

# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y DE ALIMENTOS

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



## INFORME FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA CINÉTICA DE DESHIDRATACIÓN  
DE AJÍ JALAPEÑO (*Capsicum annum L.*)  
ENCURTIDO”**

DRA. DÁNIZA MIRTHA GUERRERO ALVA

Del 01-05-2021 al 30-04-2022  
RR N°288-2021-R

Callao, 2022

A handwritten signature in black ink, located at the bottom right of the page.

MS

# Dedicatoria

*A mi familia.*

A small, stylized handwritten signature or mark located in the bottom right corner of the page.

## Agradecimiento:

A la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos  
de la UNAC.

Al fondo de investigación de la UNAC.

A small, stylized handwritten signature in the bottom right corner of the page.

<b>INDICE</b>	1
INDICE DE TABLAS	2
INDICE DE FIGURAS	3
RESUMEN	5
ABSTRACT	5
INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
1.1. Descripción de la realidad problemática	7
1.2. Formulación del problema	8
1.3. Objetivo general y específicos	8
1.4. Limitantes de la investigación (teórico, temporal, espacial)	9
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	11
2.1. Antecedentes (internacional y nacional)	11
2.2. Marco	17
2.2.1. Teórico	17
2.2.2. Conceptual	19
2.3. Definición de términos básicos	20
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES	22
3.1. Hipótesis	22
3.2. Definición conceptual de variables	22
3.3. Operacionalización de variables	22
CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO	24
4.1. Tipo y diseño de la investigación	24
4.2. Método de investigación	24
4.3. Población y muestra	25
4.4. Lugar de estudio y período desarrollado	25
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	25
4.6. Análisis y procesamiento de datos	26
CAPÍTULO V: RESULTADOS	27
5.1. Resultados descriptivos	27
5.2. Resultados inferenciales	46
5.3. Otro tipo de resultados según la naturaleza del problema	47
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	49
6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	49
6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares	51
6.3. Responsabilidad ética	55
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

ANEXOS	60
Matriz de Consistencia	60
Análisis de vitamina C	61
INDICE DE TABLAS	2
Tabla 1	
<i>Operacionalización de las variables del estudio</i>	22
Tabla 2	
<i>Diseño de la Investigación</i>	24
Tabla 3	
<i>Características físicas de los ajíes jalapeños (Capsicum annuum L.) encurtidos código A</i>	27
Tabla 4	
<i>Análisis de Varianza de las muestras de ají jalapeño (Capsicum annuum L.) encurtido deshidratadas a 70°C</i>	29
Tabla 5	
<i>Características físicas de los ajíes jalapeños (Capsicum annuum L.) encurtidos código B</i>	31
Tabla 6	
<i>Análisis de Varianza de las muestras de ají jalapeño (Capsicum annuum L.) encurtido deshidratado a 50°C</i>	33
Tabla 7	
<i>Características físicas de los ajíes jalapeños (Capsicum annuum L.) encurtidos código C</i>	35
Tabla 8	
<i>Análisis de varianza de las muestras de ají jalapeño (Capsicum annuum L.) encurtido deshidratadas a 35°C</i>	38
Tabla 9	
<i>Características físicas de los ajíes jalapeños (Capsicum annuum L.) encurtidos código D</i>	40
Tabla 10	
<i>Análisis de Varianza de las muestras de ají jalapeño (Capsicum annuum L.) deshidratadas a 10°C</i>	42
Tabla 11	
<i>Variación del tiempo de deshidratación de ají jalapeño encurtido (Capsicum annuum L.) respecto a la temperatura</i>	44
Tabla 12	
<i>Variación de la Difusividad efectiva respecto a la temperatura en la deshidratación de ají jalapeño encurtido (Capsicum annuum L.)</i>	45
Tabla 13	
<i>Características físicas de los ajíes jalapeños (Capsicum annuum L.) encurtidos y analizados en la presente investigación</i>	46

## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Cinética de deshidratación de ají jalapeño ( <i>Capsicum annuum L.</i> ) encurtido a 70°C vs tiempo (h).	28
<i>Figura 2.</i> Variación del Ln (MR) vs tiempo (h) de deshidratación a 70°C de ají jalapeño ( <i>Capsicum annuum L.</i> ) encurtido.	28
<i>Figura 3.</i> Coeficiente de correlación para el deshidratado a 70°C de ají jalapeño encurtido ( <i>Capsicum annuum L.</i> ).	30
<i>Figura 4.</i> Velocidad de deshidratación (R) a 70°C de ají jalapeño encurtido ( <i>Capsicum annuum L.</i> ) vs tiempo (h).	31
<i>Figura 5.</i> Cinética de deshidratación de ají jalapeño ( <i>Capsicum annuum L.</i> ) encurtido a 50°C vs tiempo (h).	32
<i>Figura 6.</i> Variación del Ln (MR) vs tiempo (h) de deshidratación a 50°C de ají jalapeño ( <i>Capsicum annuum L.</i> ) encurtido.	33
<i>Figura 7.</i> Coeficiente de correlación para el deshidratado a 50°C de ají jalapeño encurtido ( <i>Capsicum annuum L.</i> ).	34
<i>Figura 8.</i> Velocidad de deshidratación (R) a 50°C de ají jalapeño encurtido ( <i>Capsicum annuum L.</i> ) vs tiempo (h).	35
<i>Figura 9.</i> Cinética de deshidratación de ají jalapeño ( <i>Capsicum annuum L.</i> ) encurtido a 35°C vs tiempo (h).	36
<i>Figura 10.</i> Variación del Ln (MR) vs tiempo (h) de deshidratación a 35°C de ají jalapeño ( <i>Capsicum annuum L.</i> ) encurtido.	37
<i>Figura 11.</i> Coeficiente de correlación para el deshidratado a 35°C de ají jalapeño encurtido ( <i>Capsicum annuum L.</i> ) vs tiempo (h).	39
<i>Figura 12.</i> Velocidad de deshidratación (R) a 35°C de ají jalapeño encurtido ( <i>Capsicum annuum L.</i> ) vs tiempo (h).	40
<i>Figura 13.</i> Cinética de deshidratación de ají jalapeño ( <i>Capsicum annuum L.</i> ) encurtido a 10°C vs tiempo (d).	41
<i>Figura 14.</i> Variación del Ln (MR) vs tiempo (d) de deshidratación a 10°C de ají jalapeño ( <i>Capsicum annuum L.</i> ) encurtido.	42
<i>Figura 15.</i> Coeficiente de correlación para el deshidratado a 10°C de ají jalapeño encurtido ( <i>Capsicum annuum L.</i> ) vs tiempo (d)	43

Figura 16. Velocidad de deshidratación (R) a 10°C de ají jalapeño encurtido (*Capsicum annuum* L.) vs tiempo (h). 44

Figura 17. Coeficiente de correlación entre la temperatura (°C) de deshidratación de ají jalapeño encurtido (*Capsicum annuum* L.) vs tiempo (h). 45



## RESUMEN

El ají jalapeño (*Capsicum annuum* L.) encurtido fue secado en un deshidratador de aire caliente a temperaturas de 70°C, 50°C, y 35°C, y en una cámara de refrigeración no frost (10°C); obteniéndose las curvas de cinética de secado, el tiempo de secado (de 19h a 744h), la velocidad de secado (mayor a 70°C y con fases de velocidad constante y variable. A 10°C la velocidad de secado se mantuvo variable y lineal durante todo el proceso), la difusividad efectiva ( $6.59E-11\text{m}^2.\text{s}^{-1}$  a  $1.2176E-9\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ). El  $R^2$  entre la temperatura y el tiempo de secado fue 0.9966 ajustado a una ecuación no lineal polinómica de segundo grado; el  $R^2$  entre la tasa de humedad y el tiempo de secado fue 0.9995 a 70°C, 0.9992 a 50°C y 0.9996 a 35°C ajustados a una ecuación polinómica de sexto grado, y a 10°C el  $R^2$  fue 1, ajustado a una ecuación polinómica de quinto grado. Al finalizar el secado se triplicó los sólidos solubles totales (°Brix), el pH varió entre 4.0 y 3.5, las muestras secadas a 10°C tuvieron 133% de vitamina C respecto al valor inicial y se perdió más del 50% de vitamina C en las muestras secadas con aire caliente.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, encurtido, secado, difusividad efectiva, vitamina C.

## Abstract

The pickled jalapeño pepper (*Capsicum annuum* L.) was dried in a hot air dehydrator at temperatures of 70°C, 50°C, and 35°C, and in a non-frost refrigeration chamber (10°C), finding the curves of drying kinetics, the drying time (from 19 to 744 hours), the dehydration speed that was higher at 70°C with phases of constant and variable speed while at 10°C the drying speed remained variable and linear throughout the process, the effective diffusivity ( $6.59E-11\text{m}^2.\text{s}^{-1}$  to  $1.2176E-9\text{m}^2.\text{s}^{-1}$ ). The  $R^2$  between temperature and drying time was 0.9966 adjusted to a second order polynomial nonlinear equation; the  $R^2$  between the humidity rate and the drying time was 0.9995 at 70°C, 0.9992 at 50°C and 0.9996 at 35°C adjusted to a sixth degree polynomial equation, and at 10°C the  $R^2$  was 1 adjusted to a fifth degree polynomial equation. At the end of drying, the total soluble solids (°Brix) tripled, the pH varied between 4.0 and 3.5, and more than 50% of vitamin C was lost in the pickled chili dried with hot air, but the samples dried at 10°C they had 133% vitamin C compared to the initial value.

Keywords: *Capsicum annuum*, pickling, drying, effective diffusivity, vitamin C.

## INTRODUCCIÓN

Nuestro país por su gran biodiversidad, produce un gran número de productos agrícolas nativos, pero también otros que sin serlo forman parte del grupo de productos hortícolas de exportación. Este es el caso del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) que siendo de origen mexicano es cultivado en nuestro país y es considerado como un producto de exportación (Jager, Jiménez y Amaya, 2013).

Por otro lado la tendencia en el consumo de alimentos a nivel mundial es emplear aditivos naturales y el ají o chile jalapeño (*Capsicum annuum L.*) de producción peruana podría coadyuvar en esta finalidad por el sabor agradable que posee, el aroma y color, así como por los componentes presentes en el material. Actualmente se comercializa en estado fresco (de color verde) o maduro (de color rojo), pero también deshidratado en polvo, escabechado y encurtido, ya que son un valioso aporte a la gastronomía; por todo ello el ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) merece nuestra atención ya que el éxito que ha conseguido en el mercado internacional debido a su alta calidad hace imprescindible la necesidad de desarrollar estudios que permitan conocer los resultados obtenidos con este alimento que se ha afincado tan bien en los terrenos agrícolas de diferentes regiones del país (Hopkins, Toma y Valdivia, 2018).

En el presente trabajo de investigación se propuso estudiar el efecto de la temperatura en la cinética de deshidratación de ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido, con la finalidad de conocer el proceso en este tipo de producto y aportar al conocimiento en el campo de la ingeniería de alimentos y que la agroindustria nacional cuente con el diseño de un nuevo producto el cual será el ají jalapeño encurtido y deshidratado.

El ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido y deshidratado obtenido como producto de este trabajo de investigación podrá ser consumido o exportado como tal o como insumo para la producción industrial de quesos, salsas, pizzas, panes, galletas y otros.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Descripción de la realidad problemática

El chile jalapeño es una variedad de ají comercial no nativo que proviene de México, pero que se está cultivando especialmente en la zona norte del Perú (Piura, La Libertad y Lambayeque), aunque también en Ica, habiendo suscitado interés entre los agricultores arequipeños (Hopkins et al., 2018), de allí que es considerado como un cultivo comercial de exportación, con destino a España, Alemania, Estados Unidos de Norteamérica y algunos países de Asia. El Perú fue el octavo exportador de Capsicum a nivel mundial, con más de \$238 millones de dólares al finalizar el año 2017 (Gómez, 2018).

El ají jalapeño se procesa en estado fresco cuando está de color verde o maduro al cambiar a un color rojo intenso y brillante. El producto deshidratado se comercializa entero o en polvo, además de encurtido, teniendo gran demanda por las características sensoriales que posee. En nuestro país se observa la venta de ají jalapeño encurtido en las ferias de productores. De acuerdo a Mendoza (2013) este tipo de Capsicum contiene en promedio 34,6 gramos de materia seca; 6,3 gramos de proteína, 15 gramos de fibra, 86 mg de calcio y 96 mg de vitamina C.

En el mercado nacional se comercializa diferentes ajíes deshidratados que han sido procesados empleando secado solar que es el proceso más antiguo empleado para alargar la vida útil de un producto (Darvishi, 2014). El secado al sol de frutas, granos, vegetales, carnes y pescados ha sido ampliamente utilizado hace miles de años por la humanidad como se documenta en Egipto, Mesopotamia y también en el Perú; actualmente la manera convencional en la que se deshidratan industrialmente los chiles es mediante túneles de secado con aire forzado caliente (García y col., 2019).

En el proceso de secado es conveniente considerar la temperatura de trabajo para no afectar las características organolépticas del alimento como la textura y el color (Campos et al., 2018, Cao et al., 2016), las propiedades físicas del alimento, pero también la pérdida de vitaminas como la vitamina C, con efecto

anticancerígeno y antioxidante (Moreno et al., 2015).

Por estos motivos se estudió el proceso de deshidratación del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido de origen peruano y a diferentes temperaturas, por ser un proceso no estudiado por otros investigadores.

## 1.2. Formulación del problema

### Problema General

¿Cuál es el efecto de la temperatura en la cinética de deshidratación del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido?

### Problemas secundarios

¿Cuál es el efecto de las temperaturas de 70°C, 50°C y 35°C en la cinética de deshidratación del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido?

¿Cuál es el efecto de la temperatura de 10°C en la cinética de deshidratación del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido?

¿Cómo es la difusividad efectiva durante la deshidratación del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido según las temperaturas ensayadas?

¿Cuál es el grado de correlación entre las variables temperatura y tiempo de deshidratación del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido?

## 1.3 Objetivos

### Objetivo general

Estudiar el efecto de la temperatura en la cinética de deshidratación del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido.

### Objetivos específicos

Determinar el efecto de las temperaturas de 70°C, 50°C, 35°C y 10°C en la cinética de deshidratación de ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido.

Determinar la difusividad efectiva durante la deshidratación de ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido según las temperaturas ensayadas.

Determinar la correlación entre las variables temperatura y tiempo de deshidratación del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido, obtenido experimentalmente.

### Justificación

La presente investigación se justificó porque:

- a. Se cuenta con empresas agroindustriales peruanas productoras de ají jalapeño, que exportan el producto maduro deshidratado, molido y en conserva, con un crecimiento muy importante, ya que exportaron este producto por seis millones de dólares el año 2000 registrando un crecimiento de hasta casi cincuenta y tres millones de dólares en el año 2007; y en lo que respecta a la exportación de Capsicum, correspondió al chile jalapeño el 11,5% del volumen nacional exportado.
- b. Para determinar el impacto de diferentes temperaturas de deshidratación en la cinética de secado del ají jalapeño ya que se suele emplear aire caliente en los procesos de secado de diferentes tipos de ajíes, pero no a bajas temperaturas como la de 10°C a ensayarse, lo que reportó nueva información tecnológica.
- c. El resultado de esta investigación fue un nuevo producto, el ají jalapeño encurtido y deshidratado, de sabor muy agradable, y que podría ser añadido en la producción de quesos, productos de panadería, pastelería salada y pizzas, molido como saborizante.
- d. Es un aporte a la agroindustria nacional de exportación.

#### 1.4 Limitantes de la investigación

La presente investigación tuvo las limitantes siguientes:

- a. Tecnológica: se desarrolló el estudio para determinar la influencia de la temperatura en la cinética de deshidratación del material constituido por ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido, empleando las temperaturas de 70°C, 50°C, 35°C, mediante aire caliente suministrado por convección, pero también a 10°C en cámara no frost; con la finalidad de observar las respuestas posibles debidas al proceso en la difusividad efectiva y el grado de correlación entre la temperatura y el tiempo de deshidratación.
- b. Temporal: el trabajo de investigación se realizó en el período de un año (12 meses) entre los meses de abril del 2021 y marzo del 2022, en los cuales se continuó produciendo ají jalapeño encurtido en el mercado nacional a pesar del tiempo de pandemia de la covid-19.
- c. Espacial: el estudio fue desarrollado empleando ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) comercializado en Lima. La parte experimental y analítica ha sido realizada acondicionando un pequeño laboratorio para efectuar todos

los ensayos de deshidratación por lo que se contó con un deshidratador de aire forzado, una cámara de refrigeración no Frost, así como otros equipos e instrumentos requeridos; y con un número de repeticiones que permitieron conseguir resultados muy confiables por cada temperatura experimentada.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

Antecedentes internacionales:

Se cuenta con el trabajo de investigación referente al efecto tradicional del proceso de deshidratación de ají jalapeño rayado (*Capsicum annuum*) que incluye el proceso tradicional de ahumado con *Quercus* sp., sobre los metabolitos secundarios con actividad antioxidante. Por ello este proceso se comparó con la deshidratación convectiva, ambos desarrollados a 60°C. Se observó mayor actividad antioxidante (métodos DPPH, ORAC y por UPLC-ESI-MS) en chile deshidratado y ahumado por el incremento de la concentración de compuestos fenólicos (método de Folin-Ciocalteu), flavonoides (por colorimetría) y productos de Maillard (método Delgado-Andrade y otros, 2010); índice de enmarronamiento, (compuestos de Maillard fluorescentes, con un lector de color en base a los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$ , y  $b^*$ ) hacia el final del proceso; y se relacionó con la generación de radicales en ambos procesos. Los cambios de color se debieron a las reacciones de Maillard y la deshidratación convectiva fue eficiente para extraer los capsaicinoides por HPLC, pero se registró la degradación del 40% de carotenoides por cuantificación espectrofotométrica (Campos et al., 2018).

