

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INDUSTRIAS**  
**ALIMENTARIAS**



**T E S I S**

**Cinética de degradación de la vitamina C durante el deshidratado de  
piña (*Ananas comosus* L.) variedad Samba de Chanchamayo**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero en Industrias Alimentarias**

**Autores:**

**Bach. Rosa María HUARCAYA NAVARRO**

**Bach. Roberto Yuber PALACIOS VIVAS**

**Asesor:**

**Dr. Antonio OTAROLA GAMARRA**

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS



**T E S I S**

**Cinética de degradación de la vitamina C durante el deshidratado de  
piña (*Ananas comosus* L.) variedad Samba de Chanchamayo**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Dr. Fortunato Candelario PONCE ROSAS**  
**PRESIDENTE**

---

**Dr. Wuelber Joel TORRES SUAREZ**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Rafael MATENCIO GERONIMO**  
**MIEMBRO**



**Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

**Unidad de Investigación**

**INFORME DE ORIGINALIDAD N° 056-2025/UFCCAA/V**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por  
**HUARCAYA NAVARRO, Rosa María**  
**PALACIOS VIVAS, Roberto Yuber**

Escuela de Formación Profesional  
**Industrias Alimentarias – La Merced**

Tipo de trabajo  
**Tesis**

**Cinética de degradación de la vitamina c durante el deshidratado de piña  
(*Ananas comosus* L.) variedad Samba de Chanchamayo**

Asesor  
**Dr. OTAROLA GAMARRA, Antonio**

Índice de similitud  
**6 %**

Calificativo  
**APROBADO**

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti-plagio.

Cerro de Pasco, 30 de setiembre de 2025

Firma Digital  
Firmado digitalmente por HUANES  
TOVAR Luis Antonio FAU  
261546050346 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 01.10.2025 19:56:40 -05:00

Firma Digital  
Director UFCCAA

## **DEDICATORIA**

*Con mucho cariño a mis Padres,  
hermanos, Docentes y amigos por  
darme el aliento de seguir adelante a  
lograr mis metas y por los futuros  
logros.*

**R. Yuber palacios**

*A Dios por ser mi guía y fortaleza como  
también a mis padres por su apoyo  
incondicional mi padre Moisés Huarcaya  
Gonzáles y mi madre Flavia Navarro  
Huamani por sus consejos y los valores que  
me inculcaron desde pequeña siendo un  
soporte para mi formación académica, y a  
mis hermanos por la motivación para  
seguir adelante.*

**Rosa M. Huarcaya**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por habernos protegido durante el desarrollo de esta tesis y permitirnos concluir esta etapa en nuestras vidas.

A nuestros familiares por ser los motores principales en el cumplimiento de nuestros logros, por la confianza y creer en nuestras expectativas, por los grandes valores inculcados y los buenos consejos brindados.

A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión y a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Escuela de Formación Profesional de Industrias Alimentarias, por habernos forjado profesionalmente en sus aulas de estudio.

A nuestro Asesor Dr. Antonio, Otárola Gamarra por su apoyo incondicional en el desarrollo y logro de los objetivos de nuestro proyecto de tesis.

A los docentes de la Escuela de Formación Profesional de Industrias Alimentarias por sus conocimientos, experiencias brindadas y por sus contribuciones académicas en cada una de las etapas de nuestro crecimiento profesional en las aulas de estudio.

## RESUMEN

Esta investigación tuvo la finalidad de determinar el efecto del índice de madurez y temperatura de deshidratación en la cinética de degradación de la vitamina C y características fisicoquímicas de la piña Samba producida en Chanchamayo, teniendo como variables dos estados de maduración (M1= Pintón y M2 = Madurez comercial) seleccionados en base a su índice de madurez, deshidratados con aire caliente a (40 °C, 45 °C y 50 °C) para cada estado de maduración, haciendo en total seis tratamientos: M1T1, M1T2, M1T3, M2T1, M2T2 y M2T3. Se recolectaron los datos; antes del deshidratado (análisis fisicoquímico de la materia), durante el periodo de deshidratado (análisis fisicoquímico, velocidad de secado y cinética de degradación de la vitamina c) y evaluación del producto terminado fue evaluado (balance de materias prima, fisicoquímicamente y microbiológicamente). Los resultados del mejor tratamiento fue el tratamiento M1T1 (madurez pinton a T° 40 °C x 12 h), cuyo índice de madurez fue 17.27 ± 0.02 °Brix /% ácido cítrico, pH 3.7 y de 3.8, acidez titulable inicial de 0.608 % y final de 0.320 %, °Brix inicial de 10.5 y final de 82.7 °Brix y contenido de vitamina C inicial de 74.148 y final de 41.136 mg/100 g. El modelo cinético determinado es de primer orden de reacción presenta un coeficiente de determinación  $R^2$  0.9952 y cuyos parámetros cinéticos, constante de degradación (K) cuya velocidad de reacción fue 0.0515 h<sup>-1</sup>, tiempo de reducción decimal (D) 19.42 horas de deshidratado; T:50 se requiere llegar a las 13.46 horas y energía de activación de 13920.982 J/mol °k o 3.325 kcal/mol. Según los resultados de los análisis microbiológicos para el tratamiento optimo, se encuentran dentro de los límites máximos permisibles según la Resolución Ministerial N° 591-2008/MINSA

**Palabras clave:** Vitamina C, piña, deshidratado, cinética, primer orden

## ABSTRACT

This research aimed to determine the effect of maturity index and dehydration temperature on the degradation kinetics of vitamin C and the physicochemical characteristics of Samba pineapple produced in Chanchamayo. Two ripening stages were selected based on their maturity index (M1 = Pintón and M2 = Commercial maturity), and the pineapples were dehydrated with hot air at 40 °C, 45 °C, and 50 °C for each stage, resulting in a total of six treatments: M1T1, M1T2, M1T3, M2T1, M2T2, and M2T3. Data were collected before dehydration (physicochemical analysis of the raw material), during the dehydration period (physicochemical analysis, drying rate, and vitamin C degradation kinetics), and the finished product was evaluated (raw material balance, physicochemical analysis, and microbiological analysis). The best treatment was M1T1 (pinton maturity at 40 °C x 12 h), with a maturity index of  $17.27 \pm 0.02$  °Brix /% citric acid, pH 3.7 and 3.8, initial titratable acidity of 0.608% and final titratable acidity of 0.320%, initial °Brix of 10.5 and final °Brix of 82.7, and an initial vitamin C content of 74.148 and a final vitamin C content of 41.136 mg/100 g. The determined kinetic model is a first-order reaction with a coefficient of determination  $R^2$  of 0.9952, and its kinetic parameters are a degradation constant (K), a reaction rate of 0.0515 h-1, and a decimal reduction time (D) of 19.42 hours of dehydration. At T:50, a time of 13.46 hours and an activation energy of 13920.982 J/mol °K or 3.325 kcal/mol are required. According to the results of the microbiological analyses for optimal treatment, these values are within the maximum permissible limits according to Ministerial Resolution No. 591-2008/MINSA.

**Keywords:** Vitamin C, pineapple, dehydrated, kinetics, first order

## INTRODUCCIÓN

La vitamina C también conocida como ácido ascórbico es un micronutriente esencial en la alimentación del hombre ya que es necesaria para la síntesis de colágeno y el sistema inmunitario, también es un potente antioxidante. Las principales fuentes de vitamina C son las frutas y verduras, especialmente las frutas cítricas y las verduras de hoja verde, al consumirlas el hombre puede asegurarse de obtener la cantidad de vitamina C que necesita para mantenerse saludable, la cantidad diaria en un adulto varón es de 90 mg/día y para una mujer es de 75 mg /día (RACIM, 2020), lo que reduce el riesgo de cáncer en varias localizaciones, enfermedades cardio-vasculares y cataratas (Cimmino et al., 2018), asimismo previene los deterioros en las macromoléculas del cuerpo humano formados por los radicales libres, igualmente está ligado con la síntesis de aminoácidos donde facilita la producción de colágeno, la desintoxicación del hígado y la prevención de enfermedades cardiovasculares (Castillo, 2019).

La vitamina C es hidrosoluble y el más termo sensible, ya que a diferencia de otras vitaminas durante el procesamiento térmico se pierde hasta el 100% de su concentración si no se controla el proceso adecuadamente (Gutiérrez y Hoyos, 2007), así mismo es afectada por el contenido de agua y oxígeno. En ese sentido la concentración final se considera como indicador de calidad nutricional durante el proceso y almacenamiento de los alimentos (Ordoñez et al., 2013).

La región Junín tiene condiciones climáticas y de suelo favorables para el cultivo de piña, lo que ha permitido el desarrollo y producción de este producto, en la provincia de Chanchamayo se cultiva en mayor cantidad la piña variedad samba, existiendo en muchas campañas sobreproducción, como también descartes que no son aprovechados comercialmente.

La piña es fuente de vitamina C y tiende a ser perecedero, debido a ello debe de ser procesado para alargar la vida útil, la deshidratación es una alternativa, no obstante, la exposición a temperaturas altas hace que la vitamina C se vaya degradando.

El deshidratado con aire caliente forzado es un método alternativo más común para secar productos alimenticios, se realiza en una cámara cerrada, donde el aire caliente se hace circular sobre el producto. El aire caliente absorbe la humedad del producto y luego se expulsa de la cámara. El proceso se repite hasta que el producto alcanza el nivel de humedad deseado (Ochoa et al., 2013).

Debido a los antecedentes antes mencionado el nuestra investigación pretende establecer las características tecnológicas de deshidratado de la piña a fin de ser una alternativa de transformación promoviendo la producción y consumo de piña deshidratada de la variedad Samba de Chanchamayo, teniendo como objetivo principal determinar la cinética de degradación de la vitamina C en el proceso de deshidratado y características fisicoquímicas de la piña Samba producida en Chanchamayo de tal modo que se pueda obtener parámetros óptimos para minimizar la pérdida de vitamina C y obtener productos de calidad comercial, mediante el secado con aire caliente.

## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

INDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURAS

## CAPÍTULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	3
1.2.1. Delimitación espacial .....	3
1.2.2. Delimitación de contenido.....	3
1.3. Formulación del problema .....	3
1.3.1. Problema general .....	3
1.3.2. Problemas específicos .....	4
1.4. Formulación de objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general .....	4
1.4.2. Objetivos específicos .....	4
1.5. Justificación de la investigación .....	5
1.6. Limitaciones de la investigación.....	6

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes de estudio.....	7
2.2. Bases teóricas – científicas .....	10
2.2.1. Piña .....	10
2.2.2. La Vitamina C .....	19
2.2.3. Deshidratación de alimentos.....	22
2.2.4. Calidad de frutas deshidratadas.....	27
2.3. Definición de términos básicos .....	28
2.4. Formulación de hipótesis .....	29
2.4.1. Hipótesis general .....	29
2.4.2. Hipótesis específicas .....	30
2.5. Identificación de variables .....	30
2.5.1. Variable Independiente:.....	30
2.5.2. Variables Dependientes:.....	30
2.6. Definición operacional de variables e indicadores .....	31

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1. Tipo de investigación .....	32
3.2. Nivel de investigación.....	32
3.3. Métodos de investigación.....	33
3.4. Diseño de investigación .....	33
3.4.1. Proceso de deshidratación .....	33
3.5. Población y muestra.....	34
3.5.1. Población .....	34

3.5.2. Muestra .....	34
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	34
3.6.1. Técnicas de obtención de datos .....	35
3.6.2. Métodos de recolección de datos.....	37
3.6.3. Instrumentos de recolección de datos.....	39
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	41
3.8. Tratamiento estadístico .....	42
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica .....	43

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	44
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	45
4.2.1. En la materia prima .....	45
4.2.2. Evaluación durante el periodo de deshidratado de la piña samba .....	48
4.2.3. Evaluación del producto terminado.....	79
4.3. Prueba de hipótesis.....	84
4.4. Discusión de resultados.....	84
4.4.1. En la materia prima .....	84
4.4.2. Análisis durante el proceso de deshidratado .....	88
4.4.3. Cinética de degradación de la vitamina C durante el proceso de deshidratado de la piña samba .....	98
4.4.4. Evaluación del producto terminado.....	104

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación Taxonómica de la piña ( <i>Ananas Comosus L</i> ) .....	11
<b>Tabla 2.</b> Composición nutricional de la piña ( <i>Ananas comosus</i> ).....	15
<b>Tabla 3.</b> Requerimiento de vitamina C recomendada según sexo, edad y etapa de la vida.	
.....	21
<b>Tabla 4.</b> Operacionalización de variables e indicadores. ....	31
<i>Tabla 5. Distribución de tratamientos.....</i>	34
<b>Tabla 6.</b> Resultados del análisis fisicoquímico de la materia prima (Piña samba) en sus 2 estados de maduración. ....	45
<b>Tabla 7.</b> Resultados del índice de madurez de la materia prima (piña samba) en sus 2 estados de maduración. ....	47
<b>Tabla 8.</b> Resultados del contenido inicial de Vitamina C de la materia prima (piña samba) en sus 2 estados de maduración. ....	48
<b>Tabla 9.</b> Resultados de variación del pH de la piña samba durante el periodo de deshidratado para el estado de maduración M1.....	49
<b>Tabla 10.</b> Resultados de variación del pH de la piña samba durante el deshidratado para el estado de maduración M2. ....	50
<b>Tabla 11.</b> Resultados de variación del % de acidez titulable de la piña samba durante el periodo de deshidratado para el estado de maduración M1. ....	52
<b>Tabla 12.</b> Resultados de variación de la acidez titulable de la piña samba durante el deshidratado para el estado de maduración M2.....	54
<b>Tabla 13.</b> Resultados de variación de los °Brix de la piña samba durante el periodo de deshidratado para el estado de maduración M1.....	56
<b>Tabla 14.</b> Resultados de variación de los °Brix de la piña samba durante el periodo de deshidratado para el estado de maduración M2.....	57

<b>Tabla 15.</b> Resultados de la pérdida de peso (g) de la piña samba durante el periodo de deshidratado para el estado de maduración M1.....	59
<b>Tabla 16.</b> Resultados de variación de las pérdidas de pesos (g) de la piña samba durante el periodo de deshidratado para el estado de maduración M2.....	61
<b>Tabla 17.</b> Resultados de variación del % humedad de la piña samba durante el periodo de deshidratado con relación al tiempo de secado para el estado de maduración M1.	63
<b>Tabla 18.</b> Resultados de variación del % de humedad de la piña samba durante el periodo de deshidratado con relación al tiempo de secado para el estado de maduración M2.....	64
<b>Tabla 19.</b> Variación del contenido de vitamina C (mg/100g) durante el periodo de deshidratado para el estado de M1.....	69
<b>Tabla 20.</b> Variación del contenido de vitamina C (mg/100g) durante el periodo de deshidratado para el estado de M2.....	70
<b>Tabla 21.</b> Concentración de vitamina C según el tiempo de deshidratación de la piña samba en sus 2 estados de maduración.....	72
<b>Tabla 22.</b> Orden de reacción 0 y valor R2 para la vitamina C de la piña samba durante el proceso de deshidratación para los 2 estados de maduración. ....	73
<b>Tabla 23.</b> Resultados del Ln del contenido de vitamina C para la orden de reacción 1. ....	74
<b>Tabla 24.</b> Orden de reacción 1 y valor R2 para la vitamina C de la piña samba durante el proceso de deshidratación para los 2 estados de maduración. ....	75
<b>Tabla 25.</b> Datos cinéticos. ....	76
<b>Tabla 26.</b> Parámetros cinéticos de degradación de vitamina C de piña samba deshidratada en 2 estados de maduración. ....	77
<b>Tabla 27.</b> Resultados de los análisis fisicoquímicos de la piña Samba deshidratada...	79

<b>Tabla 28.</b> Resultados del contenido de Vitamina C (mg aa/100 g) de la piña samba deshidratada.....	81
<b>Tabla 29.</b> Rendimiento de la piña samba deshidratada para el tratamiento óptimo MIT1.....	82
<b>Tabla 30.</b> Resultado del análisis microbiológico de la piña samba en estado pintón deshidratada a 40°C x 12 horas (MIT1).....	83

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Partes de una planta adulta de la piña variedad Samba. ....	11
<b>Figura 2.</b> Estructura de la vitamina C.....	19
<b>Figura 3.</b> Diseño experimental. ....	33
<b>Figura 4.</b> Diagrama de flujo del deshidratado de la piña Samba .....	35
<b>Figura 5.</b> Variación del pH de la piña samba durante el periodo de deshidratado, para el estado maduración de M1. ....	50
<b>Figura 6.</b> Variación del pH de la piña samba durante el periodo de deshidratado para el estado de M2.....	51
<b>Figura 7.</b> Variación de la acidez titulable de la piña samba durante el periodo de deshidratado para el estado de M1. ....	53
<b>Figura 8.</b> Variación de la acidez titulable de la piña samba durante el periodo de deshidratado para el estado de M2. ....	55
<b>Figura 9.</b> Variación de los °Brix de la piña samba durante el periodo de deshidratado para el estado de M1. ....	57
<b>Figura 10.</b> Variación de los °Brix de la piña samba durante el periodo de deshidratado para el estado de M2. ....	58
<b>Figura 11.</b> Curva de variación de pérdida de peso (g) de la piña samba durante el periodo de deshidratado para el estado de M1. ....	60
<b>Figura 12.</b> Curva de variación de las pérdidas de pesos (g) de la piña samba durante el periodo de deshidratado para el estado de M2. ....	62
<b>Figura 13.</b> Variación de la curva de % de humedad de la piña samba durante el periodo de deshidratado vs el tiempo de secado (horas) para el estado de M1. ....	64
<b>Figura 14.</b> Variación de la Curva de % de humedad de la piña samba durante el periodo de deshidratado vs el tiempo de secado (horas) para el estado de M2. ....	65

<b>Figura 15.</b> Variación de la velocidad de secado vs la humedad libre de la piña samba durante el periodo de deshidratado para MIT1 .....	66
<b>Figura 16.</b> Variación de la velocidad de secado vs la humedad libre de la piña samba durante el periodo de deshidratado para MIT2 .....	66
<b>Figura 17.</b> Variación de la velocidad de secado vs la humedad libre de la piña samba durante el periodo de deshidratado para MIT3 .....	67
<b>Figura 18.</b> Variación de la velocidad de secado vs la humedad libre de la piña samba durante el periodo de deshidratado para M2T1. ....	67
<b>Figura 19.</b> Variación de la velocidad de secado vs la humedad libre de la piña samba durante el periodo de deshidratado para M2T2. ....	68
<b>Figura 20.</b> Variación de la velocidad de secado vs la humedad libre de la piña samba durante el periodo de deshidratado para M2T3 .....	68
<b>Figura 21.</b> Comportamiento de la vitamina C de la piña samba durante el periodo de deshidratado de la piña samba en estado de M1 (pintón). ....	70
<b>Figura 22.</b> Comportamiento de la vitamina C de la piña samba durante el tiempo de deshidratado de la piña samba en estado de M2 (madurez comercial). ....	71
<b>Figura 23.</b> Comportamiento de la Vitamina C con relación al tiempo de deshidratado en sus 2 estados de maduración. ....	73
<b>Figura 24.</b> Comportamiento de la Vitamina C en relación al tiempo de deshidratado en sus 2 estados de maduración, para hallar el orden 1. ....	74
<b>Figura 25.</b> Modelo de Arrhenius de cinética de degradación de vitamina C de piña samba deshidratada.....	76

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

La piña es uno de los frutos más comercializados alrededor del mundo. El tamaño del mercado mundial de piña ha crecido con fuerza en los últimos años y se espera que alcance los 35.340 millones de dólares en el 2028, a una tasa de crecimiento anual compuesto (TCAC) del 7,0 %, revela un reciente y exhaustivo informe de The Business Research Company, empresa líder en inteligencia de mercado (AgroFresh, 2024).

En agosto de 2024, Perú exportó 427 toneladas de piña por un valor de \$ 2.2 millones; el precio promedio tuvo un crecimiento del 29.7 %, cotizándose en \$ 5.1 por kilogramo. Los Estados Unidos se mantuvo como el principal importador, representando el 72.5 % del total exportado, con compras por \$ 1.6 millones y 176 toneladas, donde el precio promedio fue de \$ 8.98 por kilogramo. Canadá (19.8 %) ocupó el segundo lugar, importando piña por un valor de \$ 432000 equivalente a 169 toneladas a un precio promedio de \$ 2.55 por kilogramo. El tercer lugar lo ocupó Chile (4.9 %), país que importó 57 toneladas

por \$ 106 000, a un coste promedio de \$ 1.85 por kilogramo. La presentación preferida por los importadores fue la piña deshidratada, que representó el 65.5 % de las remesas, con 116 toneladas valorizadas en \$1.4 millones y un precio de \$12.3 por kilogramo. La piña congelada ocupó el segundo lugar con una participación de 23.7 %, sumando 223 toneladas valorizadas en \$ 515,000, con un coste de \$ 2.3 por kilogramo. Cierran el podio la piña en conserva (10.6 %) y la piña en jugo (0.2 %) (Agro Perú Informa, 2024).

En ese sentido, se aprecia una demanda creciente en el consumo de piña deshidratada, ya que se sabe que es un método de conservación donde se reduce la actividad de agua del alimento, alargando la vida útil. Por otro lado, la piña es considerado un producto agrícola con alto contenido de vitamina C, complejo B, antioxidantes y se considera complemento dietético. También contiene algunos nutrientes como calcio, potasio, fósforo, magnesio, hierro, cobre y manganeso (Hernández et al., 2021); todo lo señalado hace generar un valor agregado.

La vitamina C o ácido L-ascórbico es un donador de electrones contribuyentes preventivos al daño oxidativo en el cuerpo, el cual beneficia a enfermedades como la aterosclerosis, diabetes de tipo 2 y cáncer. Por otro lado, la vitamina C es esencial para la biosíntesis del colágeno y L-carnitina (Mauro-Martín y Garcilaso-Villar, 2015). En tal sentido, es necesaria su conservación en el alimento para su posterior consumo y aprovechar todos sus beneficios. No obstante, la exposición a temperaturas altas hace que la vitamina C se vaya degradando; por ese motivo es necesario el estudio para obtener un deshidratado a una temperatura adecuada y un tiempo óptimo donde se pueda conservar la mayor parte del contenido de vitamina C.

En tal sentido, el trabajo de investigación desarrollado determinó la cinética de degradación de la vitamina C en el proceso de deshidratado de la piña samba producida en Chanchamayo, a diferentes temperaturas, de tal modo que se obtuvo parámetros óptimos de secado a fin de minimizar la pérdida de vitamina C y obtener productos de calidad comercial.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

### **1.2.1. Delimitación espacial**

Para la Investigación se empleó la piña variedad Samba criolla provenientes del sector Puente Kimiri, distrito de San Ramón, provincia de Chanchamayo, región Junín. La parte experimental fue llevada a cabo en el laboratorio de análisis de alimentos de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión Filial La Merced.

### **1.2.2. Delimitación de contenido**

Este trabajo de investigación pertenece al área de tecnología de alimentos, se limita al uso con la variedad de piña samba en 2 estados de madurez; pintón y madurez comercial, a 3 temperaturas de deshidratado en la que se evalúa la cinética de degradación del contenido de vitamina C lo cual se determinó utilizando el método Espectrofotométrico.

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema general**

¿Cómo influye el índice de madurez y temperatura de deshidratación en la cinética de degradación de la vitamina C y características fisicoquímicas de la piña Samba producida en Chanchamayo?

### **1.3.2. Problemas específicos**

- a. ¿Cuánto es el efecto del índice de madurez y temperatura durante el proceso de deshidratado de la piña samba producida en Chanchamayo, en las características fisicoquímicas?
- b. ¿Cuál será el modelo cinético de orden de reacción y parámetros cinéticos en la degradación de vitamina C durante el deshidratado de la piña samba producida en Chanchamayo?
- c. ¿Cuál será el efecto del índice de madurez y temperatura de deshidratado en la cinética de degradación de la vitamina C de la piña samba producida en Chanchamayo?

## **1.4. Formulación de objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar el efecto del índice de madurez y temperatura de deshidratación en la cinética de degradación de la vitamina C y características fisicoquímicas de la piña Samba producida en Chanchamayo.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a. Valorar el efecto del Índice de madurez y temperatura durante el proceso de deshidratado de la piña samba producida en Chanchamayo en las características fisicoquímicas.
- b. Establecer el modelo cinético de orden de reacción y parámetros cinéticos en la degradación de vitamina C durante el proceso de deshidratado de la piña samba producida en Chanchamayo.
- c. Evaluar el efecto del índice de madurez y temperatura de deshidratado en la cinética de degradación de la vitamina C de la piña samba producida en Chanchamayo.

## 1.5. Justificación de la investigación

Hoy en día el mercado de deshidratados de alimentos está en aumento y la exportación de piña deshidratada está en crecimiento ya que es mucho más fácil transportar debido al poco espacio que ocupa y son agradables al momento del consumo. Según el informe del MINAGRI (2018), en la provincia de Chanchamayo, región de Junín, se produce en mayor cantidad la variedad Samba (criolla), seguida de la Golden MD-2. Esto indica que la variedad Samba es una de las variedades de piña más cultivadas en esa zona en ese momento, esto se debe a que no requiere de fertilizantes, no necesita de control de plagas ni tratamiento por inducción, porque es rústica y orgánica. A pesar que esta variedad tiene un bajo costo de producción, su uso está limitado solo al mercado interno debido a ciertas dificultades para ser consumida como su ligero sabor ácido a comparación de otras, su forma cónica y poco atractiva. Pasando desapercibida otras características como su insuperable sabor en jugos, su durabilidad y fortaleza luego de la cosecha.

En ese sentido, al contar con un producto local de gran crecimiento en los mercados nacionales e internacionales gracias a su importancia en la nutrición y a sus bondades medicinales que aporta al consumirlas, una buena opción es optar por el deshidratado, sin embargo, la piña tiene un alto contenido de agua el cual dificulta el proceso de deshidratación. Dávila y López (2005), mencionan que el contenido de agua de la piña fresca es aproximadamente 84,1 %.

La aplicación de técnicas de deshidratado ayuda a los productos a eliminar el contenido de agua, haciendo que estas aumenten su vida útil, no obstante, la exposición a temperaturas altas hace que la vitamina C se vaya degradando.

En este contexto, la vitamina C es necesaria en la dieta humana para llevar a cabo diversas reacciones metabólicas (Villagrán et al., 2019), también se han demostrado los efectos benéficos al reducir el riesgo de enfermedades pulmonares, cardiovasculares y cánceres no hormonales, no obstante, la vitamina C es termo sensible durante los tratamientos térmicos, razón por la cual es usada como indicador de degradación térmica de nutrientes durante el procesamiento de los alimentos (Mendoza, 2016).

Por lo que, en el presente trabajo se determinó la cinética de degradación de la vitamina C en el proceso de deshidratado de la piña samba producida en Chanchamayo, de tal modo que se pudo obtener parámetros óptimos (índice de madurez y temperatura) para minimizar la pérdida de vitamina C, promoviendo la producción y consumo de piña deshidratada de la variedad Samba debido a que no existe tesis publicada.

