determinación fue de 0,9992. El análisis de varianza (ver Anexo 2) del modelo matemático de regresión nos resulta en que existe diferencia significativa entre X (el tiempo) y Y (kg agua /kg s.s.) con un 95 % de confianza, el modelo matemático se ajusta con un 99,92 %.

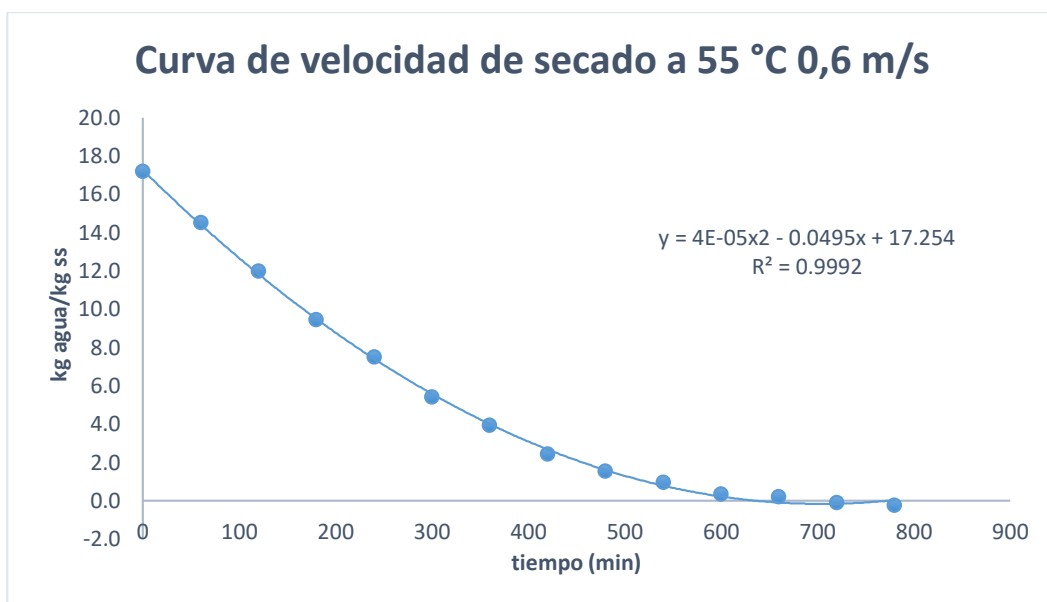


Figura 4. Curva de velocidad de secado, kg agua/kg s.s. versus tiempo (T1 55 °C a 0,6 m/s)

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.2 Tratamiento 2

En la figura 5 se observa la curva de velocidad de secado, kg agua/ kg s.s. versus el tiempo de deshidratación, donde la temperatura usada fue de 65 °C a 0,6 m/s de velocidad del flujo aire, el tiempo de deshidratación fue de 11 h. El coeficiente de determinación fue de 0,9967. El análisis de varianza (ver Anexo 2) del modelo matemático de regresión nos resulta en que existe diferencia significativa entre X (el tiempo) y Y (kg agua/kg ss) con un 95 % de confianza, el modelo matemático se ajusta con un 99,67 %.

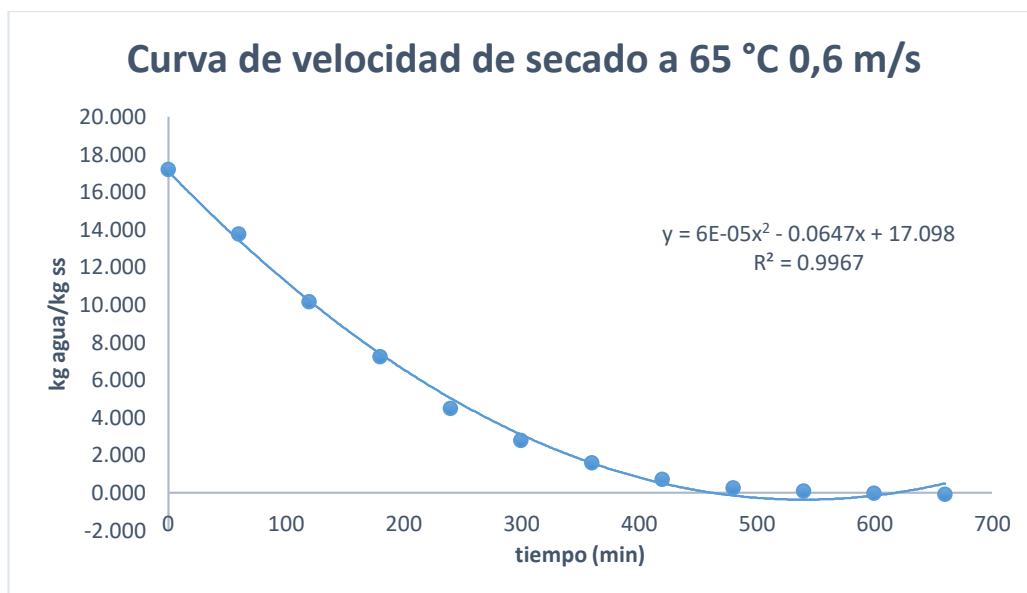


Figura 5. Curva de velocidad de secado, kg agua/kg s.s. versus tiempo (T2 65 °C a 0,6 m/s)

Fuente: Elaboración Propia

### 4.2.3 Tratamiento 3

En la figura 6 se observa la curva de velocidad de secado, kg agua/kg s.s. versus el tiempo de deshidratación, donde la temperatura usada fue de 75 °C a 0,6 m/s de velocidad del flujo aire, el tiempo de deshidratación fue de 7 h. El coeficiente de determinación fue de 0,9977. El análisis de varianza del modelo matemático de regresión nos resulta en que existe diferencia significativa entre X (el tiempo) y Y (kg agua/kg ss) con un 95 % de confianza, el modelo matemático se ajusta con un 99,77 %.