Cao et al. (2016) investigaron la aplicación de rayos infrarrojos versus el secado al sol de pimiento rojo para conocer la aplicación de estos rayos en el proceso de secado, las características de los productos obtenidos y la calidad de los mismos; en los ensayos determinaron que la temperatura fue el factor más importante en la tecnología de secado por rayos infrarrojos y por aire caliente. La Difusividad efectiva de la humedad obtuvo valores entre  $1.58 \times 10^{-9}$  y  $3.78 \times 10^{-9}$   $m^2 s^{-1}$ , y la energía de Activación ( $E_a$ ) usando rayos infrarrojos y aire caliente fue de 42.67  $kJ mol^{-1}$  y 44.48  $kJ mol^{-1}$  respectivamente. Concluyeron que el secado al sol produjo un pimiento rojo de mejor color en comparación con el secado por aire caliente y por rayos infrarrojos; sin embargo, este último mejoró la tasa de secado al igual que el método por aire caliente y los productos obtenidos tuvieron mejor calidad con altos valores de nitidez.

García y col. (2019) evaluaron y caracterizaron tres diferentes tecnologías de

secado solar para deshidratar el chile guajillo (*Capsicum annum*) que se produce en el Estado de Zacatecas, en México. Para el estudio comparativo utilizaron las especificaciones físicas, sensoriales y fisicoquímicas de la norma NMX-FF-107/1-SCFI-2006 con ayuda del método de prueba de “Longitud y Ancho”. En este trabajo, se propuso los modelos que relacionan la humedad, peso y el grado de madurez del chile guajillo. La mejor cinética de secado se obtuvo en el secador solar tipo gabinete con convección natural con una temperatura promedio de 24,48 °C, tiempo promedio de secado de 40,5 h y una velocidad de secado de 1.09 gramos de agua/gramos de materia seca. Los resultados que obtuvo mostraron la factibilidad del secado solar del chile guajillo cumpliendo con los estándares de calidad establecidos.

En otra investigación de Kilakoi (2017) el chile chipotle fue obtenido sometiendo al chile jalapeño a un proceso de ahumado y de reducción de humedad, para lo que empleó leña como fuente de energía del sistema de secado. Para reducir la humedad del producto, empleó un sistema híbrido asistido con energía solar y gas licuado de petróleo (LP). El diseño propuesto corresponde a un secador industrial que utiliza el método de secado por convección forzada, con la intención de reducir en 48 horas la humedad de 4 375 kg de chile fresco hasta un 10%. Para que el aire sea capaz de remover la mayor cantidad posible de humedad del producto, el insumo principal del proceso fue aire caliente ( $77 \pm 2$  °C), con una humedad relativa baja. La determinación de los balances de masa y energía del sistema proporcionaron una estimación del porcentaje de aporte energético de cada una de las fuentes, solar y gas (LP), asistido por un modelo matemático, utilizando como herramienta de simulación el software Matlab-versión 803 y TRNSYS 16. Como resultado de este trabajo, se observó que es posible disminuir el consumo de energía proveniente de fuentes que no son amigables para el medio ambiente, como es el consumo de leña como combustible (Kilakoi, 2017).

El proceso de ahumado también produjo un incremento del 50% en los fenoles totales y de 15% en la capacidad antioxidante del chile chipotle respecto a las muestras frescas (Moreno et al., 2015).

Por otro lado, Mendoza (2013), tuvo como objetivo determinar las propiedades fisicoquímicas y antioxidantes del chile jalapeño (*Capsicum annum var. annum*)



durante su maduración y después del proceso de secado. El chile jalapeño fue obtenido de un mercado local y madurado durante 30 días a 25°C, posteriormente fue secado a través de un secador de túnel a 60°C. Durante su maduración, hubo un incremento significativo ( $p < 0.05$ ) en los parámetros de color, contenido de sólidos solubles, azúcares reductores y acidez, mientras que para la humedad, cenizas, pH y firmeza se encontró una disminución dependiente del tiempo. Los resultados para el contenido de capsaicina en chile verde fueron inferiores a los registrados para el chile rojo. Todas las pruebas de antioxidantes mostraron un aumento significativo ( $p < 0.05$ ) a partir del día 15 de almacenamiento, por lo que entre los días 15 y 20 el chile presentó cambios importantes en sus propiedades fisicoquímicas, lo que podría ser una característica correspondiente al inicio de la maduración. Después del secado hubo una disminución en el contenido de carotenos totales y polifenoles con respecto al chile fresco.

Hernández y col. (2008) estudiaron el proceso de secado del chile jalapeño (*Capsicum annuum L*), tanto desde el punto de vista teórico como experimental, para esto se realizaron pruebas de secado de chile jalapeño entero a tres diferentes temperaturas 55°C, 65°C y 70°C en un túnel de secado. Los resultados experimentales obtenidos se han comparado con respecto a los valores teóricos que proporciona la solución numérica del modelo matemático de la teoría de Luikov, el cual se ha resuelto por el método de diferencias finitas. Con la solución numérica se ha modelado el comportamiento del perfil de contenido de humedad en el chile jalapeño, encontrándose que son los números de Lu, Bim y Pn los que tienen mayor influencia en la pérdida de humedad.

Finalmente, el trabajo desarrollado por el grupo Vega y col. (2005), fue estudiar y modelar la cinética del secado del pimiento (cv Lamuyo) a diferentes temperaturas de trabajo (50°C, 60°C, 70°C y 80°C), mediante aire caliente. La velocidad de aire se mantuvo constante a 2.5 m.s<sup>-1</sup> igual que la densidad de carga en 7 Kg/m<sup>2</sup>. Las experiencias se llevaron a cabo en un equipo de laboratorio que permitió registrar la masa de la muestra en tiempo real. En los resultados se observó que durante el proceso de secado pudo distinguirse tres etapas; una primera etapa de inducción bastante corta; una segunda etapa hasta humedades de producto cercana a 1 gramo de agua por gramo de materia seca y en la que la velocidad de secado

disminuye linealmente con la humedad libre del producto; y una tercera etapa de secado más lenta, donde la velocidad de secado se modela con las ecuaciones difusionales de Fick. La comparación de los valores de humedad experimentales con los calculados según el modelo propuesto demuestra que las ecuaciones utilizadas describen adecuadamente el proceso y sirven de base para el cálculo del tiempo de secado de este producto.

Antecedentes nacionales:

Se ha elaborado el análisis y estudio de mercado para determinar la posibilidad de exportación sostenida de ají jalapeño en conserva con vinagre hacia el estado de la Florida (condado de Miami Dade) en Estados Unidos de Norteamérica. La fuente primaria del estudio fueron las encuestas desarrolladas en el lugar de destino; gastrónomos, chefs, y expertos en importaciones y exportaciones, por las ventajas que posee el ají jalapeño peruano que son la buena calidad y por el menor precio ya que se produce todo el año en la zona norte de nuestro país, siendo el público objetivo hombres y mujeres entre 18 años y 65 años; finalmente, el plan de negocios demostró la factibilidad de aprovechar el ají jalapeño en conserva de vinagre por este modelo de negocio, con un consumo estimado de 100,800 frascos de 314g. / 11.1 oz por año, y una inversión inicial de S/. 124,700; siendo el 56% del capital aportado por los accionistas y el 44% mediante un crédito bancario y de acuerdo al estudio financiero se espera que al finalizar el quinto año de operaciones las utilidades netas tengan un total de S/. 348,339; y la recuperación de la inversión inicial sería a los 4 meses de iniciado el proyecto (Balvin et al., 2018).

Otra investigación fue la del diseño de un equipo que se desarrolló para reducir el porcentaje de descarte que se produce en el corte de ají jalapeño en forma manual o con máquinas inadecuadas (de 25 % a 35 %) y con una capacidad operativa de 600kg/h; por lo que se planteó reducir las mermas a menos de 8% y ya que el tamaño del ají jalapeño es variado e irregular, Quispe (2017) planteó un adecuado posicionamiento de las fajas transportadoras (en ángulo de 45°) y selección del diámetro del eje para soportar el esfuerzo de torsión y momento flector.

La construcción del elemento de corte fue en acero inoxidable, así como el

sistema de alimentación, transporte, corte y descarga, logrando la reducción de la merma hasta 3,4%, una producción total promedio de 1584 kg/h y una producción neta de 1583 kg/h (Quispe, 2017).

En el trabajo de investigación desarrollado por Asto y Suere (2013) se estudió el comportamiento reológico de la salsa de ají jalapeño a tres concentraciones de goma xantana (0,2; 0,4 y 0,6% p/p) empleando modelos reológicos a fin de predecir los efectos de la velocidad de corte y la viscosidad de la salsa de ají jalapeño, para lo que se empleó el Viscosímetro de Brookfield DV III Ultra, y el modelo de Ostwald-de Waele. Las salsas a tres concentraciones de goma xantana (0,2%, 0,4% y 0,6%) presentaron un comportamiento característico de disminución de la viscosidad al aumentar la velocidad de corte, característica de un fluido no Newtoniano de tipo pseudoplástico, y las curvas se analizaron a través de la ley de la potencia donde el índice de comportamiento reológico estuvo entre 0 y 1 indicando un comportamiento pseudoplástico, por lo que los investigadores hallaron al aumentar el esfuerzo de corte que la viscosidad de la salsa disminuye y a medida que la concentración de goma xantana aumenta la viscosidad de la salsa también se incrementa.

En otra investigación desarrollada por Hernández y Vásquez (2018) el objetivo principal fue la obtención y caracterización de los capsaicinoides, empleando solventes (etanol y acetonitrilo) asistidos por ultrasonido, con dos tipos de mezcla muestra:solvente (1:10 y 1:20 g/ml) a una temperatura estándar de 50°C y a diferentes tiempos de extracción (20min y 40 min). Los extractos se cuantificaron por espectrofotometría UV-visible a 270 nm, y mediante un diseño factorial multinivel se logró determinar la mayor diferencia significativa en las mezclas de solventes, ya con los parámetros óptimos: relación 1:10 g/ml, con una mezcla de 80% de etanol y 20 % de acetonitrilo y a un tiempo de 30 min se realizó una extracción a la cual se le destiló por rotavapor a 60°C, 50 rpm y 300mBar, con rendimiento de  $11.53\% \pm 1.07\%$ , y una concentración de capsaicinoides de  $0.32 \text{ g/g} \pm 0.10$ , pH de  $7.35 \pm 0.33$  y una pungencia  $5120000 \text{ SHU} \pm 1588358.91$ , por lo que se demostró que se pudo recuperar y caracterizar los capsaicinoides, provenientes de los desechos del ají Jalapeño.

En otro trabajo de investigación se deseó conocer la influencia del grado de

madurez sobre la concentración de carotenoides totales en cinco grados de madurez en ají jalapeño (*Capsicum annuum*) utilizando imágenes hiperespectrales, para lo que se recolectó las muestras del fundo “San Judas” del distrito de Jayanca de la Región Lambayeque y se clasificaron de verde a rojo, siendo J1 (100% verde), J2 (80% verde), J3 (40% verde), J4 (20% verde) y J5 (100% rojo). Las imágenes hiperespectrales se obtuvieron con una cámara hiperespectral Resonon Pika – L con el programa Spectron Pro; las bandas de 510 nm y 700 nm permitieron determinar el Carotenoid reflectance Index 700 (CRI700) y para la cuantificación de los carotenoides totales se utilizó el método espectrofotométrico. El índice espectral (CRI700) fue de 5,8 y se incrementó hasta 28,29 mientras que los carotenoides totales en el fruto verde fueron de 36,619 mg/g incrementándose en J5 (100% rojo) a 182,058 mg/g, con una correlación positiva moderada de 0,661 (Quiroz y Tenorio, 2020).

García (2011) en su trabajo de investigación proporcionó los resultados obtenidos a través de estadística descriptiva y de la aplicación del modelo econométrico de Multinomial Logits para determinar la disposición marginal a pagar por los principales atributos de valor sobre el precio de un ají nativo conocido, empleable en las variedades subutilizadas como los descartes de ají jalapeño. En el capítulo final, se definen las normas, características y disposiciones necesarias para la comercialización del *Capsicum* en el mercado nacional e internacional y un modelo explicativo del mercado peruano usando diagrama de Forrester de simulación de sistemas, así como un análisis de fortalezas y debilidades (FODA). Ubilluz (2014) determinó el método, grado de humedad y solventes con los que obtuvo los resultados más eficientes para extraer capsaicina de las semillas remanentes de ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*), en la empresa Gandules INC., así como el grado de picor, viscosidad, densidad, humedad, cenizas, fibra e impurezas insolubles del producto final.

Finalmente, Hopkins et al. (2018) desarrollaron un estudio en base a la producción de la gran variedad de ajíes cultivados en la región Arequipa, entre los que se considera al ají jalapeño; así como los volúmenes exportables para coadyuvar al desarrollo industrial hacia el 2027, detectando las oportunidades de crecimiento y las falencias en el mercado local e internacional y promover

actividades de investigación y financiamiento para asegurar el desarrollo de la actividad.

## 2.2. Marco

### 2.2.1. Teórico

#### Ají Jalapeño

Todas las formas de pimiento, chile o ají utilizadas por el hombre pertenecen al género capsicum. El nombre científico del género deriva del griego Kapso (picar), o de Kapsakes (cápsula). Su clasificación taxonómica es la siguiente: (Mendoza, 2013).

Reino: Plantae

División: Spermatophyta

Línea XIV: Angiospermae

Clase A: Dicotyledones

Rama 2: Malvales-Tubiflorae

Orden XXI: Solanales (personatae)

Familia: Solanaceae

Género: Capsicum

El fruto del chile botánicamente se define como baya. Se trata de una estructura hueca, llena de aire, con forma de cápsula, siendo el pericarpio succulento. A esta peculiaridad se debe el nombre científico Capsicum. Las semillas pueden estar incrustadas en la pulpa o unidas a la placenta.

Por tanto, se define al chile jalapeño como un fruto cónico, cilíndrico o alargado, formado por tres o cuatro lóculos; cuerpo liso o con corchosisidad intermedia de aproximadamente 30% y con pericarpio de 0,4 cm. a 0,6 cm. de espesor; y se entiende por corchosisidad a las rayaduras longitudinales o transversales semejantes a corcho, que presenta el chile según la variedad (NMX-FF-025-SCFI, 2014).

De acuerdo a esta misma norma el ají jalapeño entero se clasifica en tres grados de calidad: Extra (si el 5% en número o peso, no satisfacen los requisitos de esta categoría pero satisfacen los de la categoría I, o que no superan las tolerancias establecidas para esta última) categoría I (si presentan el 10% en

número o peso, de chiles que no satisfacen los requisitos de esta categoría pero satisfacen los de la categoría II, o que no superan las tolerancias establecidas para esta última) y categoría II (si presentan el 10% en número o peso, de chiles que no satisfacen los requisitos de esta categoría, ni los requisitos mínimos con excepción de los productos que sean afectados por podredumbre u otro deterioro que imposibiliten su consumo). De igual manera esta norma también especifica el calibre (de 1 a 5) de los ajíes frescos según la longitud del fruto (<4cm a >16cm) y una relación de tamaño/peso en base al largo (cm), ancho (cm) y peso (g) con el objeto de clasificarlos en chico, mediano, grande y extra grande (NM-FF-025-SCFI, 2014).

En cuanto a su composición el contenido de vitamina A en chile jalapeño es elevado, estimándose que con 3 g a 4 g de chile rojo se cubren los requerimientos diarios de vitamina A de una persona adulta. También destaca el chile jalapeño por su alto contenido de vitamina C (entre 70mg y 300 mg por 100 g de peso fresco), aunque hay diferencias grandes entre variedades, ya que las variedades de color verde generalmente contienen más vitamina C que las de color amarillo. Por otro lado, cabe resaltar que el contenido en vitamina C del chile se ve afectado por varios factores de tipo agronómico como son: cultivo realizado al aire libre o en invernadero, riego, estado de madurez del fruto, etc. Los chiles son frutos no climatéricos y producen niveles muy bajos de etileno; entre 0,1 y 0,2 uL/kg.h a temperaturas comprendidas entre 10°C y 20°C (Lizarme, 2015).

Los chiles son alimentos termogénicos, por lo que queman grasa naturalmente y sin dañar el organismo. Ayuda a reparar y fortalecer los vasos sanguíneos en el cuerpo de forma natural, y puede prevenir ataques al corazón. Los nutrientes de este alimento disminuyen los niveles de colesterol en sangre, manteniendo el corazón saludable (Rochín et al., 2013). También mejora notablemente la circulación de todo el cuerpo, lo cual no solo es bueno para el corazón sino para el funcionamiento de todo el organismo. Además, los jalapeños previenen el cáncer de próstata, mama, colon, estómago y pulmón. La capsaicina del ají jalapeño tiene propiedades antiinflamatorias y anestésicas muy recomendada en enfermedades como la artritis, pero también en la inflamación de los pulmones, por lo que se consume para aliviar el dolor de forma natural. En los

últimos años, los ajíes han recibido una atención considerable, ya que se ha informado que estos materiales contienen una amplia gama de fitoquímicos, que se dice ejercen muchos beneficios para la salud, incluida la actividad antioxidante (Rochín et. al., 2013).