### **1.6. Limitaciones de la investigación**

La investigación se limita a la falta de accesibilidad de materiales para el uso del espectrofotómetro como son las cubetas y la carencia de reactivo (diclorofenol-indofenol) para determinar el contenido de vitamina C. La determinación microbiológica del producto final se determinó en un laboratorio externo.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

Parra (2020), en su tesis “Determinación de parámetros de osmodeshidratación y deshidratación convectiva de la variedad de piña Samba de Chanchamayo (*Ananas comosus* L.mer cv. Samba de Chanchamayo) “, tuvo como objetivo de mejorar las características sensoriales de la piña variedad Samba de Chanchamayo para su comercialización como fruta deshidratada. donde se buscó superar su sabor ácido y su forma poco manipulable. Se realizaron pruebas de deshidratación osmótica y convectiva para determinar los parámetros adecuados. Se concluyó que la piña Samba de Chanchamayo deshidratada por osmosis y secada por aire caliente puede ser comercializada como fruta deshidratada. Se recomienda utilizar una concentración de jarabe de sacarosa a 40°Brix y una temperatura de 60°C durante 4 horas para la deshidratación osmótica, seguida de un secado convectivo a una temperatura de 60°C durante 3.5 horas.

García et al. (2018), en el artículo publicado, “*La deshidratación osmótica mejora la calidad de Ananas comosus deshidratada*”, utilizaron trozos de piña de 1 cm de espesor y se probaron diferentes concentraciones de jarabe de sacarosa (60, 65 y 70 °Brix) y tiempos de inmersión (3, 6, 24 y 48 horas). Posteriormente, se secaron con flujo de aire caliente a 50 °C durante 3 horas. Se utilizó un diseño experimental 3A x 4B, con un total de 16 unidades experimentales (12 tratamientos y 4 controles) dispuestos en un diseño completamente al azar. Se realizaron análisis fisicoquímicos y se determinó la concentración de vitamina C. Los resultados mostraron que la piña (*Ananas comosus*) osmodeshidratada y secada a una concentración de 70 °Brix durante 48 horas presentó mejores características fisicoquímicas, como menor humedad (15,23%), mayor contenido de sólidos solubles (25,1 °Brix), menor acidez (0,79%), pH de 4,35 y mayor concentración de vitamina C (10,39 mg/100g).

Apaza y Ureta (2022), en su tesis “*Degradación del ácido ascórbico en el deshidratado de la piña Golden MD2 (Ananás comosus) orgánico*” Se propusieron dos tratamientos térmicos para el deshidratado a 70 y 75 °C por un tiempo de 14 y 12 horas. Se seleccionó la materia prima y se caracterizó fisicoquímicamente, se realizó el deshidratado y se evaluó la degradación del ácido ascórbico. Además, se analizó fisicoquímicamente y sensorialmente el producto deshidratado utilizando una escala hedónica de 5 puntos. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a composición fisicoquímica, contenido de vitamina C, rendimiento y evaluación organoléptica. El mejor tratamiento fue el M2T1 (grado de maduración 2 y parámetro de deshidratado 1 a 70 °C por 14 horas), que presentó características como °Brix 83.6, pH 3.64, humedad 12.64%, contenido de ácido ascórbico de

39.72 mg de aa /100 g (degradación del 22.48%), ceniza 1.50 g /100 g, grasa 1.07 g /100 g, proteína 1.53 g /100 g, fibra cruda 7.02 g /100 g y rendimiento de 7.16% de producto deshidratado.

García et al. (2013), en el artículo publicado “*Análisis comparativo de la cinética de deshidratación Osmótica y por Flujo de Aire Caliente de la Piña (Ananas Comosus, variedad Cayena lisa)*“ tuvo como objetivo analizar comparativamente la cinética de la deshidratación osmótica (DO) y por flujo de aire caliente (DAC) de la piña (ananas comosus, variedad Cayena lisa), en el proceso las frutas fueron troceadas en cubos de 1 x 5 ±0.02 cm para ser sometidas a tratamientos de deshidratación osmótica (DO) (60 °C durante 10 h) y por deshidratación por flujo de aire caliente (DAC) (60 °C durante 5 h). Como resultado se obtuvo que la variabilidad alcanzada a partir de la diferencia entre los valores iniciales y finales de la masa, firmeza y el aumento del porcentaje de pérdida de peso fue inferior para la fruta sometida al proceso tecnológico de DO con valores de 49,4; 86 y 64,17%, que para la obtenida por DAC con valores 80; 88,3; y 80%, respectivamente, resultando también el método que mayor variabilidad aportó entre las propiedades estudiadas.

Ordoñez et al. (2013), en la investigación “*Cinética de degradación térmica de vitamina C en frutos de guayaba (Psidium guajava L.)*” trabajó con 8 rodajas de guayaba de 0.53 cm de grosor x 6.10 cm de diámetro las que se sometieron a tratamientos térmicos de 75, 85 y 95 °C por 10, 20, 30 y 40 minutos, la vitamina C se determinó por el método 2,6- diclorofenol-indofenol, obtuvo como resultados que las diferentes temperaturas en estudios disminuyen la concentración de vitamina C entre 56.70 y 60 %, la velocidad de degradación fue de  $K = 0.80 - 1.45 \text{ min}^{-1}$  y la energía de activación de  $E_a = 7.57 \text{ kcal/mol}$ , los

parámetros cinéticos de la vitamina C en las rodajas de guayaba se ajustan a una cinética de primer orden, con estos resultados se puede procesar la guayaba optimizando el tratamiento térmico y en el diseño de equipos.

Ramírez (2019), en la investigación” *Cinética de degradación del ácido ascórbico durante la deshidratación de Aguaymanto (Physalis Peruana I.)*”. En este estudio logró determinar el efecto de la temperatura sobre la cinética de degradación del ácido ascórbico en el proceso de la deshidratación de aguaymantos (*Phisalis peruviana* L.), expuestos a tres temperaturas: 60, 70 y 80 °C. Para ello se asumió como indicador de la calidad nutricional la concentración de ácido ascórbico (vitamina C) seleccionando así la temperatura con menor pérdida. El proceso de deshidratado se llevó a cabo en un deshidratador de laboratorio equipado con una bandeja giratoria y aire caliente, para medir la velocidad del aire y saber si afectaba la pérdida de vitamina C. El método empleado fue 2,6-diclorofenolindofenol para determinar el ácido ascórbico durante el proceso. Los parámetros cinéticos fueron determinados utilizando el software Excel. La descomposición térmica del ácido ascórbico sigue una cinética de primer orden.

## **2.2. Bases teóricas – científicas**

### **2.2.1. Piña**

Para muchos es la reina de las frutas, la piña (*Ananas comosus*), también conocida en otros países como “ananás”, debe su nombre al parecido que presenta con las piñas de los pinos. El término "ananás" deriva del idioma tupi de Brasil, que significa "fruta deliciosa" o "flor de frutos". Su aspecto es de sobra conocido por todos, igual que su delicioso sabor, dulce y refrescante (InfoAgro, s. f.).

**Figura 1.** Partes de una planta adulta de la piña variedad Samba.



Es una planta tropical y subtropical no climatérica que según va madurando produce pequeñas cantidades de etileno, es una planta terrestre, con forma de roseta y largas hojas, en los cuales presentan espinas en su borde, bajo condiciones ambientales se produce cada dos años, en lo cual desarrolla en el centro un tallo erecto en el que crece un pedúnculo floral lo cual al madurar crece el fruto de la piña (Apaza y Ureta, 2022).

#### A. Clasificación taxonómica

**Tabla 1.** Clasificación Taxonómica de la piña (*Ananas Comosus L*)

<i>Nombre común</i>	<i>Piña</i>
<i>Nombre científico</i>	<i>Ananas Comosus</i>
<i>Reino</i>	<i>Vegetal</i>
<i>División</i>	<i>Monocotiledoneas</i>
<i>Clase</i>	<i>Liliopsida</i>
<i>Orden</i>	<i>Bromiliaceae</i>
<i>Genero</i>	<i>Ananas</i>
<i>Especie</i>	<i>Comosus</i>

Fuente: Sandoval y Torres, (2011)

## B. Variedades de piña

Las características de las principales variedades de piña sembradas en el Perú son:

- **Cayena lisa:** Esta variedad se caracteriza por su apariencia y hojas sin espinas de color verde púrpura y tallos florales cortos y gruesos. El fruto puede ser cilíndrico o cónico según su manipulación. Tiene una pulpa fibrosa de color amarillo cremoso, buena apariencia y la piel se vuelve verde anaranjada y amarilla cuando está madura. Tiene un valor Brix de 15 y 10, lo que lo hace muy popular en el mercado. Destinado a productos frescos y consumo comercial. Esta variedad dominó el mercado mundial por más de 50 años (MINAGRI, 2018).
- **Golden MD2:** La piña MD2 o Golden (*Ananas comosus*), la pulpa aprovechable para el consumo se encuentra rodeada de brácteas verdes que pasan a anaranjadas al alcanzar la madurez, formando la piel del fruto. En el extremo superior posteriormente estas brácteas son transformadas en una corona de hojas. La pulpa comestible, es de color amarilla o blanca y tiene una propiedad carnosa, aromática, jugosa y dulce. En su interior hay un tronco fibroso duro que va desde la corona al pedí culo (Exportropic, 2023).
- **Piña Hawaiana:** La piña hawaiana es una fruta tropical dulce y jugosa con un sabor único, es conocida por su color amarillo brillante y su forma cilíndrica. La fruta es rica en vitaminas, minerales y antioxidantes, lo que la convierte en una opción saludable para el consumo.
- **Samba:** Se caracteriza por presentar plantas muy grandes y fuertes; hojas sin espinas en los bordes, erectas, largas y de ancho moderado las

cuales son de fácil manejo, el fruto es de color rojo oscuro exteriormente, de forma algo cilíndrica; tiene un peso aproximado que puede ser mayor de 2.0 Kg. /fruto, pulpa de color blanco amarillento según el estado de madurez; el grado Brix en pocas ocasiones llega a 14, es bastante resistente al transporte con relación a otras piñas (Bello, 1989).

### **C. Piña variedad Samba**

La piña Samba (*Ananas comosus L.*) es una de las frutas tradicionales y predominantes producidas en la selva central, apreciadas por su sabor, aroma y sus características nutritivas. Constituye una de las frutas más apreciadas y consumidas después de los cítricos y el plátano (Desiree et al., 2017).

En la selva Central se cultivan dos variedades de piña: Cayena Lisa y Golden MD-2. Además, también se cultivan las dos variedades tradicionales de la región: Hawaiana y Samba. Esta última variedad es de particular interés como materia prima experimental en el cual se desarrolló esta investigación.

En cuanto a la materia prima utilizada, Maravi (2018) menciona que la variedad Samba rústica, tradicional de Chanchamayo, se caracteriza por tener hojas sin espinas y las hojas tienen altas concentraciones de antocianina, lo cual les da el color rojizo a las plantaciones. El fruto de esta variedad es de color rojo oscuro, con forma algo cilíndrica y ligeras deformaciones laterales; con un peso que puede ser mayor de 1.5 Kg/fruto. La pulpa es de color blanco amarillento y tiene un contenido bajo de azúcar (11 a 12 °Brix) y baja acidez (Proyecto Especial Pichis-Palcazu, 2010).

### **D. Composición fisicoquímica y nutricional**

La fruta de la piña ha sido considerada como una buena fuente de macro y micronutrientes, lo que la convierte en un producto altamente nutritivo y

valioso (Valderrain et al., 2017). De hecho, la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA) define el término “buena fuente” (de macro y micronutrientes) como una porción de alimentos que contienen del 10 % al 19 % de la ingesta adecuada o la dosis diaria recomendada para cada nutriente (Rickman et al., 2007). Aplicando este valor, la piña puede ser considerada como una “buena fuente”, tanto de vitaminas (vitamina C, tiamina y riboflavina) como de minerales (potasio, calcio y magnesio) (Tabla 2).

Durante las últimas semanas de maduración, su contenido de azúcar y principios activos se duplica, lo que significa que los frutos recolectados antes de tiempo serán ácidos y con pocos nutrientes. Una piña madurada correctamente contiene alrededor del 11 % de los carbohidratos. Además, la piña es una fuente de vitamina C, que ayuda a proteger las células contra el daño oxidativo y yodo, que contribuye al metabolismo energético normal y a la producción de hormonas tiroideas y al funcionamiento normal de la tiroídes (Mercado Alimentos FEN, 2013). La piña es considerada como fuente de macro y micronutrientes, convirtiendo en un producto altamente nutritivo y valioso (Hernández et al., 2021).

**Tabla 2.** Composición nutricional de la piña (*Ananas comosus*)

<b>Nutrientes</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor por 100 g</b>
Agua	g	86
Energía	kcal	50
Proteína	g	0.54
Lípidos totales (grasas)	g	0.12
Carbohidratos	g	13.12
Fibra dietética total	g	1.4
Azúcares totales	g	9.85
<b>Minerales</b>		
Calcio, (Ca)	mg	13
Hierro, (Fe)	mg	0.29
Magnesio, ( Mg)	mg	12
Fósforo, (P)	mg	8
Potasio, ( K)	mg	109
Sodio, (Na)	mg	1
Zinc, (Zn)	mg	0.12
<b>Vitaminas</b>		
Vitamina C (Ácido ascórbico)	mg	47.8
Vitamina B1 (Tiamina)	mg	0.079
Vitamina B2 (Riboflavina)	mg	0.032
Vitamina B3 (Niacina)	mg	0.5
Vitamina B6	mg	0.112
Ácido fólico	ug	18
Vitamina A	iu	3
Vitamina E (Alfatocoferol)	mg	0.02
Vitamina K (Filoquinona)	ug	0.7
<b>Lípidos</b>		
Ácidos grasos saturados totales	g	0.009
Ácidos grasos monoinsaturados totales	g	0.013
Ácidos grasos poliinsaturados totales	g	0.04

Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), 2019

Por tanto, su composición nutricional debe ser tenida en cuenta por el gran número de sustancias beneficiosas que posee, aunque dicha composición del fruto se puede ver afectada por aspectos tales como la variedad o especie, el grado de madurez y la región donde se cultive (Ercisli y Orhan, 2007).

El principal componente de la piña es el agua, que constituye el 86 % de su peso, lo que supone una fuente de hidratación para nuestro cuerpo, mientras que el principal nutriente corresponde a los carbohidratos con, aproximadamente, el 13 % de su peso (USDA, 2019). A pesar de que puede estimarse un alto contenido de hidratos de carbono, el tipo de carbohidrato juega un papel importante en la salud humana (Chandalia et al., 2000; Lu et al., 2014).

La piña contiene otras sustancias de gran valor para la salud, entre los que destacan:

- **Compuestos bioactivos.** Son constituyentes extra, asociados directamente con sus efectos positivos en la salud humana, particularmente, en enfermedades cardiovasculares, diabetes y cáncer (Kris-Etherton et al., 2002). Entre los compuestos bioactivos descubiertos y agrupados según su estructura y función química, incluyen carotenoides, flavonoides, fibra dietética, fitoesteroles y moléculas muy activas como el ácido ascórbico (Sun y Li, 2002). En la pulpa de piña se han reportado compuestos antioxidantes tales como ácido ascórbico y carotenoides (Kongsuwan et al., 2009), mientras que la cáscara es una fuente importante de fibra dietética y fenoles (Larrauri et al., 1997).
- **Compuestos nutracéuticos.** Su consumo ayuda a prevenir, e incluso, a tratar las enfermedades crónico-degenerativas. Estos compuestos se clasifican, de acuerdo con sus propiedades químicas y su actividad biológica. Conviene destacar que la diversidad presente entre los

compuestos y sus partes en la piña juegan un papel fundamental que incluye la presencia de compuestos bioactivos (Hernández et al., 2021).

- **Bromelina.** Es una enzima proteolítica, reconocida como el ingrediente bioactivo más valioso y estudiado de la piña, siendo investigado desde 1884 e identificado por primera vez en 1891 por Marcano (Balls et al., 1941). Está presente, principalmente, en el tallo y en el fruto, y facilita la digestión, fragmentando las proteínas y convirtiéndolas en aminoácidos, lo que favorece el proceso digestivo.

#### **E. Contenido de vitamina C de la piña**

Montero et al. (2010), señala que, en la piña el contenido de ácido ascórbico aumenta a medida que el fruto va madurando, encontrando concentraciones de 20-65 mg/100 g de peso fresco dependiendo del estado de madurez, la radiación solar y la temperatura de almacenamiento. No obstante Pamplona (2003), señala que se va degradando debido a un inadecuado almacenamiento, conservación o procesamiento, dando como resultado la pérdida de su valor nutricional.

Al ser incluida en la dieta diaria del hombre, la vitamina C ayuda a fortalecer significativamente el sistema inmunológico, evitando ser susceptibles a adquirir infecciones del entorno; por otro lado, la vitamina C actúa como un inhibidor para reducir las posibles alteraciones enzimáticas, por tal motivo es necesario fortalecer los productos con enriquecedores alimentos que permitan mejorar la calidad del producto final (Egas y Ortega, 2011).

## **F. Beneficios de la piña para la salud**

La piña brinda grandes beneficios nutricionales y saludables, es usada como analgésicos, reduce los ácidos gástricos, mejora la digestión, aporta vitaminas y minerales como el magnesio lo cual es vital para el crecimiento y el fortalecimiento óseo, es rica en fibra soluble e insoluble, no contiene grasas saturadas y es considerada como una fruta diurética, además de contener la enzima bromelina que ayuda a sintetizar y mejorar la digestión de proteínas (Apaza y Ureta, 2022).

Según López (2019), menciona algunos beneficios; es diurético natural, que ayuda a eliminar líquidos y toxinas del organismo, así como a reducir volumen corporal y el efecto antiselulítico, el potasio y el sodio reducen la presión arterial, es antiinflamatorio natural que ayuda en afecciones como artritis, sinusitis aguda, inflamación abdominal y dolor de garganta, mejora las funciones digestivas, inhibe la producción de microorganismos intestinales y se emplea en tratamientos para los parásitos, contribuye al buen funcionamiento del hígado, favorece los procesos de cicatrización de la piel y la piel es más elástica y brillante. Para las personas que sufren anemia es una aliada perfecta, porque facilita la absorción de hierro. Además, la piña ayuda a equilibrar los niveles de glucosa en la sangre, a la vez que resulta saciante, los minerales que contiene tienen una acción antioxidante que ayuda a combatir el envejecimiento.

## **G. Piña deshidratada**

Según Arias et al. (2010), la piña deshidratada es un producto que se obtiene a través de la eliminación controlada del contenido de agua presente en la piña. Por lo general ésta se prepara en trozos o rodajas enteras para tener

una mejor presentación y facilitar el proceso, tiene una textura crujiente y un sabor dulce más intenso.

La piña deshidratada no pierde sus nutrientes, sino que se concentran. Aporta hidratos de carbono, vitaminas, minerales, antioxidantes y fibra, llegando a mantener hasta el 80% de los nutrientes de su versión al natural. Es una opción totalmente sana para incluir en una dieta equilibrada.

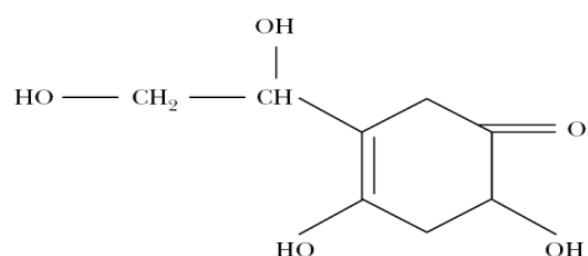
### 2.2.2. La Vitamina C

La vitamina C o ácido L-ascórbico (aa) es hidrosoluble, actúa como cofactor en diversas reacciones enzimáticas que tienen lugar en el organismo. Se sintetizada internamente por casi todos los organismos de los animales y plantas, excepto el hombre, por lo que es un nutriente esencial. El hombre carece de la enzima L-gulonolactona oxidasa debido a un defecto genético, esta enzima cataliza la etapa terminal de la síntesis de ácido ascórbico que convierte la glucosa en ácido ascórbico, por lo que debe adquirirlo a través de la alimentación.

#### a. Estructura de la vitamina C

Es un compuesto químicamente sencillo el ácido L – ascórbico (ácido 2,3-enediol gutónico o 2-oxo-L-treo-hexono-1,4-lactona-2,3- enediol), presenta una estructura atípica, su fórmula empírica es C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub> su peso molecular es de 176.12 g /moles. (Barahora, 2013).

**Figura 2. Estructura de la vitamina C**



Fuente: Valdés (2006).

Debido a su estructura química es sensible a la degradación, en los cuales influyen el pH, concentración de oxígeno, luz, calor, enzimas y catalizadores metabólicos. Los productos terminales de la degradación del ácido ascórbico adquieren importancia por la reacción de Maillard.

### **b. Vitamina C en Alimentos**

Las principales fuentes de vitamina C son las frutas y verduras y algunos alimentos fortificados en las cuales se destacan:

- Frutas cítricas (por ejemplo: naranjas y pomelos/toronjas) que representan el 44 % de la ingesta de vitamina C y sus jugos, así como pimientos rojos y verdes y kiwi, ricos en vitamina C.
- Otras frutas y verduras, como brócoli, fresas, melón, papas horneadas, tomates y la coliflor (32,8%) que también contienen vitamina C.
- Algunos alimentos y bebidas fortificadas con vitamina C (se especifica en etiquetado nutricional).

### **c. Ingesta diaria de Vitamina C**

Cimmino et al. (2018), para mantener niveles óptimos de vitamina C, es recomendable una ingesta diaria de 200 mg/día, lo que reduce el riesgo de cáncer en varias localizaciones, enfermedades cardio-vasculares y cataratas, además, se ha asociado a varios índices de reducción del riesgo de enfermedad cardiovascular, como el aumento de las HDL y la disminución de la oxidación de las LDL, la presión arterial y la mortalidad cardiovascular.

Los humanos no pueden producir ácido ascórbico por lo cual se debe incorporar mediante los alimentos. La cantidad de vitamina C que necesita por día depende de su edad (ver Tabla 3). Las cantidades promedio diarias de

vitamina C, están basadas según las RDA 2001, la cual es la última actualización (Ingesta Dietética Recomendada).

**Tabla 3.** Requerimiento de vitamina C recomendada según sexo, edad y etapa de la vida.

Etapas de la vida	Cantidad recomendada (mg)
Bebes hasta los 6 meses de edad	40 mg
Bebes de 7 a 12 meses de edad	50 mg
Niños de 1 a 3 años de edad	15 mg
Niños de 4 a 8 años de edad	25 mg
Niños de 9 a 13 años de edad	45 mg
Adolescentes (varones) de 14 a 18 años de edad	75 mg
Adolescentes (niñas) de 14 a 18 años de edad	65 mg
Adultos (hombres)	90 mg
Adultos (mujeres)	75 mg
Adolescentes embarazadas	80 mg
Mujeres embarazadas	85 mg
Adolescentes en periodo de lactancia	115 mg
Mujeres en periodo de lactancia	120 mg

Fuente: Aguayo et al., (2019)

#### d. Perdida de Vitamina C

La vitamina C es muy susceptible a los métodos de procesamiento y almacenamiento, entre las causas que influyen en la degradación tenemos: la temperatura, concentración de sal y azúcar, pH, oxígeno, enzimas y metales (Santos y Silva, 2008). La vitamina C se disminuye durante el proceso de transformación de frutas y hortalizas, por acción de la temperatura, el oxígeno, la luz, la presión, los iones metálicos, los azúcares reductores y el pH (Munyaka et al., 2010).

### 2.2.3. Deshidratación de alimentos

El proceso de deshidratación es una técnica que permite la eliminación del contenido líquido de la fruta, favoreciendo su conservación de la misma por un cierto periodo de tiempo, dado que la fruta seca presenta un bajo contenido de humedad, lo que hace que se conserve durante más tiempo y no haya que consumirla recién recolectada (E. Arriola-Guevara et al., 2006).

#### A. Métodos de deshidratación

Existen diferentes métodos, dentro de los cuales los más utilizados en la deshidratación de alimentos se encuentran:

- **Deshidratación solar:** Es la deshidratación por exposición directa al sol durante un determinado tiempo según el contenido del agua del alimento (Ochoa et al., 2013).
- **Deshidratado por convección o de aire forzado:** El método más común para secar productos alimenticios, Barat et al. (2016), menciona que es un proceso que reduce el agua contenida en los alimentos por medio del calor a través de la evaporación, lo que disminuye una posible proliferación microbiana. La deshidratación por convección utiliza gases calientes, los cuales ingresan en contacto directo con el sólido húmedo y transfieren calor por convección, arrastrando afuera del secador los vapores producidos (Della, 2010).
- **Deshidratación osmótica:** Es una técnica que permite disminuir gradualmente el agua de los tejidos de los alimentos mediante la inmersión en una solución hipertónica, procurando no dañar el alimento ni afectar negativamente su calidad (Rastogi et al., 2002). La velocidad del deshidratado depende de la concentración de la solución osmótica, la

temperatura de proceso, el tiempo de contacto, el área superficial expuesta y la relación de solución osmótica al producto alimenticio.

- **Deshidratado por microondas:** Las microondas causan la polarización de moléculas y una movilidad intensa de sus electrones, debido a la conversión de energía electromagnética en energía cinética. A causa de este movimiento, los electrones chocan entre sí, generando calor como resultado de la fricción, de esta manera eliminar el contenido de agua del alimento (Ochoa et al., 2013).
- **Deshidratado por liofilización:** La liofilización o secado por congelación es un proceso donde el producto que se va secar se congela mediante exposición a aire muy frío, luego se coloca en una cámara de vacío, en donde la humedad se sublima hasta un contenido en agua del 15%, y se elimina por bombeo mediante eyectores de vapor ó bombas mecánicas de vacío donde el contenido se reduce hasta el 2% (Siccha y Lock, 1995).

## **B. Parámetros de deshidratación**

Los parámetros de deshidratación de un alimento varían en función del contenido de agua presente, el tiempo de exposición a una temperatura dada.

- **Humedad relativa del aire**

La humedad relativa del aire se define como la razón de la presión de vapor de agua presente en ese momento, con respecto a la presión de saturación de vapor de agua a la misma temperatura (Díaz, 2009).

- **Temperatura del aire**

Mientras aumente la temperatura, se incrementará la eliminación de agua. La temperatura se toma en cuenta las características del alimento

a deshidratar" (Geankopolis, 1998). La elección de la temperatura se llevará a cabo tomando en consideración el producto que se vaya a someter al proceso. Existen diversos niveles de temperaturas que se mantienen durante el proceso de secado:

- 1) **Temperatura de bulbo seco:** es aquella del ambiente, se mide con instrumentación ordinaria como por ejemplo un termómetro de mercurio.
- 2) **Temperatura de bulbo húmedo:** es la temperatura de equilibrio que se alcanza cuando la mezcla de aire seco y vapor de agua pasa por un proceso de enfriamiento adiabático hasta llegar a la saturación.

- **Velocidad del aire**

La velocidad del aire influye en la velocidad de deshidratación, entre más rápida sea la velocidad de aire más rápido será el proceso de deshidratación del alimento (Rico, 2006). Según Diaz (2009), afirma que, durante las primeras etapas del secado, la velocidad del aire desempeña un papel muy importante, sobre todo cuando el material contiene un alto contenido de humedad; a mayor velocidad, mayor será la tasa de evaporación y menor el tiempo de secado y viceversa, si la velocidad del aire disminuye la tasa de evaporación disminuye y el tiempo de secado aumenta

- **Contenido de humedad inicial**

El contenido de humedad inicial del producto, es la humedad que tiene el producto al cosecharse y depende del tiempo de cosecha, también influye en la tasa de secado. Cuanto más elevado sea el contenido de

humedad del producto, mayor será la cantidad de agua evaporada por unidad de energía (Díaz, 2009).