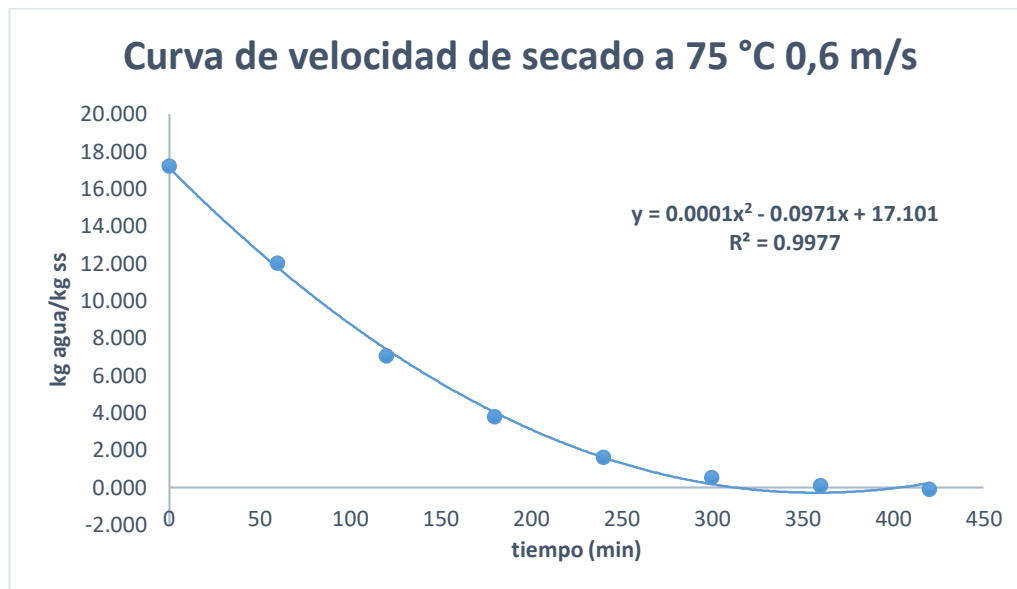


Figura 6. Curva de velocidad de secado, kg agua/kg s.s. versus tiempo (T3 75 °C a 0,6 m/s)

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.4 Tratamiento 4

En la figura 7 se observa la curva de velocidad de secado, kg agua/kg s.s. versus el tiempo de deshidratación, donde la temperatura usada fue de 55 °C a 0,9 m/s de velocidad del flujo aire, el tiempo de deshidratación fue de 8 h. El coeficiente de determinación fue de 0,9983. El análisis de varianza del modelo matemático de regresión nos resulta en que existe diferencia significativa entre X (el tiempo) y Y (kg agua/kg s.s.) con un 95 % de confianza, el modelo matemático se ajusta con un 99,83 %.

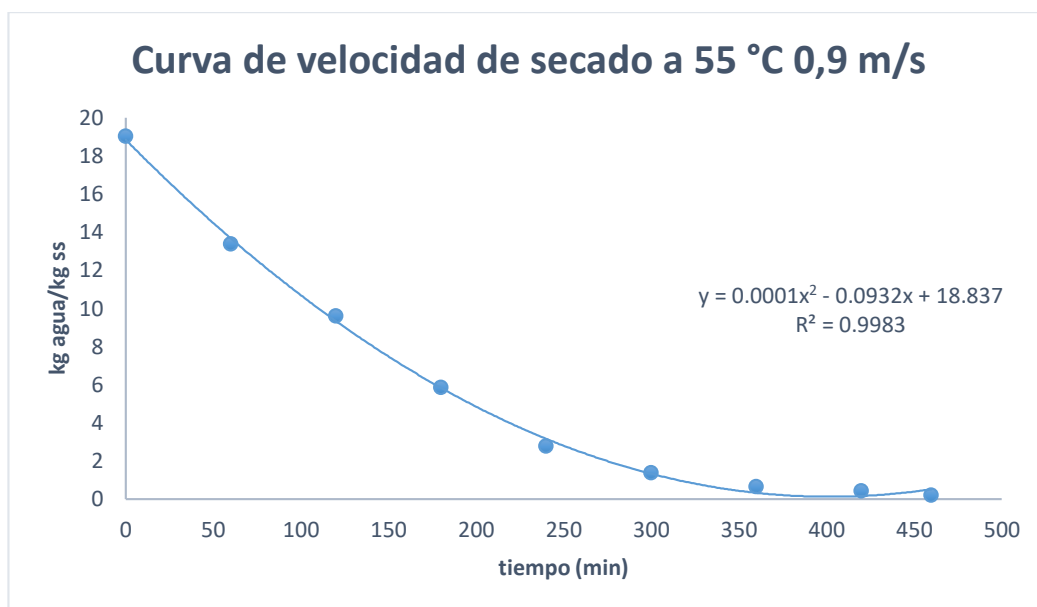


Figura 7. Curva de velocidad de secado, kg agua/kg s.s. versus tiempo (T4 55 °C a 0,9 m/s)

Fuente: Elaboración Propia



#### 4.2.5 Tratamiento 5

En la figura 8 se observa la curva de velocidad de secado, kg agua/kg s.s. versus el tiempo de deshidratación, donde la temperatura usada fue de 65 °C a 0,9 m/s de velocidad del flujo aire, el tiempo de deshidratación fue de 7 h. El coeficiente de determinación fue de 0,9951. El análisis de varianza del modelo matemático de regresión nos resulta en que existe diferencia significativa entre X (el tiempo) y Y (kg agua/kg ss) con un 95 % de confianza, el modelo matemático se ajusta con un 99,51 %.

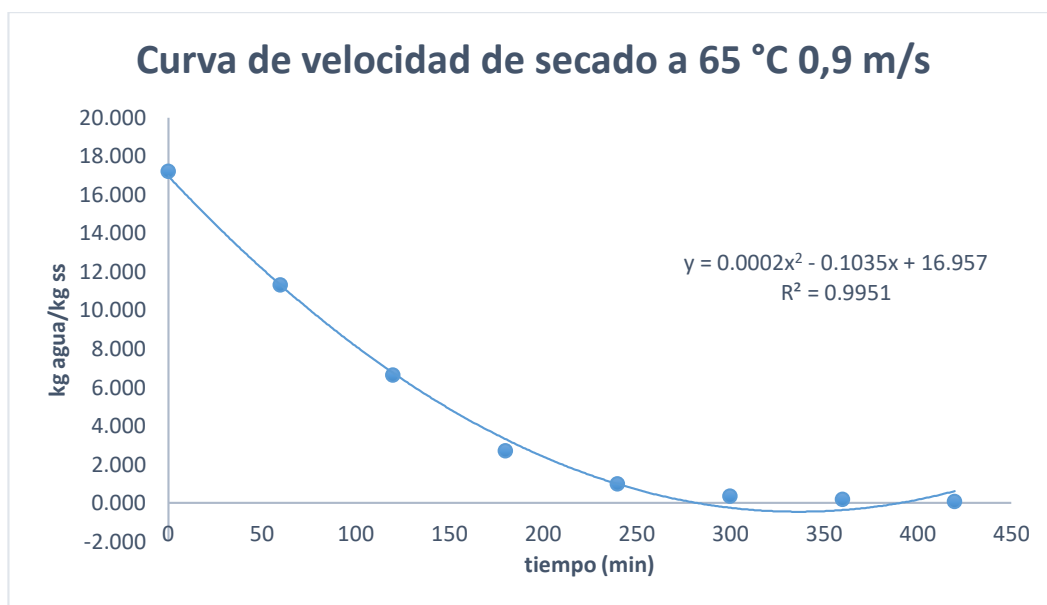


Figura 8. Curva de velocidad de secado, kg agua/kg s.s. versus tiempo (T5 65 °C a 0,9 m/s)