Por otro lado, el secado es un proceso de conservación de alimentos ampliamente utilizado en el que la eliminación del agua minimiza muchas de las reacciones de deterioro impulsadas por la humedad que afectan la calidad del producto, por este motivo las frutas y verduras secas y su aplicación en forma de polvo han ganado interés en la industria alimentaria; aunque las condiciones de secado y molienda durante el procesamiento del polvo influyen enormemente en los atributos de calidad final por relacionarse con cambios nutricionales, físicos, texturales, sensoriales y funcionales (Karam et al., 2016, Alvarez, 2019).

Por ejemplo, está probado que el secado solar ofrece un menor impacto que el proceso de encurtido tradicional en chiltepín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*) respecto a los contenidos de fenoles y flavonoides totales, capsaicinoides y actividad antioxidante (Rochín C. et al., 2013) y que el secado por infrarrojos y con aire caliente producen la pérdida de color en mayor proporción que el secado solar (Cao et al., 2016). Por tal motivo se hará uso de una cámara de refrigeración no frost que no solo mantiene la temperatura del alimento a 10°C sino que ejerce en el alimento un efecto de deshidratación durante el tiempo de almacenaje lo que se observó en esta investigación.

#### 2.2.2. Conceptual

Por las propiedades expuestas y la composición del ají jalapeño (*Capsicum annuum* L.) fue conveniente investigar la cinética de deshidratación del ají jalapeño encurtido nacional por ser un nuevo producto no estudiado en su forma de ají encurtido y seco. Las cámaras de refrigeración no frost o de frío directo existen como equipos de laboratorio químico, además de emplearse dicho sistema en refrigeradores caseros que no produce escarcha en la zona de congelación y de venta común en tiendas por departamentos. Por tal motivo creemos que esta tecnología puede ser empleada para la investigación en alimentos especialmente ricos en nutrientes sensibles a altas temperaturas (Wu, 2021). Los otros ensayos se harán a temperaturas de 70°C, 50°C y 35°C empleando un secador por

convección de aire caliente, cuyos datos nos servirán para determinar las curvas de cinética de secado, la difusividad efectiva de cada temperatura y el grado de correlación entre la temperatura y el tiempo de deshidratación (Hidar, 2020).

### 2.3. Definición de términos básicos

a. Deshidratación: es la reducción de la cantidad de agua mediante el tratamiento del alimento por calor artificial (aire previamente calentado, superficies calientes, etc.), es decir, de manera artificial o industrial. Los alimentos que pueden deshidratarse son las frutas, las hortalizas, las legumbres, los hongos, las especias, la leche y los huevos.

b. Desecado: es la reducción de la cantidad de agua mediante el tratamiento del alimento en condiciones ambientales (sol, viento, etc.), es decir, de manera natural o artesanal. Los alimentos que pueden desecarse son las frutas, las hortalizas, las legumbres, los hongos, la carne y el pescado. Tomado de: <http://infoalimentos.org.ar/temas/inocuidad-de-los-alimentos/304-deshidratacion-y-desecado-dos-metodos-de-conservacion-de-alimentos-muy-antiguos-que-aun-estan-vigentes>

c. Chile: del náhuatl esta palabra significa ají. El chile era usado por los antiguos mayas, mezclado con chocolate. Era chilli o xilli en lengua nahuac. El nombre de ají fue encontrado por Colón en Centroamérica, proveniente del idioma taíno de las Antillas. En el Perú donde también se conocía el ají desde hace 8000 años, se le llamó uchú en lengua quechua (RAE, 2001).

d. Cinética: Relativo al movimiento. Estudio de la velocidad a la que se produce ciertos procesos por ejemplo la pérdida de agua, las reacciones químicas o enzimáticas (RAE, 2001).

e. Cinética de secado: la cinética del secado de un material no es más que la dependencia de la humedad del material y de la intensidad de evaporación con el tiempo o variables relacionadas con este, como la propia humedad o las dimensiones del equipo (Geankoplis, 2007).

f. Temperatura: magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente. Su unidad en el sistema internacional es el kelvin (RAE, 2001).

g. Difusividad efectiva: puede entenderse como la facilidad con que el agua es removida del material; esta varía conforme cambia las condiciones de secado



(temperatura y velocidad del aire), no es intrínseca al material y se puede calcular en base a la ley de Fick para geometría laminar en una dirección (Iglesias et al., 2018). Se estima dentro del rango de temperatura estudiado (Vega y col., 2007).

h. Energía de Activación: se define así a la energía requerida para iniciar la difusión de la humedad durante el secado e indica la importancia de la temperatura en el proceso (Iglesias et al., 2018)

i. Ají jalapeño encurtido: es preparado mediante blanqueado del material entero a 90°C por cinco minutos y envasado con vinagre, especias en grano y sal (Balvin y col., 2016). La sal aporta sabor, ejerce un efecto conservador e influye en la textura y otras características del producto; por lo que debe ser de buena calidad, con bajo contenido de calcio, magnesio y hierro, y estar libre de bacterias halófilas y materias extrañas (Lizarme, 2015).

j. Chiles jalapeños o serranos en vinagre o escabeche: producto usado como condimento, preparado con chiles sanos, limpios, maduros del género *Capsicum annuum* variedad longus (Senat) que han sido o no sometidos al proceso de encurtido y posteriormente envasados en una solución de gobierno formada por vinagre, sal, agua, aceite, y opcionalmente de verduras y especias; pueden ser enteros o trozados; las especificaciones sensoriales de calidad color y olor característico, sabor picante y consistencia firme, características físicas y químicas de acidez (entre 0,75% y 2% de ácido acético, cloruros (entre 2.0 y 7.0% de cloruros), pH máximo de 4,3) siendo los grados de calidad A y B (NMX-F-121, 1982).

## CAPÍTULO III

### HIPÓTESIS Y VARIABLES

#### 3.1. Hipótesis

##### Hipótesis general

La temperatura ejerce un efecto directamente proporcional a la cinética de deshidratación del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido.

##### Hipótesis específicas

- a. El efecto que ejerce la temperatura (a 70°C, 50°C, 35°C y 10°C) es proporcional a la velocidad de deshidratación del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido.
- b. La difusividad efectiva durante la deshidratación del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido varía de acuerdo a las temperaturas ensayadas.
- c. Existe correlación entre las variables temperatura y tiempo de deshidratación del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido.

#### 3.2 Definición conceptual de las variables

##### Variable independiente:

Temperatura de deshidratación.

##### Variable dependiente:

Cinética de deshidratación del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido.

##### Definición de las variables:

Temperatura de deshidratación: temperatura constante empleada en la deshidratación de ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido expresada en grados centígrados correspondientes a 70°C, 50°C, 35°C y 10°C.

Cinética de deshidratación del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido: intensidad de la deshidratación del material en estudio a una temperatura constante expresada en grados centígrados.

#### 3.3 Operacionalización de las variables

##### 3.3.1 Definición operacional de las variables

En la siguiente tabla se presenta la operacionalización de las variables independiente y dependiente.

##### Tabla 1

*Operacionalización de las variables del estudio*

VARIABLE	TIPO	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA
<b>VI</b>				70
<b>TEMPERATURA</b>	Cuantitativa	Grado	Grado centígrado	50 35 10
<b>VD</b>				v/h
<b>CINÉTICA DE DESHIDRATACIÓN</b>	Cuantitativa	Velocidad de secado	Variación de la humedad/tiempo	
		Difusividad efectiva	Pendiente de la recta	m <sup>2</sup> /s
		Tiempo de deshidratación	Tiempo	h

Fuente: Elaboración propia (2021).

## CAPÍTULO IV

### DISEÑO METODOLÓGICO

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

La investigación desarrollada fue de tipo experimental según el grado de manipulación de las variables ya que se ensayó la deshidratación del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido a diferentes temperaturas de trabajo.

Por el objetivo fue una investigación aplicada en el área de alimentos; el producto final deshidratado podrá ser empleado en panadería o en la producción de salsas, quesos y otros alimentos, o pasar por un proceso de molienda para convertirse en un insumo alimentario del tipo saborizante.

El diseño de la investigación fue el siguiente:

Tabla 2

#### *Diseño de la Investigación*

N.º de Ensayo Experimental	Matriz de Experimentación		Plan de Trabajo experimental			
	Temperatura	Cinética de deshidratación	Valores de Temperatura	Cinética de deshidratación	Difusividad efectiva experimental	Análisis de correlación para cada temperatura experimental (Excel)
1	T1	CD1	70°C	para cada temperatura		
2	T2	CD2	50°C			
3	T3	CD3	35°C			
4	T4	CD4	10°C			

Fuente: Elaboración propia (2021).

#### 4.2. Método de investigación

Por los datos generados fue una investigación experimental con enfoque

cuantitativo en el que se empleó el método deductivo (de lo general a lo particular), seguido por el análisis estadístico de datos.

#### 4.3. Población y muestra

Población: estuvo constituida por 100 unidades de ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) que se comercializan en el mercado de productores orgánicos de Miraflores.

##### Determinación de la muestra

La muestra fue tomada de acuerdo a la fórmula siguiente  $n=C(N)^{1/2}$ . El valor de C se consideró como 1 porque la población presentó heterogeneidad en cuanto al peso (Pearson, 1986). Para este estudio el valor de n fue igual a 10 unidades de análisis, de las cuales seis muestras se emplearon en el ensayo experimental de deshidratación y las otras cuatro en otros análisis. El número de muestras correspondió a la norma NMX-Z-12/2 (1987). Las unidades experimentales fueron tomadas al azar en todos los tratamientos.

Equipos: Deshidratador de alimentos marca BLANIK, cámara de refrigeración no frost, balanza analítica SARTORIUS.

Instrumentos: refractómetro, potenciómetro HANNA, termómetro y pie de rey.

#### 4.4. Lugar de estudio.

Por motivos de la pandemia de la covid-19, la investigación se efectuó en un ambiente particular acondicionado como laboratorio de ensayos físicos y químicos, que contó con equipos adecuados e instrumentos privados de la investigadora.

#### 4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de la información

Trabajo de campo: se realizó la evaluación de todo el lote de los ajíes jalapeños encurtidos, constituido por las 100 unidades experimentales a fin de verificar que cumplieran con requisitos previos de calidad como estar libres de picaduras, cortes, partes deterioradas o podridas, etc.; posteriormente cada unidad experimental recibió un código para su seguimiento y análisis.

La investigación se desarrolló de acuerdo al plan de trabajo experimental previamente establecido para cada temperatura ensayada:

a. Tablas de peso (en gramos), longitud (en centímetros), diámetro (en centímetros) y color, de las unidades de análisis de cada ensayo.

- b. Tablas de variación de Humedad libre (MR) y tiempo de deshidratación de las diez muestras que fueron deshidratadas a las diferentes temperaturas.
- c. Construcción de los gráficos que describieron la cinética de deshidratación de las muestras de ají jalapeño encurtido por cada temperatura de trabajo experimental mediante Excel (Darvish et al., 2014).
- d. Determinación de los gráficos de Ln de la Tasa de Humedad (MR) y tiempo de deshidratación de las diez muestras que fueron deshidratadas a las diferentes temperaturas empleando Excel.
- e. Análisis estadístico de Correlación entre la variación de la humedad observada durante la deshidratación del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido vs el tiempo de proceso hallado para cada temperatura ensayada y entre la temperatura de trabajo y el tiempo de proceso, empleando Excel.

#### 4.6. Análisis y procesamiento de datos

De acuerdo a los ensayos experimentales se procesaron los datos de la siguiente manera:

- a. Se halló el promedio de la longitud, peso y diámetro de las unidades experimentales estudiadas, previas al proceso de deshidratación por cada temperatura.
- b. Con los resultados de la tasa o proporción de humedad respecto al tiempo de deshidratación se graficó las curvas de cinética de deshidratación para cada muestra.
- c. Determinación de los valores de difusividad efectiva para cada temperatura, según Cao et al. (2016).
- d. El análisis estadístico determinó el grado de correlación entre la tasa de humedad observada durante la deshidratación del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido vs el tiempo de proceso hallado por cada temperatura ensayada (Veliz, 1998) y entre las temperaturas experimentales estudiadas versus el tiempo de deshidratación de las muestras, empleando Excel.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS

#### 5.1. Resultados descriptivos

a. Deshidratación de ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) a 70°C:

Las unidades experimentales retiradas al azar tuvieron las siguientes características físicas:

Tabla 3

*Características físicas de los ajíes jalapeños (Capsicum annuum L.) encurtidos código A*

Código	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Peso (g)	Color
A1	7.2	3.3	7.78	Verde claro
A2	5.4	2.3	8.53	Verde claro
A3	6.3	2.8	7.98	Verde claro
A4	5.3	3.4	9.83	Verde claro
A5	5.3	2.4	7.27	Verde claro
A6	5.5	2.7	3.32	Verde más intenso
A7	5.3	2.2	5.73	Verde claro
A8	4.7	2.3	3.75	Verde claro
Promedio	5.6	2.6	6.77	Verde claro

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).

Durante el deshidratado del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido se tomó de manera secuencial los pesos de las diferentes muestras para construir las gráficas correspondientes a la cinética de deshidratación mediante la variación de la tasa de humedad (MR) empleando la ecuación siguiente:  $MR = (M_t - M_e) / (M_o - M_e)$ , que representa el contenido de humedad en el tiempo t, el contenido de humedad en el equilibrio y el contenido de humedad inicial respectivamente (Kenehi et al., 2019), como se puede apreciar en la siguiente figura:

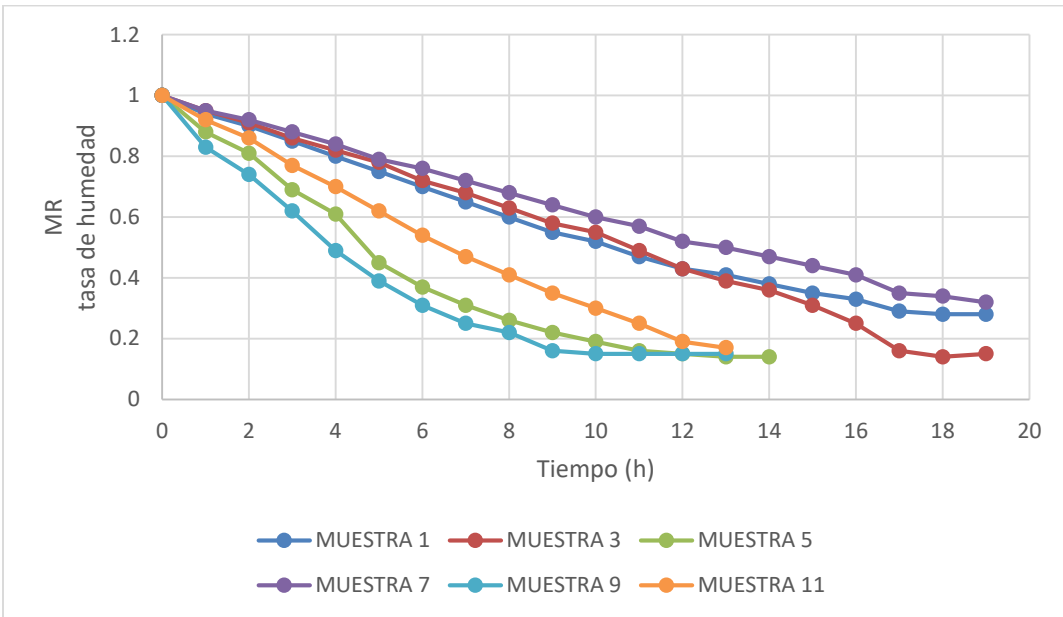


Figura 1. Cinética de deshidratación de ají jalapeño (*Capsicum annuum* L.) encurtido a 70°C vs tiempo (h).

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).

Con los resultados del Ln MR (Tasa de humedad) respecto al tiempo (h) en cada unidad experimental se obtuvo la siguiente figura 2:

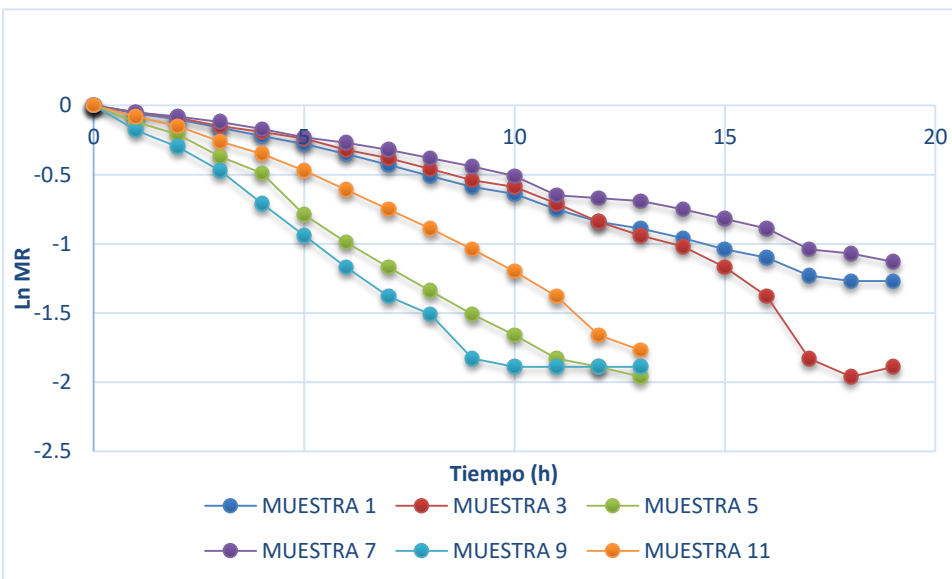


Figura 2. Variación del Ln (MR) vs tiempo (h) de deshidratación a 70°C de ají jalapeño (*Capsicum annuum* L.) encurtido.