- **Contenido de humedad final**

Es la humedad que tiene el alimento después de secarlo. Si el alimento no tiene la humedad mínima para almacenar, será expuesto a posibles proliferaciones de microorganismos (Geankopolis,1998).

- **Contenido de humedad de equilibrio**

Según Díaz (2009), es “el porcentaje de humedad que llega a tener el alimento después de haber sido llevado a un ambiente de humedad relativa y temperatura constante, en un determinado tiempo; y dependerá del porcentaje de humedad, temperatura, variedad y madurez del producto”.

- **Contenido de humedad crítica**

“Es la humedad que tiene el producto cuando termina el periodo de velocidad de secado constante y empieza el periodo de velocidad decreciente” (Díaz ,2009).

## **C. Cinética en los alimentos**

Mendoza et al. (2016), indica que los cambios en la calidad de los alimentos son reportados en la literatura en base a estos modelos cinéticos de degradación de orden cero y de primer orden, el estudio de la cinética de degradación de la vitamina C ayuda a entender el comportamiento de un determinado producto y sus componentes, lo cual permite predecir las mejores condiciones de almacenamiento, el tiempo de vida media y la vida útil de dicho producto.

- **Ecuación cinética:** Es la ecuación algebraica que permite predecir de forma satisfactoria la velocidad de reacción, en función de las variables que modifican dicha velocidad. Estas variables son la temperatura y las concentraciones de reactivos y productos.
- **Parámetros Cinéticos:** Estos parámetros aparecen en la ecuación cinética para cuantificar el efecto de las variables en la velocidad de reacción. Son la constante cinética (k) y las órdenes de reacción (n) de los reactivos y de los productos. En general estos parámetros no se pueden estimar a priori y deben obtenerse de modo empírico por ajuste de datos experimentales.

Si el comportamiento fuese de un modelo cinético de orden cero, la concentración como función del tiempo podría expresarse por medio de la ecuación:

$$[A] = [A_0] \pm kt \dots \dots \dots \text{ (ecuación 1)}$$

Si por el contrario siguen una cinética de reacción de primer orden ( $n=1$ ), por ejemplo, la degradación de vitaminas, produce una disminución en el valor nutricional del alimento, responde a una ecuación diferencial siguiente:

$$[A] = [A_0] \pm e^{kt} \dots \dots \dots \text{ (ecuación 2)}$$

- **Cinética de reacción:** En el caso en que el ácido ascórbico sufre una transformación química durante un proceso de tratamiento térmico. Los modelos se fundamentan en que la tasa de deterioro puede expresarse como un cambio en las concentraciones deseables o indeseables en función del tiempo.

#### **D. Cinética de deshidratación**

La cinética de deshidratación describe la velocidad de cambio que presentan las propiedades (humedad, peso, vitamina C) de las frutas durante el tiempo de duración de los procesos de deshidratación (Fernández et al., 2015).

#### **E. Beneficios del deshidratado de alimentos**

Los productos deshidratados presentan unas propiedades excelentes de rehidratación que conducen después de la cocción a texturas deseadas, repercutiendo en la preservación de la integridad celular y en una hidratación uniforme a nivel microestructural (Aguilera et al., 2003).

- La disminución considerable en los costos en transporte y almacenamiento además de la disminución de pérdidas de frutas en etapa de poscosecha dentro de estos beneficios interviene la utilidad económica. (Groso y Ribero, 2021).
- Según Llano (2020), menciona que debido a su presentación, fácil transporte y fácil de digerir debido por su tamaño, textura, consistencia y agradable sabor no solo beneficiarán la exportación sino es un complemento a una dieta incompleta en muchos sitios del país, dando solución a un problema específico en la alimentación infantil, realidad dramática en muchos puntos de la geografía nacional. Y a la vez, se aprovecharán los excedentes de cosecha para reducir las pérdidas pos cosecha.

##### **2.2.4. Calidad de frutas deshidratadas**

Hoy en día la deshidratación es una alternativa de preservación de las frutas, para ser consumidas en épocas de escasez. Según la FAO, citado en

Alfonso y Macías (2013), una persona debe comer al menos cinco raciones de fruta por día.

Para obtener la mejor calidad se debe desinfectar con lejía cuya concentración es con la finalidad de eliminar la carga microbiana, el contenido de humedad será de 12% como máximo y cumplir con las características organolépticas como aspecto, color, olor y sabor así mismo deberá estar libre de microorganismos patógenos.

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Cinética de degradación.** - La palabra "cinética", del griego kinesis, significa movimiento (Fingermann, 2010). La cinética degradación es el nombre dado a la ciencia que estudia la velocidad con la que las reacciones químicas y bioquímicas que ocurren, los factores que las influencian, así como describe las características de esas reacciones en la forma de modelos matemáticos.
- **Orden de reacción:** En alimentos los cambios siguen por lo general reacciones de orden cero, en especial para reacciones de formación cuando la cantidad de producto formado es solo una fracción pequeña, o para reacciones de descomposición donde solo una pequeña cantidad de producto se forma a partir de un reactante.
- **Reacción de primer orden:** La mayoría de las reacciones implicadas en el procesamiento y almacenamiento de los alimentos siguen una cinética de reacción de primer orden ( $n=1$ ), como, por ejemplo, la degradación de vitaminas, produciendo una disminución en el valor nutricional del alimento, o la degradación de antocianinas durante el almacenamiento de alimentos coloreados, produciendo una pérdida en la apariencia del mismo.

- **Secado de alimentos.** - El secado es una de las técnicas más antigua mente utilizada para la conservación de alimentos. El secado al sol de frutas, granos, vegetales, carnes y pescados ha sido ampliamente utilizado desde los albores de la humanidad proporcionando al hombre una posibilidad de subsistencia en épocas de carencia.
- **Antioxidantes.** - Los antioxidantes son sustancias naturales o fabricadas por el hombre que pueden prevenir o retrasar algunos tipos de daños a las células. Los antioxidantes se encuentran en muchos alimentos, incluyendo frutas y verduras.
- **Degradación de vitamina C.** - La vitamina C es un micronutriente hidrosoluble (se disuelve en agua) y sumamente inestable ante el calor, la luz y el oxígeno, es por esto que la oxidación de vitamina C comienza en contacto con el oxígeno. La velocidad de degradación dependerá de la acidez, temperatura y conservación del mismo. Pueden pasar varias horas antes de que se oxide de forma significativa. En cualquier caso, lo aconsejable es consumir la fruta con contenido de esta vitamina lo antes posible (Lillo, 2023).

## 2.4. Formulación de hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis general

El índice de madurez y temperatura de deshidratación tienen efectos en la cinética de degradación de vitamina C y características fisicoquímicas, de la piña Samba, existiendo diferencias entre tratamientos.

#### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- a. El Índice de madurez y temperatura durante el proceso de deshidratado de la piña samba producida en Chanchamayo, influyen en las características fisicoquímicas del producto.
- b. Según el modelo cinético de orden de reacción y parámetros cinéticos en relación al índice de madurez y temperatura de deshidratado en la degradación de vitamina C, durante el proceso de deshidratado de la piña samba, producida en Chanchamayo, pertenece a la orden 1.
- c. El índice de madurez y temperatura de deshidratado, tienen efecto en la cinética de degradación de la vitamina C de la piña samba producida en Chanchamayo.

#### **2.5. Identificación de variables**

##### **2.5.1. Variable Independiente:**

###### **a. Estado de madurez**

- Pintón
- Madurez comercial.

###### **b. Temperatura de deshidratación**

- 40 °C
- 45 °C
- 50 °C

##### **2.5.2. Variables Dependientes:**

- Contenido de vitamina C
- Cinética de degradación de vitamina C
- Características fisicoquímicas
- Características microbiológicas del producto final

- Rendimiento

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

**Tabla 4.** *Operacionalización de variables e indicadores.*

Variable	Indicador
<b>Independientes</b>	
Estado de maduración	Pintón Comercial
Temperatura de deshidratado	<ul style="list-style-type: none"><li>● 40 °C</li><li>● 45 °C</li><li>● 50 °C</li></ul>
<b>Dependientes</b>	
Características físico-químicas	<ul style="list-style-type: none"><li>● pH</li><li>● Acidez titulable</li><li>● Sólidos solubles</li><li>● Humedad</li><li>● Velocidad de secado</li></ul>
Contenido de vitamina C	<ul style="list-style-type: none"><li>● Contenido de ácido ascórbico</li></ul>
Cinética de degradación de la vitamina C	<ul style="list-style-type: none"><li>● Pérdida de vitamina C durante el secado</li><li>● Parámetros cinéticos</li></ul>
Rendimiento	<ul style="list-style-type: none"><li>● Balance de materia</li></ul>
Características Microbiológicas del producto final	<ul style="list-style-type: none"><li>● Escherichia coli.</li><li>● Salmonella.</li><li>● Mohos.</li><li>● Levaduras.</li></ul>

*Fuente:* Elaboración Propia.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

Es una investigación aplicada, ya que se aplica métodos científicos para el estudio de la Cinética de degradación de la vitamina C durante el deshidratado de piña (*Ananas comosus L.*) variedad Samba de Chanchamayo. Murillo (2008), la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, porque busca aplicar el conocimiento adquirido para resolver problemas y adquirir nuevos saberes mediante la sistematización de la práctica investigativa.

#### **3.2. Nivel de investigación**

Investigación explicativa, ya que se pretende analizar los efectos del estado de madurez y temperatura de deshidratado de la piña Samba en la cinética de deshidratación de la vitamina C. Hernández et al. (2014), menciona que la investigación explicativa responde por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales, enfocándose en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables.

### 3.3. Métodos de investigación

Tipo experimental, porque hace uso de variables independientes (estado de madurez y temperatura de deshidratado) para evaluar efectos sobre variables dependientes (características fisicoquímicas y cinética de degradación de la vitamina C). Según Ramos-Galarza (2021), la investigación experimental se caracteriza por la manipulación intencionada de la variable independiente y el análisis de su impacto sobre una variable dependiente.

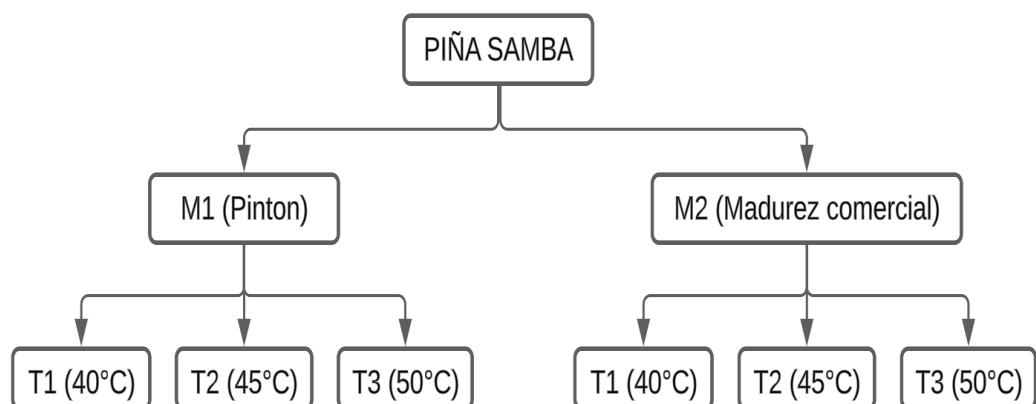
### 3.4. Diseño de investigación

Experimento puro

#### 3.4.1. Proceso de deshidratación

Para el desarrollo de esta tesis se empleó dos estados de madurez de piña samba (pintón y madurez comercial) seleccionados en base al índice de madurez y deshidratados a 3 temperaturas, para lo cual se realizó el siguiente diseño experimental.

**Figura 3.** Diseño experimental.



Fuente: Elaboración Propia

*Tabla 5. Distribución de tratamientos.*

<b>Estado de madurez</b>	<b>Temperatura de secado (°C)</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>
<b>Pintón</b>	40	T1	M1T1
	45	T2	M1T2
	50	T3	M1T3
<b>Madurez comercial</b>	40	T4	M2T1
	45	T5	M2T2
	50	T6	M2T3

*Fuente:* Elaboración propia.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

La piña variedad Samba empleado en la investigación fue proveniente del sector Puente Kimiri, distrito de San Ramón, provincia de Chanchamayo, región Junín.

#### **3.5.2. Muestra**

De acuerdo a los tratamientos empleados se utilizaron para las pruebas experimentales 25 unidades de piñas para cada estado de maduración (pintón y madurez comercial) haciendo un total de 50 unidades (con un peso aproximado de 100 kg) para todas las pruebas experimentales.

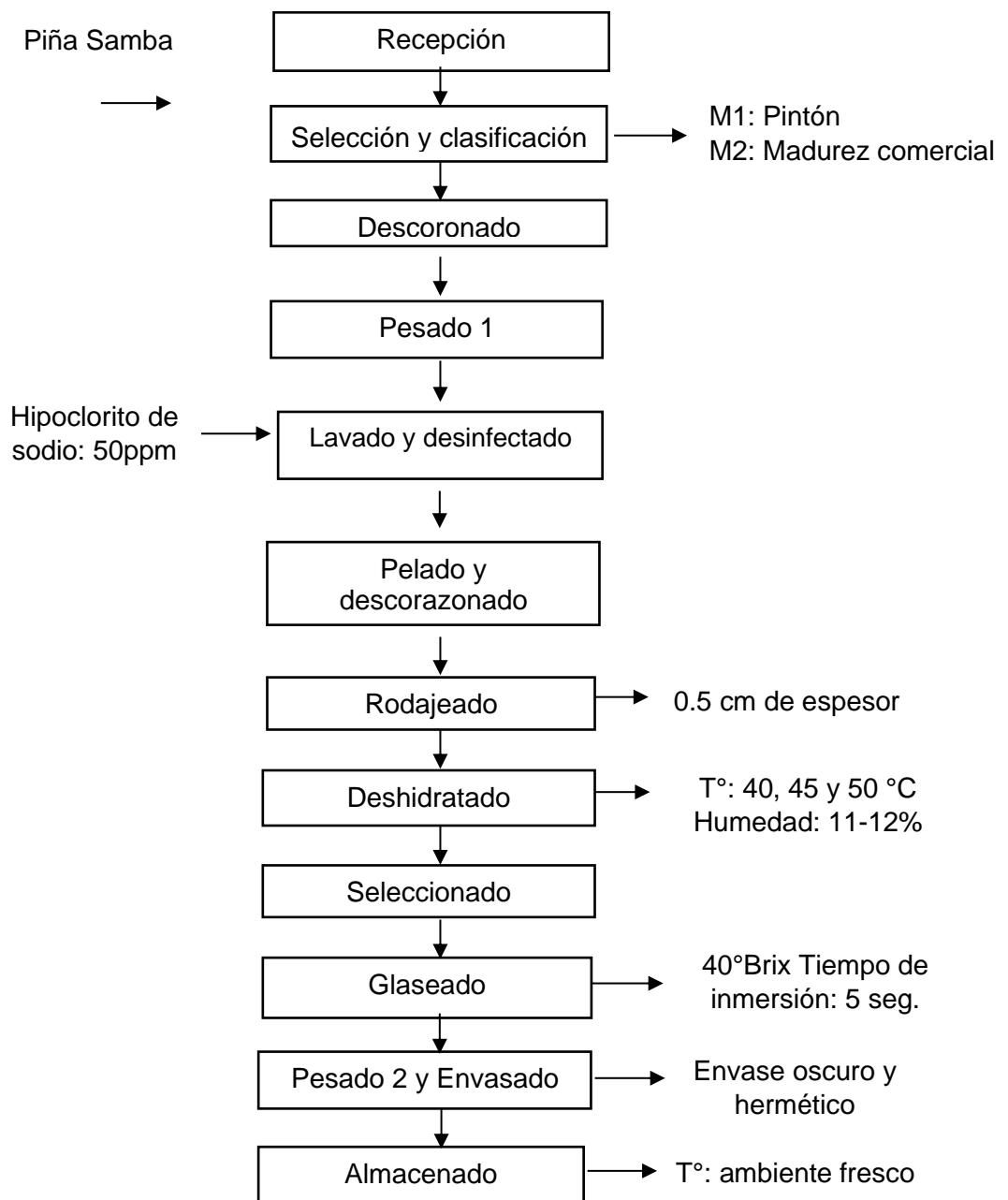
### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Los datos se recopilaron durante el desarrollo de la parte experimental de la investigación, que se realizó en el laboratorio de análisis de alimentos de la EFPIA - UNDAC, asimismo algunos análisis se realizaron en el laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL - DA con registro N° LE.120 “Inspection & Testing Services del Perú S.A.C.”. Asimismo, investigaciones, libros, páginas web y revistas científicas.

### 3.6.1. Técnicas de obtención de datos

Se realizó de acuerdo al diagrama de flujo de la figura 4.

**Figura 4. Diagrama de flujo del deshidratado de la piña Samba**



*Fuente:* Elaboración Propia.

#### Descripción del proceso experimental (Deshidratado de piña Samba):

- **Recepción e inspección de la materia prima:** Se analizó las condiciones de la piña samba, revisando que no haya ningún tipo de contaminación (restos

de vidrio, madera, metales, residuos de pesticidas, restos fecales, hongos, etc.).

- **Selección y clasificación:** Se seleccionaron las piñas en buen estado, exentas de agentes extraños, enfermedades y plagas. Se seleccionó según el índice de maduración requerida para la investigación (M1: Pinton y M2: Madurez comercial).
- **Descoronado:** Esta etapa se realizó de manera manual con la ayuda de un cuchillo.
- **Pesado 1:** En esta etapa se pesó la piña con ayuda de una balanza electrónica, controlando la cantidad de ingreso con la cantidad del producto final, así poder evaluar el rendimiento.
- **Lavado y desinfectado:** Con abundante agua se realizó el lavado de forma manual por un tiempo de 10 minutos para remover la tierra u otras partículas que se encuentra impregnada, asimismo la desinfección se realizó en una tina con solución desinfectante a una concentración de 50 ppm de hipoclorito de sodio por un breve espacio de 5 minutos.
- **Pelado y descorazonado:** En esta etapa se retiró la cáscara de la fruta con la ayuda de un extractor que retira la cáscara y el corazón de la piña, la pulpa resultante se colocó en baldes previamente lavados y desinfectados.
- **Rodajeado:** Para el rodajeado se utilizó un cuchillo donde se cortó en forma de rodajas de 0,5 cm de espesor, siendo colocados en bandejas para su posterior deshidratado.

- **Deshidratado:** Para el proceso de deshidratado se realizó a una temperatura de 40, 45 y 50 °C por 12, 11 y 10 horas respectivamente en relación a los 6 tratamientos logrando obtener una humedad final de 11 – 12 % así alarga la vida útil.
- **Seleccionado:** En esta etapa se procedió a seleccionar, separando los trozos de piña que hayan sufrido algún daño en el proceso de deshidratación.
- **Glaseado:** Para esta etapa se utilizó una solución de jarabe de azúcar a 40°Brix, donde se cubrió con esta solución las rodajas deshidratadas por un tiempo de inmersión de 5 segundos y con ello poder tener un mejor brillo y apariencia, posteriormente se procedió a orear las rodajas.
- **Pesado 2 y envasado:** En esta etapa se procedió a pesar y envasar el producto previamente seleccionado en bolsas de packs oscuras con cierre hermético.
- **Almacenamiento:** Se almacenan en un ambiente fresco, seco y protegido de la luz.

### 3.6.2. Métodos de recolección de datos.

El método de recolección de datos de todo el proceso experimental fueron anotaciones en fichas, para posteriormente ser procesadas.

#### A. Análisis físico-químico de la materia prima

- Determinación de pH: por medio de un pH-metro, método de AOAC (1990).
- Determinación de la acidez titulable: por el Método AOAC (1990)
- Determinación de los sólidos solubles (°Brix), por refractometría, método AOAC (1990).
- Determinación del índice de madurez (IM), relación (SS/AT)

- Determinación de humedad: por el método gravimétrico, AOAC (1990).
- Determinación de Vitamina C. según el método oficial de la AOAC 967,21 -Método espectrofotométrico 2,6-dicloroindofenol (2–6 DFIF) para determinar ácido ascórbico en jugos y preparados vitamínicos (AOAC, 1995).

## **B. Evaluación durante periodo de deshidratado**

- Determinación de pH: por medio de un pH-metro, método de AOAC (1990).
- Determinación de la acidez titulable: por el Método AOAC (1990).
- Determinación de los sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix), por refractometría, método AOAC (1990).
- Determinación de humedad: por el método gravimétrico, AOAC (1990).
- Determinación de Vitamina C. según el método oficial de la AOAC 967,21 -Método espectrofotométrico 2,6-dicloroindofenol (2–6 DFIF) para determinar ácido ascórbico en jugos y preparados vitamínicos (AOAC, 1995).
- Velocidad de secado
- Cinética de degradación de la vitamina C.

## **C. Evaluación del producto terminado**

### **a. Características fisicoquímicas**

- Determinación de pH: por medio de un pH-metro, método de AOAC (1990).
- Determinación de la acidez titulable: por el Método AOAC (1990)
- Determinación de los sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix), por reflectometría, método AOAC (1990).

- Determinación de humedad: por el método gravimétrico, AOAC (1990).
- Determinación de Vitamina C. según el método oficial de la AOAC 967,21 -Método espectrofotométrico 2,6-dicloroindofenol (2-6 DFIF) para determinar ácido ascórbico en jugos y preparados vitamínicos (AOAC, 1995) (Anexo 8).
- Rendimiento

#### **b. Características microbiológicas**

- Mohos. Método AOAC, (2000).
- Levaduras. Método AOAC, (2000).
- Escherichia coli. Método AOAC, (2000).
- Salmonella. Método AOAC, (2000).

#### **3.6.3. Instrumentos de recolección de datos**

##### **a. Equipos**

- Balanza electrónica. Marca Henkel capacidad 2000g/0.01g.
- Balanza analítica modelo, marca ADAM 250 L
- Báscula de precisión digital portátil, marca Oderra, cap. 700 g
- Espectrofotómetro UV, marca UNICA UVIZOS con rangos de longitud de onda de 200-1100 nm, modelo UNICO 1100 R.S
- Titulador automático, bureta de 25 ml
- pHmetro digital, marca Hanna rango de 0 – 14
- Higrómetro
- Termómetro digital de Alimentos – Marca Daihan, rango -50°C – 300°C
- Estufa – incubadora. Marca MEMMERT VO 400

- Mufla Thermolyne, Marca Furnace 1300, cap. 1.3 litros, temperatura límite 1100°C
- Refractómetro manual – Marca ATC, rango 0-32 °Brix
- Deshidratador de Alimentos 250W Blanik BDA020
- Agitador magnético
- Molinillo eléctrico de granos portátil, marca RAF, 300 w
- Cocina eléctrica de dos hornillas
- Selladora Industrial de bolsas 30 cm manual

**b. Materiales**

- Cubetas – espectrofotómetro. Marca ISOLAB. 4.5 ml
- Fiola de 1000 ml.
- Fiola de 100 ml.
- Tubos de prueba con tapa de 4 ml.
- Tubos de prueba con tapa de 12 ml.
- Papel filtro Whatman N°4
- Gradillas
- Embudo de vidrio
- Termómetro
- Pizzetas/ Frasco lavador. 250 ml – 500 ml
- Probeta de 100 ml.
- Vasos de precipitación
- Placas Petri
- Campana desecadora
- Pipetas de vidrio de 1 ml y 10 ml
- Vernier

- Descorazonador de piña. Acero inoxidable
- Cuchillos de acero inoxidable
- Recipientes de acero inoxidable
- Tabla de picar de plástico
- Bolsas doypack trilaminadas y aluminizados – con cierre resellable - color blanco
- Otros materiales.

**c. Reactivos**

- 2,6 Diclorofenolindofenol (DCIP)
- Hidróxido de sodio al 0.1 N
- Fenolftaleína al 1 %,
- Solución buffer fosfato pH: 4.0 y pH:7.0
- Ácido oxálico 0.4 %
- Ácido ascórbico
- Agua destilada
- Silica gel (SiO<sub>2</sub>)
- Hipoclorito de sodio al 4%

**3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Para el procesamiento de los resultados fisicoquímicos, Contenido de vitamina C, degradación de vitamina C; se empleó el programa Microsoft Excel. Además, se empleó el programa de texto Word para la redacción de la tesis. Los resultados fueron comparados con datos hallados en otras investigaciones, normas técnicas de calidad y datos existentes garantizados.

### 3.8. Tratamiento estadístico

## A. Modelo cinético

Los modelos cinéticos de degradación térmica son esenciales para el diseño de nuevos procesos encaminados a la obtención de productos de alta calidad.

La concentración de ácido ascórbico se determinó por el método de espectrofotometría con el reactivo 2,6-diclorofenolindofenol. Las lecturas fueron a 520 nm. en el espectrofotómetro. La cuantificación de la vitamina C se realizó en base a la siguiente ecuación:

$$y = a + bx$$

Donde  $y$ ; es la absorbancia ( $L_1 - L_2$ ) y  $x$ ; son los mg de ácido ascórbico/100 ml de ácido oxálico

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de regresión con los modelos de cinética de orden cero y primer orden con las siguientes ecuaciones según Urraca (2011).

### a. **Modelo cinético para orden cero**

**b. Modelo cinético para orden uno**

[Ao] es la concentración inicial del atributo medido

[A] la concentración del atributo medido a un tiempo  $t$

$k$  es una velocidad constante de reacción expresada en  $\text{min}^{-1}$

$t$  = tiempo en minutos.

c. Determinación de la constante de degradación (K)

$k$  es la constante de velocidad de reacción

$k_0$  es el factor pre- exponencial

$E_a$  = energía de activación en kcal/mol

$R$  es la constante universal de los gases (1,9872 cal/K.mol) o (8.3145 J/K.mol)

$T$  = temperatura absoluta en grados kelvin (K).

**d. Tiempo para reducir el 50% la concentración inicial de vitamina C**

$$T_{0.5} = \frac{\ln(10)}{k} \dots \dots \dots \text{(ecuación 4)}$$

**e. Tiempo para reducir el 90% la concentración original de vitamina C (D)**

$$D = 1/K \dots \dots \dots \text{(Ecuación 5)}$$

### **3.9. Orientación ética filosófica y epistémica**

Al tratarse de una investigación en el cual se manipulan materias primas tradicionales como es la piña, utilizadas comúnmente para el procesamiento, comercialización y consumo humano; no está sujeto a restricciones de tipo ético aplicado a la manipulación de personas o animales en experimentación. Asimismo, la información recogida de otros autores fue citada en los párrafos correspondientes.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

Para obtener la piña samba deshidratada, el proceso comprende: recepción, selección y clasificación, descoronado, pesado1, lavado y desinfectado, pelado y descorazonado, rodajeado y deshidratado; la materia prima antes de ser deshidratado se evaluó el contenido de sólidos solubles, pH, Acidez titulable, índice de madurez y contenido de vitamina C inicial. Durante el proceso de deshidratación el pH, °Brix y Acidez titulable fue evaluado cada 1 hora para posteriormente seguir evaluando cada 2 horas hasta llegar a una humedad de 11 a 12 %. Para el deshidratado se utilizó 6 tratamientos T1 (M1T1= Piña en estado pintón a 40°C por 12 horas), T2 (M1T2=Piña en estado pintón a 45 °C por 11 horas) y T3 (M1T3= Piña en estado pintón a 50 °C por 10 horas) y para el T4 (M2T1=Piña en estado de madurez comercial a 40 °C por 12 horas), T5 (M2T2= Piña en estado de madurez comercial a 45 °C por 11 horas) y T6 (M2T3= Piña en estado de madurez comercial a 50 °C por 10 horas). La medición de la humedad durante el deshidratado se realizó cada 1 hora mediante el método

gravimétrico, también al final del deshidratado se midió el contenido final de vitamina C para luego procesar los datos para describir la cinética de degradación de vitamina C, la muestra óptima fue elegida según los resultados del análisis de la vitamina C y con ello enviar la muestra óptima para su análisis microbiológico en el laboratorio “Inspection & Testing Services del Perú S.A.C.”