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.6 Tratamiento 6

En la figura 9 se observa la curva de velocidad de secado, kg agua/kg s.s. versus el tiempo de deshidratación, donde la temperatura usada fue de 75 °C a 0,9 m/s de velocidad del flujo aire, el tiempo de deshidratación fue de 6 h. El coeficiente de determinación fue de 0,9986. El análisis de varianza del modelo matemático de regresión nos resulta que existe diferencia significativa entre X (el tiempo) y Y (kg agua/kg ss) con un 95 % de confianza, el modelo matemático se ajusta con un 99,86 %.

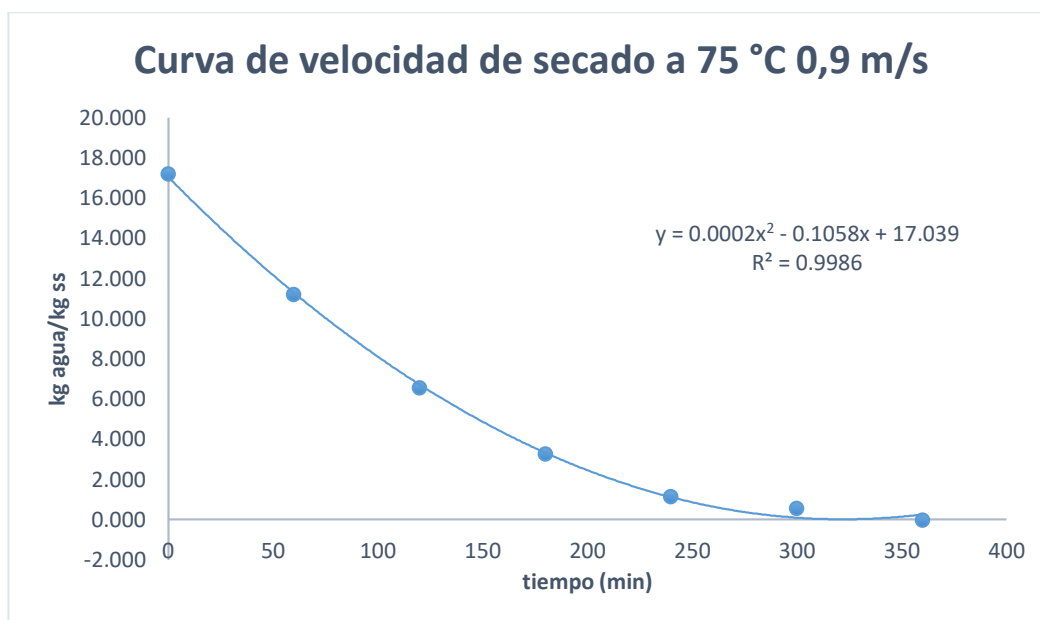


Figura 9. Curva de velocidad de secado, kg agua/kg s.s. versus tiempo (T6  
75 °C a 0,9 m/s)

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.7 Tratamiento 7

En la figura 10 se observa la curva de velocidad de secado, kg agua/kg s.s. versus el tiempo de deshidratación, donde la temperatura usada fue de 55 °C a 1,2 m/s de velocidad del flujo aire, el tiempo de deshidratación fue de 9 h. El coeficiente de determinación fue de 0,9983. El análisis de varianza del modelo matemático de regresión nos resulta en que existe diferencia significativa entre X (el tiempo) y Y (kg agua/kg ss) con un 95 % de confianza, el modelo matemático se ajusta con un 99,83 %.

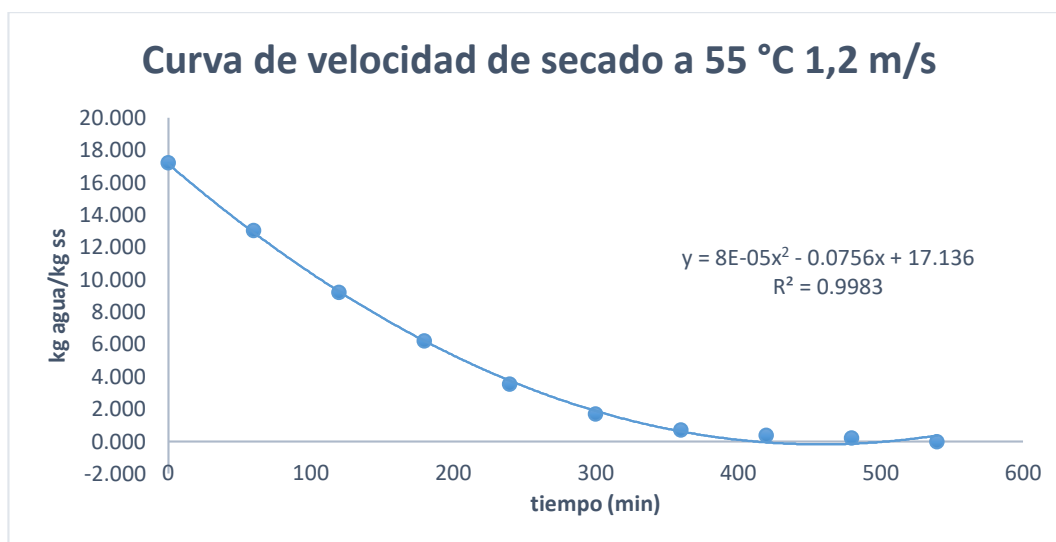


Figura 10. Curva de velocidad de secado, kg agua/kg s.s. versus tiempo (T7 55 °C a 1,2 m/s)

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.8 Tratamiento 8

En la figura 11 se observa la curva de velocidad de secado, kg agua/kg s.s. versus el tiempo de deshidratación, donde la temperatura usada fue de 65 °C a 1,2 m/s de velocidad del flujo aire, el tiempo de deshidratación fue de 7 h. El coeficiente de determinación fue de 0,9988. El análisis de varianza del modelo matemático de regresión nos resulta en que existe diferencia significativa entre X (el tiempo) y Y (kg agua/kg ss) con un 95 % de confianza, el modelo matemático se ajusta con un 99,88 %.