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).



En los datos hallados se buscó la tendencia de distribución experimental y se analizó si existía diferencia significativa entre los promedios de humedad hallados en las unidades experimentales durante el tiempo de deshidratación a 70°C y se efectuó el análisis de varianza en base a las hipótesis de trabajo con los siguientes resultados:

Ho: el promedio de la tasa de humedad (MR) en las unidades experimentales (Ají jalapeño encurtido) deshidratadas a 70°C son iguales, con un 95% de confianza.

Ha: En al menos una unidad experimental (Ají jalapeño encurtido), el promedio de la tasa de humedad (MR) durante la deshidratación a 70°C es diferente de las demás, con un 95% de confianza.

Tabla 4

*Análisis de Varianza de las muestras de ají jalapeño (Capsicum annuum L.) encurtido deshidratadas a 70°C*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>
Entre grupos	0.526887719	2	0.26344386
Dentro de los grupos	12.16593684	54	0.225295127
Total	12.69282456	56	

<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
1.169327821	0.318314605	3.168245967

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).

El valor de  $F_c$  (1.16) fue menor que el valor crítico de  $F(3.16)$  y el P valor (0.31) fue mayor que  $\alpha=0.05$ . Luego se acepta la  $H_0$  que indica que el promedio de las tasas de humedad en las muestras deshidratadas a 70°C son iguales, con un 95% de confianza.

Seguidamente, con los resultados obtenidos se halló el Coeficiente de correlación ( $R^2$ ) a la temperatura de 70°C.

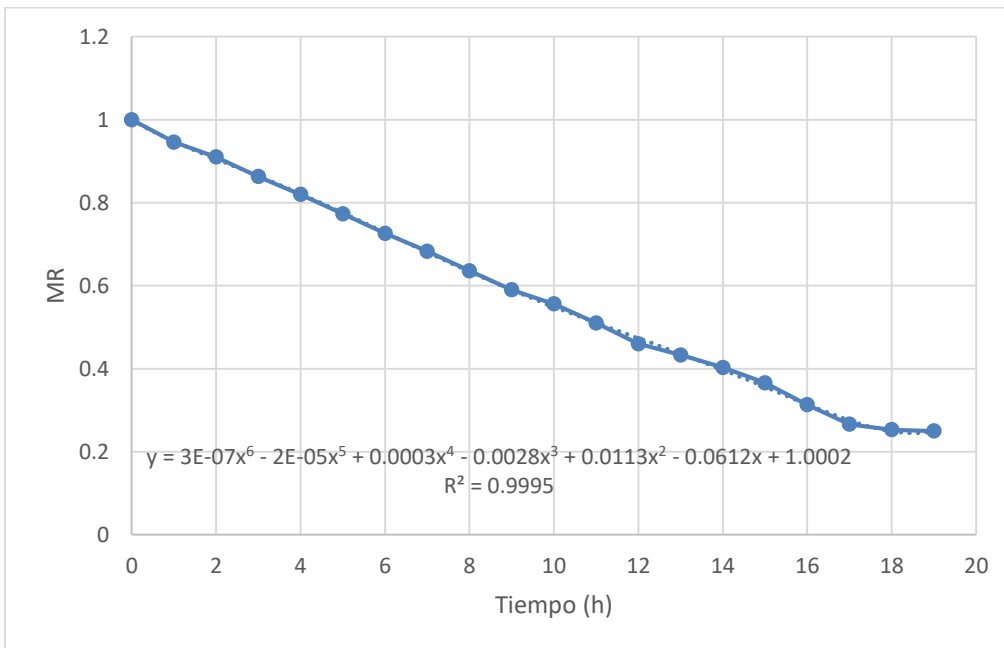


Figura 3. Coeficiente de correlación para el deshidratado a 70°C de ají jalapeño encurtido (*Capsicum annuum* L.) vs tiempo (h).

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).

Se obtuvo un valor de  $R^2$  de 0.9995 y una relación no lineal polinómica de sexto grado. Luego, se halló el coeficiente efectivo de Difusividad a 70°C empleando el método de la pendiente y la relación siguiente  $Deff = m^2 \cdot 4 \cdot L^2 / \pi^2$  (Cao et al., 2016) siendo de  $1.2176E-9 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ .

Finalmente, se observó la relación entre la velocidad de deshidratación del ají jalapeño encurtido en base a la ecuación  $R = \left(\frac{Fs}{A}\right) \left(\frac{dx}{dt}\right)$  donde  $Fs$  es el peso en kg de los sólidos secos,  $A$  es el área en  $\text{m}^2$  y  $R$  es la velocidad de secado (Iglesias, et al., 2018) que se expone a continuación.

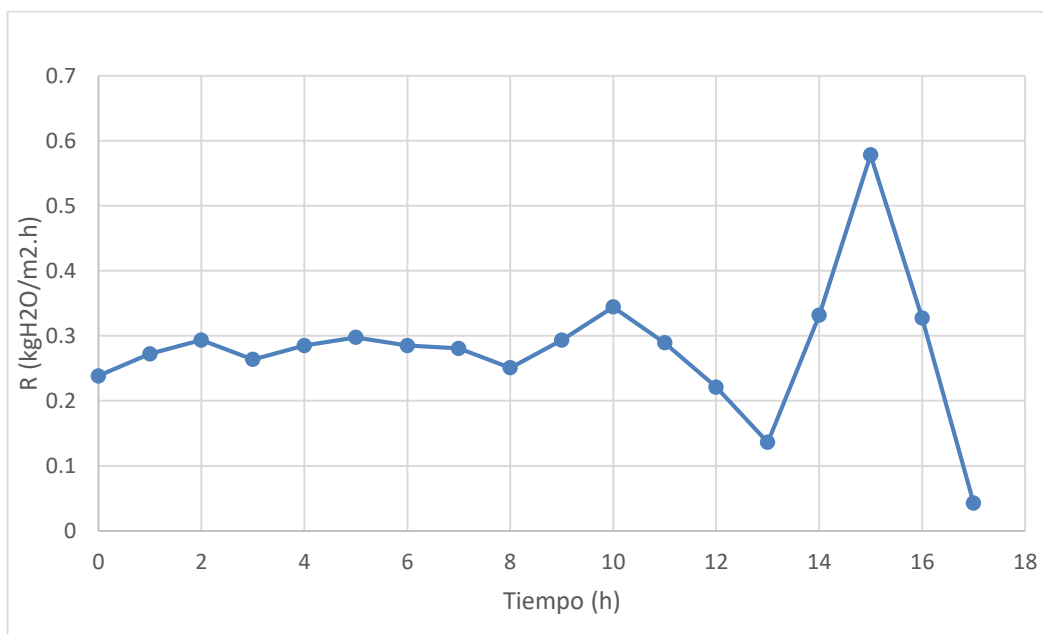


Figura 4. Velocidad de deshidratación (R) a 70°C de ají jalapeño encurtido (*Capsicum annuum L.*) vs tiempo (h)

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).

b. Deshidratación de ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) a 50°C:

Las unidades experimentales retiradas al azar tuvieron las siguientes características:

Tabla 5

Características físicas de los ajíes jalapeños (*Capsicum annuum L.*) encurtidos código B

Código	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Peso (g)	Color
B1	5.85	3.0	7.63	Verde claro
B2	7.5	3.0	13.53	Verde claro
B3	5.8	2.0	7.78	Verde claro
B4	5.7	3.4	12.27	Verde claro
B5	4.1	3.0	9.46	Verde claro
B6	6.4	2.8	12.13	Verde claro
B7	5.3	2.0	7.01	Verde claro
B8	5.8	2.0	7.35	Verde claro
Promedio	5.80	2.65	9.64	Verde claro

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).

Como ya se indicó, durante el deshidratado del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido se tomó de manera sistemática los pesos de las diferentes muestras para construir las gráficas correspondientes a la cinética de deshidratación mediante la variación de la tasa de humedad (MR) empleando la ecuación siguiente:  $MR = (M_t - M_e) / (M_o - M_e)$ , que representa el contenido de humedad en el tiempo t, el contenido de humedad en el equilibrio y el contenido de humedad inicial de la muestra respectivamente (Keneni et al., 2019) tal como como se presenta en la siguiente figura:

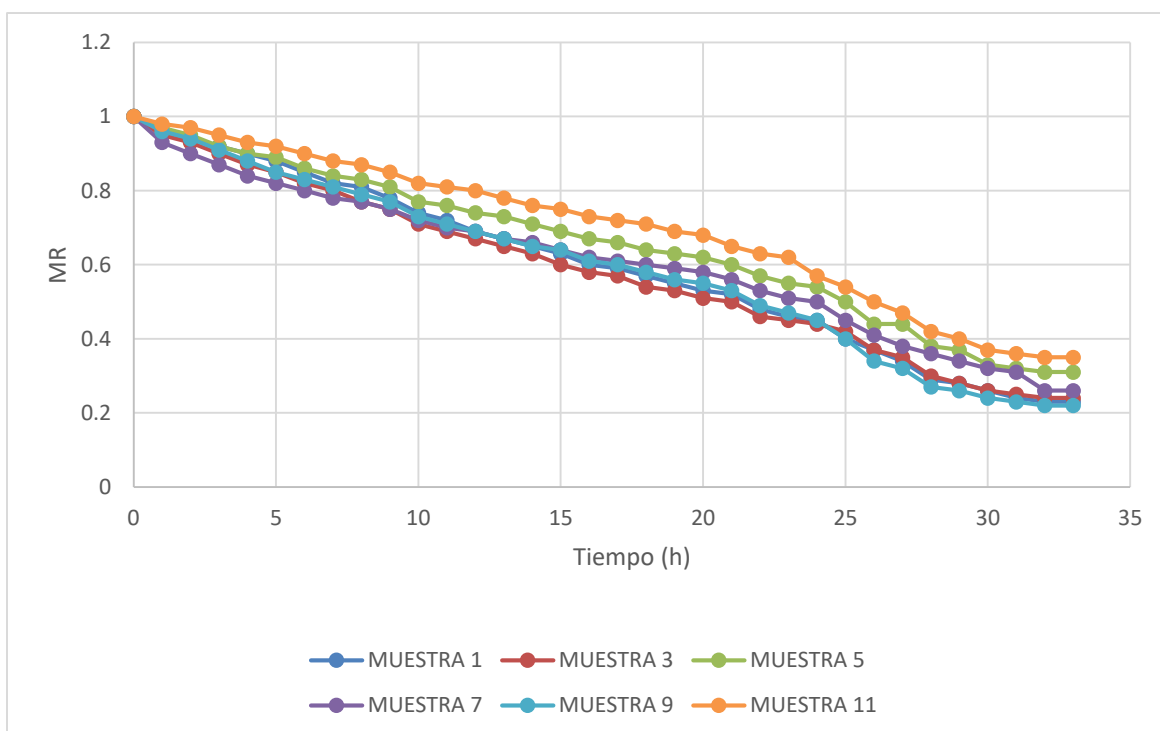


Figura 5. Cinética de deshidratación de ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido a 50°C vs tiempo (h).

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).

Al graficar los resultados del Ln MR (Tasa de humedad) respecto al tiempo (h) de cada unidad experimental se obtuvo la siguiente figura 6.

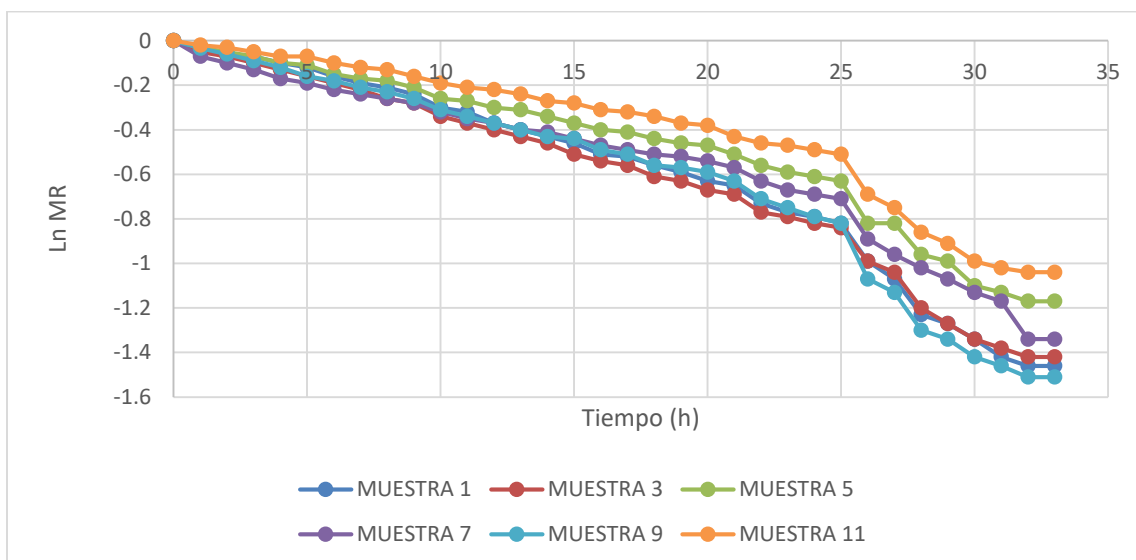


Figura 6. Variación del Ln (MR) vs tiempo (h) de deshidratación a 50°C de ají jalapeño (*Capsicum annum L.*) encurtido.

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).

Con los datos obtenidos experimentalmente se buscó la tendencia de la nube de puntos. Se analizó si existía diferencia significativa entre los promedios de la tasa de humedad hallados en las unidades experimentales durante el tiempo de deshidratación a 50°C y se propuso las hipótesis estadísticas ( $H_0$  y  $H_a$ ) siguientes:

$H_0$ : el promedio de la tasa de humedad (MR) en las unidades experimentales (Ají jalapeño encurtido) deshidratadas a 50°C son iguales, con un 95% de confianza.

$H_a$ : En al menos una unidad experimental (Ají jalapeño encurtido), el promedio de la tasa de humedad (MR) durante la deshidratación a 50°C es diferente de las demás, con un 95% de confianza. Los resultados del análisis de varianza fueron los siguientes.

Tabla 6

Análisis de Varianza de las muestras de ají jalapeño (*Capsicum annum L.*) encurtido deshidratado a 50°C

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados
Entre grupos	0.00330784	2	0.00165392

Dentro de los grupos	5.44881765	99	0.05503856
Total	5.45212549	101	

<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
0.030050232	0.970405635	3.088239626

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).

El valor de  $F_c$  (0.030) fue menor que el valor crítico de  $F(3.08)$  y el  $P$  valor (0.97) fue mayor que  $\alpha=0.05$ . Luego se acepta la hipótesis  $H_0$  que indica que los promedios de la tasa de humedad en las muestras de ají jalapeño encurtido y deshidratadas a  $50^\circ\text{C}$  son iguales, con un 95% de confianza. Luego, se halló el Coeficiente de correlación ( $R^2$ ) a la temperatura de  $50^\circ\text{C}$ .

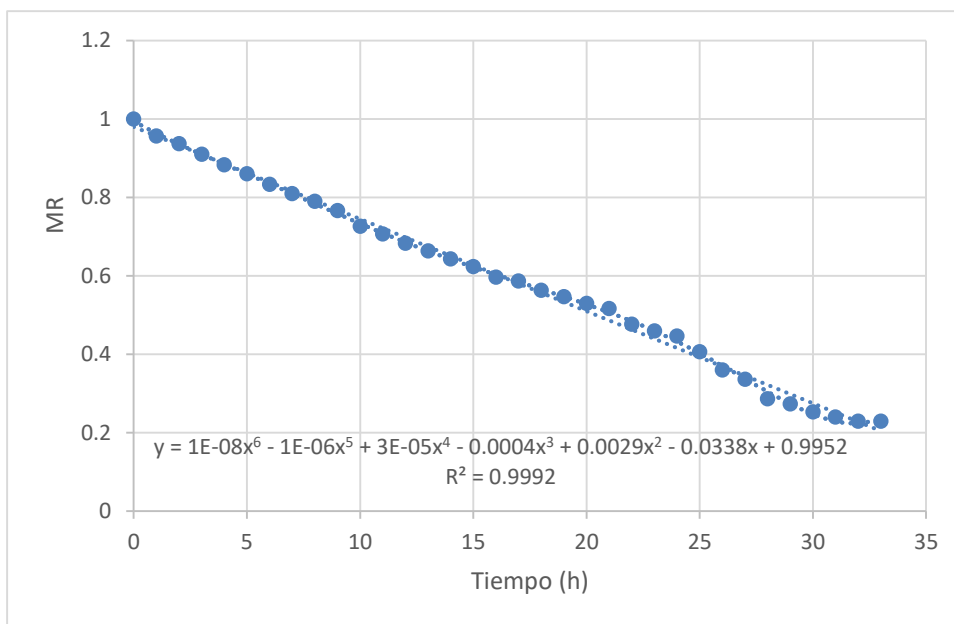


Figura 7. Coeficiente de correlación para el deshidratado a  $50^\circ\text{C}$  de ají jalapeño encurtido (*Capsicum annuum* L.).