#### 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

##### 4.2.1. En la materia prima

*Análisis fisicoquímico de la materia prima (Piña Samba) en sus 2 estados de maduración.*

En la Tabla 6, se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos realizado a la piña Samba en sus 2 estados de maduración (M1: pintón y M2: madurez comercial), se determinó pH, acidez titulable (Anexo 1), sólidos solubles (Brix), humedad (Anexo 4).

**Tabla 6. Resultados del análisis fisicoquímico de la materia prima (Piña samba) en sus 2 estados de maduración.**

Estados de Madurez	Código	pH	Acidez Titulable	°Brix	% Humedad
M1	<b>M1T1</b>	3.7 ± 0.01	0.608 ± 0.006	10.5 ± 0.16	90.43 ± 0.03
	<b>M1T2</b>	3.7 ± 0.04	0.544 ± 0.014	11 ± 0.20	90.09 ± 0.04
	<b>M1T3</b>	3.7 ± 0.02	0.544 ± 0.001	11 ± 0.28	90.04 ± 0.01
<b>Promedio</b>		<b>3.7</b>	<b>0.565</b>	<b>10.8</b>	<b>90.18</b>
M2	<b>M2T1</b>	3.8 ± 0.02	0.48 ± 0.005	12 ± 0.16	84.41 ± 0.28
	<b>M2T2</b>	3.9 ± 0.01	0.48 ± 0.002	12 ± 0.24	85.17 ± 0.01
	<b>M2T3</b>	3.8 ± 0.03	0.44 ± 0.004	12.5 ± 0.04	84.29 ± 0.96
<b>Promedio</b>		<b>3.8</b>	<b>0.469</b>	<b>12.16</b>	<b>84.62</b>

Nota: M1= Pintón, M2= Madurez comercial. valores promedio de tres repeticiones (n=3).

Se observa en la Tabla 6, el pH encontrado de 3.7 para el M1 (Pintón) no existe variación de resultados e indica que es mucho más ácida con 0.608 a 0.544 de acidez titulable (expresado en % ácido cítrico), para el M2 (Madurez comercial) registro 3.8 y 3.9 de pH se evidencia variación de resultados siendo menos ácida con 0.48 a 0.44 % de acidez titulable, esto afecta positivamente en el sabor, siendo más dulce y menos ácido), los °Brix para el M1 (Pintón) estuvieron de 10.5 a 11 °Brix que indica que está en estado pintón y no es muy dulce, para el M2 (Madurez comercial) se trabajó con 12 a 12.5 °Brix siendo ligeramente más dulce correspondiente a su estado de madurez comercial con relación del % de humedad inicial el M1 tiene mayor contenido de 90.04 a 90.43 % de humedad que el M2 con 84.29 a 85.17 de % de humedad; teniendo en cuenta que estos resultados han sido tomados de la piña Samba en estado fresco.

### *Índice de madurez de la piña samba*

El índice de madurez se determinó a partir de la relación entre la acidez titulable expresada en % de ácido cítrico y los sólidos solubles totales, siendo un factor clave para asegurar la calidad de la fruta al momento de definir en qué estado de maduración se encuentra la piña samba (Anexo 2).

**Tabla 7.** *Resultados del índice de madurez de la materia prima (piña samba) en sus 2 estados de maduración.*

Estados de Madurez	Código	Índice de Madurez (IM) °Brix /% ácido cítrico
<b>M1</b>	<b>M1T1</b>	17.27 ± 0.02
	<b>M1T2</b>	20.22 ± 0.01
	<b>M1T3</b>	20.22 ± 0.03
<b>Promedio</b>		<b>19.24</b>
<b>M2</b>	<b>M2T1</b>	25.00 ± 0.01
	<b>M2T2</b>	25.00 ± 0.04
	<b>M2T3</b>	27.90 ± 0.02
<b>Promedio</b>		<b>25.97</b>

*Nota:* M1= Pintón, M2= Madurez comercial. valores promedio de tres repeticiones (n=3)

En la Tabla 7, se muestra los valores del índice de madurez, para el M1 se encuentra entre 17.27 a 20.22 °Brix / %ácido cítrico, esto indica que efectivamente es un estado pintón ya que registro un valor menor que M2 este se encuentra entre 25 a 27.9 °Brix / %ácido cítrico, al ser un valor mayor indica que la piña está madura lo cual corresponde al estado de madurez comercial que se trabajó en la investigación.

***Contenido de Vitamina C (acido ascórbico) en la piña Samba en 2 estados de maduración.***

En la Tabla 8, se muestra el contenido inicial de vitamina C de la piña samba en sus 2 estados de maduración (Anexo 8).

**Tabla 8.** *Resultados del contenido inicial de Vitamina C de la materia prima (piña samba) en sus 2 estados de maduración.*

Estados de Madurez	Código	Vitamina C (mg/100g)
M1	M1T1	74.148 ± 0.025
	M1T2	73.415 ± 0.016
	M1T3	73.038 ± 0.021
<b>Promedio</b>		<b>73.53</b>
M2	M2T1	64.547 ± 0.012
	M2T2	64.736 ± 0.032
	M2T3	63.792 ± 0.022
<b>Promedio</b>		<b>64.36</b>

*Nota:* M1= Pintón, M2= Madurez comercial. valores promedio de tres repeticiones (n=3)

En la Tabla 8, se muestra los valores de contenido de vitamina C de la piña samba fresca; en estado M1 (pintón) aporta mayor contenido promedio inicial de vitamina C (73.038 mg/100g a 7474.148 mg/100g) con respecto a la M2 (madurez comercial) tiene un menor contenido promedio inicial de vitamina C (63.792 mg/100g a 64.763 mg/100g) , teniendo en cuenta que estos resultados han sido tomados de la piña samba sin someter al tratamiento de deshidratación.

#### **4.2.2. Evaluación durante el periodo de deshidratado de la piña samba**

Durante el proceso de deshidratado de la piña samba en sus 2 estados de maduración (M1 y M2) sometido a 3 temperaturas para cada uno de los estados de maduración haciendo un total de 6 tratamientos, en relación al tiempo y temperatura sometida se evaluó los siguientes parámetros; pH, acidez titulable (% ácido cítrico), °Brix, % humedad, contenido de Vitamina C (mg/100g) fue medido cada 2 horas con esos datos se realizó la cinética de degradación de la vitamina C (mg/100g).

*Análisis fisicoquímicos durante el proceso de deshidratado de la piña samba a diferentes temperaturas.*

**A. Análisis del pH durante el periodo de deshidratado de la piña samba.**

El comportamiento del pH durante el periodo de deshidratado para los 2 estados de maduración de la piña samba, se presentan en las siguientes tablas.

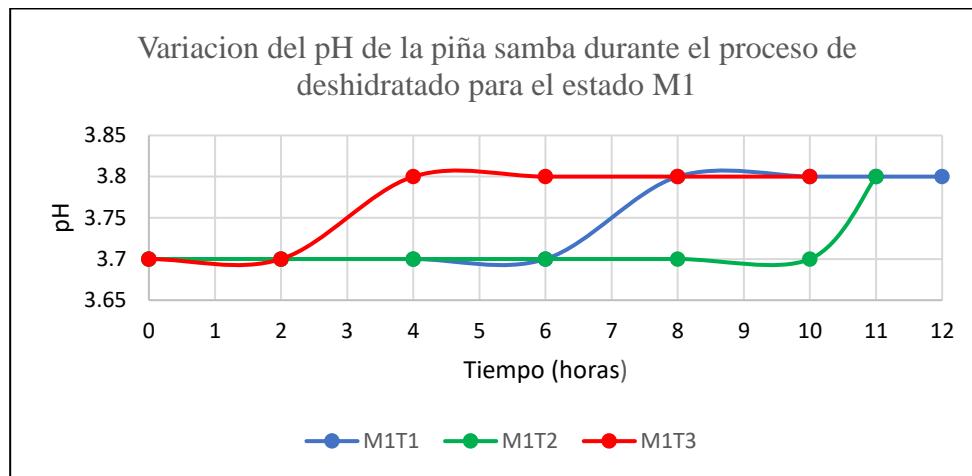
**Tabla 9. Resultados de variación del pH de la piña samba durante el periodo de deshidratado para el estado de maduración M1.**

Tiempo (horas)	M1		
	M1T1 (40°C)	M1T2 (45°C)	M1T3 (50°C)
0	3.7 ± 0.01	3.7 ± 0.04	3.7 ± 0.02
2	3.7 ± 0.03	3.7 ± 0.03	3.7 ± 0.07
4	3.7 ± 0.02	3.7 ± 0.04	3.8 ± 0.03
6	3.7 ± 0.04	3.7 ± 0.06	3.8 ± 0.14
8	3.8 ± 0.03	3.7 ± 0.04	3.8 ± 0.03
10	3.8 ± 0.03	3.7 ± 0.02	3.8 ± 0.04
11	3.8 ± 0.02	3.8 ± 0.12	
12	3.8 ± 0.03		

*Nota:* valores promedio de tres repeticiones (n=3)

En la Tabla 9, se observa ligera diferencia significativa de pH entre los tratamientos (M1T1, M1T2 y M1T3) durante el periodo de deshidratado de la piña samba, para el estado de maduración pintón (M1) el valor de pH vario por efecto de la deshidratación y reducción de la humedad, para el M1T1 inicio a con un pH de 3.7 y a la 8va hora subió a un pH de 3.8 y se mantuvo hasta llegar a la humedad requerida por un tiempo de 12 horas, M1T2 inicio con un pH de 3.7 y a la 11va hora subió a un pH de 3.8 y se mantuvo hasta llegar a la humedad requerida por un tiempo de 11 horas y M1T3 inicio con un pH de 3.7 y a la 4ta hora subió a un pH de 3.8 y se mantuvo hasta llegar a la humedad requerida por un tiempo de 10 horas.

**Figura 5.** Variación del pH de la piña samba durante el periodo de deshidratado, para el estado maduración de M1.



Los efectos de la temperatura y el tiempo de deshidratado que fue sometido la piña samba, presento un ligero aumento de pH, esto pudo haberse dado debido a la degradación de los ácidos orgánicos presente en la piña, así mismo durante el proceso de secado, la actividad de agua disminuye lo que afecta las reacciones enzimáticas por ende un aumento de pH.

**Tabla 10.** Resultados de variación del pH de la piña samba durante el deshidratado para el estado de maduración M2.

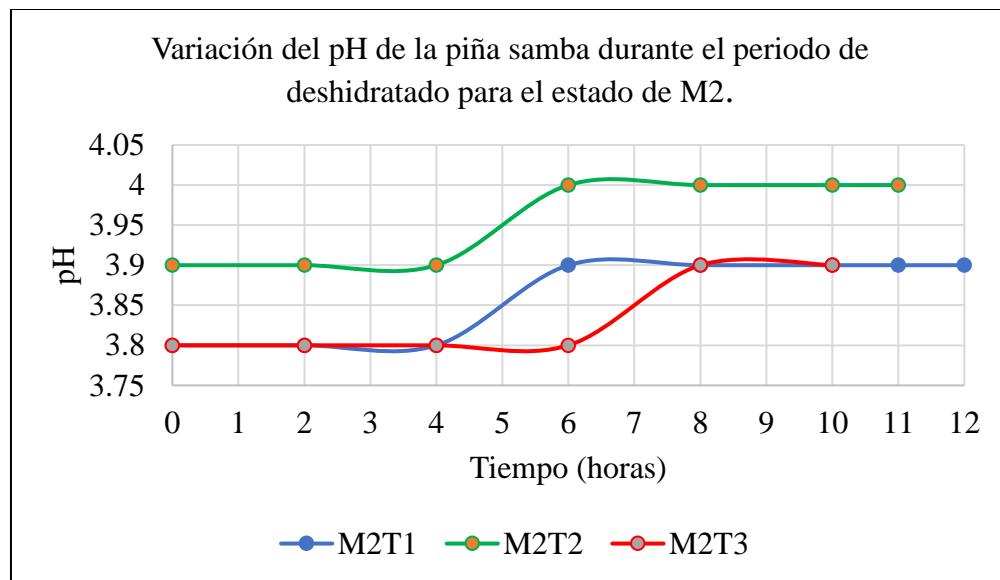
Tiempo (horas)	M2		
	M2T1 (40°C)	M2T2 (45°C)	M2T3 (50°C)
0	3.8 ± 0.02	3.9 ± 0.01	3.8 ± 0.03
2	3.8 ± 0.03	3.9 ± 0.04	3.8 ± 0.13
4	3.8 ± 0.02	3.9 ± 0.03	3.8 ± 0.06
6	3.9 ± 0.04	4 ± 0.02	3.8 ± 0.14
8	3.9 ± 0.02	4 ± 0.06	3.9 ± 0.03
10	3.9 ± 0.03	4 ± 0.02	3.9 ± 0.04
11	3.9 ± 0.02	4 ± 0.04	
12	3.9 ± 0.04		

*Nota:* Valores promedio de tres repeticiones (n=3).

En la Tabla 10, se observa una ligera diferencia significativa de pH a las diferentes temperaturas durante el periodo de deshidratado de la piña samba,

para el estado de maduración M2, el valor de pH varía ya que a mayor intensidad todos mostraron un pH menor por efecto de la deshidratación y la reducción de la humedad, para el M2T1 inicio a con un pH de 3.8 y a la 6ta hora subió a un pH de 3.9 y se mantuvo hasta llegar a la humedad requerida por un tiempo de 12 horas, M2T2 inicio con un pH de 3.9 y a la 6ta hora subió a un pH de 4 y se mantuvo hasta llegar a la humedad requerida por un tiempo de 11 horas y M2T3 inicio con un pH de 3.8 y a la 8va hora subió a un pH de 3.9 y se mantuvo hasta llegar a la humedad requerida por un tiempo de 10 horas.

**Figura 6.** Variación del pH de la piña samba durante el periodo de deshidratado para el estado de M2.



Los efectos de la temperatura y el tiempo de deshidratado que fue sometido la piña samba, presento un ligero aumento de pH, para el M2T1 a partir de la 6ta hora aumento de 3.8 a 3.9 de pH para el M2T2 cambio de 3.9 a 4 pH a partir de la 6ta hora y para M2T3 cambio de pH de 3.8 a 3.9 a la 8va hora.

**B. Análisis de la Acidez titulable durante el periodo de deshidratación de la piña samba.**

El comportamiento del % de Acidez titulable de ácido cítrico/100 ml durante el periodo de deshidratado para los 2 estados de maduración de la piña samba, se presentan en las siguientes tablas (Anexo 1)

**Tabla 11.** *Resultados de variación del % de acidez titulable de la piña samba durante el periodo de deshidratado para el estado de maduración M1.*

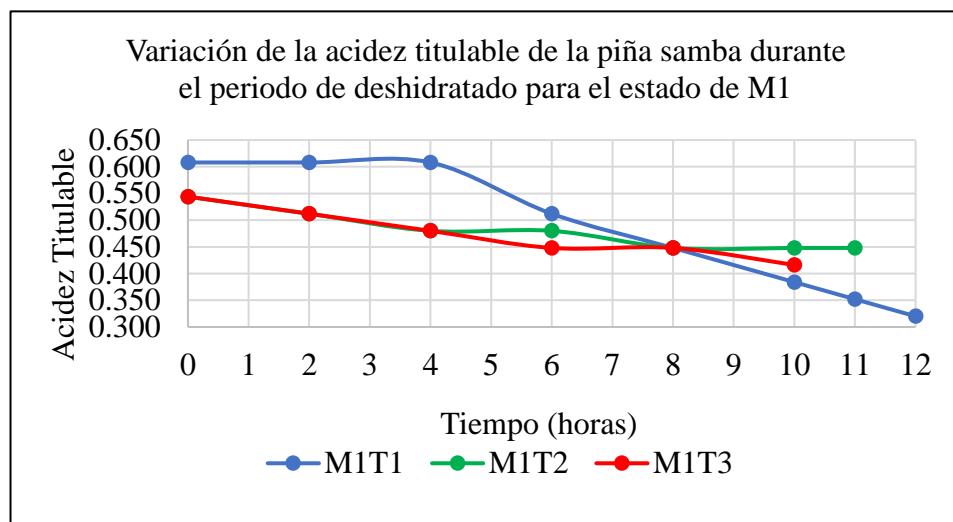
Tiempo (horas)	M1		
	M1T1 (40°C)	M1T2 (45°C)	M1T3 (50°C)
0	0.608 ± 0.006	0.544 ± 0.014	0.544 ± 0.001
2	0.608 ± 0.014	0.512 ± 0.006	0.512 ± 0.012
4	0.608 ± 0.005	0.480 ± 0.006	0.480 ± 0.003
6	0.512 ± 0.012	0.480 ± 0.002	0.448 ± 0.014
8	0.448 ± 0.001	0.448 ± 0.006	0.448 ± 0.005
10	0.384 ± 0.005	0.448 ± 0.002	0.416 ± 0.004
11	0.352 ± 0.004	0.448 ± 0.004	
12	0.320 ± 0.005		
% Disminución	47.368	17.647	23.529

*Nota:* valores promedio de tres repeticiones (n=3).

En la Tabla 11, se aprecia que para el estado de maduración M1 (pintón), el M1T1, empezó con 0.608 % y se mantuvo hasta la 6ta hora de ahí fue disminuyendo gradualmente al cabo de 12 horas sometido a 40 °C llegó a 0.320 % de acidez titulable de ácido cítrico/100 ml con un % de disminución del 47.368 %, para el M1T2, empezó con 0.544 % y a la 2da hora cambio a 0.512 % de ahí fue disminuyendo gradualmente, al cabo de 11 horas sometido a 45 °C llegó a 0.448 % de acidez titulable de ácido cítrico/100 ml con un % de disminución del 17.647 % y para M1T3, empezó con 0.544 % y a la 2da hora cambio a 0.512 % de ahí fue disminuyendo gradualmente, al cabo de 10

horas sometido 50°C llego a 0.416 % de acidez titulable de ácido cítrico/100 ml con un % de disminución del 23.529 %.

**Figura 7.** Variación de la acidez titulable de la piña samba durante el periodo de deshidratado para el estado de M1.



Se aprecia en la Figura 7, hay una disminución de acidez titulable de ácido cítrico/100 ml para el estado de maduración M1 (pintón), esto indica que los compuestos ácidos se están degradando, lo cual mejora su sabor debido a que hay aumento de sólidos solubles, el M1T1 presento mayor disminución, el M1T2 presento menor disminución y el M1T3 presento una ligera disminución (conservó más acidez titulable).

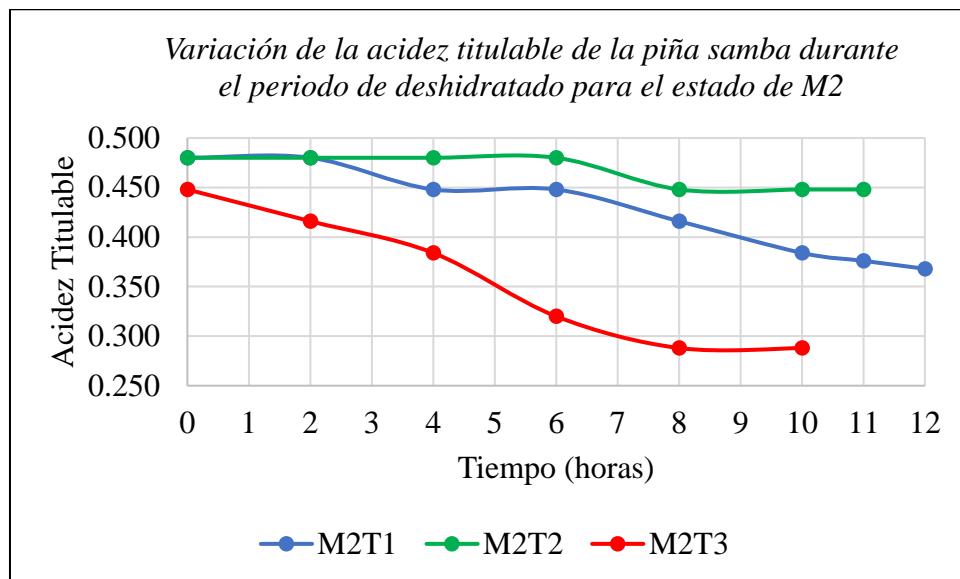
**Tabla 12.** *Resultados de variación de la acidez titulable de la piña samba durante el deshidratado para el estado de maduración M2.*

Tiempo (horas)	M2		
	M2T1 (40°C)	M2T2 (45)	M2T3 (50°C)
0	0.480 ± 0.005	0.480 ± 0.002	0.448 ± 0.004
2	0.480 ± 0.012	0.480 ± 0.005	0.416 ± 0.014
4	0.448 ± 0.006	0.480 ± 0.006	0.384 ± 0.002
6	0.448 ± 0.011	0.480 ± 0.012	0.320 ± 0.012
8	0.416 ± 0.001	0.448 ± 0.005	0.288 ± 0.005
10	0.384 ± 0.001	0.448 ± 0.001	0.288 ± 0.005
11	0.376 ± 0.004	0.448 ± 0.002	
12	0.368 ± 0.005		
% Disminución		23.333	6.667
			35.714

*Nota:* valores promedio de tres repeticiones (n=3).

En la Tabla 12, durante el proceso de deshidratado el valor de Acidez titulable de ácido cítrico/100 ml para el estado M2, el M2T1 inicio con 0.480 y se mantuvo hasta la 4ta hora cambio a 0.448 de ahí fue disminuyendo gradualmente al cabo de 12 horas sometido a 40 °C llego a 0.368 de acidez titulable de ácido cítrico/100 ml con un % de disminución del 23.3 %, para el M2T2 inicio con 0.480 y a la 8va hora cambio a 0.448 de ahí se mantuvo al cabo de 11 horas sometido a 45 °C el % de disminución fue de 6.67 % y para M2T3 empezó con 0.448 y a la 2da hora cambio a 0.416 de ahí fue disminuyendo gradualmente, al cabo de 10 horas sometido 50 °C llego a 0.288 de acidez titulable de ácido cítrico/100 ml con un % de disminución del 35.7 %.

**Figura 8.** Variación de la acidez titulable de la piña samba durante el periodo de deshidratado para el estado de M2.



Se aprecia en la Figura 8, una disminución de acidez titulable de ácido cítrico/100 ml para el estado de maduración M2 (madurez comercial), esto indica que los compuestos ácidos se están degradando, lo cual mejora su sabor debido a que hay aumento de sólidos solubles. La disminución del % de Acidez titulable en ambos estados de maduración es debido a la interacción compleja de procesos de evaporación, degradación térmica y química y cambios en la composición de la piña samba durante el proceso de secado.

### C. Análisis de sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix) durante el periodo de deshidratación de la piña samba.

El comportamiento de sólidos solubles fue analizado cada 1 hora según el tiempo durante el periodo de deshidratado para los 2 estados de maduración de la piña samba, se presentan en las siguientes tablas. (Anexo 3)

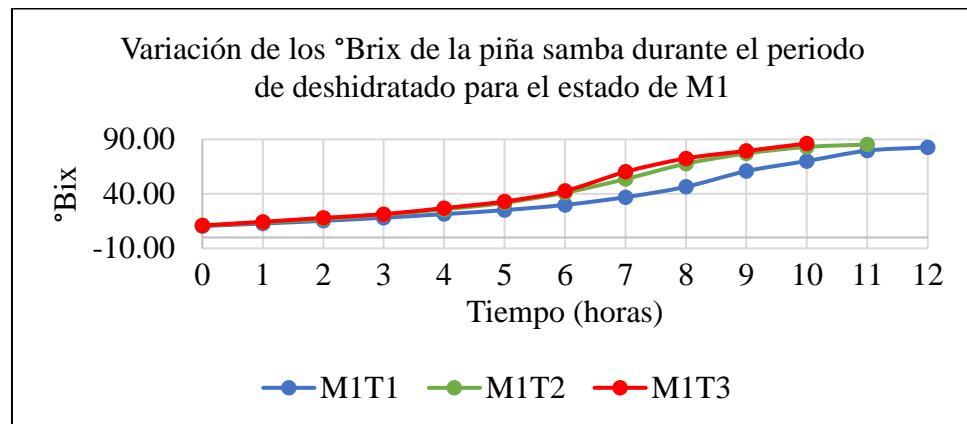
**Tabla 13.** *Resultados de variación de los °Brix de la piña samba durante el periodo de deshidratado para el estado de maduración M1.*

Tiempo (horas)	M1		
	M1T1 (40°C)	M1T2 (45)	M1T3 (50°C)
0	10.50 ± 0.16	11.00 ± 0.20	11.00 ± 0.28
1	12.80 ± 0.14	13.89 ± 0.15	14.37 ± 0.12
2	15.30 ± 0.05	17.05 ± 0.16	18.01 ± 0.23
3	18.14 ± 0.12	21.00 ± 0.12	21.42 ± 0.14
4	21.45 ± 0.01	25.85 ± 0.08	26.98 ± 0.25
5	25.12 ± 0.23	31.80 ± 0.22	33.07 ± 0.14
6	29.93 ± 0.14	41.05 ± 0.24	42.70 ± 0.24
7	37.00 ± 0.15	53.80 ± 0.14	60.25 ± 0.17
8	46.53 ± 0.12	67.70 ± 0.02	72.53 ± 0.14
9	60.88 ± 0.20	77.07 ± 0.16	79.47 ± 0.15
10	70.15 ± 0.16	83.23 ± 0.12	86.23 ± 0.18
11	79.67 ± 0.08	85.26 ± 0.24	
12	82.70 ± 0.10		

*Nota:* valores promedio de tres repeticiones (n=3).

En la Tabla 13, los sólidos solubles totales para la M1 durante el proceso de deshidratación la piña samba aumentaron su valor inicial para M1T1, inició con 10.5 °Brix al termino de 12 horas de deshidratación su valor fue 82.70 °Brix, M1T2 inició con 11 °Brix y aumento gradualmente al termino de 11 horas de deshidratación fue 85.26 °Brix y M1T3, inició con 11 °Brix al termino de 10 horas de deshidratación su valor fue 86,23 °Brix, se evidencio que en los 3 tratamientos se obtuvieron resultados con similitud de valor de sólidos solubles, siendo el de mayor contenido M1T3.

**Figura 9.** Variación de los °Brix de la piña samba durante el periodo de deshidratado para el estado de M1.



Se puede observar según la Figura 9, para el estado de maduración M1 (pintón) para M1T1, M1T2 y M1T3 los valores de °Brix inicial fueron de 10.5, 11 y 11 y los °Brix final fue de 82.70, 85.26 y 86.23 respectivamente, siendo el de mayor contenido de °Brix el tratamiento M1T3.