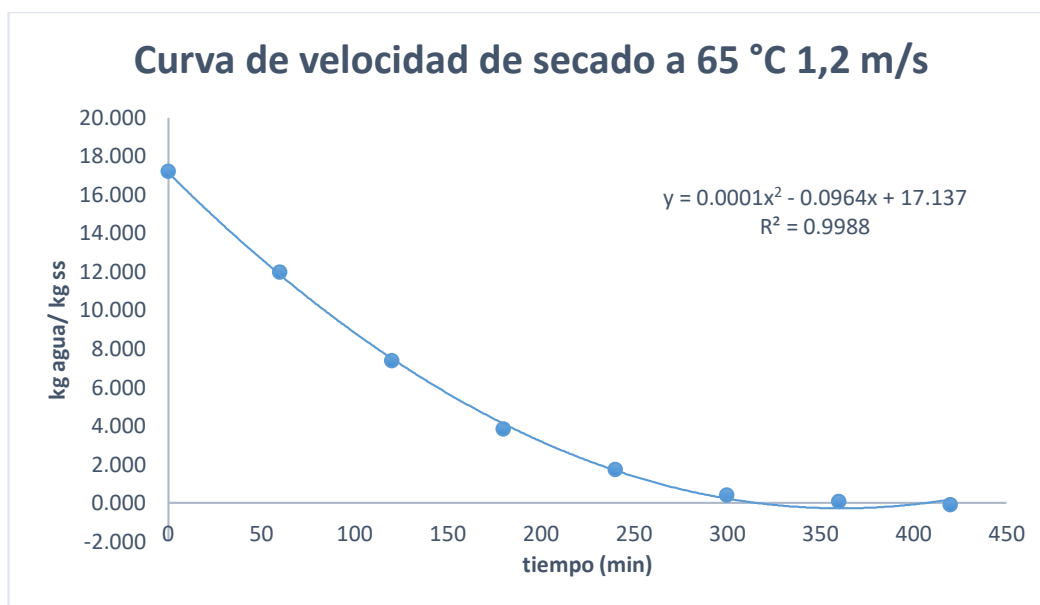


Figura 11. Curva de velocidad de secado, kg agua/kg s.s. versus tiempo (T8 65 °C a 1,2 m/s)

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.2.9 Tratamiento 9

En la figura 12 se observa la curva de velocidad de secado, kg agua/kg ss vs el tiempo de deshidratación, donde la temperatura usada fue de 75 °C a 1,2 m/s de velocidad del flujo aire, el tiempo de deshidratación fue de 6 h. El coeficiente de determinación fue de 0,9924. El análisis de varianza del modelo matemático de regresión nos resulta en que existe diferencia significativa entre X (el tiempo) y Y (kg agua/kg ss) con un 95 % de confianza, el modelo matemático se ajusta con un 99,24 %.

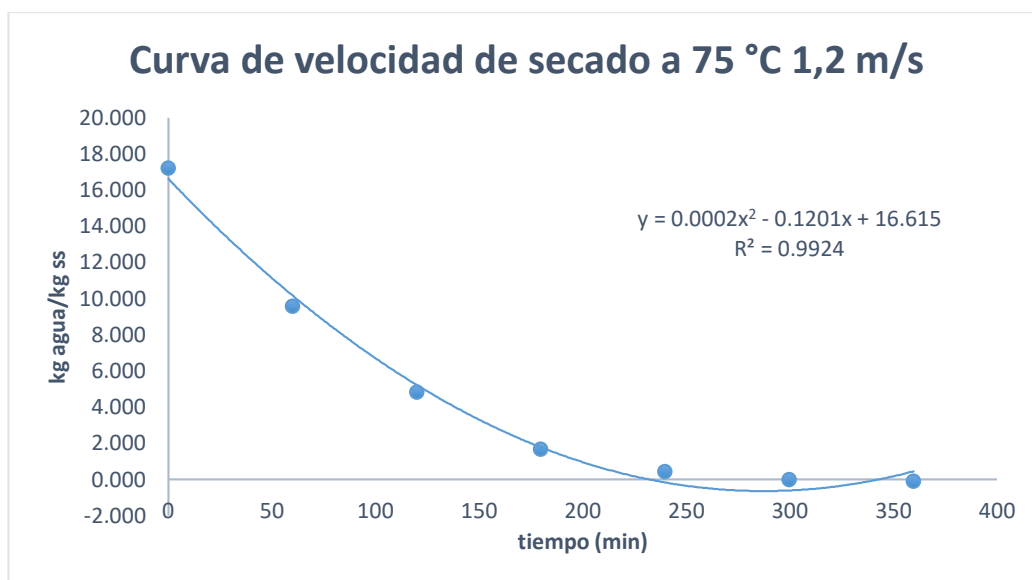


Figura 12. Curva de velocidad de secado, kg agua/kg s.s. versus tiempo (T9 75 °C a 1,2 m/s)

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 4 se muestra los resultados del análisis de varianza donde los factores temperatura y velocidad del flujo de aire influyen significativamente en el tiempo de deshidratación de los tomates en rebanadas con un 95 % de confianza, ya que ambos factores presentan un valor menor a 0,05 de significancia.

Tabla 4. Análisis de varianza para los factores temperatura y velocidad en el tiempo de deshidratación.

Origen	Suma de Cuadrados	Gl	Media Cuadrática	F	Sig.
A:Temperatura	20.2222	2	10.1111	7.91	0.0407
B:Velocidad del aire	20.2222	2	10.1111	7.91	0.0407
RESIDUOS	5.11111	4	1.27778		

C.V.: 11,11 %

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 5 de la prueba de rango múltiple entre la temperatura y el tiempo de deshidratación observamos dos grupos, donde las temperaturas de 55 °C y 75 °C se muestran diferencias estadísticamente significativas referentes al tiempo de deshidratación con un nivel del 95 % de confianza.

Tabla 5. Prueba de rango múltiple de Duncan (P=0.05) para la temperatura en el tiempo de deshidratación.

Orden	Tratamiento (°C)	Promedio (h)	Significancia $\alpha = 0,05$	
1	55	10,0	a	
2	65	8,3	a	b
3	75	6,3		b

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 6 de la prueba de rango múltiple entre la velocidad y el tiempo de deshidratación observamos dos grupos, donde la velocidad de 0,6 m/s con 1,2 m/s y 0,9 m/s muestra diferencias estadísticamente significativas referentes al tiempo de deshidratación con un nivel del 95 % de confianza.

Tabla 6. Prueba de rango múltiple de Duncan (P=0.05) para la velocidad en el tiempo de deshidratación.