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).

Se obtuvo un valor de  $R^2$  de 0.9955 y una relación no lineal polinómica de sexto grado. Seguidamente, se determinó el valor promedio de la Difusividad efectiva a 50°C empleando el método de la pendiente y la relación  $Deff = m^4 \cdot L^2 / \pi^2$  (Cao et al., 2016) y fue de  $7.846E-10 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ .

Finalmente, se observó la relación entre la velocidad de deshidratación del ají jalapeño encurtido en base a la ecuación  $R = \left(\frac{Fs}{A}\right) \left(\frac{dx}{dt}\right)$  donde Fs es el peso en kg de los sólidos secos, A es el área en  $\text{m}^2$  y R es la velocidad de secado (Iglesias, et al., 2018) que se expone a continuación.

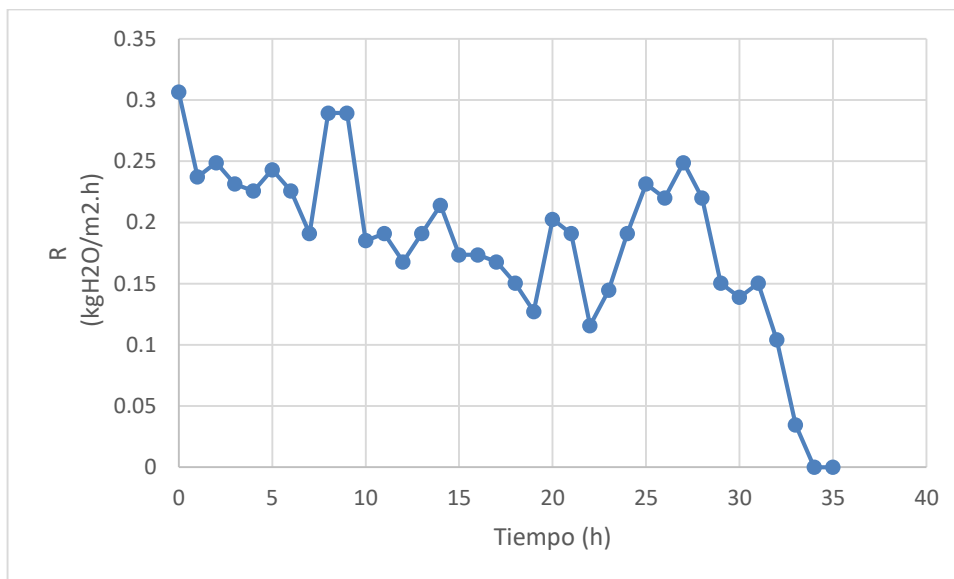


Figura 8. Velocidad de deshidratación (R) a 50°C de ají jalapeño encurtido (*Capsicum annuum L.*) vs tiempo (h)

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).

c. Deshidratación de ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) a 35°C:

Las unidades experimentales retiradas al azar tuvieron las siguientes características:

Tabla 7

Características físicas de los ajíes jalapeños (*Capsicum annuum L.*) encurtidos código C

Código	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Peso (g)	Color
--------	---------------	---------------	----------	-------

C1	5.1	3.1	5.25	Verde claro
C2	5.0	3.1	6.88	Verde claro
C3	5.0	2.8	3.44	Verde claro
C4	4.4	2.2	4.63	Verde claro
C5	4.5	2.2	2.85	Verde claro
C6	4.2	2.1	3.15	Verde claro
C7	7.0	2.2	6.67	Verde claro
C8	6.5	3.0	6.35	Verde claro
Promedio	5.21	2.58	4.90	Verde claro

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).

Durante el deshidratado del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido se tomó de manera secuencial los pesos de las diferentes muestras para construir las gráficas correspondientes a la cinética de deshidratación mediante la variación de la tasa de humedad (MR) empleando la ecuación siguiente:  $MR = (M_t - M_e) / (M_o - M_e)$ , que representa el contenido de humedad en el tiempo t, el contenido de humedad en el equilibrio y el contenido de humedad inicial respectivamente (Kenehi et al., 2019) en la siguiente figura:

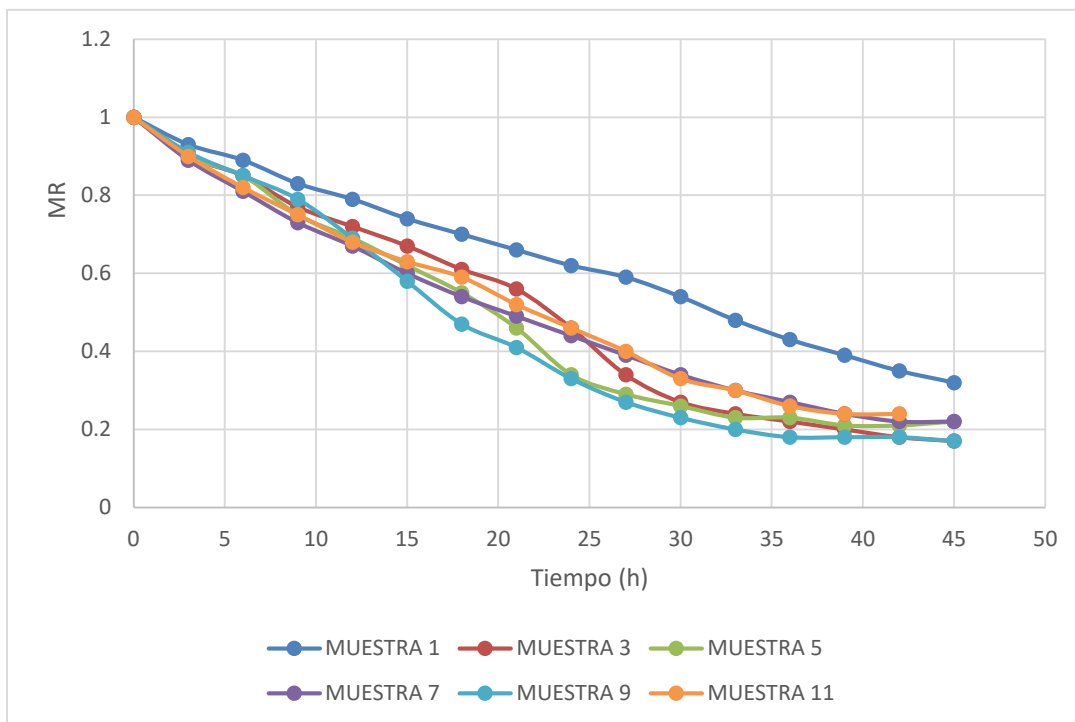


Figura 9. Cinética de deshidratación de ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido a 35°C vs tiempo (h).

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).



Graficando los resultados del Ln MR (Tasa de humedad) respecto al tiempo (h) de cada unidad experimental se obtuvo la siguiente figura:

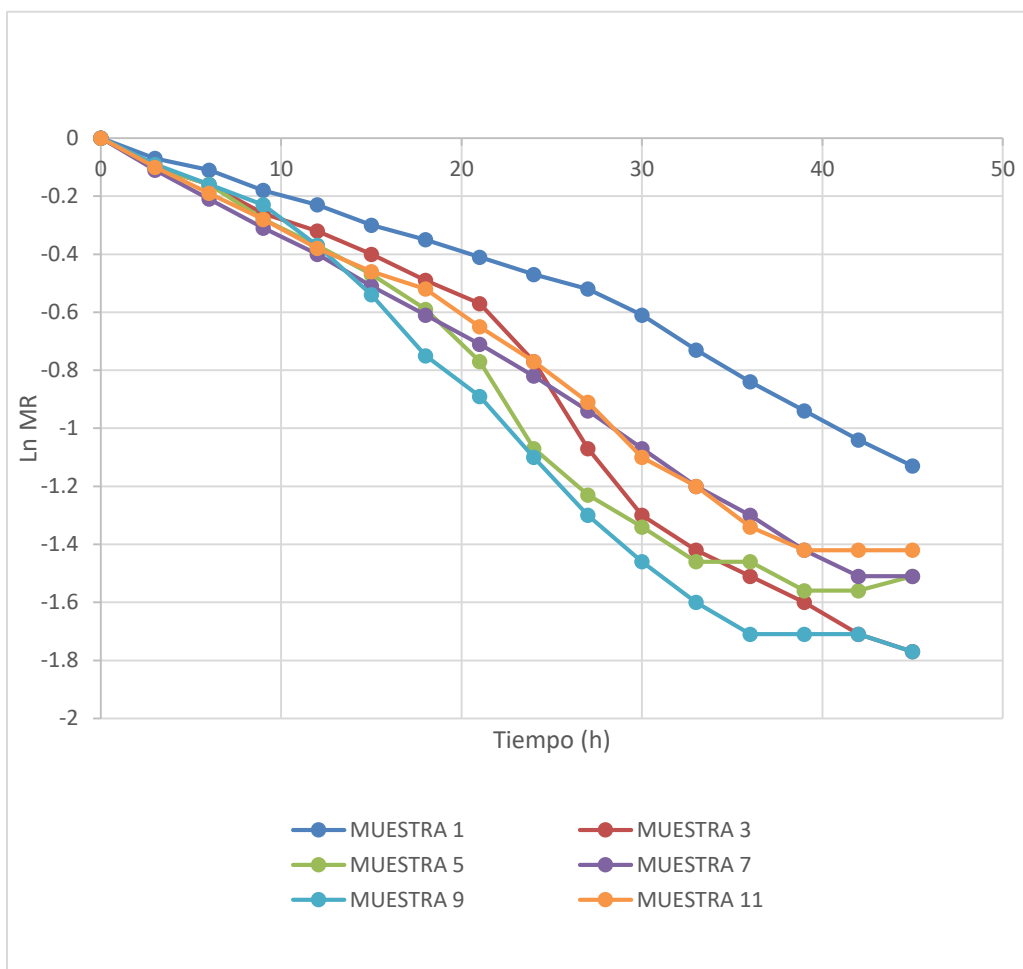


Figura 10. Variación del Ln (MR) vs tiempo (h) de deshidratación a 35°C de ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido.

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).

En esta etapa se buscó la tendencia de distribución experimental de la nube de datos y se analizó si existía diferencia significativa entre los promedios de humedad libre hallados en las unidades experimentales durante el tiempo de deshidratación a 35°C y se efectuó el análisis de varianza en base a las hipótesis (Ho y Ha) planteadas con los siguientes resultados:

Ho: el promedio de la tasa de humedad (MR) en las unidades experimentales (Ají

jalapeño encurtido) deshidratadas a 35°C son iguales, con un 95% de confianza.  
 Ha: En al menos una unidad experimental (Ají jalapeño encurtido) el promedio de la tasa de humedad (MR) durante la deshidratación a 35°C es diferente de las demás, con un 95% de confianza.

Tabla 8

*Análisis de varianza de las muestras de ají jalapeño (Capsicum annuum L.) encurtido deshidratadas a 35°C*

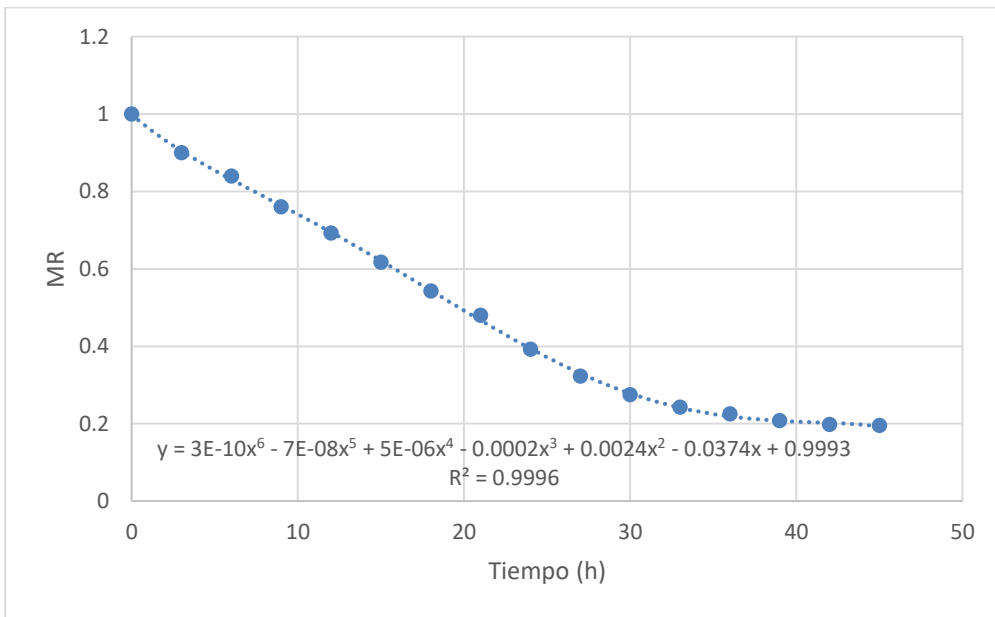
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>
Entre grupos	0.0218375	3	0.007279167
Dentro de los grupos	4.6575375	60	0.077625625
Total	4.679375	63	

<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
0.093772729	0.96319657	2.758078296

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).

El valor de  $F_c$  (0.093) fue menor que el valor crítico de  $F(2.75)$  y el P valor (0.96) fue mayor que  $\alpha=0.05$ . Luego se acepta la hipótesis  $H_0$  que indica que los promedios de la tasa de humedad en las muestras deshidratadas de ají jalapeño encurtido a 35°C, son iguales, con un 95% de confianza.

A continuación, con los resultados obtenidos se halló el Coeficiente de correlación ( $R^2$ ) a la temperatura de 35°C.



**Figura 11.** Coeficiente de correlación para el deshidratado a 35°C de ají Jalapeño encurtido (*Capsicum annuum L.*) vs tiempo (h).

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).

Como se puede apreciar se obtuvo un valor de  $R^2$  de 0.9996 y una relación no lineal polinómica de sexto grado. En cuanto al valor promedio de la Difusividad efectiva a 35°C empleando el método de la pendiente y la fórmula  $Deff = m \cdot 4 \cdot L^2 / \pi^2$  (Cao et al., 2016) ésta fue de  $3.156E-10 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ .

Además, se observó la relación entre la velocidad de deshidratación del ají jalapeño encurtido en base a la ecuación  $R = \left(\frac{Fs}{A}\right) \left(\frac{dx}{dt}\right)$  donde  $Fs$  es el peso en kg de los sólidos secos,  $A$  es el área en  $\text{m}^2$  y  $R$  es la velocidad de secado vs el tiempo (h) (Iglesias, et al., 2018) con los siguientes resultados.

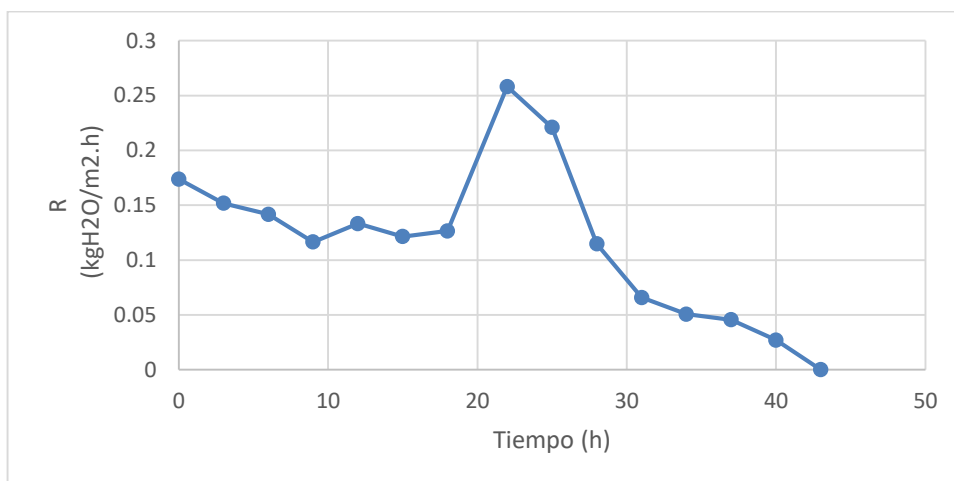


Figura 12. Velocidad de deshidratación (R) a 35°C de ají jalapeño encurtido (*Capsicum annuum L.*) vs tiempo (h)

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).

#### d. Deshidratación de ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) a 10°C

Las unidades experimentales retiradas al azar tuvieron las siguientes características:

Tabla 9

*Características físicas de los ajíes jalapeños (Capsicum annuum L.) encurtidos código D*

Código	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Peso (g)	Color
D1	5.5	3.0	5.62	Verde claro
D2	5.8	3.4	12.98	Verde claro
D3	5.5	3.0	5.25	Verde claro
D4	5.2	2.8	4.64	Verde claro
D5	5.5	2.5	7.13	Verde claro
D6	5.8	3.5	11.71	Verde claro
D7	5.7	3.5	13.97	Verde claro
D8	5.0	2.8	4.3	Verde claro
D9	6.0	2.5	5.95	Verde claro
Promedio	5.55	3.0	7.95	Verde claro

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).