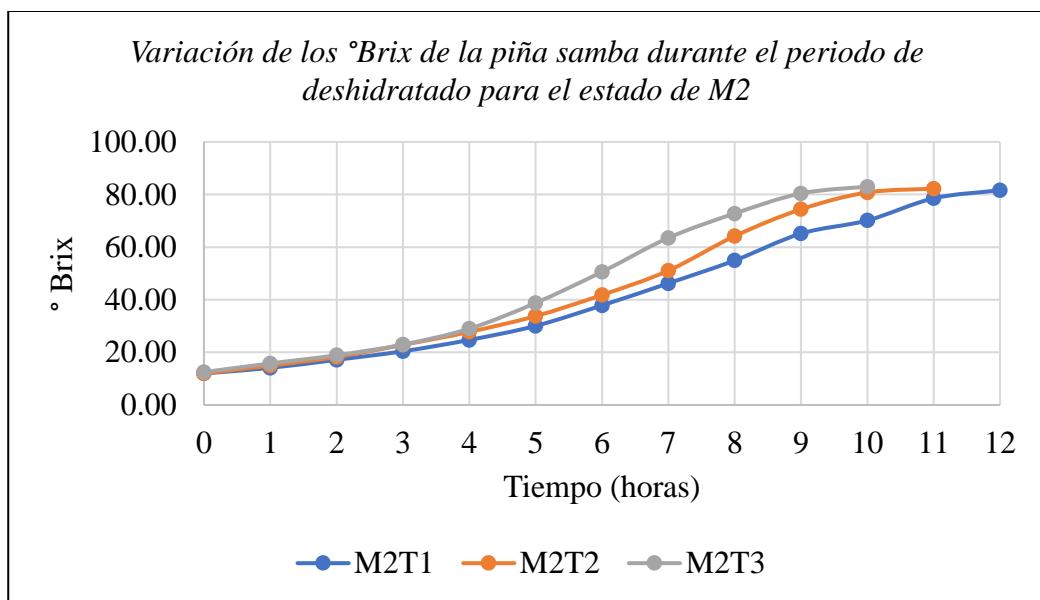
**Tabla 14.** Resultados de variación de los °Brix de la piña samba durante el periodo de deshidratado para el estado de maduración M2.

Tiempo (horas)	M2		
	M2T1 (40°C)	M2T2 (45)	M2T3 (50°C)
0	12.00 ± 0.16	12.00 ± 0.24	12.50 ± 0.04
1	14.11 ± 0.14	14.97 ± 0.16	15.81 ± 0.12
2	17.18 ± 0.25	18.24 ± 0.22	18.91 ± 0.23
3	20.41 ± 0.12	22.84 ± 0.12	22.98 ± 0.14
4	24.73 ± 0.21	27.78 ± 0.16	29.00 ± 0.25
5	30.07 ± 0.15	33.79 ± 0.22	38.79 ± 0.04
6	37.86 ± 0.24	41.83 ± 0.14	50.61 ± 0.14
7	46.25 ± 0.15	51.06 ± 0.14	63.51 ± 0.10
8	54.94 ± 0.12	64.19 ± 0.22	72.78 ± 0.15
9	65.16 ± 0.21	74.38 ± 0.16	80.42 ± 0.08
10	70.16 ± 0.15	80.80 ± 0.12	82.99 ± 0.12
11	78.55 ± 0.14	82.19 ± 0.04	
12	81.64 ± 0.15		

Nota: valores promedio de tres repeticiones (n=3).

En la Tabla 14, los sólidos solubles totales en la piña samba para M2 (Madurez comercial) durante el proceso de deshidratación aumentaron su valor inicial para M2T1, inicio con 12 °Brix al termino de 12 horas de deshidratación su valor fue 81.64 °Brix, M2T2 inició con 12 °Brix y aumento gradualmente al termino de 11 horas de deshidratación su valor fue 82.19 °Brix y M2T3, inició con 12.5 °Brix al termino de 10 horas de deshidratación su valor fue 82.99 °Brix, se evidencio que M2T1, M2T2 y M2T3 obtuvieron resultados con similitud de valor de sólidos solubles, siendo el de mayor contenido el tratamiento M2T3.

**Figura 10.** Variación de los °Brix de la piña samba durante el periodo de deshidratado para el estado de M2.



Se puede observar en la Figura 10 ligeras diferencias en cada uno de los tratamientos para el estado de maduración M2 (Madurez comercial) para M2T1, M2T2 y M2T3 los valores de °Brix inicial fue de 12, 12 y 12.5 y la variación final fue 81.64, 82.19 y 82.99 respectivamente, siendo el de mayor contenido el tratamiento M2T3. El aumento de °Brix que presentaron ambos estados de maduración M1 y M2 durante el proceso de deshidratación es

debido a la evaporación del agua; a medida que el agua se evapora la concentración de sólidos solubles aumenta proporcionalmente.

#### D. Pérdida de peso durante el periodo de deshidratado de la piña samba

Los valores de pérdida de peso se registraron cada 1 hora según el tiempo de deshidratación, se representan en las siguientes tablas.

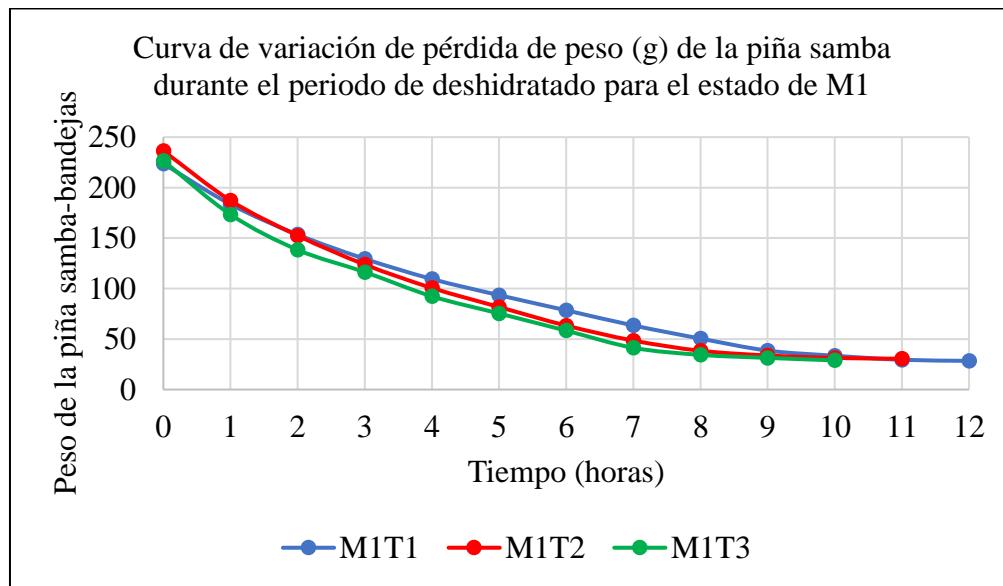
**Tabla 15.** *Resultados de la pérdida de peso (g) de la piña samba durante el periodo de deshidratado para el estado de maduración M1.*

Tiempo (horas)	M1		
	M1T1 (40°C)	M1T2 (45°C)	M1T3 (50°C)
0	223.68 ± 0.03	236.39 ± 0.04	226.55 ± 0.01
1	183.48 ± 0.02	187.2 ± 0.03	173.37 ± 0.03
2	153.48 ± 0.03	152.5 ± 0.02	138.36 ± 0.02
3	129.48 ± 0.03	123.8 ± 0.02	116.36 ± 0.02
4	109.48 ± 0.04	100.6 ± 0.03	92.36 ± 0.02
5	93.48 ± 0.04	81.76 ± 0.04	75.36 ± 0.03
6	78.48 ± 0.03	63.34 ± 0.03	58.36 ± 0.03
7	63.48 ± 0.01	48.5 ± 0.03	41.36 ± 0.01
8	50.48 ± 0.02	38.41 ± 0.04	34.36 ± 0.01
9	38.58 ± 0.05	33.74 ± 0.04	31.36 ± 0.02
10	33.48 ± 0.03	31.3 ± 0.05	28.9 ± 0.02
11	29.48 ± 0.04	30.5 ± 0.02	
12	28.4 ± 0.05		
% Disminución	87.303	87.098	87.243

*Nota:* valores promedio de tres repeticiones (n=3).

En la tabla 15, se observa que para el estado de maduración M1 (pintón), para el M1T1, tuvo un peso inicial de 223.68 g y disminuye gradualmente al termino de 12 horas tuvo un peso final de 28.4 g, M1T2 tuvo un peso inicial de 236.39 g y disminuye gradualmente al termino de 11 horas registro un peso final de 30.5 g y M1T3 tuvo un peso inicial de 226.55 g y disminuye gradualmente al termino de 10 horas registro un peso final de 28.9 g. El que perdió menos peso en % de disminución 87.098 % es el tratamiento M1T2.

**Figura 11.** Curva de variación de pérdida de peso (g) de la piña samba durante el periodo de deshidratado para el estado de M1.



En la Figura 11, se puede observar pequeñas diferencias entre cada uno de los tratamientos para el estado de maduración M1 (pintón) para M1T1, M1T2 y M1T3 los valores de pérdida de peso inicial fue de 223.68, 236.39 y 226.55 y la variación final fue 28.40, 30.50 y 28.90 respectivamente, siendo el de menor perdida el tratamiento M1T2.

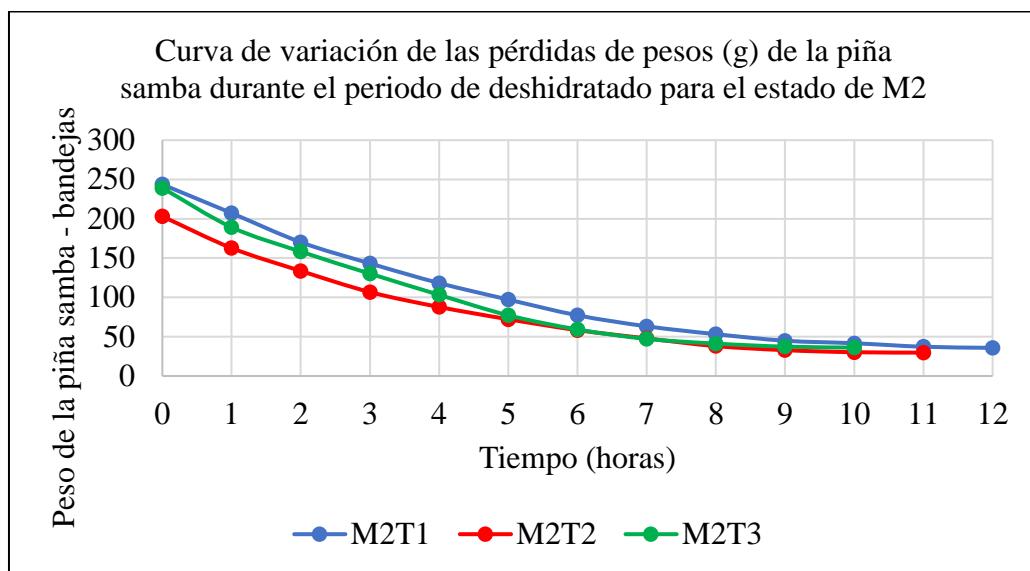
**Tabla 16.** *Resultados de variación de las pérdidas de pesos (g) de la piña samba durante el periodo de deshidratado para el estado de maduración M2.*

Tiempo (horas)	M2		
	M2T1 (40°C)	M2T2 (45°C)	M2T3 (50°C)
0	243.64 ± 0.28	203 ± 0.01	239.14 ± 0.96
1	207.22 ± 0.30	162.8 ± 0.03	189.22 ± 0.88
2	170.22 ± 0.25	133.68 ± 0.03	158.22 ± 0.97
3	143.22 ± 0.25	106.76 ± 0.02	130.22 ± 0.95
4	118.22 ± 0.27	87.79 ± 0.02	103.22 ± 0.97
5	97.22 ± 0.28	72.2 ± 0.02	77.22 ± 0.89
6	77.22 ± 0.28	58.35 ± 0.03	59.22 ± 0.90
7	63.22 ± 0.26	47.82 ± 0.03	47.22 ± 0.95
8	53.22 ± 0.25	38.06 ± 0.01	41.22 ± 0.96
9	44.87 ± 0.24	32.86 ± 0.01	37.32 ± 0.93
10	41.67 ± 0.28	30.26 ± 0.03	36.17 ± 0.96
11	37.22 ± 0.30	29.75 ± 0.04	
12	35.81 ± 0.28		
% Disminución		85.302	85.345
			84.875

*Nota:* Valores promedio de tres repeticiones (n=3).

En la tabla 16, se observa que para el estado de maduración M2 (madurez comercial), para el M2T1 tuvo un peso inicial de 243.64 g y disminuye gradualmente al termino de 12 horas tuvo un peso final de 35.81 g, M2T2 tuvo un peso inicial de 203 g y disminuye gradualmente al termino de 11 horas registro un peso final de 29.75 g y M2T3 tuvo un peso inicial de 239.14 g y disminuye gradualmente al termino de 10 horas registro un peso final de 36.17 g, el que perdió menos peso en % de disminución 84.875 % es el tratamiento M2T3.

**Figura 12.** Curva de variación de las pérdidas de pesos (g) de la piña samba durante el periodo de deshidratado para el estado de M2.



En la Figura 12, se puede observar ligeras diferencias en cada uno de los tratamientos para el estado de maduración M2 (madurez comercial) para M2T1, M2T2 y M2T3 los valores de pérdida de peso inicial fue de 243.64 g, 203.00 g y 239.14 g y la variación final fue 35.81g, 29.75 g y 36.17 g respectivamente, siendo el de menor perdida el tratamiento M2T1.

La pérdida de peso que presentaron ambos estados de maduración (M1 y M2) durante el proceso de deshidratación se debió fundamentalmente a la eliminación del agua; ya que se redujo el contenido de humedad lo que inevitablemente resulta en una disminución de su peso así mismo la cantidad de pérdida de peso dependió del estado de madurez, temperatura, humedad relativa del ambiente, tiempo y tamaño.

#### E. Perdida de humedad con relación al tiempo de secado

El comportamiento de humedad fue analizado cada 1 hora según el tiempo durante el periodo de deshidratado para los 2 estados de maduración de la piña samba, se presentan en las siguientes tablas y en el Anexo 6.

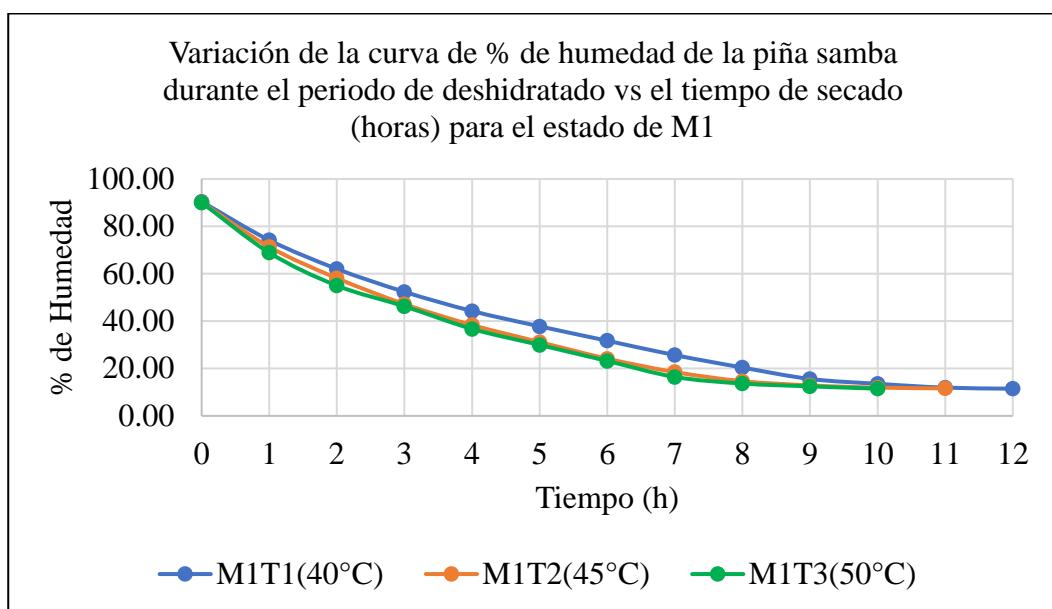
**Tabla 17.** *Resultados de variación del % humedad de la piña samba durante el periodo de deshidratado con relación al tiempo de secado para el estado de maduración M1.*

Tiempo (horas)	M1		
	M1T1 (40°C)	M1T2 (45°C)	M1T3 (50°C)
0	90.43 ± 0.03	90.09 ± 0.04	90.04 ± 0.01
1	74.17 ± 0.02	71.34 ± 0.03	68.9 ± 0.03
2	62.05 ± 0.03	58.12 ± 0.02	54.99 ± 0.02
3	52.34 ± 0.04	47.18 ± 0.02	46.25 ± 0.02
4	44.26 ± 0.04	38.34 ± 0.03	36.71 ± 0.02
5	37.79 ± 0.03	31.16 ± 0.04	29.95 ± 0.03
6	31.73 ± 0.01	24.14 ± 0.03	23.19 ± 0.03
7	25.66 ± 0.02	18.48 ± 0.03	16.44 ± 0.01
8	20.41 ± 0.05	14.64 ± 0.04	13.66 ± 0.01
9	15.60 ± 0.03	12.86 ± 0.04	12.46 ± 0.02
10	13.54 ± 0.04	11.93 ± 0.05	11.49 ± 0.02
11	11.92 ± 0.05	11.62 ± 0.02	
12	11.48 ± 0.04		
% Disminución		87.303	<b>87.098</b>
			87.243

Nota: valores promedio de tres repeticiones (n=3).

En la Tabla 17, para el estado de maduración M1 (pintón) se puede apreciar la pérdida gradual de humedad, M1T1 humedad inicial de 90.43% y final de 11.48 %, M1T2 humedad inicial de 90.09 % y final de 11.62 % y M1T3 humedad inicial de 90.04 % y final de 11.49%. con una disminución de 87.098 % para el tratamiento M1T2.

**Figura 13.** Variación de la curva de % de humedad de la piña samba durante el periodo de deshidratado vs el tiempo de secado (horas) para el estado de M1.



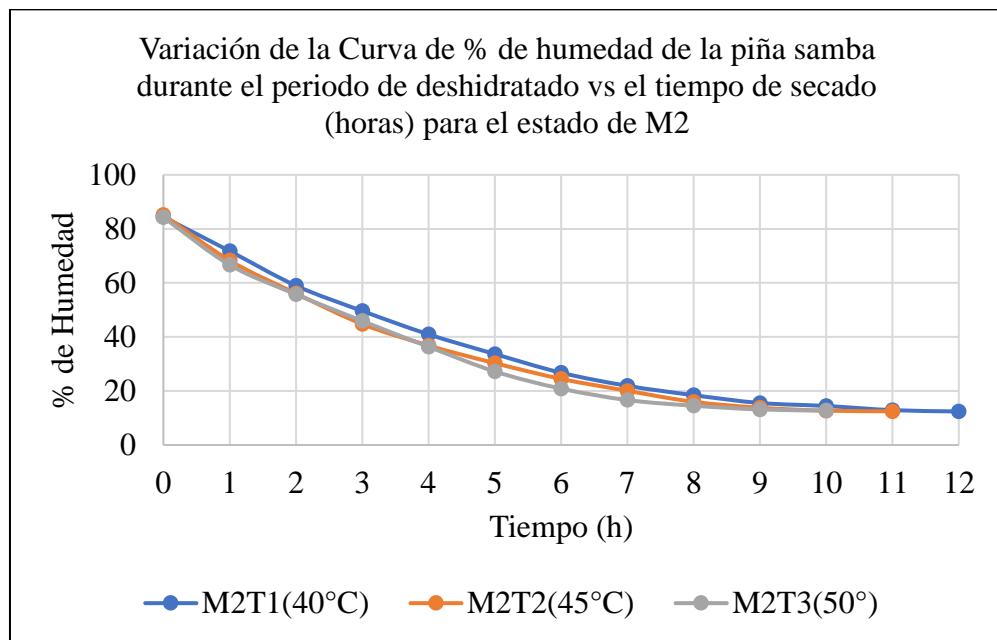
**Tabla 18.** Resultados de variación del % de humedad de la piña samba durante el periodo de deshidratado con relación al tiempo de secado para el estado de maduración M2.

Tiempo (horas)	M2		
	M2T1 (40 °C)	M2T2 (45°C)	M2T3 (50 °C)
0	84.41 ± 0.28	85.17 ± 0.01	84.29 ± 0.96
1	71.8 ± 0.30	68.31 ± 0.03	66.69 ± 0.88
2	58.98 ± 0.25	56.09 ± 0.03	55.77 ± 0.97
3	49.62 ± 0.25	44.79 ± 0.02	45.9 ± 0.95
4	40.96 ± 0.27	36.83 ± 0.02	36.38 ± 0.97
5	33.68 ± 0.28	30.29 ± 0.02	27.22 ± 0.89
6	26.75 ± 0.28	24.48 ± 0.03	20.87 ± 0.90
7	21.9 ± 0.26	20.06 ± 0.03	16.64 ± 0.95
8	18.44 ± 0.25	15.97 ± 0.01	14.53 ± 0.96
9	15.55 ± 0.24	13.79 ± 0.01	13.15 ± 0.93
10	14.44 ± 0.28	12.7 ± 0.03	12.75 ± 0.96
11	12.9 ± 0.30	12.48 ± 0.04	
12	12.41 ± 0.28		
<b>% Disminución</b>		85.302	85.345
			84.875

Nota: valores promedio de tres repeticiones (n=3).

En la Tabla 18, para el estado de maduración M2 (Madurez comercial) se puede apreciar la pérdida gradual de humedad, M2T1 (madurez comercial a 40 °C x 12 horas) humedad inicial de 84.41 % y final de 12.41 %, M2T2 (madurez comercial 45 °C x 11 horas) humedad inicial de 85.17 % y final de 12.48 % y M2T3 (madurez comercial a 50 °C x 10 horas) humedad inicial de 84.29% y final de 12.75 %, con una disminución de 84.4.875 % para el tratamiento M2T3.

**Figura 14.** Variación de la Curva de % de humedad de la piña samba durante el periodo de deshidratado vs el tiempo de secado (horas) para el estado de M2.

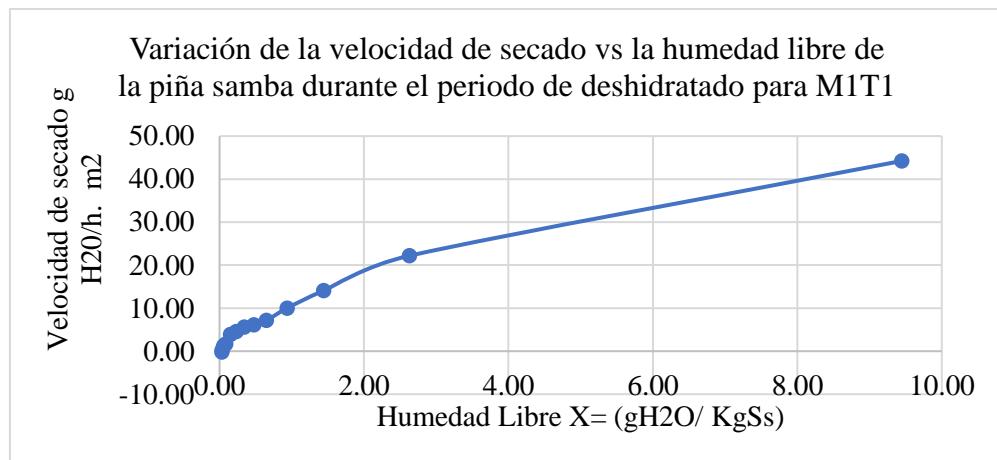


Se evidencio que en ambos estados de maduración (M1 y M2) presento una disminución del % de humedad durante el proceso de deshidratado; esto es debido a la evaporación del agua ya que a medida que el tiempo de deshidratación aumenta y aumenta la temperatura, más agua se evapora lo que conlleva a una reducción progresiva de su contenido de humedad.

## F. Curvas de velocidad de secado

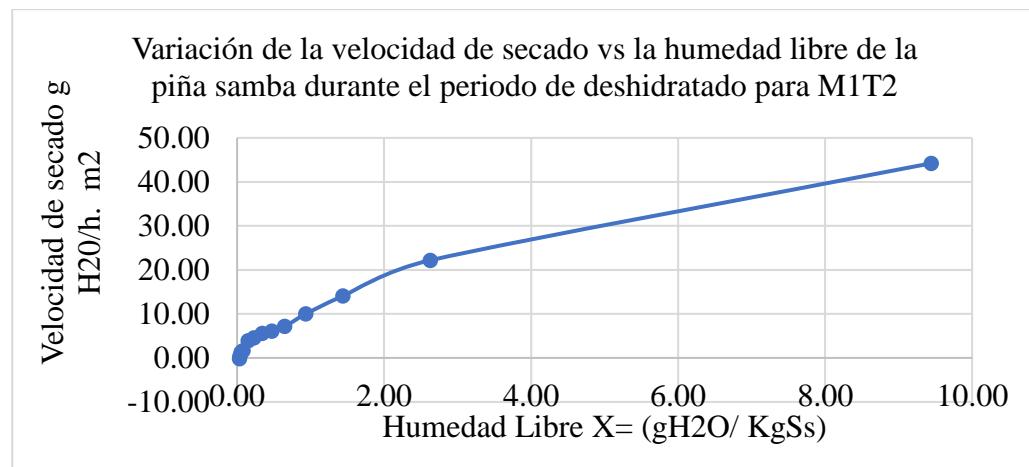
Para hallar la curva de velocidad de secado se muestran en el Anexo 6, cuyos resultados de curvas de velocidad se muestran a continuación en las siguientes figuras.

**Figura 15.** Variación de la velocidad de secado vs la humedad libre de la piña samba durante el periodo de deshidratado para M1T1



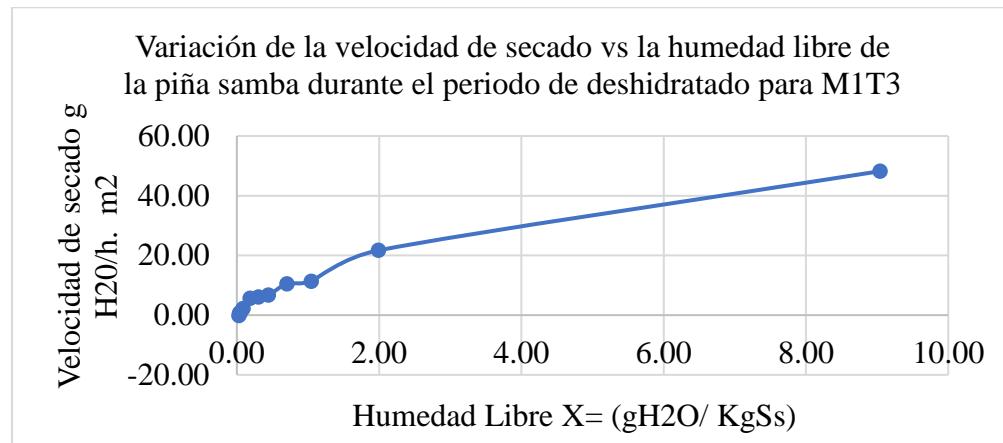
En la Figura 15, se aprecia la curva de velocidad de secado para M1T1 presentando una velocidad decreciente **R 10.001** g H<sub>2</sub>O/h. m<sup>2</sup> y humedad libre de 0.93 g H<sub>2</sub>O/g Ss después de 3 horas.