Orden	Tratamiento (m/s)	Promedio (h)	Significancia $\alpha = 0,05$
1	0,6	10,3	a
2	1,2	7,3	b
3	0,9	7,0	b

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.3. Evaluación de las características físicas y sensoriales del tomate deshidratado

##### 4.3.1. Encogimiento

En la tabla 7 se muestran los resultados de la medición de las superficies de las rebanadas de tomate, realizadas antes y después de cada tratamiento de deshidratación, también se midió el espesor y se calculó el porcentaje de encogimiento por cada tratamiento. El porcentaje de encogimiento estuvo entre un 18,02 – 28,81 %. El tratamiento T1 tuvo el menor porcentaje de encogimiento y por el contrario el tratamiento T9 tuvo el mayor porcentaje. Estos resultados se deben en T9; la alta temperatura (75 °C) y velocidad (1,2 m/s) y por el contrario en T1 (55 °C y 0,6 m/s) se produjeron estos valores de encogimiento debido a factores que influyen en el tamaño y forma de las rebanadas de tomate siendo la temperatura y velocidad de flujo de aire, también otro factor es el alto contenido de humedad 94,2 % (B.H.B.) (Catraro, 2014).

Tabla 7. Superficie y espesor de las rebanadas de tomate

Tratamiento	Superficie (cm <sup>2</sup> )		Espesor (cm)		Encogimiento (%)
	Inicial	Final	Inicial	Final	
T1	6,05	4,96	0,40	0,20	18.02
T2	6,10	4,89	0,45	0,20	19.84
T3	5,90	4,72	0,42	0,20	20.00
T4	6,00	4,59	0,38	0,20	23.50
T5	6,10	4,60	0,48	0,20	24.59
T6	5,90	4,45	0,43	0,20	24.58
T7	5,80	4,40	0,44	0,20	24.14
T8	6,20	4,43	0,49	0,20	28.55
T9	5,90	4,20	0,44	0,20	28.81

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 8 se observa el análisis de varianza para la interacción de los factores (temperatura y velocidad del aire) sobre el encogimiento de las rebanadas de tomate en el proceso de deshidratación donde tenemos que la temperatura no tiene significancia pero la velocidad del aire influye significativamente en el encogimiento a un 95 % de confianza.

Tabla 8. Análisis de varianza para los factores temperatura y velocidad en el encogimiento de las rebanadas de tomate

Origen	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F	Sig.
A:Temperatura	12.6115	2	6.30574	5.77	0.0662
B:Velocidad del aire	95.1283	2	47.5641	43.56	0.0019
RESIDUOS	4.36771	4	1.09193		
TOTAL	112.107	8			

Fuente: Elaboración Propia



En la tabla 9 se observa la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P=0.05$ ) donde tenemos que todas las velocidades 0,6; 0,9 y 1,2 m/s tienen diferencias estadísticamente significativas en el encogimiento de las rebanadas de tomate a un nivel de 95 % de confianza.

Tabla 9. Prueba de rango múltiple de Duncan ( $P=0.05$ ) para la velocidad en el encogimiento de las rebanadas de tomate

Orden	Tratamiento (m/s)	Promedio (h)	Significancia $\alpha = 0,05$
1	1,2	27,17	a
2	0,9	24,22	b
3	0,6	19,29	c

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.3.1.1. Evaluación sensorial

Para evaluar la influencia de la temperatura y velocidad del aire en las características sensoriales del tomate deshidratado, se realizaron las pruebas con el fin de determinar el grado de satisfacción. Los parámetros que se midieron fueron: Color, olor, textura y apariencia del tomate deshidratado. Los resultados se muestran a continuación

En la tabla 10 observamos los resultados de Media y la prueba de rango múltiple de Duncan ( $P=0,05$ ), en el color no existe una diferencia significativa entre las muestras evaluadas. Para el olor se encontraron diferencias significativas entre la muestra T7 y difieren de las muestras T1, T9, T6, T8, T2 y T5. En la textura se encontraron diferencias significativas entre las muestras T1 y T6, donde estas difieren ambas con las muestras T8 y T3. En la apariencia se encontraron diferencias significativas entre las muestras T1, T6, T5, T8 y T3. En conclusión, las primeras muestras con el mayor puntaje global fueron de los tratamientos: T1 (55 °C; 0,6 m/s) con 3,25 puntos y T7 (55 °C; 1,2 m/s) con 3,08 puntos mientras que las últimas: T8 (65 °C; 1,2 m/s) y T3 (75 °C; 0,6 m/s) obtuvieron 2,78 y 2,75 puntos respectivamente.

Tabla 10. Resultados de Media y prueba de rango múltiple de Duncan (P=0,05)

<b>COLOR</b>								
T1	T4	T2	T5	T6	T9	T8	T7	T3
3,5a	3,3a	3,3a	3,2a	3,2a	3,1a	3,1a	3,0a	3,0a
<b>OLOR</b>								
T7	T4	T3	T1	T9	T8	T2	T5	T6
3,6a	3,3ab	3,3ab	3,0b	3,0b	3,0b	2,9b	2,8b	2,7b
<b>TEXTURA</b>								
T6	T1	T7	T9	T5	T2	T4	T3	T8
3,2a	3,2a	3,0ab	2,9ab	2,8ab	2,8ab	2,7ab	2,5b	2,4b
<b>APARIENCIA</b>								
T1	T6	T5	T7	T9	T4	T2	T8	T3
3,3a	3,2ab	3,0ab	2,7abc	2,7abc	2,7abc	2,7abc	2,6bc	2,2c

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11. Medias de los tratamientos luego de la evaluación sensorial

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>MEDIA</b>
T1 (55 °C; 0,6 m/s)	3,25 puntos
T7 (55 °C; 1,2 m/s)	3,08 puntos
T6 (75 °C; 0,9 m/s)	3,08 puntos
T4 (55 °C; 0,9 m/s)	3,00 puntos
T5 (65 °C; 0,9 m/s)	2,95 puntos
T2 (65 °C; 0,6 m/s)	2,93 puntos
T9 (75 °C; 1,2 m/s)	2,93 puntos
T8 (65 °C; 1,2 m/s)	2,78 puntos
T3 (75 °C; 0,6 m/s)	2,75 puntos