Durante el deshidratado del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido se

tomó de manera secuencial los pesos de las diferentes muestras para construir las gráficas correspondientes a la cinética de deshidratación mediante la variación de la tasa de humedad (MR) empleando la ecuación siguiente:  $MR = (M_t - M_e) / (M_o - M_e)$  ya empleada en las temperaturas experimentales anteriores (Kenei et al., 2019) obteniéndose las siguientes figuras:

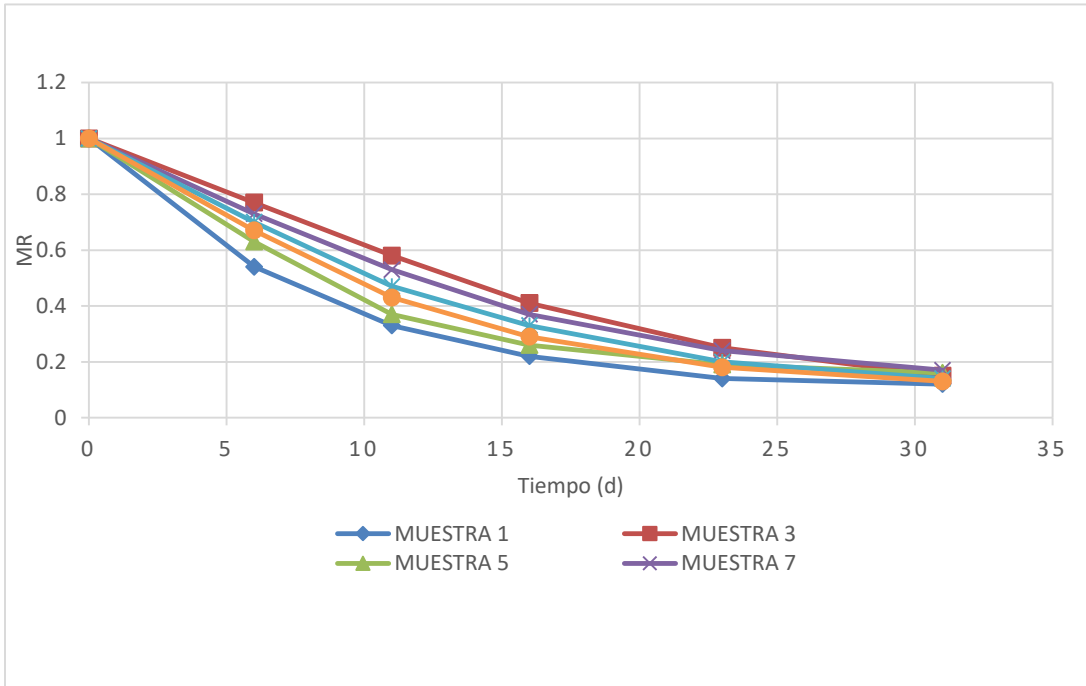


Figura 13. Cinética de deshidratación de ají jalapeño (*Capsicum annuum* L.) encurtido a 10°C vs tiempo (d).

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).

Al graficar los resultados del Ln MR (Tasa de humedad) respecto al tiempo (d) en cada unidad experimental se obtuvo la siguiente figura 14:

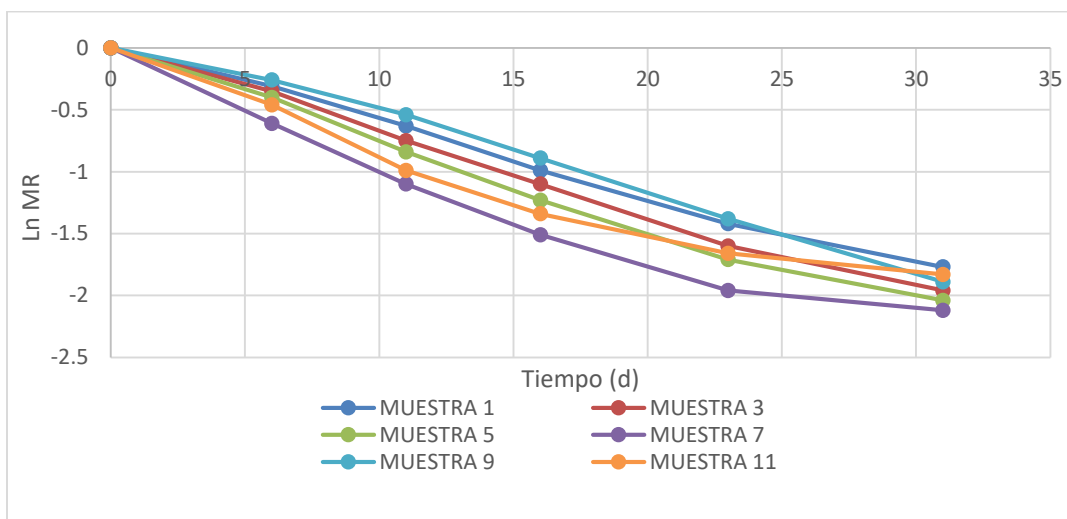


Figura 14

Variación del Ln (MR) vs tiempo (d) de deshidratación a 10°C de ají jalapeño (*Capsicum annuum* L.) encurtido.

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).

En los datos hallados se buscó la tendencia de distribución de puntos experimental y se analizó si existía diferencia significativa entre los promedios de tasa de humedad hallados en las unidades experimentales durante el tiempo de deshidratación a la temperatura de 10°C. Para desarrollar el análisis de varianza se formuló la Hipótesis (Ho) y la Hipótesis alterna (Ha):

Ho: el promedio de la tasa de humedad (MR) en las unidades experimentales (Ají jalapeño encurtido) deshidratadas a 10°C son iguales, con un 95% de confianza.

Ha: En al menos una unidad experimental (Ají jalapeño encurtido) el promedio de la tasa de humedad (MR) durante la deshidratación a 10°C fue diferente de las demás, con un 95% de confianza.

Tabla 10

Análisis de Varianza de las muestras de ají jalapeño (*Capsicum annuum* L.) deshidratadas a 10°C

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados
Entre grupos	0.07262222	5	0.01452444
Dentro de los grupos	3.19263333	30	0.10642111

Total	3.26525556	35
-------	------------	----

<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
0.136480857	0.982537395	2.533554548

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).

El valor de  $F_c$  (0.13) fue menor que el valor crítico de  $F(2.53)$  y el  $P$  valor (0.98) fue mayor que  $\alpha=0.05$ . Luego se acepta la  $H_0$  que indica que los promedios de la tasa de humedad en las muestras deshidratadas a  $10^\circ\text{C}$  son iguales, con un 95% de confianza. Seguidamente, con los resultados obtenidos se halló el Coeficiente de correlación ( $R^2$ ) a la temperatura de  $10^\circ\text{C}$ .

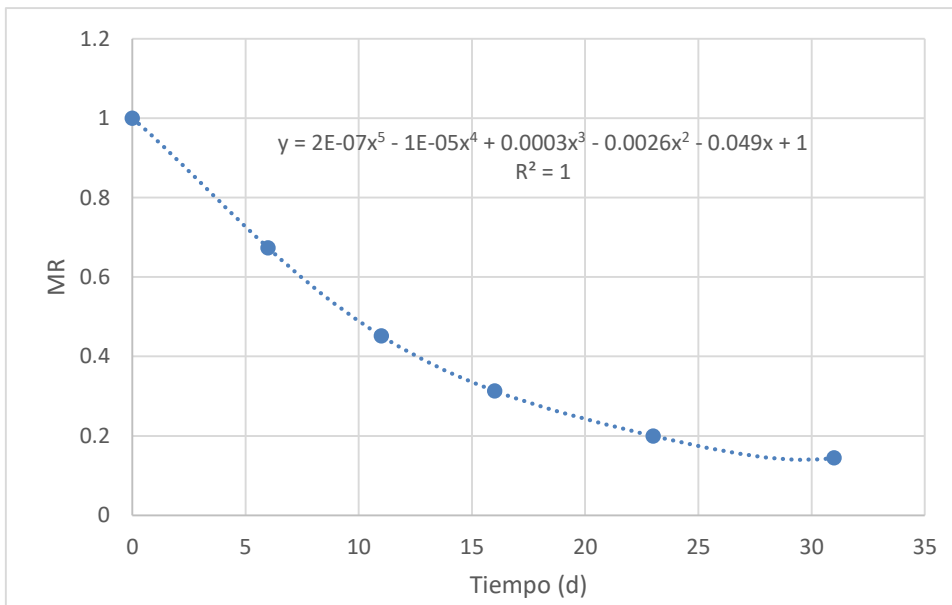


Figura 15. Coeficiente de correlación para el deshidratado a  $10^\circ\text{C}$  de ají jalapeño encurtido (*Capsicum annuum* L.) vs tiempo (d)

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).

Se obtuvo un valor de R<sup>2</sup> de 1 y una relación no lineal polinómica de quinto grado. También se halló el valor promedio de la Difusividad efectiva a 10°C empleando el método de la pendiente y la relación  $Deff = \frac{m \cdot 4 \cdot L^2}{\pi^2}$  (Cao et al., 2016) y fue de 6.5964E-11 m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>.

Finalmente, se observó la relación entre la velocidad de deshidratación a 10°C del ají jalapeño encurtido en base a la ecuación  $R = \left(\frac{Fs}{A}\right) \left(\frac{dx}{dt}\right)$  donde Fs es el peso en kg de los sólidos secos, A es el área en m<sup>2</sup> y R es la velocidad de secado vs el tiempo (h) (Iglesias, et al., 2018).

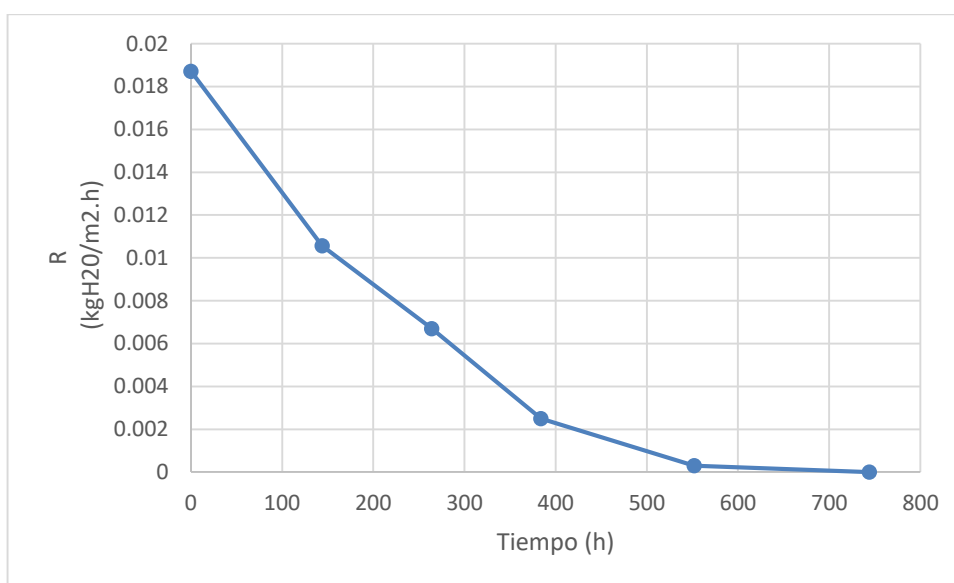


Figura 16. Velocidad de deshidratación (R) a 10°C de ají jalapeño encurtido (*Capsicum annuum L.*) vs tiempo (h)

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).

Con respecto a los ensayos de deshidratación de ají jalapeño encurtido efectuados por cada temperatura, el tiempo de deshidratación se cita en la siguiente tabla.

Tabla 11

Variación del tiempo de deshidratación de ají jalapeño encurtido (*Capsicum annuum L.*) respecto a la temperatura

Temperatura	Tiempo de Deshidratación*
70°C	19 horas



50°C	33 horas
35°C	45 horas
10°C	31 días

\*Con seis repeticiones.

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).

De acuerdo a la segunda ley de Fick que nos permite hallar la difusividad efectiva, los valores obtenidos experimentalmente y con cada temperatura de deshidratación se citan en la siguiente tabla 12.

Tabla 12

*Variación de la Difusividad efectiva respecto a la temperatura en la deshidratación de ají jalapeño encurtido (Capsicum annuum L.)*

Temperatura	Difusividad efectiva $m^2s^{-1}$
70°C	1.2176E-9
50°C	7.846E-10
35°C	3.156E-10
10°C	6.59E-11

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).

Finalmente se estableció si existía un grado de correlación entre la temperatura de deshidratación y el tiempo requerido con los siguientes resultados:

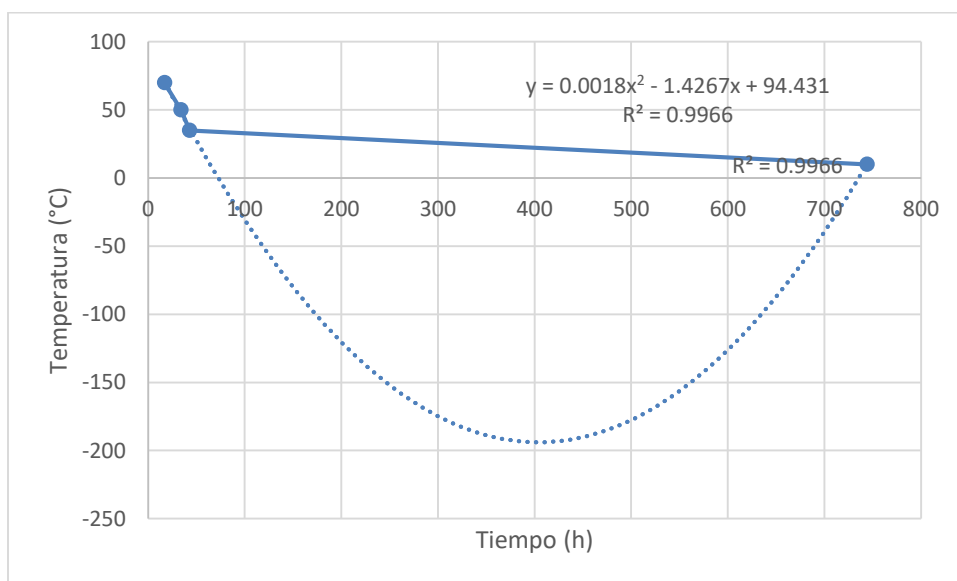


Figura 17. Coeficiente de correlación entre la temperatura (°C) de deshidratación de ají jalapeño encurtido (*Capsicum annuum L.*) vs tiempo (h)

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).

Se obtuvo un valor de R<sup>2</sup> de 0.9966 ajustado a una relación no lineal polinómica de segundo grado.

## 5.2. Resultados inferenciales

De acuerdo a los resultados hallados en las muestras analizadas de ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido se puede considerar:

Tabla 13

*Características físicas de los ajíes jalapeños (Capsicum annuum L.) encurtidos y analizados en la presente investigación*

Código	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Peso (g)	Color
A	5.6	2.6	6.77	Verde claro
B	5.8	2.0	7.35	Verde claro
C	5.21	2.58	4.90	Verde claro
D	5.55	3.0	7.95	Verde claro
Promedio	5.54	2.54	6.74	Verde claro

Fuente: Datos experimentales de la autora (2021).

Estos datos son importantes para el proceso de deshidratación y porque representan el resultado promedio de 32 muestras experimentales obtenidas al azar de ají jalapeño encurtido peruano (*Capsicum annuum L.*).

En cuanto al Coeficiente de correlación R<sup>2</sup> determinado entre tasa de humedad o proporción de humedad (MR) observada durante la deshidratación de ají jalapeño encurtido (*Capsicum annuum L.*) respecto al tiempo (expresado en horas) a la temperatura de 70°C, se obtuvo la relación no lineal polinómica de sexto grado siguiente:  $y=3E-07x^6-2E-05x^5+0.0003x^4-0.0028x^3+0.0113x^2-0.0612x+1.0002$  y R<sup>2</sup> de 0.9995. Con la segunda temperatura ensayada que fue de 50°C se observó una relación no lineal polinómica de sexto grado respecto al tiempo tal como sigue:  $y=1E-08x^6-1E-06x^5+3E-05x^4-0.0004x^3+0.0029x^2-0.0338x+0.9952$  y R<sup>2</sup> de 0.9992. La tercera temperatura ensayada (35°C) mostró

una relación no lineal polinómica de sexto grado de las siguientes características:  $y=3E-10x^6-7E-08x^5+5E-06x^4-0.0002x^3+0.0024x^2-0.0374x+0.9993$  y  $R^2$  de 0.9996. Y empleando la temperatura de 10°C la correlación fue no lineal polinómica de quinto grado que correspondió a la siguiente expresión:  $y=2E-07x^5-1E-05x^4+0.0003x^3-0.0026x^2-0.049x+1$  y  $R^2$  de 1.

Finalmente, al analizar el Coeficiente de correlación  $R^2$  entre la temperatura experimental y el tiempo de secado de las muestras de ají jalapeño encurtido se halló un valor de  $R^2$  de 0.9966, con una relación de tipo no lineal polinómica de segundo grado con la expresión siguiente:  $y=0.0018x^2-1.4267x+94.431$ .