**Figura 16.** Variación de la velocidad de secado vs la humedad libre de la piña samba durante el periodo de deshidratado para M1T2



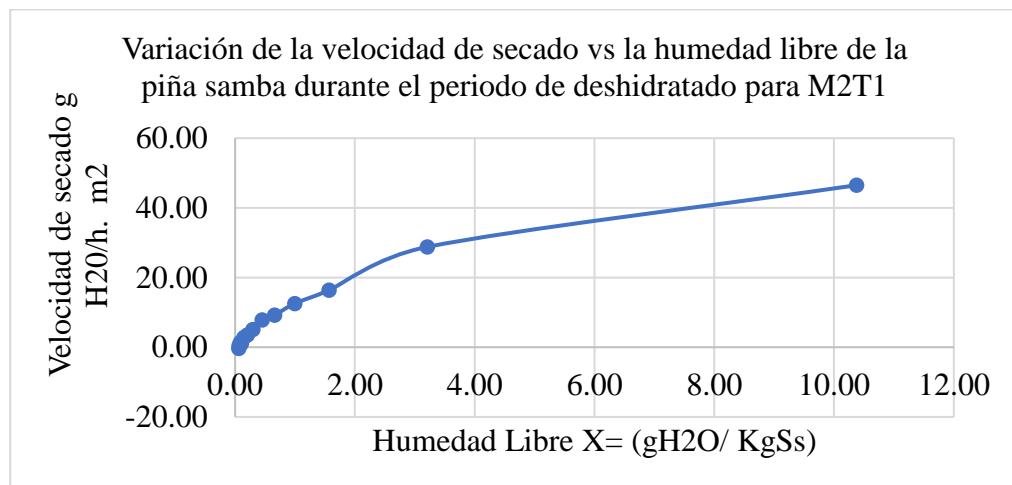
En la Figura 16, se aprecia la curva de velocidad de secado para M1T2 (Pintón a 45 °C x 11 horas) presentando una velocidad decreciente R 10.44 g H<sub>2</sub>O/h. m<sup>2</sup> y humedad libre de 0.74 g H<sub>2</sub>O/g Ss después de 3 horas.

**Figura 17.** Variación de la velocidad de secado vs la humedad libre de la piña samba durante el periodo de deshidratado para M1T3



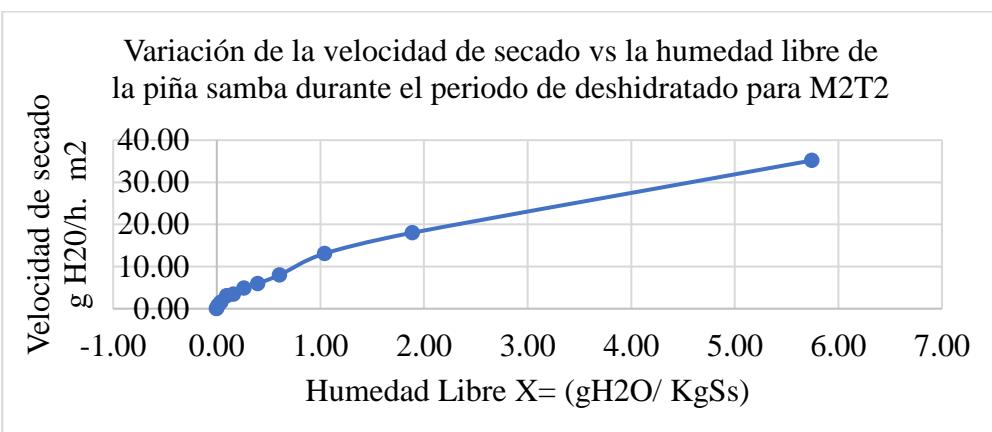
En la Figura 17, se aprecia la curva de velocidad de secado para M1T3 presentando una velocidad decreciente R 10.51 g H<sub>2</sub>O/h. m<sup>2</sup> y humedad libre de 0.71 g H<sub>2</sub>O/g Ss después de 3 horas.

**Figura 18.** Variación de la velocidad de secado vs la humedad libre de la piña samba durante el periodo de deshidratado para M2T1.



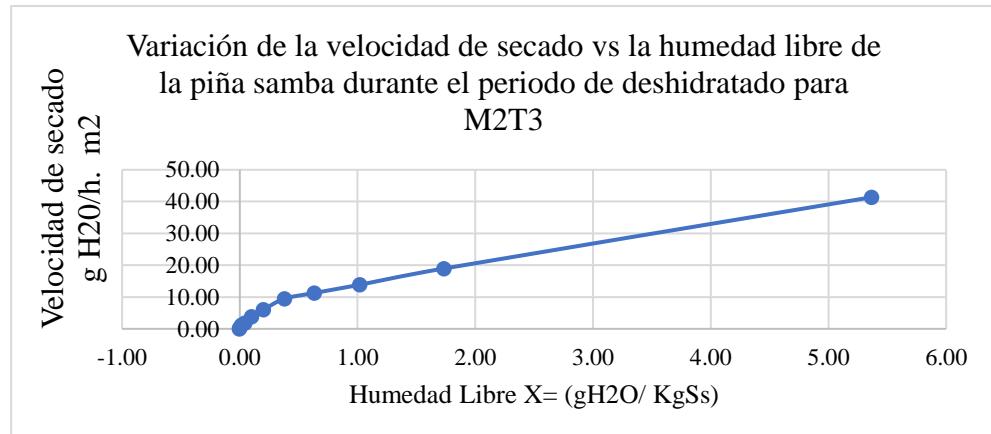
En la Figura 18, se aprecia la curva de velocidad de secado para M2T1 presentando una velocidad decreciente R 9.24 g H<sub>2</sub>O/h. m<sup>2</sup> y humedad libre de 0.66 g H<sub>2</sub>O/g Ss después de 4 horas

**Figura 19.** Variación de la velocidad de secado vs la humedad libre de la piña samba durante el periodo de deshidratado para M2T2.



En la Figura 19, se aprecia la curva de velocidad de secado para M2T2 presentando una velocidad decreciente  $R = 8.03 \text{ g H2O/h. m}^2$  y humedad libre de  $0.61 \text{ g H2O/g Ss}$  después de 3 horas.

**Figura 20.** Variación de la velocidad de secado vs la humedad libre de la piña samba durante el periodo de deshidratado para M2T3



En la Figura 20, se aprecia la curva de velocidad de secado para M2T3 presentando una velocidad decreciente  $R = 11.28 \text{ g H2O/h. m}^2$  y humedad libre de  $0.63 \text{ g H2O/g Ss}$  después de 3 horas.

## G. Perdida de vitamina C durante el periodo de deshidratado

La variación del contenido de vitamina C se muestra en el Anexo 8 y se presenta en la siguientes tablas y figuras.

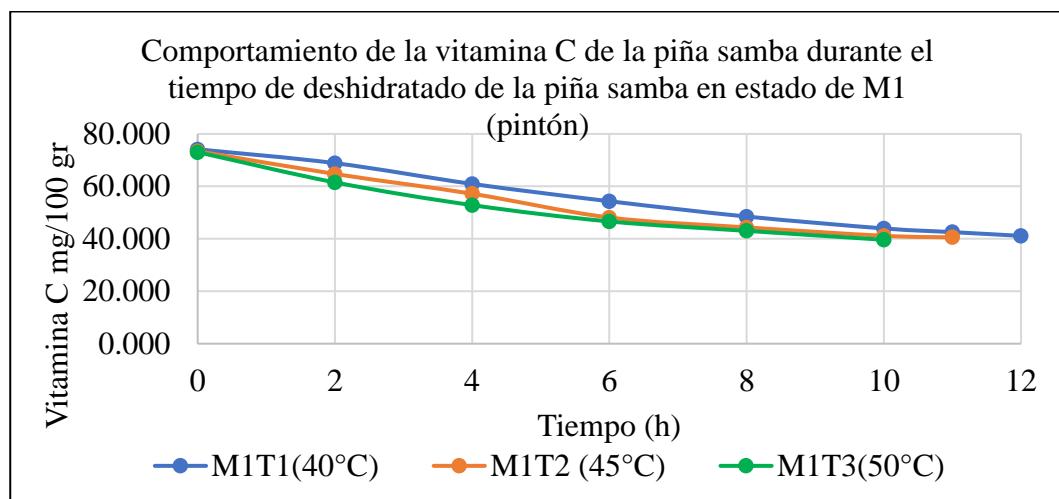
**Tabla 19.** Variación del contenido de vitamina C (mg/100g) durante el periodo de deshidratado para el estado de M1.

Tiempo (horas)	M1		
	M1T1 (40°C)	M1T2 (45°C)	M1T3 (50°C)
0	74.148 ± 0.025	73.415 ± 0.016	73.038 ± 0.021
2	68.866 ± 0.021	64.736 ± 0.014	61.528 ± 0.020
4	60.943 ± 0.017	57.189 ± 0.016	52.849 ± 0.018
6	54.341 ± 0.018	48.132 ± 0.016	46.623 ± 0.017
8	48.493 ± 0.022	44.358 ± 0.013	43.038 ± 0.018
10	43.966 ± 0.018	41.151 ± 0.012	39.642 ± 0.015
11	42.551 ± 0.022	40.585 ± 0.013	
12	41.136 ± 0.021		
% Retención	55.479	55.281	54.275
% Disminución	44.521	44.719	45.725

Nota: valores promedio de tres repeticiones (n=3).

En la tabla 19, se observa que para el estado de maduración M1 (pintón), para el M1T1 (pintón a 40 °C x 12 horas), registro un contenido inicial de vitamina C de 74.148 mg/100g y disminuye gradualmente al termino de 12 horas registro un contenido final de vitamina C de 41.136 mg/100g, M1T2 (pintón a 45 °C x 11 horas) registro un contenido inicial de vitamina C de 73.415 mg/100g y disminuye gradualmente al termino de 11 horas registro un contenido final de vitamina C de 40.585 mg/100g y M1T3 (pintón a 50 °C x 10 horas) registro un contenido inicial de vitamina C de 73.038 mg/100g y disminuye gradualmente al termino de 10 horas registro un contenido final de vitamina C de 39.642 mg/100g, siendo el de mayor % de retención de 55.479 % y el que perdió menos contenido de vitamina C en % de disminución 44.521 % es el tratamiento M1T1.

**Figura 21.** Comportamiento de la vitamina C de la piña samba durante el periodo de deshidratado de la piña samba en estado de M1 (pintón).



**Tabla 20.** Variación del contenido de vitamina C (mg/100g) durante el periodo de deshidratado para el estado de M2.

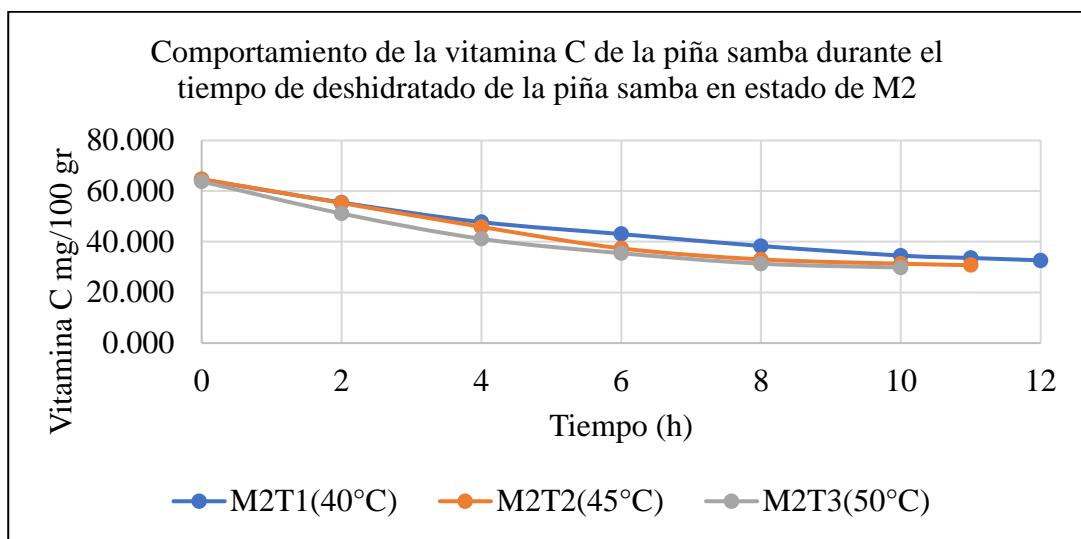
Tiempo (horas)	M2		
	M2T1 (40 °C)	M2T2 (45 °C)	M2T3 (50 °C)
0	64.547 ± 0.012	64.736 ± 0.032	63.792 ± 0.022
2	55.491 ± 0.011	55.302 ± 0.032	51.151 ± 0.018
4	47.755 ± 0.012	45.868 ± 0.033	41.151 ± 0.021
6	43.038 ± 0.008	37.377 ± 0.028	35.491 ± 0.019
8	38.321 ± 0.013	33.038 ± 0.027	31.340 ± 0.021
10	34.547 ± 0.012	31.340 ± 0.028	29.830 ± 0.022
11	33.604 ± 0.011	30.774 ± 0.028	
12	32.660 ± 0.012		
% Retención	50.599	47.537	46.761
% Disminución	49.401	52.463	53.239

Nota: valores promedio de tres repeticiones (n=3).

En la tabla 20, se observa que para el estado de maduración M2 (madurez comercial), para el M2T1 (madurez comercial a 40 °C x 12 horas), registro un contenido inicial de vitamina C de 64.547 mg/100g y disminuye gradualmente al término de 12 horas registro un contenido final de vitamina C de 32.66 mg/100g, M2T2 (madurez comercial a 45 °C x 11 horas) registro un contenido inicial de vitamina C de 64.736 mg/100g y disminuye

gradualmente al termino de 11 horas registro un contenido final de vitamina C de 30.774 mg/100g y M2T3 (pintón a 50 °C x 10 horas) registro un contenido inicial de vitamina C de 63.792 mg/100g y disminuye gradualmente al termino de 10 horas registro un contenido final de vitamina C de 29.830 mg/100g, siendo el de mayor % de rendimiento 50.599 % y el que perdió menos contenido de vitamina C en % de disminución 49.401 % es el tratamiento M2T1.

**Figura 22.** Comportamiento de la vitamina C de la piña samba durante el tiempo de deshidratado de la piña samba en estado de M2 (madurez comercial).



Comparando los 2 estados de maduración, M1 se observa que el tratamiento M1T1 tiene menor perdida de vitamina C con un porcentaje de 44.521 % por ende un mayor rendimiento de 55.479 % durante todo el proceso de deshidratado de la piña samba a diferencia del estado M2 donde se observó que el tratamiento M2T1 tiene un porcentaje de pérdida del 49.401 % en el contenido de vitamina C por ende un menor rendimiento de 50.599 % durante todo el proceso de deshidratado de la piña samba, en consecuencia el M1T1 es el tratamiento óptimo con menor perdida de vitamina C y mayor rendimiento.

## *Cinética de degradación de la Vitamina C*

### **A. Determinación de orden de reacción**

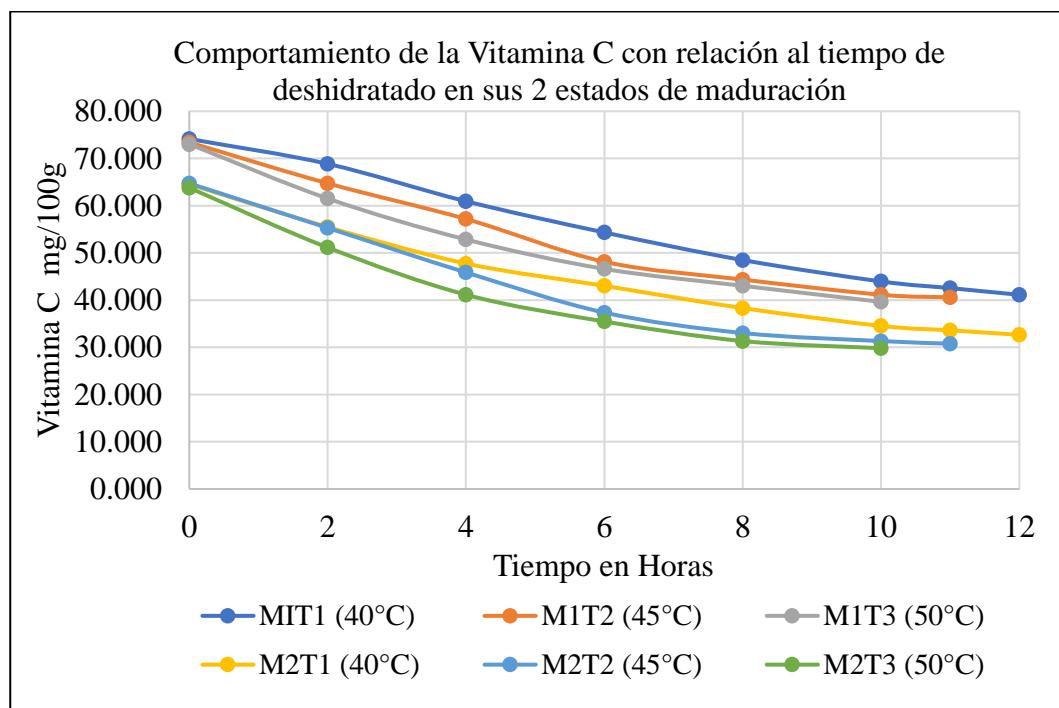
Para evaluar la cinética de degradación de la vitamina C se determinó el orden de reacción mediante un análisis de regresión, los datos y las gráficas se muestran en el anexo 9, cuyos resultados se muestran a continuación.

Para hallar la orden de reacción se tomó como referencia los datos obtenidos de concentración de vitamina C, durante el proceso de deshidratación.

**Tabla 21.** Concentración de vitamina C según el tiempo de deshidratación de la piña samba en sus 2 estados de maduración.

Tiempo (hr)	M1 (Pintón)			M2 (Madurez comercial)		
	M1T1 (40 °C)	M1T2 (45 °C)	M1T3 (50 °C)	M2T1 (40 °C)	M2T2 (45 °C)	M2T3 (50 °C)
0	74.148	73.415	73.038	64.547	64.736	63.792
2	68.866	64.736	61.528	55.491	55.302	51.151
4	60.943	57.189	52.849	47.755	45.868	41.151
6	54.341	48.132	46.623	43.038	37.377	35.491
8	48.493	44.358	43.038	38.321	33.038	31.340
10	43.966	41.151	39.642	34.547	31.340	29.830
11	42.551	40.585		33.604	30.774	
12	41.136			32.66		

**Figura 23.** Comportamiento de la Vitamina C con relación al tiempo de deshidratado en sus 2 estados de maduración.



#### A.1. Resultados de orden de reacción 0

Para hallar la orden de reacción 0 se tomó como referencia los datos obtenidos de concentración de vitamina C, durante el proceso de deshidratación

**Tabla 22.** Orden de reacción 0 y valor  $R^2$  para la vitamina C de la piña samba durante el proceso de deshidratación para los 2 estados de maduración.

Nº de Orden	Código	Temp. (°C)	Ecuación			$R^2$		
0	M1T1	40 °C	Y=	-2.8485	X	+	73.177	0.9856
	M1T2	45 °C	Y=	-3.0218	X	+	70.494	0.9547
	M1T3	50 °C	Y=	-3.2668	X	+	69.120	0.9428
0	M2T1	40 °C	Y=	-2.5746	X	+	60.802	0.9573
	M2T2	45 °C	Y=	-3.1076	X	+	60.835	0.9299
	M2T3	50 °C	Y=	-3.3558	X	+	58.905	0.9130

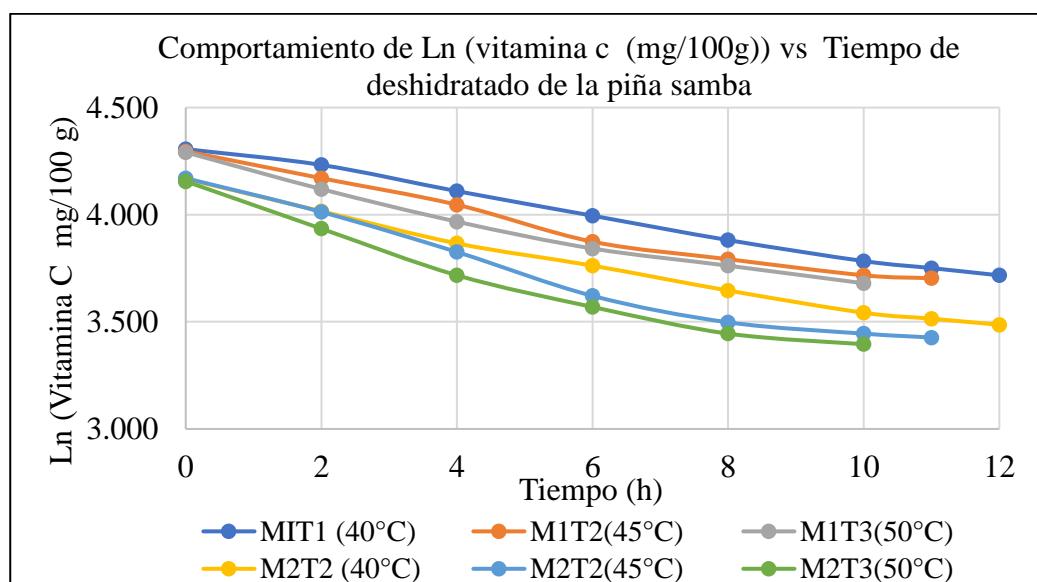
## A.2. Resultados de orden de reacción 1

Para hallar la orden de reacción 1 se tomó los datos obtenidos de la vitamina C durante el deshidratado de los 6 tratamientos, en este caso la orden de reacción 1 se halla el logaritmo natural de la vitamina C mostrada en las tablas 19 y 20.

**Tabla 23.** *Resultados del Ln del contenido de vitamina C para la orden de reacción 1.*

Tiempo (horas)	M1 (Pintón)			M2 (Madurez comercial)		
	M1T1 (40 °C)	M1T2 (45 °C)	M1T3 (50 °C)	M2T1 (40 °C)	M2T2 (45 °C)	M2T3 (50 °C)
0	4.306	4.296	4.291	4.167	4.170	4.156
2	4.232	4.170	4.119	4.016	4.013	3.935
4	4.110	4.046	3.967	3.866	3.826	3.717
6	3.995	3.874	3.842	3.762	3.621	3.569
8	3.881	3.792	3.762	3.646	3.498	3.445
10	3.783	3.717	3.680	3.542	3.445	3.396
11	3.751	3.703		3.515	3.427	
12	3.717			3.486		

**Figura 24.** *Comportamiento de la Vitamina C en relación al tiempo de deshidratado en sus 2 estados de maduración, para hallar el orden 1.*



**Tabla 24.** Orden de reacción 1 y valor R2 para la vitamina C de la piña samba durante el proceso de deshidratación para los 2 estados de maduración.

Nº de orden	Código	Temp.	Ecuación			R <sup>2</sup>		
1	M1T1	40 °C	Y=	-0.0515	X	+	4.313	0.9952
	M1T2	45 °C	Y=	-0.0559	X	+	4.270	0.9758
	M1T3	50 °C	Y=	-0.0608	X	+	4.247	0.9752
1	M2T1	40 °C	Y=	-0.0568	X	+	4.126	0.9859
	M2T2	45 °C	Y=	-0.0704	X	+	4.127	0.9610
	M2T3	50 °C	Y=	-0.0774	X	+	4.090	0.9578

El orden de degradación de la vitamina C durante el proceso de deshidratación de la piña variedad Samba, en dos estados de maduración y sometida a temperaturas de 40 °C, 45 °C y 50 °C por períodos de 10, 11 y 12 horas, respectivamente, indica que este proceso sigue un comportamiento de primer orden. Esto se evidencia en los resultados, donde el coeficiente de determinación R<sup>2</sup> muestra un ajuste óptimo. Para el tratamiento M1T1, el valor de R<sup>2</sup> es 0.9952, superior al 0.9856 que correspondería a una ecuación de orden cero. En el caso del tratamiento M1T2, el valor es 0.9758, mayor que el 0.9547; para M1T3, se registra un 0.9752, que es mayor que el 0.9428; M2T1 muestra un R<sup>2</sup> de 0.9859, superior al 0.9573; M2T2 presenta un valor de 0.9610, mayor que el 0.9299; y finalmente, M2T3 tiene un R<sup>2</sup> de 0.9578, que es mayor al 0.9130. Este comportamiento consistente se observa en los seis tratamientos analizados.

La piña Samba es conocida por su alto contenido de vitamina C, y durante el proceso de deshidratación se logró medir su concentración, permitiendo realizar estudios sobre la cinética de degradación del ácido

ascórbico. Según los resultados obtenidos, la degradación de la vitamina C se clasifica como un proceso de primer orden.

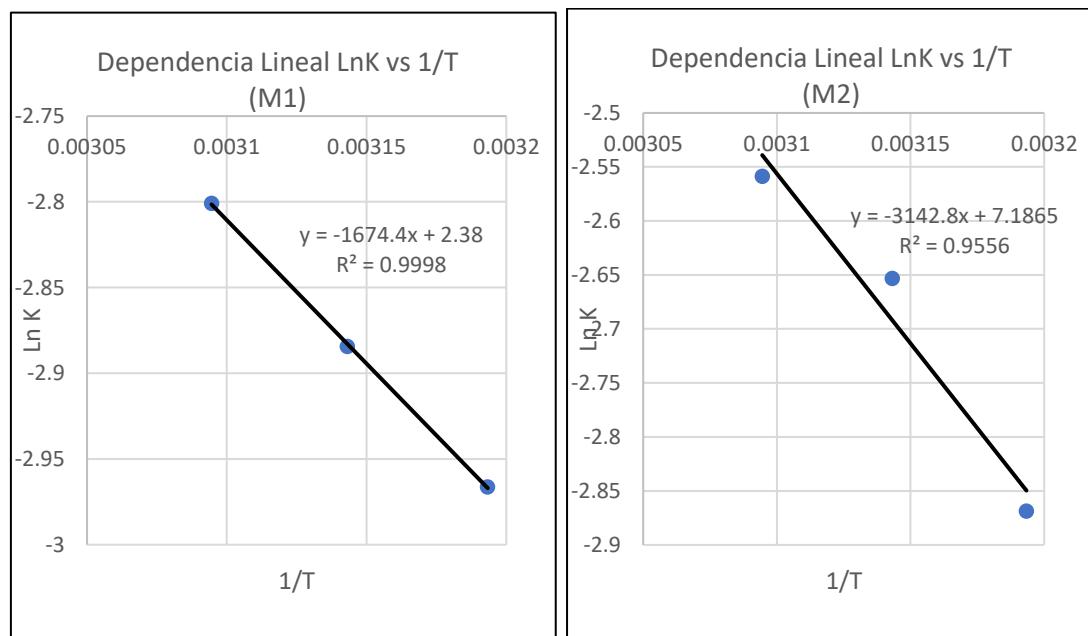
### B. Determinación de los parámetros cinéticos

La determinación de los parámetros cinéticos como tiempo de vida media y la energía de activación se muestra en la siguiente tablas y figuras.