Fuente: Elaboración Propia

## CAPITULO V

### DISCUSIÓN

En la tabla 3 se muestran los resultados de la caracterización físico-química de la materia prima. La determinación de humedad en tomate reportó un 94,5 % en base húmeda, este valor es similar a lo hallado por Monsalve & Machado (2007) y por Doymaz (2006) de 94,4 % y 94,5 % respectivamente. La humedad es el contenido de agua en 100 g de muestra (Moreno & Díaz, s.f.). En cuanto a pH se encontró un valor de 3,94 unidades siendo similar a 4,36 hallado por Gómez & Camelo (2002), el pH se calcula por la concentración de iones de hidrógeno, un factor que controla la regulación de muchas reacciones químicas, bioquímicas y microbiológicas. Los sólidos solubles constituyen un parámetro empleado comúnmente en el análisis de alimentos y bebidas, en especial en frutas, se definen como todas aquellas sustancias que normalmente se presentan en estado sólido bajo condiciones ambientales pero que en ciertas circunstancias pasan a formar parte de una solución, azúcares y sales, en el tomate se tuvo 4,5 °Brix en promedio, mientras que Panzo (2012) reportó 5,46 °Brix y Gómez & Camelo (2002) encontraron un valor de 4,23 °Brix estos valores resultan diferentes debido a diversos factores como: Estado de madurez de los tomates, la estación en que fueron cosechados, la ubicación geográfica, el clima, la composición del suelo, entre otros. La acidez estuvo en 0,93 % expresado en ácido cítrico mientras que Gómez & Camelo (2002) hallaron un valor de 0,45 % se encuentran diferencias debido a que los tomates en estudio estaban en un estado de madurez más avanzada. Los ácidos son sustancias biológicamente activas que contribuyen en mayor proporción a la capacidad antioxidante de las hortalizas confiriéndoles color, aroma y sabor no considerados como nutrientes esenciales pero su efecto en la salud es positivo.

En la deshidratación de las muestras de tomate se usó el pretratamiento de una solución de cloruro de calcio + metabisulfito de potasio, esto ayuda a una rápida evaporación de la superficie mojada de las rebanadas de tomate y de esta manera el agua menos ligada se remueve constantemente por

difusión rápida desde el interior, así también por la composición molecular del cloruro de calcio se le hace más fácil captar las moléculas de agua haciéndolas más libres y fácil de eliminarlas. Esto asociado a la temperatura y la velocidad del flujo de aire (secador de bandejas) permiten la salida del agua a la superficie, lo que ocasiona una disminución de la velocidad de secado, teniendo como resultado un proceso de deshidratación más eficiente.

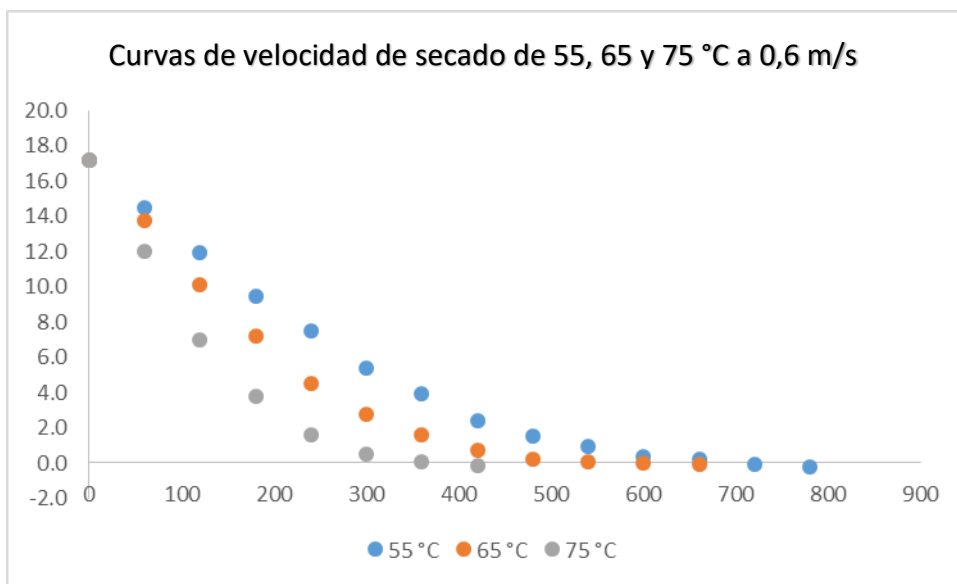


Figura 13. Curvas de velocidad de secado con temperaturas a 0,6 m/s  
Fuente: Elaboración Propia

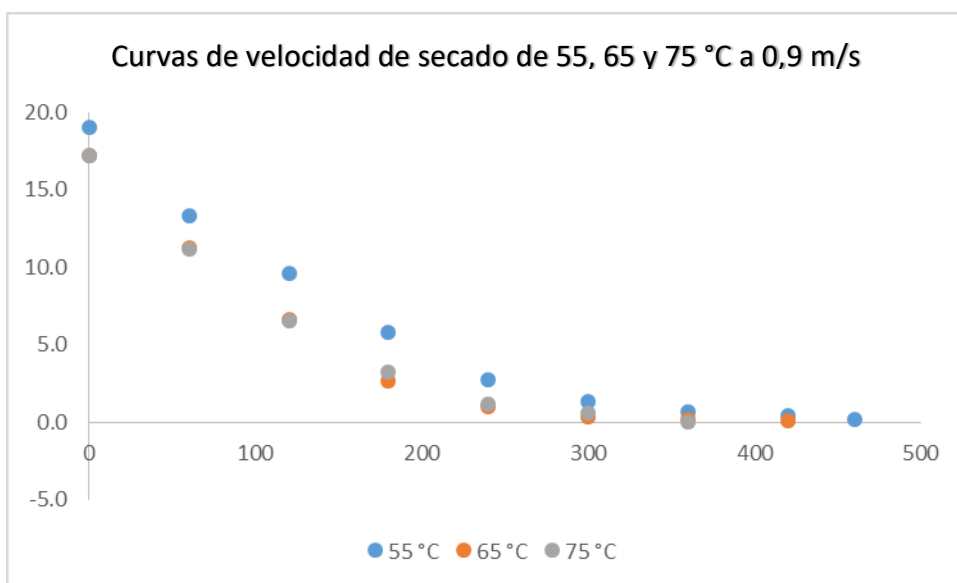


Figura 14. Curvas de velocidad de secado con temperaturas a 0,9 m/s  
Fuente: Elaboración Propia