### 5.3. Otro tipo de resultados de acuerdo a la naturaleza del problema y la hipótesis

Otros análisis efectuados a las muestras de ají jalapeño (*Capsicum annuum* L) encurtido durante el proceso de deshidratación fueron el valor de pH, el contenido de sólidos solubles totales expresados en grados Brix y el contenido de vitamina C expresado en mg/l. Los resultados fueron los siguientes:

En los experimentos desarrollados a la temperatura de 70°C el pH del ají jalapeño varió entre 4.0 y 3.0 al final del proceso de deshidratación, los sólidos solubles totales se incrementaron desde 12°Brix hasta 36°Brix, mientras que el contenido inicial de vitamina C de las muestras fue de 100mg/l y al final del proceso de deshidratación contuvo menos de 50mg/l, lo que equivale a una pérdida de vitamina C mayor al 50%.

A la temperatura de 50°C el pH de las muestras de ají jalapeño encurtido osciló entre valores de 3 y 3.5, los sólidos solubles iniciales de 10°Brix se elevaron a 23°Brix en el producto deshidratado, y el contenido de vitamina C de 200mg/l se redujo a menos de 50mg/l, permaneciendo menos del 25% del contenido inicial de dicha vitamina en las muestras de ají jalapeño deshidratado.

En las muestras de ají jalapeño encurtido deshidratadas a 35°C, el pH inicial de las muestras fue de 4.0 y osciló hasta el pH final de 3.5; los sólidos solubles iniciales de 17°Brix se incrementaron hasta 40°Brix; en cuanto al contenido de vitamina C que inicialmente fue de 150mg/l este valor se redujo a menos de 50mg/l quedando menos del 33% de vitamina C en las muestras deshidratadas.

En la última temperatura ensayada que fue de 10°C el pH de las muestras de ají jalapeño encurtido varió durante el proceso de deshidratación de 4.0 a un pH de 3.5, los sólidos solubles de 10°Brix a 30°Brix, y la vitamina C en un contenido inicial de 75mg/l llegó hasta 100mg/l, es decir contuvo 133% de vitamina C respecto al contenido inicial presente en las muestras de ají jalapeño encurtido antes del proceso de deshidratación a 10°C.

## CAPÍTULO VI

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

Hipótesis General:

La temperatura ejerce un efecto directamente proporcional a la cinética de deshidratación del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido.

La cinética de secado está basada en la intensidad con la que se evapora el agua del ají jalapeño encurtido en el transcurso del tiempo de secado hasta obtener en las muestras un peso constante. En los experimentos de deshidratación desarrollados a las temperaturas constantes de 70°C, 50°C, 35°C y 10°C, se observó al graficar las curvas de cinética de secado que los procesos tuvieron diferentes tiempos de duración siendo de 19 horas, 33 horas, 45 horas y 744 horas respectivamente. Por tanto, a mayor temperatura el proceso de secado será más rápido y a menor temperatura el proceso se torna lento, lo cual demostró la hipótesis general planteada.

Hipótesis específica 1:

El efecto que ejerce la temperatura (a 70°C, 50°C, 35°C y 10°C) es proporcional a la velocidad de deshidratación del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido.

Se pudo observar que a la temperatura de 70°C la velocidad de secado fue de aproximadamente 0.35 kgH<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>.h, durante las primeras 10 horas de proceso para posteriormente pasar a la fase de velocidad de secado variable con una primera etapa de velocidad creciente hasta 0.6 kgH<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>.h seguida de otra etapa lineal hasta concluir las 19 horas de proceso.

En el ensayo de deshidratación del ají jalapeño encurtido a 50°C la primera fase de velocidad de secado fue de aproximadamente 0.25 kgH<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>.h durante las primeras 27 horas; registrándose la velocidad de secado variable desde la hora 27 hasta la hora 30, con una hora de velocidad no lineal, para luego concluir con otra fase de velocidad de secado lineal desde las 31 horas hasta las 34 horas en las que concluyó el experimento.

Al deshidratar el ají jalapeño encurtido (*Capsicum annuum L.*) a 35°C se observó que se mantuvo la velocidad de secado a no más de 0.15 kgH<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>.h durante las

20 horas iniciales, pasando a velocidad variable que llegó a su valor máximo a las 22 hora con 0.25 kgH<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>.h; desde este punto se registró velocidad lineal hasta las 31 horas, en la que se produjo una fase no lineal hasta las 37 horas, después de las cuales tuvo lugar una última fase de velocidad lineal que concluyó a las 43 horas.

Empleando la temperatura de 10°C en el proceso de deshidratación de ají jalapeño encurtido la máxima velocidad de secado fue de 0.018 kgH<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>.h la cual se mantuvo siempre variable durante todo el proceso, pero de una manera más significativa durante las primeras 700 horas, concluyendo en 744 horas de tiempo de secado.

Esto implica que a mayor temperatura en el proceso de secado del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido la velocidad de deshidratación constante es mayor, seguida de una fase a velocidad variable empleando las temperaturas de 70°C, 50°C y 35°C. Al desarrollar el proceso de deshidratación a 10°C la velocidad inicial de secado fue menor respecto a las anteriores temperaturas, pero se mantuvo en una fase de velocidad variable durante todo el proceso, quedando demostrada la hipótesis planteada.

Hipótesis específica 2:

La difusividad efectiva durante la deshidratación del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido varía de acuerdo a las temperaturas ensayadas.

La difusividad efectiva no es una propiedad específica del material sino que depende de las condiciones del proceso de secado por ejemplo de la temperatura y está referida a la facilidad con que el agua fue retirada del ají jalapeño encurtido a las temperaturas experimentales, por lo que se determinó la difusividad efectiva, siendo el valor mayor a 70°C de 1.2176E-9m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>, mientras que para las temperaturas de 50°C y 35°C la difusividad efectiva fue de 7.846E-10m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup> y 3.156E-10m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>, y finalmente a 10°C la difusividad efectiva fue de 6.59E-11m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>. Lo que se puede indicar es que a mayor temperatura de secado la difusividad efectiva es mayor, y se demuestra la segunda hipótesis específica.

Hipótesis específica 3:

Existe correlación entre las variables temperatura y tiempo de deshidratación del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido,

Desarrollando el coeficiente de correlación entre las temperaturas experimentales usadas de 70°C, 50°C, 35°C y 10°C respecto al tiempo en horas se halló un valor de  $R^2$  de 0.9966 con una relación no lineal polinómica de segundo grado.

También se halló el Coeficiente de correlación  $R^2$  entre la tasa de humedad o proporción de humedad (MR) observada durante la deshidratación de ají jalapeño encurtido (*Capsicum annuum L.*) respecto al tiempo (h) a la temperatura de 70°C, 50°C y 35°C en las que se obtuvo valores de  $R^2$  de 0.9995, 0.9992, y 0.9996 respectivamente y una relación no lineal polinómica de sexto grado y a la temperatura de 10°C la correlación hallada fue no lineal polinómica de quinto grado y  $R^2$  de 1. Por tanto, se demostró un grado de correlación alto entre la temperatura experimental y el tiempo de deshidratación, así como entre la tasa de humedad graficada para cada temperatura y el tiempo de proceso. Entonces, quedó demostrada la tercera hipótesis específica.

## 6.2. Contratación de los resultados con otros estudios similares

En cuanto a la humedad residual observada en la cinética de secado del chile jalapeño rojo (Alvarez et al., 2019), estuvo entre 12% y 13%, los cuales son porcentajes superiores a los de otros investigadores (Moreno et al., 2015) debido al tipo de equipo que permitió obtener un secado más exhaustivo. En nuestro caso fue de 14% a 70°C y 13% a 10°C.

Respecto a la temperatura de deshidratación, el rango entre 65°C y 75°C fue empleado para el secado industrial de chipotle que es el chile secado y ahumado (Alvarez et al., 2019). Hidar et al. (2020) usaron temperaturas de 50°C, 60°C, 70°C y 80°C y flujos de aire de 300 y 150 m<sup>3</sup>/h; reportando que a temperatura de 80°C y mayor flujo de aire ocurrieron deformaciones en el producto a nivel microestructural, cuando el secado está manejado por la difusividad a altas tasas de evaporación de agua. Para el secado de dika (*Irvingia gabonensis*) como nuez y en granos (nuez partida) se empleó las temperaturas experimentales siguientes: 50°C, 60°C, 70°C y 80°C en un deshidratador de aire caliente con buenos resultados (Aregbesola, et al., 2015). Por tanto, la temperatura fue el factor más importante que influyó en el secado por rayos infrarrojos y en el secado por aire caliente (Cao et al., 2016) como también pudimos observar en la presente investigación ya que a 70°C el tiempo de secado

fue menor, pero a 10°C se conservó el contenido de vitamina C en el ají jalapeño encurtido deshidratado siendo el 133% del contenido inicial en la muestra.

Según el tiempo de secado, en el chile jalapeño rojo duró 12 horas a 85°C, 54 horas a 75°C, 60 horas a 65°C y 105 horas a 55°C (Alvarez et al., 2019). En el secado solar de páprika el tiempo de secado varió entre 7 a 10 días en los que se debe retirar los productos que presentan problemas fitosanitarios; por lo que se coloca una capa delgada de producto que debe ser volteada para facilitar la salida del agua y concluido el secado deben tener entre 8% y 12% de humedad (Pérez et al., 2016). Por su parte Cao et al. (2016), secando pimiento (*Capsicum frutescens* L) observó que se mejor  el tiempo de secado con rayos infrarojos en comparación con el secado por aire caliente y al sol. Para las nueces dika el tiempo de secado fue de 840, 960, 1080 y 1440 minutos mientras que para los granos de nuez los tiempos fueron menores, de 600, 720, 840 y 960 minutos empleando las mismas temperaturas experimentales comprendidas entre 80°C y 50°C (Aregbesola et al., 2015). En la presente investigación los tiempos de secado se incrementaron con el descenso de la temperatura haciéndose más largos a 10°C que requirió 31 días de secado.

Por otro lado, la Difusividad efectiva varió para chile jalapeño rojo de  $6.32 \times 10^{-9}$  a 55°C a  $1.9 \times 10^{-8}$  a 85°C, es decir a mayor temperatura se incrementa el valor de la Difusividad efectiva según Alvarez et al. (2019). También se halló la Difusividad efectiva en un rango de  $5.07 \times 10^{-11}$  y  $3.14 \times 10^{-10} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ , en el secado solar convectivo de Stevia, valor que se incrementó con la temperatura y la velocidad del aire (Hidar et al., 2020). Otra investigación importante reportó que en las hojuelas de camotes la difusividad efectiva hallada por el modelo de difusión de Fick fue entre  $2.632 \times 10^{-9}$  a  $1.596 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$  y de  $1.24 \times 10^{-8}$  a  $2.4 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$  con el modelo de Dincer y Dost (Onwude et al., 2018). En términos de la investigación en pulpa de fruto de guero para secarla y hacerla harina, la difusividad efectiva fue de  $3.11 \times 10^{-9}$  hasta  $5.84 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$  con temperaturas entre 40°C y 70°C (Jorge, et al., 2021). En el pimiento rojo (*Capsicum frutescens* L) deshidratado empleando rayos infrarojos y aire caliente, Cao et al. (2016), obtuvieron una variación en la difusividad efectiva de  $1.58 \times 10^{-9}$  a  $3.78 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$  y en la nuez dika la difusividad efectiva varió de  $5.06 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$  a  $2.84 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$



en los granos de nuez y entre  $1.22 \times 10^{-10} \text{m}^2/\text{s}$  y  $2.03 \times 10^{-10} \text{m}^2/\text{s}$  en las nueces de dika (Aregbesola et al., 2015). Los reportes citados concuerdan parcialmente con Sabukola y Dairo (2007), citado por Aregbesola et al. (2015) que afirmaron que los valores de difusividad efectiva en frutas y hortalizas oscilan entre  $0.8 \times 10^{-13} \text{m}^2/\text{s}$  y  $64.6 \times 10^{-10} \text{m}^2/\text{s}$ . En nuestro caso el ají jalapeño encurtido y deshidratado tuvo una difusividad efectiva entre  $1.2176 \text{E-}9 \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  y  $3.156 \text{E-}10 \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  y de  $6.59 \text{E-}11 \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  a la temperatura de secado de  $10^\circ\text{C}$ , lo que aporta al conocimiento sobre la difusividad estudiada bajo el modelo de difusión de Fick.

Por otro lado, en cuanto a la velocidad de secado Pereira et al. (2014), reportaron que las tasas de secado comparadas entre los modelos de Page y Silva et alii en el secado de banana completa se incrementaron con la temperatura de secado entre  $40^\circ\text{C}$  y  $50^\circ\text{C}$  (de  $1.59 \text{m/s}$  a  $1.84 \text{m/s}$ ) para luego pasar a  $1.7 \text{m/s}$  a  $60^\circ\text{C}$  y  $1.5 \text{m/s}$  a  $70^\circ\text{C}$ . En nuestro experimento la velocidad de secado expresada en  $\text{kgH}_2\text{O}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$  fue mayor a la temperatura de  $70^\circ\text{C}$  reduciéndose la velocidad posiblemente por efecto de la temperatura.

Finalmente, en cuanto a los modelos que mejor interpretan los procesos de secado se cita el trabajo de deshidratación de moringa empleando el modelo de Page y el de correlación logarítmica donde los valores de difusividad efectiva variaron en un decimal respecto uno del otro modelo y los valores de  $R^2$  de Page fueron de  $0.9946$  a  $40^\circ\text{C}$ ,  $0.995$  a  $50^\circ\text{C}$ , y de  $0.9439$  a  $60^\circ\text{C}$  que mostraron un mejor ajuste que el de correlación logarítmica (Iglesias et al., 2018). En cambio, en dika nueces el mejor modelo fue el de dos términos mientras que para los granos de dika el mejor ajuste se consiguió con el modelo de Henderson-Pabis modificado (Aregbesola et al., 2015). En el secado de hojuelas de camote por infrarrojos, el modelo que mejor ajuste obtuvo fue el exponencial de dos términos, mientras que Darvishi et al. (2014), en el secado de pimienta en capa fina mostró que el modelo más apropiado fue el de Midilli, hallando una relación polinomial de tercer grado que correlacionó la difusividad efectiva de la humedad con el contenido de humedad de la muestra y se halló una correlación polinomial de tercer orden en el secado de hojuelas de ajo por rayos infrarrojos (Younis, et al., 2018). Mourad et al. (2014), reportaron que el modelo de Midilli -Kucuk fue el que mejor describió el secado convectivo de la hierbabuena a temperatura constante

en base a una relación polinómica de tercer grado ( $R^2=1$ ) y cuando la temperatura fue constante y luego se incrementa o cuando se mantiene constante la temperatura y luego se reduce, entre 45°C y 55°C; en ambos casos la relación fue polinómica de quinto grado con  $R^2= 0.8074$  y  $R^2= 0.3759$  respectivamente. En la investigación efectuada de deshidratado convectivo de ají jalapeño mediante aire caliente se obtuvo valores altos de  $R^2$  entre las temperaturas de 70°C (0.9995), 50°C (0.9992), 35°C (0.9996) y 10°C (1), con buen ajuste a una relación polinómica de sexto grado en las primeras tres temperaturas citadas y una relación polinómica de quinto grado a 10°C.

Con respecto a los análisis adicionales efectuados se puede indicar que el contenido de sólidos solubles totales expresados en °Brix se triplicó durante el proceso de deshidratación debido posiblemente a que el producto pierde agua y por la conversión de ácidos orgánicos a azúcares (Mendoza, 2013).

El pH de inicio fue de 4.0 en las muestras de chile jalapeño encurtido siendo el máximo permitido por la norma (NMX-F-121, 1982) de 4.3 de pH, descendiendo durante el proceso de deshidratación hasta pH de 3.0 a 70°C y a 3.5 con las temperaturas de 50°C, 35°C y 10°C a diferencia de lo que obtuvo Rochín et al. (2013) en el chiltepín rojo seco (5.2), chiltepín rojo (4.9) y chiltepín verde (5.1) pero si más cercano al resultado del pH de 3.7 que obtuvo en las muestras de chiltepín verde encurtido. Los ligeros incrementos de pH que se observan durante el proceso de deshidratación pueden deberse a la degradación de ácidos fenólicos por efecto del calentamiento (Rochín et al., 2013).

Una ligera reducción de color verde se observó en los productos finales al reducirse el pH y someter a las muestras a las diferentes temperaturas experimentales de deshidratación evento que también fue registrado por otros investigadores como Rochín et al. (2013); y si el chile seco se oscurece podría deberse a la conversión de clorofila en feofitinas por acción del calor y el pH bajo, al promoverse la feofitinización, evento en el que implica la sustitución de Mg por dos iones de hidrógeno y una probable modificación de la resonancia de los anillos, transformando la coloración de verde a marrón verdoso (Ihl et al., 1998; citado por Rochín et al., 2013). Por ello para el pimiento páprika se recomienda no usar secadores artificiales a temperaturas elevadas como 80°C sino entre 50°C

y 65°C para que no pierda color y almacenar posteriormente en lugar seco y oscuro (Pérez et al., 2016). El secado al sol produce pimiento seco de mejor color que el secado con aire caliente o con rayos infrarrojos según Cao et al. (2016).