**Tabla 25. Datos cinéticos.**

T (°C)	Código	T°K	K	1/T	Ln K
40	M1T1	313.15	0.05149197	0.00319336	-2.966329485
45	M1T2	318.15	0.0558945	0.00314317	-2.884289354
50	M1T3	323.15	0.06075872	0.00309454	-2.800844602
40	M2T1	313.15	0.05677323	0.00319336	-2.868690357
45	M2T2	318.15	0.0704201	0.00314317	-2.653276478
50	M2T3	323.15	0.07740347	0.00309454	-2.558723652

**Figura 25. Modelo de Arrhenius de cinética de degradación de vitamina C de piña samba deshidratada.**



**Tabla 26.** Parámetros cinéticos de degradación de vitamina C de piña samba deshidratada en 2 estados de maduración.

Estado	Cod.	T°	Co inicial (mg/100g)	K (hora <sup>-1</sup> ) orden 1	D (hora) 1/K	T(1/2) vida media (hora) (Ln2/K)	Ea/R	Ea j/mol°k	Ea*kcal /mol
M1	M1T1	40	74.148	0.0515	19.4205	13.4613			
	M1T2	45	73.415	0.0559	17.8908	12.4010	1674.402	13920.982	3.325
	M1T3	50	73.038	0.0608	16.4585	11.4082			
M2	M2T1	40	64.547	0.0568	17.6139	12.2090			
	M2T2	45	64.736	0.0704	14.2005	9.8430	3142.838	26129.559	6.241
	M2T3	50	63.792	0.0774	12.9193	8.9550			

Nota: Constante de degradación (K), tiempo de reducción decimal (D), tiempo para reducir el 50% la concentración inicial de vitamina C (T<sup>(1/2)</sup>) y Energía de activación Ea de la Vitamina C

Los resultados obtenidos sobre la degradación de la vitamina C en la piña variedad Samba indican que la concentración inicial (Co) de este nutriente varía según el estado de maduración y el tratamiento aplicado. Para el estado de maduración Pintón (M1), las concentraciones iniciales fueron de 74.148 mg/100 g para M1T1, 73.415 mg/100 g para M1T2 y 73.038 mg/100 g para M1T3. En contraste, las concentraciones en el estado de madurez M2 (madurez comercial) fueron más bajas, con 64.547 mg/100 g en M2T1, 64.736 mg/100 g en M2T2 y 63.792 mg/100 g en M2T3. Esto sugiere que las piñas en estado pintón tienen un mayor contenido de vitamina C en comparación con las que están en estado maduro.

Respecto a la constante de velocidad de reacción (K), se observó que para ambos estados de maduración (M1 y M2), la velocidad de degradación de la vitamina C aumenta con el incremento de la temperatura. Para los tratamientos M1T1, M1T2 y M1T3, las velocidades fueron 0.0515, 0.0559 y 0.0608 h<sup>-1</sup>, respectivamente, lo que indica que a medida que se eleva la

temperatura (40 °C, 45°C, 50 °C), la reacción se acelera. De manera similar, los tratamientos M2T1, M2T2 y M2T3 mostraron velocidades de reacción de 0.0568, 0.0704 y 0.0774 h<sup>-1</sup>, respectivamente, confirmando que el aumento de temperatura también incrementa la velocidad de degradación en el estado maduro.

El tiempo de reducción decimal (D), que representa el tiempo necesario para reducir el 90% de la concentración original de vitamina C, fue notablemente alto en todos los tratamientos. Para el estado M1 (Pintón), se requerirán tiempos prolongados: 19.42 horas a 40 °C (M1T1), 17.89 horas a 45°C (M1T2) y 16.46 horas a 50 °C (M1T3). Estos tiempos son más altos que los períodos establecidos para el proceso de deshidratación, lo que sugiere que, aunque se aplicaron tratamientos durante 10, 11 y 12 horas, la reducción significativa del contenido de vitamina C requiere un tiempo considerablemente mayor. En el caso del estado M2 (madurez comercial), los tiempos también fueron prolongados: 17.61 horas a 40 °C (M2T1), 14.20 horas a 45 °C (M2T2) y 12.92 horas a 50 °C (M2T3). Esto indica que las piñas en estado maduro pierden vitamina C más rápidamente.

Además, se evaluó el tiempo necesario para reducir a la mitad (50 %) de la concentración inicial de vitamina C. para el estado de maduración M1 para el M1T1 se requerirá llegar a las 13.46 horas para reducir a la mitad (50 %) de su concentración inicial de la vitamina C, para el M1T2 se requerirá llegar a las 12.40 horas y M1T3 se requerirá llegar a las 11.41 horas, para el M2 el M2T1 se requerirá llegar 12.21 horas para reducir a la mitad su concentración inicial de vitamina C, para el M2T2 a las 9.84 horas llegó a reducirse a la

mitad (50 %) de su concentración inicial lo mismo sucedió para el M2T3 a las 8.95 horas llegó a la mitad de su concentración inicial.

Finalmente, se estableció la energía de activación (Ea) juega un papel crucial en la determinación de la velocidad de pérdida de la vitamina C; el estado M1 fue de 13920.982 J/mol °K o 3.325 kcal/mol y para el estado M2 fue mayor, con una Ea de 26129.559 J/mol °K o 6.241 kcal/mol,

#### 4.2.3. Evaluación del producto terminado

##### *Características fisicoquímicas*

En la Tabla 27, se muestran los resultados fisicoquímicos de la piña Samba deshidratada con relación a los 6 tratamientos propuestos, donde se observa las diferencias de cada una de las características que se analizó en el producto.

**Tabla 27. Resultados de los análisis fisicoquímicos de la piña Samba deshidratada.**

Madurez	Cod.	pH	% Acidez Titulable	°Brix	% Humedad
M1	M1T1	3.8 ± 0.03	0.320 ± 0.005	82.70 ± 0.10	11.48 ± 0.04
	M1T2	3.8 ± 0.12	0.448 ± 0.004	85.26 ± 0.24	11.62 ± 0.02
	M1T3	3.8 ± 0.04	0.416 ± 0.004	86.23 ± 0.18	11.49 ± 0.02
<b>Promedio</b>		<b>3.8</b>	<b>0.394</b>	<b>84.73</b>	<b>11.53</b>
M2	M2T1	3.9 ± 0.04	0.368 ± 0.005	81.64 ± 0.15	12.41 ± 0.28
	M2T2	4 ± 0.04	0.448 ± 0.002	81.19 ± 0.04	12.48 ± 0.04
	M2T3	3.9 ± 0.04	0.288 ± 0.005	82.99 ± 0.12	12.75 ± 0.96
<b>Promedio</b>		<b>3.9</b>	<b>0.368</b>	<b>81.94</b>	<b>12.54</b>

*Nota:* Valores promedio de tres repeticiones (n=3)

En la Tabla 27, los análisis fisicoquímicos de la piña Samba deshidratada para el estado de maduración M1 (Pintón) mostraron los siguientes valores: para

M1T1, se registró un pH de  $3.8 \pm 0.03$ , una acidez titulable del  $0.320 \pm 0.005 \%$ ,  $82.70 \pm 0.10$  °Brix y un contenido de humedad del  $11.48 \pm 0.04 \%$ ; para M1T2, el pH fue de  $3.8 \pm 0.12$ , con una acidez titulable del  $0.448 \pm 0.004 \%$ ,  $85.26 \pm 0.24$  °Brix y un porcentaje de humedad del  $11.62 \pm 0.02 \%$ ; y para M1T3, se obtuvo un pH de  $3.8 \pm 0.04$ , una acidez titulable del  $0.416 \pm 0.004 \%$ ,  $86.23 \pm 0.18$  °Brix y un contenido de humedad del  $11.49 \pm 0.02 \%$ . En el caso del estado de maduración M2 (madurez comercial), para M2T1 se registró un pH de  $3.9 \pm 0.04$ , una acidez titulable del  $0.368 \pm 0.005 \%$ ,  $81.64 \pm 0.15$  °Brix y un porcentaje de humedad del  $12.41 \pm 0.28 \%$ ; para M2T2, el pH fue de  $4 \pm 0.04$ , con una acidez titulable del  $0.448 \pm 0.002 \%$ ,  $81.19 \pm 0.04$  °Brix y un contenido de humedad del  $12.48 \pm 0.04 \%$ ; y para M2T3, se obtuvo un pH de  $3.9 \pm 0.04$ , una acidez titulable del  $0.288 \pm 0.005 \%$ ,  $82.99 \pm 0.12$  °Brix y un porcentaje de humedad del  $12.75 \pm 0.96 \%$ .

**A. Contenido de vitamina C de la piña Samba deshidratada en sus dos estados de maduración sometido a diferentes tratamientos**

El contenido de vitamina C de la piña Samba deshidratada se encuentra entre  $29.830 \pm 0.022$  a  $41.136 \pm 0.021$  el mayor contenido de vitamina C es el tratamiento M1T1 ( $41.136 \pm 0.021$  mg aa/100g), como se aprecia en la Tabla 28.

**Tabla 28.** *Resultados del contenido de Vitamina C (mg aa/100 g) de la piña samba deshidratada.*

<b>Estados de Madurez</b>	<b>Código</b>	<b>Vitamina C</b>
M1 (pintón)	M1T1	41.136 ± 0.021
	M1T2	40.585 ± 0.013
	M1T3	39.642 ± 0.015
<b>Promedio</b>		<b>40.45</b>
M2 (madurez comercial)	M2T1	32.660 ± 0.012
	M2T2	30.774 ± 0.028
	M2T3	29.830 ± 0.022
<b>Promedio</b>		<b>31.09</b>

Nota: Valores promedio de tres repeticiones (n=3)

En la Tabla 28 se evidencia los resultados obtenidos del contenido de vitamina C de la piña samba deshidratada de las concentraciones finales, en estado de madurez; pintón M1T1 registro  $41.136 \pm 0.021$  mg aa/100 g para M1T2 registro  $40.585 \pm 0.013$  mg aa/100 g, para M1T3 registro  $39.642 \pm 0.015$  mg aa/100 g, para M2T1 registro  $32.660 \pm 0.012$  mg aa/100 g, para M2T2 registro  $30.774 \pm 0.028$  mg aa/100 g y para M2T3 registro  $29.830 \pm 0.022$  mg aa/100 g, el que registró menor perdida de vitamina C fue el M1T1 siendo el tratamiento óptimo.

### ***Rendimiento***

**Tabla 29.** *Rendimiento de la piña samba deshidratada para el tratamiento óptimo M1T1.*

<b>Operación Unitaria</b>	<b>Entrada (g)</b>	<b>Ingreso (g)</b>	<b>Salida (g)</b>	<b>Continua (g)</b>	<b>Rendimiento (%)</b>	<b>Merma (%)</b>
Recepción	1559.94			1559.94	100.00	0.00
Selección y Clasificación	1559.94			1559.94	100.00	0.00
Descorazonado	1559.94		72	1488.18	95.40	4.60
Pesado 1	1488.18			1488.18	95.40	4.60
Lavado y Desinfectado	1488.18			1488.18	95.40	4.60
Pelado	1488.18		817.58	670.60	42.99	57.01
Descorazonado	670.60		107.68	562.92	36.09	63.91
Rodajeado	562.92			562.92	36.09	63.91
Deshidratado	562.92		492.57	70.35	4.51	95.49
Seleccionado	70.35		2.71	67.64	4.34	95.66
Glaseado	67.64	0.78		68.42	4.39	95.61
Pesado 2 y Envasado	68.42			68.42	4.39	95.61
Almacenado	68.42			68.42	4.39	95.61

Rendimiento 4.39 %

Merma total 1491.52 g

### ***Análisis microbiológico***

En la tabla 30, se muestran los resultados del análisis microbiológico (mohos, levaduras, Escherichia coli, y salmonella) realizado al producto óptimo la cual tuvo mayor contenido de vitamina C siendo el tratamiento T1 (T1M1) piña samba en estado pintón deshidratada a 40°C, por el Método AOAC (2000).

**Tabla 30. Resultado del análisis microbiológico de la piña samba en estado pintón deshidratada a 40°C x 12 horas (MITI)**

Parámetro	Unidad	Resultados
Mohos	UFC/g	< 10
Levaduras	UFC /g	< 10
Escherichia coli	UFC /7g	< 10
Salmonella	P-A Salmonella/25g	Ausencia

*Nota.* Fuente: Laboratorio Inspection & Testing Services del Perú S.A.C.

El análisis microbiológico de la piña Samba deshidratada en estado pintón, sometida a un proceso de deshidratación a 40 °C durante 12 horas, revela resultados significativos que garantizan la calidad microbiológica del producto. Según los datos, el recuento de mohos y levaduras es inferior a 10 UFC/g, lo que indica una baja presencia de estos microorganismos, lo cual es deseable para la seguridad alimentaria. Además, se determina que Escherichia coli también presenta un recuento menor a 10 UFC/g, y no se detecta la presencia de *Salmonella* spp., lo que indica que el proceso de deshidratación ha sido efectivo en la conservación de la calidad microbiológica de la piña deshidratada, ya que la deshidratación adecuada puede reducir significativamente la actividad microbiológica y, por ende, prolongar la vida útil del producto. La ausencia de patógenos como *Salmonella* y el bajo recuento de mohos y levaduras son indicadores clave de que el método utilizado no solo preserva las características sensoriales de la fruta, sino que también asegura su inocuidad para el consumo humano.

### 4.3. Prueba de hipótesis

#### **Hipótesis alterna (Hipótesis de la Investigación)**

Ha: El índice de madurez y temperatura de deshidratación tienen efectos en la cinética de degradación de vitamina C y características fisicoquímicas, de la piña Samba, existiendo diferencias entre tratamientos

Ha:  $T1 \neq T2 \neq T3 \neq T4 \neq T5 \neq T6$

#### **Hipótesis nula**

$H_0$ : El índice de madurez y temperatura de deshidratación no tienen efectos en la cinética de degradación de vitamina C, características fisicoquímicas, de la piña Samba, no existiendo diferencias entre tratamientos

$H_0$ :  $T1 = T2 = T3 = T4 = T5 = T6$

En la investigación, se acepta la hipótesis alterna (Ha) y se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ), ya que el tratamiento óptimo M1T1 (madurez pintona a 40 °C por 12 horas) retuvo mayor concentración de vitamina C de  $41.136 \pm 0.021$  mg/100g en comparación con M2T2 (madurez comercial, 40 °C por 12 horas) registro  $32.660 \pm 0.012$  mg/100g de vitamina C, presentando menor retención de vitamina C, en las mismas condiciones de secado; la piña samba en estado pintón arrojó como resultado un índice de madurez de  $17.27 \pm 0.02$  % .

### 4.4. Discusión de resultados

#### **4.4.1. En la materia prima**

##### **A. En relación con los análisis fisicoquímicos de la Piña Samba para M1 y M2**

Según Mercado et al. (2019), a medida que la piña tiende a la senescencia, la tendencia normal en el pH es a un ligero aumento, mientras que los ácidos disminuyen ligeramente. En la Tabla 6, se

presentan los resultados obtenidos sobre el pH de la piña variedad Samba. Para el estado de maduración M1 (pintón), se registró un promedio de 3.7 pH, mientras que para M2 (madurez comercial), el promedio fue de 3.83 pH. Estos valores son notablemente inferiores al registrado por Parra (2020), quien trabajó con la misma variedad de piña y obtuvo un valor de 4.04 pH. Este hallazgo es consistente con lo que reportaron Egas y Ortega (2011), para la variedad Cayena Lisa, donde el pH fue de 3.6 existiendo similitud con nuestro resultado.

En cuanto a la acidez titulable, para la piña Samba se obtuvo un promedio de 0.565 % de ácido cítrico en M1 (pintón) y 0.469 % de ácido cítrico en M2 (madurez comercial). Estos valores son significativamente más altos que 0.39 % reportado por Parra (2020), pero inferiores al 0.62 % alcanzado por Flores (1997), para la misma variedad.

En cuanto a los °Brix, en nuestra investigación, para el estado M1 (pintón), se registró un promedio de 10.8° Brix, y para M2 (madurez comercial), un promedio de 12.16° Brix. Parra (2020), reportó un valor aún menor de 10.58° Brix para la variedad Samba. De acuerdo con el CODEX STAN 182–1993, el contenido mínimo de sólidos solubles totales en la pulpa de piña debe ser de al menos 12° Brix. Según Velásquez y Mestanza (2003), el sabor de un fruto se define por su contenido de azúcar, ácidos orgánicos y sustancias volátiles. A medida que un fruto madura, el porcentaje de azúcar tiende a aumentar, mientras que los ácidos orgánicos disminuyen y los sólidos

solubles se incrementan. Esto sugiere que la piña en estado pintón presenta un valor inferior debido a que no ha completado su maduración, mientras que la piña en madurez comercial cumple con el límite mínimo establecido por el CODEX.

Finalmente, el % de humedad, para el estado de maduración M1 (Pintón), se registró un promedio de 90.18% de humedad, mientras que para M2 (madurez comercial) obtuvo un promedio de 84.62%. La tabla de composición de alimentos del Perú (2009), establece que la piña tiene un contenido promedio de humedad del 89.3%. En contraste Parra (2020), encontró un contenido de humedad de 87.70%, estando dentro del rango promedio para ambos estados de maduración en base al resultado obtenidos en nuestra investigación. Para el estado de M2 se obtuvo un % de humedad similar según los reportados por Giraldo et al. (2005), quienes indicaron que la humedad de la piña fresca es del 84.1%, por lo tanto, la materia prima empleado en esta investigación se halla dentro de los parámetros citados por los diversos autores.

Los diferentes resultados obtenidos en nuestra investigación como pH, Acidez titulable, °Brix y % de humedad y los reportados por otros autores existe en algunos casos similitud como diferencias; esto es debido a la variedad, estado de madurez, condiciones de crecimiento y prácticas postcosecha; la combinación de estos factores determina la composición final de cada piña.

En la Tabla 7, se presentan los resultados del índice de madurez de la piña variedad Samba. Para el estado de maduración M1 (pintón),

se registró un promedio de 19.24 °Brix / % ácido cítrico, mientras que para M2 (madurez comercial), el promedio fue de 25.97 °Brix / % ácido cítrico. Al comparar estos resultados con los de Morales et al. (2001), quien obtuvo un 34.5 % para la piña nativa cv. India, se observa que nuestros valores son significativamente más bajos. Además, Parra (2020), reportó un índice de madurez de 27.13% para la misma variedad de piña, lo que también indica que los resultados de nuestra investigación son inferiores.

En relación con los resultados del contenido de vitamina C en la piña variedad Samba en estado fresco, nuestros hallazgos de la Tabla 8, muestran que la piña en estado de maduración M1 (pintón) registró un promedio de 73.53 mg/100 g y para M2 (madurez comercial) el promedio fue de 64.36 mg/100 g se observa que Parra (2020), reportó un contenido de 41 mg/100 g en piñas maduras. Sin embargo, Esto indica que los valores obtenidos en nuestra investigación son significativamente más altos que los reportados por Parra. Salas (2018), menciona que el contenido de vitamina C puede variar según diversos factores, como las condiciones ambientales, la luz, la temperatura, la humedad, el estado de madurez del fruto, así como aspectos relacionados con la cosecha, el transporte y el almacenamiento. Por otro lado, Apaza y Ureta (2022), trabajaron con tres estados de maduración de la variedad Golden MD2, obteniendo 48.3 mg/100 g para la piña en estado verde, 51.24 mg/100 g para la piña pintón y 50.5 mg/100 g para la piña madura, todos estos resultados son inferiores a los hallados en nuestra investigación con

la variedad Samba. García (2018), también encontró que las muestras de *Ananás comosus* contenían solo 18 mg/100 g, lo que es considerablemente menor que nuestros resultados. Estos datos sugieren que la variedad Samba presenta un contenido de vitamina C superior en comparación con otras variedades y estados de madurez.

#### **4.4.2. Análisis durante el proceso de deshidratado**

##### **A. Variación del pH durante el proceso de deshidratado**

En la Tabla 9, se evidencia los resultados de variación del pH de la piña samba durante el periodo de deshidratado en lo que respecta al estado de maduración Pintón (M1), para el tratamiento M1T1, el pH inicial fue de 3.7, y a la octava hora aumentó a 3.8, manteniéndose en ese nivel hasta alcanzar la humedad requerida durante un total de 12 horas. En el tratamiento M1T2, el pH comenzó en 3.7 y, a la onceava hora, subió a 3.8, y se mantuvo hasta lograr la humedad deseada. Por su parte, el tratamiento M1T3 inició con un pH de 3.7, y a la cuarta hora este se incrementó a 3.8, manteniéndose hasta alcanzar la humedad necesaria en un período de 10 horas. Con relación al estado de madurez Comercial (M2), según la Tabla 10, el tratamiento M2T1 comenzó con un pH de 3.8, que a la sexta hora aumentó a 3.9, manteniéndose así hasta alcanzar la humedad requerida por un tiempo total de 12 horas. El tratamiento M2T2 inició con un pH de 3.9, que subió a 4 a la sexta hora, y se mantuvo en ese nivel hasta llegar a la humedad necesaria en un tiempo de 11 horas. Finalmente, el tratamiento M2T3 comenzó con un pH de 3.8, que

aumentó a 3.9 a la octava hora, manteniéndose hasta alcanzar la humedad requerida en un periodo de 10 horas.

En comparación Parra (2020), reportó un pH inicial de 4.04 ascendió a 4.3 al trabajar con piña variedad Samba deshidratada por aire caliente (convección). De manera similar Apaza y Ureta (2022), encontraron un pH inicial que oscilaba entre 3.33 y 3.56 para la piña Golden en estado pintón. Mendoza et al. (2017), reportó un pH inicial de 3.7, lo que coincide con los resultados obtenidos en nuestra investigación para el estado de maduración Pintón (M1), también observó que, a medida que avanzaba el proceso de deshidratación el pH experimentaba variaciones similares a las nuestras, donde se registró un aumento gradual del pH debido a la eliminación del agua y la concentración de sólidos solubles. Este fenómeno se alinea con nuestras conclusiones sobre cómo la pérdida de agua durante la deshidratación conduce a un incremento en el pH del producto final.

## **B. Variación de la acidez titulable de la piña samba durante el proceso de deshidratado**

La evaluación de la acidez titulable de ácido cítrico/100 ml durante el proceso de deshidratación para el estado de maduración Pintón (M1), según se muestra en la Tabla 11, indica que en el tratamiento M1T1 comenzó con un 0.608% y se mantuvo constante hasta la sexta hora; después, disminuyó gradualmente, alcanzando un 0.320 % de acidez titulable de ácido cítrico por cada 100 ml tras 12 horas a 40 °C. En el tratamiento M1T2, el valor inicial fue de 0.544 %, que cambió a 0.512 % a la segunda hora, y continuó disminuyendo

hasta llegar a un 0.448 % al final de las 11 horas a 45 °C. Por su parte, el tratamiento M1T3 comenzó con un 0.544 %, bajó a 0.512 % a la segunda hora y finalizó en 0.416 % tras 10 horas a 50°C.

En cuanto al estado de madurez M2 (madurez comercial), la Tabla 12 muestra que en el tratamiento M2T1, la acidez inicial fue de 0.480 %, que se mantuvo hasta la cuarta hora, cuando descendió a 0.448 % y finalmente llegó a un 0.368 % después de 12 horas a 40°C. El tratamiento M2T2 inició con un 0.480 %, que se mantuvo hasta la octava hora y luego se estabilizó a 0.448 % durante las 11 horas a 45°C. Finalmente, en el tratamiento M2T3, comenzó con un pH de 0.448 %, que bajó a 0.416% a la segunda hora y terminó en 0.288 % después de 10 horas a 50°C.

En contraste Parra (2020), reportó una acidez inicial de 0.39 %, que aumentó a 0.92 % tras el proceso de deshidratación osmótica, mostrando un incremento en su acidez. Asimismo, García et al. (2018), encontraron una acidez inicial de 0.896 %, que disminuyó ligeramente a 0.79 %, lo cual atribuyeron a la migración de azúcares hacia el interior de la fruta durante el proceso de osmodeshidratación, finalmente Rodríguez et al. (2016), reportó una acidez total (%) de  $0,896 \pm 0,01$  reduciendo a  $0,79 \pm 0,14$  sometido a una concentración de 70°Brix por un tiempo de inmersión de 48 horas y secado por 180 minutos a 50°C. Esta variabilidad en los resultados puede ser explicada por las diferencias en los métodos utilizados y las condiciones experimentales aplicadas en cada estudio.

### **C. Variación de los ° Brix durante el proceso de deshidratado**

La evaluación de los sólidos solubles totales durante el proceso de deshidratación de la piña variedad Samba muestra un aumento en su valor inicial para el estado de maduración Pintón (M1), como se indica en la Tabla 13. En el tratamiento M1T1, el valor inicial fue de 10.5 °Brix, que incrementó gradualmente hasta alcanzar 82.70 °Brix al finalizar las 12 horas de deshidratación. El tratamiento M1T2 comenzó con 11 °Brix y, al término de 11 horas, llegó a 85.26 °Brix. Por su parte, el tratamiento M1T3 también inició con 11 °Brix, aumentando hasta 86.23 °Brix al finalizar 10 horas de deshidratación. Se observó que los tres tratamientos mostraron resultados similares en cuanto a los sólidos solubles, siendo el tratamiento M1T3 el que presentó el mayor contenido.

En cuanto al estado de madurez M2 (madurez comercial), durante el proceso de deshidratación, también se registró un incremento en los sólidos solubles, según la Tabla 14. El tratamiento M2T1 comenzó con 12 °Brix, alcanzando 81.64 °Brix después de 12 horas de deshidratación. El tratamiento M2T2 inició con 12 °Brix, incrementándose a 82.19 °Brix tras 11 horas, mientras que el tratamiento M2T3 comenzó con 12.5 °Brix, alcanzando un valor final de 82.99 °Brix después de 10 horas de deshidratación. Los tratamientos M2T1, M2T2 y M2T3 mostraron resultados similares en cuanto a los sólidos solubles, siendo M2T3 el que presentó el mayor contenido.

Según Caicedo (2017), a medida que aumenta la temperatura, se produce una mayor concentración de sólidos solubles, lo que puede explicar los incrementos observados en nuestros resultados durante el proceso de deshidratación.

#### **D. Pérdida de Peso (g) durante el proceso de deshidratado**

De acuerdo con la Tabla 15, en el estado de maduración M1 (pintón), el tratamiento M1T1 mostró un peso inicial de 223,68 g y un peso final de 28,4 g. El tratamiento M1T2 comenzó con un peso inicial de 236.39 g y finalizó en 30.5 g, mientras que el M1T3 tenía un peso inicial de 226.55 g y terminó con un peso final de 28.9 g. El tratamiento que experimentó la mayor pérdida de peso, con un porcentaje de disminución del 87.303%, fue el M1T1, mientras que el que presentó la menor pérdida fue el M1T2, con una disminución del 87.098%.

Según García (2018), la mayor pérdida de peso (WR) reportada fue del 82.14% en el tratamiento T7, que alcanzó 60 °Brix en 24 horas durante el proceso de osmodeshidratación y secado de *Ananas comosus*, lo cual es inferior a lo obtenido en los tratamientos M1T1 y M1T2.

En la Tabla 16, para el estado de maduración M2 (madurez comercial), el tratamiento M2T1 registró un peso inicial de 243.64 g, que se redujo gradualmente a un peso final de 35.81 g después de 12 horas. El tratamiento M2T2 comenzó con un peso inicial de 203 g y terminó en 29.75 g después de 11 horas, mientras que el M2T3 tuvo un peso inicial de 239.14 g y finalizó con un peso de 36.17 g después

de 10 horas. El tratamiento con mayor pérdida de peso fue el M2T2, con una disminución del 85.345%, mientras que el que mostró la menor pérdida fue el M2T3, con un porcentaje de disminución del 84.875%.