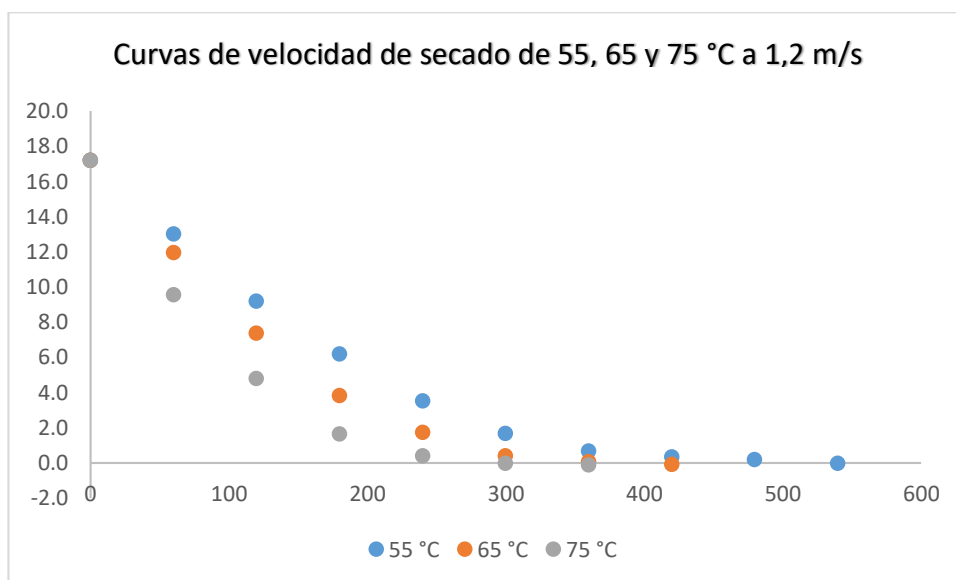


Figura 15. Curvas de velocidad de secado con temperaturas a 1,2 m/s

Fuente: Elaboración Propia

En las figuras de las 13, 14 y 15 durante las etapas iniciales de la deshidratación se observa donde existe una rápida remoción de humedad del producto, lo cual después esta remoción decreció dando lugar al incremento del tiempo de deshidratación. Este fenómeno muestra el efecto de la temperatura y velocidad del aire sobre el periodo de velocidad constante, donde se concluye que a mayor temperatura y velocidad de aire produce una mayor remoción de agua no combinada, disminuyéndose los tiempos de este periodo de secado. El mismo resultado fue obtenido en rebanadas de tomate (Doymaz, 2006) y (Akanbi, Adeyemi, y Ojo, 2006). Asimismo como lo mencionado por Salcedo *et al.*, 2014 después del período de velocidad constante existen dos fases en el período de velocidad decreciente; una primera fase en el cual el descenso de la humedad es parcialmente proporcional a la disminución de la velocidad de secado donde se remueve gran cantidad de agua y la segunda fase donde la velocidad de secado decrece debido a una lenta migración del agua al exterior del producto.

## CONCLUSIONES

### PRIMERA.

La temperatura y la velocidad del flujo de aire influyeron sobre las características físicas y sensoriales del tomate deshidratado en secador de bandejas, en las características físicas, en el encogimiento sólo la velocidad influyó de manera significativa, en las características sensoriales, hubo influencia en las características de olor, textura y apariencia, más no así en la característica color.

### SEGUNDA.

Se caracterizó físico-químicamente la materia prima reportando 94,2 % de humedad, 4,38 pH, 4,5 °Brix y 0,45 % de acidez titulable expresada en ácido cítrico.

### TERCERA.

El porcentaje de encogimiento de las rebanadas de tomate estuvo entre 18,02 – 28,81.

### CUARTA.

Los tiempo de deshidratación variaron entre 6 – 13 h. Teniendo que el T6 (75 °C; 0,9 m/s) con una velocidad de secado de -483,9 kg H<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>h, en un tiempo de 7 h por el contrario el T1 (55 °C; 0,6 m/s) tuvo la menor velocidad de secado de -135,6 kg H<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>h, en un tiempo de 13 h. (Tabla 12)

### QUINTA.

Las evaluaciones sensoriales realizadas con pruebas de aceptación por panelistas no entrenados, resultó en diferencias estadísticamente significativas en las características de color, textura y apariencia más no así en la característica olor de las muestras deshidratadas a un 95 % de confianza. La mejor muestra con el mayor puntaje global fue: T1 (55 °C; 0,6 m/s) con 3,25 puntos.

## RECOMENDACIONES

### PRIMERA.

Se recomienda como otra investigación calcular los costos de este método de deshidratación, para poder industrializar este proceso y realizar el estudio de mercado así de este producto, ya que cuenta con un gran potencial en el mercado internacional, especialmente el mercado europeo España, Italia, entre otros y los países mediterráneos como Grecia, así lograr un potencial desarrollo del sector de productos deshidratados.

### SEGUNDA.

Se recomienda realizar otra investigación comparando las otras variedades de tomate evaluando los parámetros físico-químicos y el índice de madurez, de acuerdo a ello se puede tener un producto adecuado para diferentes mercados.

### TERCERA.

Se recomienda investigar la deshidratación en una misma variedad de tomate, teniendo en cuenta diferentes índices de madurez, evaluando el producto final.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akanbi, C. T., Adeyemi, R. S., & Ojo, A. (2006). Drying characteristics and sorption isotherm of tomato slices. *Journal of Food Engineering* 73, 141-146.
- Badui Dergal, S. (2006). *Química de los Alimentos*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Barbosa-Cánovas, G. V., & Vega-Mercado, H. (2000). *Deshidratación de Alimentos*. Zaragoza, España: ACRIBIA S.A.
- Catraró, M. A. (19 de Diciembre de 2014). Trabajo Final para optar por el grado académico: Especialista en Cultivos Intensivos. *El Cultivo de la Higuera: Producción de higos y su deshidratación como método para el agregado de valor del producto*. Esperanza, Santa Fe, Argentina: Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Litoral.
- Chang, C.-H., Lin, H.-Y., & Liu, Y.-C. (2006). Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. *Journal of Food Engineering* 77, 478-485.
- Claude, R. (2004). *Reología y análisis de la textura de los alimentos*. Zaragoza: Editorial ACRIBIA S.A.
- Cunningham, S. E., Mcminn, W. A., Magee, T. R., & Richardson, P. S. (2008). Effect of processing conditions on the water absorption and texture kinetics of potato. *Journal of Food Engineering*, 214-223.
- Doymaz, I. (2004). Sun drying of figs: an experimental study. *Journal of Food Engineering* 71, 403-407.
- Doymaz, I. (2006). Air-drying characteristics of tomatoes. *Journal of Food Engineering* 78 , 1291 - 1297.
- Falade, K. O., & Abbo, E. S. (2007). Air-drying and rehydration characteristics of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits. *Journal of Food Engineering* 49, 724-730.
- FAO. (2007). *Food and Agriculture Organizations of the United Nations*. Obtenido de Food and Agriculture Organizations of the United Nations: [www.fao.org](http://www.fao.org)
- García-Pascual, P., Sanjuán, N., Melis, R., & Mulet, R. (2006). Morchella esculenta (morel) rehydration process modelling . *Journal of Food Engineering* 72 (4), 346-353.
- Gómez Gómez, M. S. (Diciembre de 2009). Tesis para obtener Título de Ingeniero en Alimentos. *Deshidratado de tomate saladette en un secador de charolas giratorias*. Huajuapán de León, Oaxaca, México.