Finalmente, el Instituto peruano de espárrago y hortalizas (IPEH) citado por Pérez et al. (2016) reportó en la composición de pimiento paprika por 100 g de producto fresco, 121 mg de ácido ascórbico en producto fresco y 10 mg en fruto seco observándose la enorme pérdida de esta vitamina por efecto del secado. Por otro lado, Moreno et al. (2015) reportaron que se redujo el ácido ascórbico y la capacidad antioxidante en el chile jalapeño rojo por efecto del ahumado y la variedad de madera empleada en el proceso de ahumado. En esta investigación las temperaturas de deshidratación produjeron pérdidas de vitamina C en el ají jalapeño por efecto de la temperatura a 70°C y por el tiempo prolongado de secado a 50°C y 35°C, pero que se protegió este nutriente con el secado a 10°C.

### 6.3. Responsabilidad ética

La autora del presente trabajo de investigación no tiene conflicto de intereses con los resultados que devienen del mismo porque no representa a empresa alguna que pueda estar ligada al tema; por otro lado, los resultados han sido obtenidos experimentalmente y corresponden a la calidad de las muestras, no habiendo acomodo, manipulación o falsedad en los mismos.

Durante los ensayos efectuados no se manipuló animales experimentales, vegetales en peligro de extinción, ni se suministraron muestras a humanos.

## CONCLUSIONES

1. A mayor temperatura en el proceso de secado del ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido la velocidad de deshidratación constante es mayor, seguida de una fase a velocidad variable empleando las temperaturas de 70°C, 50°C y 35°C. Al desarrollar el proceso de deshidratación a 10°C la velocidad inicial de secado fue menor, pero se mantuvo en una fase de velocidad variable lineal durante todo el proceso de deshidratación.
2. El efecto de la temperatura en la cinética de secado del ají jalapeño encurtido estuvo relacionada directamente con el tiempo de deshidratación, por lo que a mayor temperatura el tiempo de secado es más corto y viceversa.
3. La difusividad efectiva en la deshidratación de ají jalapeño (*Capsicum annuum L.*) encurtido varió desde  $6.59E-11\text{m}^2.\text{s}^{-1}$  a 10°C hasta  $1.2176E-9\text{m}^2.\text{s}^{-1}$  a 70°C empleando una cámara no frost y un deshidratador de alimentos por aire caliente por convección.
4. Se demostró un grado de correlación alto entre la temperatura experimental y el tiempo de deshidratación con una relación no lineal polinómica de segundo grado, así como entre la tasa de humedad a temperatura constante y el tiempo de proceso, siguiendo una relación no lineal polinómica de sexto grado y quinto grado.
5. Durante el proceso de secado del ají jalapeño se triplicó los sólidos solubles totales, el pH se mantuvo entre 4.0 y 3.5, se redujo el contenido de vitamina C a las temperaturas de secado de 70°C, 50°C y 35°C, y no se registró pérdida de vitamina C en el secado a 10°C en cámara no frost permaneciendo en un 133%.

## **RECOMENDACIONES**

1. Desarrollar el proceso de deshidratación con asistencia de otros equipos que puedan reducir el tiempo de proceso o incrementen la velocidad de secado.
2. Hallar la difusividad efectiva variando las condiciones experimentales para incrementar dicho evento.
3. Desarrollar los estudios de deshidratación de ají jalapeño considerando la alta variabilidad del material en sus características físicas.
4. Estudiar las reducciones de color en el proceso de secado del ají jalapeño encurtido.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, E., Contreras, F., Rodrigo, J., De la Rosa, L., García, J., y Núñez, J. (2019). Cinética de secado y efecto de la temperatura sobre las características y compuestos fenólicos de chile jalapeño rojo (*Capsicum annuum* L.). *Revista Biotecnica*, 21(1),139-147.
- Aregbesola, O., Ogunsina, B., Sofolahan, A & Chime, N. (2015). Mathematical modeling of thin layer drying characteristics of dika (*Irvingia gabonensis*) nut and kernels. *Nigerian Food Journal*, 33(1), 83-89.
- Asto, A., y Suere, A. (2013). *Comportamiento reológico de la salsa de ají jalapeño (Capsicum annuum) a diferentes concentraciones de goma xantana* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro, Tarma, Perú.
- Balvin, C., Guzmán, L., y Velásquez, V. (2016). *Exportación de ají jalapeño en conserva con vinagre a los Estados Unidos de América, estado de Florida, condado de Miami Dade*. (tesis de licenciatura), Universidad Tecnológica del Perú, Lima, Perú.
- Campos, N., Jaramillo, M., Téllez, D., & Alamilla, L. (2018). Effect of traditional dehydration processing of pepper jalapeno rayado (*Capsicum annuum*) on secondary metabolites with antioxidant activity, *CyTA - Journal of Food*, 16(1), 316-324, DOI: 0.1080/19476337.2017.1406407
- Cao, Z., Zhou, L., Bi, J., Yi, J., Chen, Q., Wu, X., Zheng, J., & Li, S. (2016). Effect of different drying technologies on drying characteristics and quality of red pepper (*Capsicum frutescens* L.) a comparative study. *J. of the Science of Food and Agriculture*, 96,3596-3603. doi: 10.1002/jsfa.7549. Epub 2016 Jan 11. PMID: 26612038.
- Consejo Argentino sobre Seguridad de Alimentos y Nutrición. (2020). *Deshidratación y desecado en la conservación de alimentos*. [En línea]. Disponible en:<http://infoalimentos.org.ar/temas/inocuidad-de-los-alimentos/304-deshidratacion-y-desecado-dos-metodos-de-conservacion-de-alimentos-muy-antiguos-que-aun-están-vigentes>
- Darvishi, H., Asl, A., Asghari, A., Azadbakht, M., Najaf, G., & Khodaei, J. (2014). Study of the drying kinetics of pepper. *Journal of the Saudi Society and Agricultural Sciences*, 13(2)130-138.
- García, A. (2011). *Estudio de mercado de variedades subutilizadas de ajíes nativos (Capsicum spp) en el Perú dentro del marco del proyecto internacional financiado por la cooperación alemana*. (tesis de posgrado) Universidad Peruana de Ciencias, Lima, Perú.
- García, J., Hernández, Y., Conejo, R., Pilatowski, I., y García, M. (2019). Deshidratación del chile guajillo (*Capsicum annuum*) utilizando el secado solar tradicional en planta, a cielo abierto, microtúnel y convencional. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*,4, 377-384.
- Geankoplis, Ch.J. (2007). *Procesos de transporte y principios de procesos de separación*.4ª edición, México: C.E.C.S.A.
- Gómez, R. (2018). *Lambayeque se consolida como región líder en producción de Capsicum*. Perú: Comité de Capsicum, ADEX.
- Hernández, J., Quinto, P., Cuevas, J., Acosta, R., y Aguilar, J. (2008). Estudio del secado de *Capsicum annuum* L. a través del modelo de Luikov. *Caos Conciencia* 1, 21-30.
- Hernández, K., y Velásquez, A. (2018). Extracción y caracterización de capsaicinoides a partir de desechos orgánicos en la industria de jalapeño verde (*Capsicum annuum* L). (tesis de pregrado), Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Perú, URI: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3228>
- Hidar, N., Ouhammou, M., Mghazli, S., Idrimam, A., Hajjaj, A., Bouchdoug, M., Jaouad, A., & Mahrouz, M. (2020). The impact of solar convective drying on kinetics, bioactive compounds and microstructure of stevia leaves. *Renewable energy*, 161, 1176-1183.
- Hopkins, Ch., Toma, J., y Valdivia, E. (2018). *Planeamiento estratégico para la industria arequipeña del ají 2017 – 2027*. (tesis de maestría), PUC, Lima, Perú.
- Iglesias, R., Grimaldi, R., Villanueva, B., Hernández, J., López, P., y Lastres, O. (2018). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 9(5),935-947.
- Jager, M., Jiménez, A., y Amaya, K. (2013). Guía de oportunidades de mercado para los ajíes nativos de Perú. Bioersivity International, (IPGRI), Roma, Italia.
- Jorge, A., Ferreira, W., Silva, L., de Oliveira, D., and Resende, O. (2021). *Revista Brasileira de*

- Karam, M., Petit, J., Zimmer, D., & Djante, E. (2016). Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: A review. *J. of food engineering*. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2016.05.001.
- Keneni, Y., Hvoslef-Eide, A. & Marchetti, J. (2019). Mathematical modelling of the drying kinetics of *Jatropha curcas* L. sedes. *Industrial Crops & Products*, 132,12-20.
- Kilakoi, S. (2017). Diseño y simulación termodinámico de un horno con fuente de energía híbrida solar-gas para la producción de chile chipotle. *Tecnológicas*, 20(39)69-81.
- Lizarme, G. (2015). *Tratamiento hidrotérmico y uso de plástico extensible en la poscosecha del chile poblano (Capsicum annuum)*, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Mendoza, L. (2013). *Propiedades fisicoquímicas y antioxidantes del chile jalapeño (Capsicum annuum var annum) fresco y seco*. (tesis de Maestría), Veracruz, México.
- Moreno, J., De la Rosa, L., López, J., Rodrigo, J., Núñez, J., & Alvarez, E. (2015). Effect of the smoking process and firewood type in the phytochemical content and antioxidant capacity of red Jalapeño pepper during its transformation to chipotle pepper. *Food Research International*, 76,(3), 654-660.
- Mourad, A., Salah, M., Imed, Z., and Ahmed, B. (2014). Kinetic study of the convective drying of spearmint. *Journal of the Saudi Society and Agricultural Sciences*, 13,1-7.
- NMX-F-121-1982. *Alimentos para humanos- envasados chiles jalapeños o serranos en vinagre o escabeche*. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, México. OM-Z-12/2-1987. Muestreo para la Inspección por atributos -parte 2: Métodos de muestreo, tablas y gráficas, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, México.
- NMX-FF-025-SCFI.-2014. *Productos Alimenticios no industrializados para consumo humano-chile fresco (Capsicum spp)* – Especificaciones, México.
- NOM-Z-12/2 (1987). *Muestreo para la inspección por atributos*, Secretaría de Comercio y Fomento industrial, Dirección General de Normas, México.
- Onwude, D., Hashim, N., Abdan, K., Janius, R., & Chen, G. (2018). Modelling the mid-infrared drying of sweet potato: kinetics, mass and heat transfer parameters, and energy consumption. *Heat and mass transfer*, 54, 2917–2933.
- Pereira, W., Siva, C., Gama, F., Palmeira, J. (2014). Mathematical models to describe thin-layer drying and to determine drying rate of whole bananas. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 13, 67-74.
- Pérez, M., Saavedra, C., Aquino, W., Rodríguez, W., y Jaimes, G. (2019). Parámetros de calidad de post cosecha en pimiento paprika y chile guajillo (*Capsicum annuum* L), valle Santa. *Magister Science Journal*, 2(1),43-54.
- Quiroz, M. y Tenorio J. (2020). *Efecto del estado de madurez sobre la concentración de carotenoides totales en cinco grados de madurez en aj jalapeño (Capsicum annuum) utilizando imágenes hiperespectrales*. (tesis de pregrado), Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú, <https://hdl.handle.net/20.500.12893/9112>
- Quispe, C. (2017). Diseño de la faja de transporte y selección del eje para el proceso de corte de aj jalapeño. *Ingenium*,2(1),34-39.
- Ramos, A., y Suere, A. (2013). *Comportamiento reológico de la salsa de aj jalapeño (Capsicum annuum) a diferentes concentraciones de goma xantana*. (tesis pregrado) Universidad Nacional del Centro del Perú, Perú. URI: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/1934>
- Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la Lengua Española*, Tomo 3, 22 edición, España: Artes Gráficas S.A.
- Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la Lengua Española*, Tomo 10, 22 edición, España: Artes Gráficas S.A.
- Rochín, C., Gómez, N., Montoya, L., y Medina, L. (2013). Efecto de los procesos de secado y encurtido sobre la capacidad antioxidante de los fitoquímicos del chiltepín (*Capsicum annuum* L) var *glabriusculum*). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 12(2), 227-239.
- Turham, M., Turhan, K., & Sahbaz, F. 2007. Drying kinetics of red pepper. *Journal of Food processing and preservation*. 21(3), 193-208.
- Ubilluz, J. (2014). *Aprovechamiento de la semilla residual del ají jalapeño (Capsicum annuum L.) para la obtención de capsaicina en la empresa Gandules INC*. (tesis de pregrado),

- Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Lima, Perú.
- Vega, A., Andrés, A., y Fito, P. (2007). Modelado matemático de la cinética de secado con aire caliente de pimiento rojo (*Capsicum annuum L. var Lamuyo*). *Información Tecnológica*, 16(6),3-11.
- Veliz, C. (1998). *Estadística*. 3° edición, Lima, Perú: Servicios gráficos S.A.
- Wu, B., Guo, X., Guo, Y., Ma, H., & Zhou, C. (2021). Enhancing jackfruit infrared drying by combining ultrasound treatments: Effect on drying characteristics, quality properties and microstructure. *Food chemistry*, 358,1-7.
- Younis, M., Abdelkarim, D., & El-Abdein, A. (2018). Kinetics and mathematical modeling of infrarde thin-layer drying of garlic slices. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25, 332-338.

## ANEXOS

### Matriz de Consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Metodología	Población
<p><b>Problema General</b> ¿Cuál es el efecto de la temperatura en la cinética de deshidratación del ají jalapeño (<i>Capsicum annuum L.</i>) encurtido?</p> <p><b>Problemas secundarios</b> ¿Cuál es el efecto de la temperatura de 70°C, 50°C y 35°C en la cinética de deshidratación del ají jalapeño (<i>Capsicum annuum L.</i>) encurtido? ¿Cuál es el efecto de la temperatura de 10°C en la cinética de deshidratación del ají jalapeño (<i>Capsicum annuum L.</i>) encurtido? ¿Cómo es la difusividad efectiva durante la deshidratación del ají jalapeño (<i>Capsicum annuum L.</i>) encurtido según las temperaturas ensayadas? ¿Cuál es el grado de correlación entre las variables temperatura y tiempo de deshidratación del ají jalapeño (<i>Capsicum annuum L.</i>) encurtido?</p>	<p><b>Objetivo General</b> Estudiar el efecto de la temperatura en la cinética de deshidratación del ají jalapeño (<i>Capsicum annuum L.</i>) encurtido.</p> <p><b>Objetivos específicos</b> a. Determinar el efecto de la temperatura de 70°C, 50°C, 35°C y 10°C en la cinética de deshidratación del ají jalapeño (<i>Capsicum annuum L.</i>) encurtido. b. Determinar la difusividad efectiva durante la deshidratación del ají jalapeño (<i>Capsicum annuum L.</i>) encurtido según las temperaturas ensayadas. c. Determinar la correlación entre las variables temperatura y tiempo de deshidratación del ají jalapeño (<i>Capsicum annuum L.</i>) encurtido, obtenido experimentalmente</p>	<p><b>Hipótesis general</b> La temperatura ejerce un efecto directamente proporcional a la cinética de deshidratación del ají jalapeño (<i>Capsicum annuum L.</i>) encurtido.</p> <p><b>Hipótesis específicas</b> a. El efecto que ejerce la temperatura (a 70°C, 50°C, 35°C y 10°C) es proporcional a la velocidad de deshidratación del ají jalapeño (<i>Capsicum annuum L.</i>) encurtido. b. La difusividad efectiva durante la deshidratación del ají jalapeño (<i>Capsicum annuum L.</i>) encurtido varía de acuerdo a las temperaturas ensayadas. c. Existe correlación entre las variables temperatura y tiempo de deshidratación del ají jalapeño (<i>Capsicum annuum L.</i>) encurtido.</p>	<p>La investigación a desarrollarse es experimental ya que se ensayará la deshidratación del ají jalapeño (<i>Capsicum annuum L.</i>) encurtido a diferentes temperaturas de trabajo. Por el tema tratado es una investigación aplicada en el área de alimentos; el producto final deshidratado podrá ser empleado en el área de panadería o en la producción de salsas, quesos y otros alimentos o proceso de molienda para convertirse en un insumo alimentario. Tipo La investigación es: a.- Aplicada, b.- Cuantitativa c. Experimental</p>	<p><b>Población:</b> Está constituida por el ají jalapeño (<i>Capsicum annuum L.</i>) por 100 unidades que se comercializan en el mercado de productores orgánicos de Miraflores.</p> <p><b>Determinación de la muestra</b> La muestra será tomada de acuerdo a la fórmula siguiente <math>n=C(N)/2</math>. El valor de C será de 1 porque la población puede poseer heterogeneidad en cuanto al peso (Pearson, 1986). Para este estudio el valor de n será igual a 10 unidades de análisis. Las unidades experimentales serán tomadas al azar.</p>



## Análisis de vitamina C:

Tiras de prueba MACHEREY-NAGEL QUANTOFIX Ácido ascórbico Determinación rápida y simple de la concentración de ácido ascórbico (vitamina C): Las tiras de prueba se utilizan para la determinación rápida del ácido ascórbico (vitamina C) en los alimentos. Al presionar la superficie de corte de la fruta, también se puede determinar el contenido de vitamina C de la fruta para su orientación. El procedimiento de la prueba es muy simple y consiste sólo en la inmersión y la lectura. El resultado está disponible inmediatamente. La vitamina C se encuentra en muchos alimentos, especialmente en la fruta. También se añade como estabilizador y antioxidante.



*Dániza M. Guerrero Alva*

**FIRMA DEL RESPONSABLE**

DRA. DÁNIZA MIRTHA GUERRERO ALVA.