- Gómez, P. A., & Camelo, A. F. (2002). Calidad postcosecha de tomates almacenados en atmósferas controladas. *Horticultura Brasileira* v. 20 (1), 38-43.
- Guzmán Jara, V. J. (2008). Previo a la obtención del Título de: Ingeniería de Alimentos. *Estudio de los Pre Tratamientos en las Características Físicas y Sensoriales del Tomate Deshidratado*. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Hardenburg, R. E., Watada, A., & Wang, C. (1988). Almacenamiento comercial de frutas, legumbres y existencias de floristerías y viveros.
- Hii, C., Jangam, S., Ong, S., & Mujumdar, A. (2012). *Solar Drying: Fundamentals, Applications and Innovations*. Singapore.
- Jenkins, J. (1948). The origin of the cultivated tomato. *Economic Botany Vol. 2 Issue 4*, 379-392.
- Kerkhofs, N., Lister, C., & Savage, G. (2005). Change in Colour and Antioxidant Content of Tomato Cultivars Following Forced-Air Drying. *Plant Foods for Human Nutrition* 60, 117-121.
- Krokida, M. K., & Marinos-Kouris, D. (2003). Rehydration kinetics of dehydrated products. *Journal of Food Engineering* 57, 1-7.
- Maldonado, S., Arnau, E., & Bertuzzi, M. A. (2009). Effect of temperature and pretreatment on water diffusion during rehydration of dehydrated mangoes. *Journal of Food Engineering* 96 (2010), 333 - 341.
- Margaris, D. P., & Ghiases, A. G. (2007). A study of hot air dehydration of sultana grapes. *Journal of Food Engineering*, 1115-1121.
- Monsalve, J., & Machado, M. (2007). Evaluación de dos métodos de deshidratación del tomate (*Lycopersicon esculentum* mill) variedad manzano. *Multiciencias vol. 7 núm. 3*, 256-265.
- Moreno, D. C., & Díaz, A. C. (s.f.). Influencia de las temperaturas del proceso de secado por aire caliente en las características de calidad de tomate (*Lycopersicon esculentum*).
- Moreno, D. C., Sierra, H. M., & Díaz-Moreno, C. (2014). EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA Y SENSORIAL EN TOMATE DESHIDRATADO COMERCIAL (*Lycopersicon Esculentum*). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 17 (1), 131-138.
- ONU. (2007). *Organización de las Naciones Unidas*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas: [www.un.org/es](http://www.un.org/es)
- Panzo, B. (4 de Septiembre de 2012). Tesis para obtener el título de Licenciado en Biología. *Caracterización físicoquímica (pH, °Brix, acidez y color) del tomate rojo (Lycopersicon esculentum mill) deshidratado y*

*molido, como alternativa de manejo postcosecha*. Peñuela, Veracruz, México: Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.

- Salcedo M, J., Mercado B., J. L., Vanegas B., M., Fernández, A. Q., & Vertel M., M. L. (2014). Cinética de secado de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) variedad CORPOICA M-tai en función de la temperatura y de la velocidad de aire. *Scielo* 27 (2), 29-42.
- Sanjuán, N., Simal, S., Bon, J., & Mulet, A. (1999). Modelling of broccoli systems rehydration process. *Journal of Food Engineering* 42 (1), 27-31.
- Vázquez, T., Arnéz, S., Fernández, M., & Fernández, J. (1997). *Manual de secado solar técnico de alimentos*. Cochabamba: ENERGETICA FAKT RC.
- Yilmaz, E. (2001). The Chemistry of Fresh Tomato Flavor. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 25 , 149-155.

# ANEXOS

Tabla 12. Resultados de la deshidratación de tomate

Tratamiento	Temperatura de secado (°C)	Velocidad del flujo de aire (m/s)	Tiempo de deshidratación (h)	Velocidad de secado (kg H <sub>2</sub> O/m <sup>2</sup> h)
T1	55,0	0,6	13	-135,6
T2	65,0	0,6	11	-174,4
T3	75,0	0,6	7	-255,6
T4	55,0	0,9	8	-245,6
T5	65,0	0,9	7	-241,0
T6	75,0	0,9	7	-483,9
T7	55,0	1,2	9	-283,2
T8	65,0	1,2	7	-288,4
T9	75,0	1,2	6	-240,2

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13. Dureza del tomate que se utilizó para deshidratación

ITEM	PARÁMETRO
Dureza	4,50 – 5,68 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración Propia

## Fotografías del trabajo de investigación



Figura 16. tomate (*Lycopersicon esculentum*) variedad Río Grande mejorado



Figura 17. Pesado de la materia prima



Figura 18. Triturado de la materia prima para análisis físico-químico



Figura 19. Filtrado para el análisis físico-químico

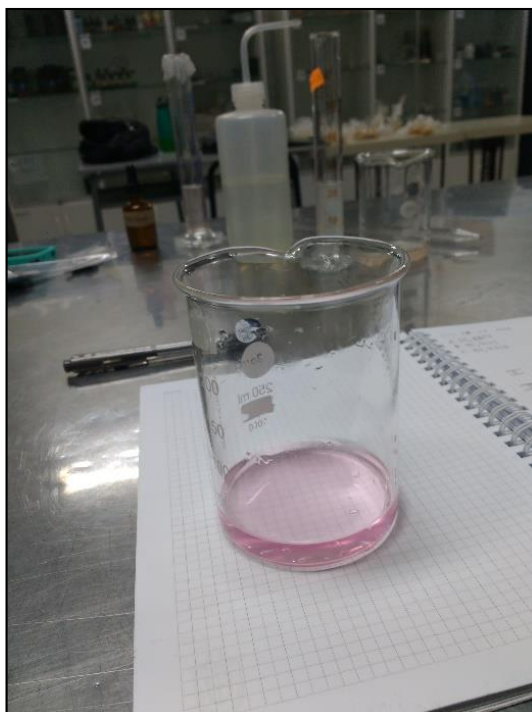


Figura 20. Titulación con NaOH 0,1N para determinación de la acidez titulable



Figura 21. Determinación de humedad en estufa