Lazarides y Mavroudis (1995), citados por Pascual (2005), indican que "el blanqueamiento, el sulfatado, la acidificación y las altas temperaturas en el proceso favorecen la incorporación de sólidos y reducen la relación entre la pérdida de agua (PP) y la ganancia de sólidos (GSS)".

#### **E. Perdida de humedad con relación al tiempo de secado durante el proceso de deshidratado**

En la Tabla 17, se presenta información sobre el estado de maduración M1 (pintón). En este caso, el tratamiento M1T1 mostró una humedad inicial del 90.43 %, que disminuyó gradualmente a un 11.48 % al finalizar el proceso de 12 horas. El tratamiento M1T2 registró una humedad inicial del 90.09 %, que se redujo a un 11.62 % después de 11 horas. Por su parte, el M1T3 comenzó con una humedad inicial del 90.04 % y terminó con una humedad final del 11.49 % tras 10 horas. El tratamiento con el mayor porcentaje de rendimiento fue el M1T2, con un 12.902 %, mientras que el M1T1 presentó el menor rendimiento, con un 12.697 %.

Según García et al. (2018), para la piña (*Ananas comosus*), se reportó una humedad inicial del 91.86 %, lo cual es consistente con los datos obtenidos en esta investigación. Sin embargo, al someterse

a osmodeshidratación y secado, la humedad final fue del 15.13%, un valor superior al registrado en este estudio.

En la Tabla 18, se observa el estado de maduración M2 (madurez comercial). En este caso, el tratamiento M2T1 tuvo una humedad inicial del 84.41 %, que se redujo a un 12.41 % después de 12 horas. El tratamiento M2T2 comenzó con una humedad inicial del 85.17 % y terminó con un 12.48 % tras 11 horas, mientras que el M2T3 registró una humedad inicial del 84.29 % y finalizó con un 12.75 % después de 10 horas. El tratamiento que mostró el mayor porcentaje de rendimiento fue el M2T3, con un 15.125%, y el que presentó el menor rendimiento fue el M2T2, con un 14.655%.

Según Parra (2020), se reportó una humedad inicial del 87.70%, un valor superior a lo observado en los tratamientos M2T1 y M2T3, pero coincidente con lo registrado en el M2T2. La humedad final reportada por Parra fue del 18.59%, también superior a los valores obtenidos en esta investigación.

#### **F. Curvas de velocidad de secado durante el proceso de deshidratado**

En las Figuras 15 al 20 se presentan las curvas de velocidad de secado para las rodajas de piña samba. Para el tratamiento M1T1, se observó una velocidad decreciente de  $R = 10.001 \text{ g H}_2\text{O}/\text{h.m}^2$ , con una humedad libre de  $0.93 \text{ g H}_2\text{O/g Ss}$  después de 3 horas. En el caso del tratamiento M1T2, la velocidad decreciente fue de  $R = 10.44 \text{ g H}_2\text{O}/\text{h.m}^2$ , con una humedad libre de  $0.74 \text{ g H}_2\text{O/g Ss}$  tras 3 horas. Para el tratamiento M1T3, se registró una velocidad decreciente de  $R$

= 10.51 g H<sub>2</sub>O/h.m<sup>2</sup> y una humedad libre de 0.71 g H<sub>2</sub>O/g Ss después de 3 horas.

En cuanto a los tratamientos en el estado de maduración M2, para M2T1 se obtuvo una velocidad decreciente de  $R = 9.24 \text{ g H}_2\text{O/h.m}^2$  y una humedad libre de 0.66 g H<sub>2</sub>O/g Ss al finalizar 4 horas. Para M2T2, la velocidad decreciente fue de  $R = 8.03 \text{ g H}_2\text{O/h.m}^2$ , con una humedad libre de 0.61 g H<sub>2</sub>O/g Ss después de 3 horas. Por último, el tratamiento M2T3 mostró una velocidad decreciente de  $R = 11.28 \text{ g H}_2\text{O/h.m}^2$  y una humedad libre de 0.63 g H<sub>2</sub>O/g Ss tras 3 horas.

Carvajal (2016), señala que la temperatura tiene un impacto directo en la velocidad de secado, favoreciendo la transferencia de masa y la pérdida de agua. Por su parte, Palomino (2019), reportó que al secar rodajas de piña con un espesor de 0.0045 m, se obtuvo una velocidad decreciente de  $R = 0.084834 \text{ kg H}_2\text{O/m}^2\cdot\text{h}$  y una humedad libre de 0.3424 kg H<sub>2</sub>O/kg ms después de 4 horas. Además, Palomino menciona que las características del material, como su composición y geometría, influyen en el valor del Aw (humedad relativa de equilibrio), lo cual está relacionado con el agua ligada y afecta también la velocidad de secado y la forma de la curva. Finalmente, Parra (2020), indicó que en el secado sin tratamiento se registraron velocidades de secado de 1.28 y 1.83 kg/h·m<sup>2</sup> a temperaturas de 50°C y 60°C respectivamente, sin que se produjeran modificaciones en la estructura del material.

## **G. Perdida de Vitamina C durante el periodo de deshidratado**

En relación a la Tabla 19 para M1 (Pintón) para el M1T1 registro un contenido inicial de vitamina C de 74.148 mg/100 g y disminuye gradualmente al termino de 12 horas registro un contenido final de vitamina C de 41.136 mg/100 g, M1T2 registró un contenido inicial de vitamina C de 73.415 mg/100 g y disminuye gradualmente al termino de 11 horas registro un contenido final de vitamina C de 40.585 mg/100 g y M1T3 registró un contenido inicial de vitamina C de 73.038 mg/100 g y disminuye gradualmente al termino de 10 horas registro un contenido final de vitamina C de 39.642 mg/100 g, el tratamiento M1T1 mostró el mayor rendimiento, con un 55.479 % de retención de vitamina C y la menor pérdida porcentual, que fue del 44.521 %.

Para la maduración M2 (madurez comercial) según la Tabla 20, para el M2T1 tuvo un contenido inicial de vitamina C de 64.547 mg/100 g y disminuye gradualmente al termino de 12 horas registro un contenido final de vitamina C de 32.66 mg/100 g, M2T2 registro un contenido inicial de vitamina C de 64.736 mg/100 g y disminuye gradualmente al termino de 11 horas registro un contenido final de vitamina C de 30.774 mg/100 g y M2T3 registro un contenido inicial de vitamina C de 63.792 mg/100 g y disminuye gradualmente al termino de 10 horas registro un contenido final de vitamina C de 29.830 mg/100 g, el tratamiento M2T1 también mostró el mayor rendimiento en este estado de maduración, con una retención del 50.599 % y una pérdida porcentual del 49.401 %.

Estas pérdidas se atribuyen a varios factores tal como lo menciona Ramírez (2019), que el ácido ascórbico (vitamina C) suele destruirse con suma facilidad por acción de la luz, el calor y el oxígeno entre un 90 a 100 % del contenido total, En su investigación sobre aguaymanto, Ramírez reportó pérdidas del 41.4%, 52.2% y 61.95% bajo tratamientos térmicos de 60 °C, 70 °C y 90 °C durante 8 horas respectivamente. En comparación, los resultados obtenidos en esta investigación para el estado M1 mostraron pérdidas del 44.521%, 44.719% y 45.725%, mientras que para M2 las pérdidas fueron del 49.401%, 52.463% y 53.239% a temperaturas de 40 °C, 45 °C y 50 °C por 12, 11 y 10 horas respectivamente. Adicionalmente Bejarano et al. (2018), observaron una disminución del 53% en ácido ascórbico durante su estudio sobre la osmodeshidratación de piña, mientras que Germer et al. (2017), reportaron pérdidas del 46% en guayaba y del 43% en piña. Estas pérdidas se atribuyen principalmente a procesos de oxidación y a la remoción del ácido ascórbico debido a su alta solubilidad en soluciones osmóticas. Por otro lado, Parra (2020), documentó una pérdida del 30.82% para piña Samba osmodeshidratada y una pérdida más significativa del 53.85% para la misma variedad sin tratamiento osmótico. Comparando estos resultados con los hallazgos de esta investigación, donde las pérdidas oscilaron entre el 44.521% y el 53.239%, se observa que los valores están dentro del rango esperado, pero tienden a ser más bajos en comparación con otros estudios.

#### **4.4.3. Cinética de degradación de la vitamina C durante el proceso de deshidratado de la piña samba**

##### **A. Orden de Reacción**

Según los resultados obtenidos y realizado la cinética de degradación de la vitamina C en la piña Samba para sus 2 estados de maduración M1 (pintón) y M2 (madurez comercial) deshidratada a 40 °C, 45 °C y 50 °C por 12, 11 y 10 horas respectivamente, se observó que se ajusta al modelo de primer Orden, este hallazgo es significativo, ya que sugiere que la degradación del ácido ascórbico se produce de manera predecible y proporcional al tiempo, lo cual es crucial para optimizar los procesos de deshidratación.

En la Tabla 24, se evidencia los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) para M1T1 ( $R^2= 0.9952$ ), M1T2 ( $R^2= 0.9758$ ), M1T3 ( $R^2= 0.9752$ ), M2T1 ( $R^2= 0.9859$ ), M2T2 ( $R^2= 0.9610$ ), M2T3 ( $R^2= 0.9578$ ) son valores más cercanos a 1 son los que indican un mejor ajuste lineal, estos resultados indican una excelente correlación entre el tiempo de deshidratación y la concentración residual de vitamina C, superando los umbrales típicos que se consideran aceptables en estudios similares. Por ejemplo, el tratamiento M1T1 mostró un  $R^2$  de 0.9952, lo que sugiere que este método es altamente efectivo para preservar el contenido de vitamina C en comparación con otros tratamientos.

Según Miranda y Castillo (2001), indica que la ecuación que rige a la degradación térmica de las vitaminas es de orden 1, Mendoza et al. (2015), manifiesta que la cinética de degradación del ácido

ascórbico sigue una cinética de primer orden Cabanillas (2020), en pulpa de pitahaya indica que la degradación de la vitamina C según sus coeficientes de determinación R2 sugieren el modelo de primer orden y que las reacciones de primer orden son las más frecuentes en los alimentos; Maldonado y Valverde (2022), la degradación de la vitamina C en la pulpa de guanábana registro una cinética de primer orden; cumpliéndose con lo que demostramos, la regresión lineal mostró que el mejor ajuste a las tres temperaturas estudiadas corresponde con una cinética de degradación de orden uno ( $n=1$ ).

## **B. Parámetros cinéticos**

La degradación de la vitamina C en la piña Samba deshidratada se comporta de acuerdo con una cinética de primer orden, lo que implica que la tasa de degradación del ácido ascórbico es proporcional a su concentración. Los resultados obtenidos en la Tabla 25 y 26 muestran que, para el estado de maduración M1 (pintón), los valores de la constante de velocidad de reacción (K) aumentan con el incremento de la temperatura, alcanzando valores de 0.0515, 0.0559 y 0.0608  $h^{-1}$  a 40 °C, 45 °C y 50 °C, respectivamente. De manera similar, en el estado de maduración M2 (madurez comercial), se registraron velocidades de reacción de 0.0568, 0.0704 y 0.0774  $h^{-1}$  a 40 °C, 45 °C y 50 °C, observándose que usando temperaturas más altas aumenta la velocidad de degradación de la vitamina C; este comportamiento coincide con lo reportado por varios autores, como Waletzko y Labuza (1976), y Saguy et al. (1978), quienes también observaron que la constante aparente de velocidad de degradación del

ácido ascórbico aumenta con el aumento de la temperatura. Toledo (2001), señala que el signo negativo en la velocidad de reacción indica que los reactantes disminuyen con el tiempo, lo cual es consistente con los resultados observados en este estudio. Además Ramírez (2019), registro un aumento en la velocidad de reacción del ácido ascórbico en aguaymanto, reportando velocidades que variaron entre 0.0731, 0.0952 y 0.1244  $\text{h}^{-1}$  a temperaturas entre 60 °C, 70°C y 80 °C. Asimismo, Medrano (2023), encontró un incremento en la velocidad de reacción en rodajas de carambola, donde las velocidades oscilaron entre 0.0374, 0.0604 y 0.0901  $\text{h}^{-1}$  al aumentar la temperatura de 40 °C, 50°C y 60 °C, lo que confirma que la velocidad de degradación de la vitamina C aumenta al elevar la temperatura de proceso; Matos y Chuquelin (2010), en néctar de carambola; Mendoza et al (2015) en pulpa de mango de hilacha con una velocidad de 0.0308 a 0.0617 a temperaturas de 65 °C a 85 °C evidenciando aumento en la velocidad de reacción conforme aumenta la temperatura; Cabanillas (2020), en pulpa de pitahaya encontró la misma tendencia que a medida que la temperatura aumenta (75 °C a 90 °C) el parámetro cinético K ( de 0.0557 a 0.1598  $\text{h}^{-1}$ )también aumenta.

Con los valores de la velocidad de reacción convertidos en logaritmos neperianos (Ln K) y convirtiendo la temperatura de grados Celsius a la inversa de Kelvin (1/T) se graficó la curva para la obtención de la línea recta como se evidencia en la Figura 25 (*Modelo de Arrhenius de cinética de degradación de vitamina C de piña samba*

*deshidratada), el tiempo de vida media* para reducir el 50% de la concentración inicial de la vitamina C para el estado de maduración M1 (pintón) para M1T1 se requerirá llegar a las 13.46 horas, para M1T2 se requerirá llegar a las 12.40 horas y M1T3 se requerirá llegar a las 11.41 horas para reducirse a la mitad (50%) de su concentración inicial de vitamina C, para el estado de maduración M2 (madurez comercial) para M2T1 se requerirá llegar 12.21 horas para reducir a la mitad su concentración inicial de vitamina C, para M2T2 a las 9.84 horas llego a reducirse a la mitad (50%) de su concentración inicial lo mismo sucedió para el M2T3 a las 8.95 horas llego a reducirse a la mitad de su concentración inicial de vitamina C. lo que confirma que, la vida media de la vitamina C disminuye cuando se aumenta la temperatura; lo que coindice por lo obtenido por Mendoza et al. (2015), en la pulpa de mango de hilacha se evidencia que ha 65°C la concentración de la vitamina C se reduce a la mitad a los 22,52 minutos de tratamiento, mientras que a 85°C solo lo hace en 11,23 minutos, disminuyendo para todos los casos el tiempo en que reduce la concentración de la vitamina C a la mitad con el incremento de la temperatura; según Diaz (2018), en jugo de Camu-Camu a la concentración de 25°brix, se evidencia que a 60°C la concentración se redujo a la mitad a los 54.14 minutos, para 70°C se redujo a la mitad a los 38.72 minutos y para 80°C se redujo a la mitad a los 33.48 minutos

Singh (2016), señala que, cuando mayor es el valor D, mayor es la retención del nutriente debido a que es un indicador de la

termorresistencia del nutriente en el alimento; el tiempo de reducción decimal “es el tiempo necesario para destruir el 90% de la concentración de la sustancia en estudio, siendo numéricamente igual al número de minutos necesarios para que la curva de destrucción térmica atraviese un ciclo logarítmico” (Rosales, 2010); el tiempo de reducción decimal (D) para M1 (Pintón) M1T1 es de 19.42 horas para reducir el 90% de la vitamina C deshidratada, para M1T2 es de 17.89 horas y para M1T3 es de 16.46 horas. Así mismo para el estado M2 (Madurez comercial) en M2T1 es de 17.61 horas de deshidratado, para M2T2 es de 14.20 horas de deshidratado y para M2T3 es de 12.92 horas de deshidratado para reducir el 90% de la vitamina C; se comprueba que el tiempo de reducción decimal disminuye con el incremento de la temperatura, lo cual se debe a la sensibilidad térmica de la vitamina C, otros autores reportaron datos similares; según Diaz (2018), en jugo de Camu-Camu a la concentración de 25°brix para D (a 60°C) se determinó un 72% de reducción en la concentración inicial de esta vitamina que fue de 179,92 minutos, mientras que para D (a 80°C) este tiempo se redujo a un 62% (111,26 min), mientras que Mendoza et al. (2015), en la pulpa de mango de hilacha para D<sub>65</sub> se determinó que la reducción del 90% en la concentración inicial de esta vitamina se daba al término de 74,82 minutos, mientras que para D<sub>85</sub> este tiempo se redujo a menos de la mitad (37,30 min) el tiempo de reducción decimal disminuye con el incremento de la temperatura; por otro lado según Murillo et al. (2023), reportó un tiempo de reducción decimal de 9,36 h (561,6084 min) para reducir el 90% de

la vitamina C almacenada a 27 °C y 13,06 h (783,5148 min) cuando se almacena a 8 °C; se evidencia que disminuye conforme disminuye la temperatura.

La energía de activación de una reacción química está relacionada con su velocidad, mientras mayor sea la energía de activación, más lenta será la reacción química (Quillimamani, 2019), La (Ea) es la energía mínima necesaria para que una reacción tenga lugar y se forme un complejo activado, representa la barrera de energía que se debe superar para que se produzca la reacción (Rodríguez, 2009); la energía de activación mediante la pendiente de la recta a energía de activación (Ea) obtenida de la ecuación de Arrhenius para maduración M1 (Pintón) el valor de Ea indica que, se necesita 13920.982 J/mol °k o 3.325 kcal/mol para que se produzca la reacción de degradación de la vitamina C y para maduración M2 (madurez comercial) el valor de Ea indica que, se necesita 26129.559 J/mol°k o 6.241 kcal/mol para que se produzca la reacción de degradación de la vitamina C, estos resultados concuerdan con lo reportado por otros autores, Murillo et al (2023), registro 3.066 Kcal/mol en un rango de temperatura de 27 °C a 8 °C; valor similar ha reportado en jugo de naranja clarificado Ea= 3,0778 kcal/mol en un rango de temperatura de 70,3 a 97,6 °C (Manso et al., 2001); según lo reportado por Medrano (2023), obtuvo un valor de energía de activación de 9,12 Kcal/mol y 38,5 KJ/mol para la degradación de la vitamina C en rodajas de carambola; segun Ramirez (2019), en deshidratación de aguaymanto en pasas registro una Ea de 5281.45

cal/mol y Cabanillas (2020), en pulpa de pitahaya (*Hylocereaus monacanthus*) de variedad cáscara roja pulpa roja.registro una Ea de 94.69 Kj/mol; Diaz (2018), en jugo de Camu-Camu a la concentración de 25°brix donde la energía de activación fue de 6,436 Kcal/mol; las diferencias se deben a factores de rango de temperatura, matriz biológica, geometría de la muestra, concentración de oxígeno, humedad, pH, los cuales han sido estudiados previamente en otras investigaciones referente a cinética de degradación de vitamina C (Ordoñez et al., 2013).

#### **4.4.4. Evaluación del producto terminado**

##### **A. Análisis fisicoquímicos de la Piña Samba deshidratada**

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 27, los análisis fisicoquímicos; el pH de la piña Samba deshidratada mostró resultados de valor constante de 3.8 para M1, mientras que todos los tratamientos para M2 registraron un pH que oscilaron entre 3.9 y 4, indicando que el producto es ácido, lo cual contribuye a inhibir el crecimiento microbiano, como mencionan Arroyo y Vicuña (2020). Estos valores son inferiores a los reportados por Parra (2020), quien trabajó con la misma variedad de piña Samba osmodeshidratada y secada por aire caliente, obteniendo un pH de 4.3, así como a los hallazgos de García et al. (2018), que reportaron un pH de 4.35 para piña osmodeshidratada a un contenido de sólidos solubles de 70 °Brix por un periodo de 48 horas.

En cuanto al porcentaje de acidez titulable, se registraron valores para M1 que variaron entre el 0.320 % y el 0.448 %, mientras que

para M2 los valores oscilaron entre el 0.288 % y el 0.448 %. Estos resultados son inferiores a los reportados por García et al. (2018), quienes encontraron una acidez titulable del 0.79 %, y también son significativamente menores que la acidez del 0.92 % reportada por Parra (2020), en piña Samba osmodeshidratada y secada por aire caliente.

Caicedo (2017), señala que a medida que aumenta la temperatura durante el proceso de deshidratación, se genera una mayor concentración de sólidos solubles; en este estudio se observó un incremento en este componente para M1, con registros entre 82.70 y 86.23 °Brix, mientras que para M2 se encontraron valores entre 81.19 y 82.99 °Brix en la piña Samba deshidratada por aire forzado, resultados que son muy similares a los obtenidos por Apaza y Ureta (2022), quienes reportaron valores entre 80.2 y 84.13 °Brix en piña Golden MD2 pintona deshidratada a temperaturas entre los 1 y los 70 °C durante un periodo de 14 horas.

Respecto al contenido de humedad en este estudio, se registraron valores para M1 que variaron entre el 11.48 % y el 11.62 %, mientras que para M2 se encontraron porcentajes entre el 12.41% y el 12.75% en la piña Samba deshidratada por aire forzado; según Barbosa y Vega (2000), la humedad en alimentos con contenido intermedio oscila entre el 15 % y el 40 %. En comparación Parra (2020), reportó una humedad del 18 .54 % en la misma variedad deshidratada mediante osmo-convección, mientras que Calvo-Carrillo et al. (2020), presentaron humedades del 15 .52 % y 15 .75 %, obtenidas

tras someter las muestras a deshidratación durante 21 horas a temperaturas de 33 .9 °C (convección natural) y 28 .55 °C (convección forzada), respectivamente. Los valores obtenidos en esta investigación son relativamente bajos, lo cual contribuye a prolongar la vida útil del alimento deshidratado.

#### **B. Contenido de Vitamina C de la piña Samba deshidratada**

En la tabla 28, resultados del contenido de vitamina C en la piña samba deshidratada se obtuvo diferencias significativas en las concentraciones finales del ácido ascórbico para el estado de madurez pintón; M1T1 registro  $41.136 \pm 0.021$  mg aa/100 g para M1T2 registro  $40.585 \pm 0.013$  mg aa/100 g, para M1T3 registro  $39.642 \pm 0.015$  mg aa/100 g, para el estado de maduración comercial; M2T1 registro  $32.660 \pm 0.012$  mg aa/100 g, para M2T2 registro  $30.774 \pm 0.028$  mg aa/100 g y para M2T3 registro  $29.830 \pm 0.022$  mg aa/100 g se concluye que el que registró menor perdida de vitamina C fue el M1T1 siendo el tratamiento óptimo.

Según Arroyo y Vicuña (2020), determinaron que existe diferencia significativa entre el aguaymanto fresco y deshidratado el cual fue sometido a temperaturas de 50 °C, 60 °C y 70 °C obteniendo resultados finales de 22.16 mg aa /100 g, 22.045 mg aa /100gr y 19.405 mg aa /100 gr respectivamente, se evidencio disminución en el proceso de deshidratación, debido a la acción de la temperatura. Gutiérrez y Hoyos (2007), mencionan que el ácido ascórbico es termosensible, ya que a diferencia de otros tipos de vitaminas durante el proceso térmico suelen perder el 100 % de su concentración, si es

que no se llega a controlar adecuadamente el proceso así mismo, Ordoñez et al. (2013), considera que la concentración final de ácido ascórbico es un indicador de calidad nutricional durante el procesamiento de los alimentos.

El trabajo de investigación de la piña samba deshidratada con aire forzado, el tratamiento óptimo el cual registro mayor contenido de vitamina C y menor pérdida al término del proceso de deshidratación fue el M1T1 (Pintón a 40 °C x 12 horas) registro  $41.136 \pm 0.021 \text{ mg aa/100 g}$  y lo reportado por Parra (2020), para la piña samba en la deshidratación osmótica y secado convectivo (28.36 mg/100g); sin embargo, mayor pérdida se observó en la deshidratación sólo por secado convectivo (18.92 mg/100g) sin tratamiento osmótico, García et al. (2018), la mayor concentración de vitamina C que obtuvo fue de 10.39 mg/100 g, se evidencia que en nuestra investigación reportó mayor concentración de vitamina C con menores perdidas de vitamina C.

### **C. Rendimiento**

Parra (2020), reportó un rendimiento del 12.71 % para la piña Samba sometida a osmodeshidratación y deshidratación convectiva. Por otro lado, Apaza y Ureta (2022), registraron rendimientos que oscilaron entre 6.87 % y 7.46 %, siendo estos valores superiores al 4.39 % obtenido en la presente investigación en la Tabla 29. Esto indica una diferencia significativa, lo que sugiere que la osmodeshidratación podría ser un método efectivo para aumentar el

rendimiento del producto. En el caso de la piña osmodeshidratada, se observa un mayor rendimiento en comparación con otros métodos.

#### **D. Análisis microbiológico**

En la Tabla 30, se evidencia los resultados del análisis microbiológico al producto óptimo (reporto mayor contenido final de vitamina C) de la piña samba deshidratada; cumplió con los criterios microbiológicos de inocuidad, arrojo resultados del recuento de mohos y levaduras de < 10 UFC/g, *Escherichia coli* de < 10 UFC/g y ausencia de *Salmonella* spp., demuestro que la deshidratación conserva la calidad microbiológica del producto.

Según la Resolución Ministerial N° 591-2008/MINSA establece la Norma Sanitaria que define los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas destinados al consumo humano, se encuentra dentro de los límites máximos permisibles. Según lo reportado por Gómez (2017), en su investigación sobre el crecimiento de mohos y levaduras en frutas tropicales deshidratadas, reporto que las frutas empacadas en condiciones controladas mostraron niveles de mohos y levaduras también por debajo de 10 UFC/g. Este resultado es consistente con los hallazgos de su análisis de piña, sugiriendo que el método de deshidratación utilizado (aire caliente) es efectivo para mantener la calidad microbiológica. Además, la importancia del empaque adecuado para prevenir la contaminación posterior a la deshidratación.

Jiménez (2020), discute el impacto de diferentes métodos de deshidratación en la preservación de alimentos, indicando que el secado convectivo puede ser efectivo para reducir la carga microbiana en frutas. Al igual que en su estudio, donde evaluó el secado convectivo y otros métodos, concluye que mantener temperaturas adecuadas durante el proceso es crucial para minimizar la proliferación de microorganismos patógenos y Ramírez (2019), menciona que también mejora las propiedades organolépticas del producto. Esto respalda sus resultados microbiológicos, donde se observa una baja presencia de mohos y levaduras tal como nuestro resultado.

## CONCLUSIONES

El índice de madurez y temperatura de deshidratado tiene efectos en la cinética de degradación de la vitamina C de la piña samba, principalmente en el contenido de vitamina C, así como en las características fisicoquímicas. pH, acidez titulable y °Brix,

El índice de madurez y temperatura de deshidratado, durante el proceso de secado de la piña samba de Chanchamayo tiene efectos directos en las características fisicoquímicas de todos los tratamientos, a menor índice de madurez y temperatura baja, los cambios son menores, el tratamiento con menores pérdidas fue el tratamiento; M1T1 (madurez pintón  $17.27 \pm 0.02$  °Brix / % ácido cítrico y  $T^{\circ} 40$  °C), pH inicial 3.7 y pH final 3.8; Acidez Titulable inicial 0.608 % y final de 0.320 %, °Brix inicial 10.50 y °Brix final 82.70 °Brix, contenido de vitamina C inicial de 74.148 mg/100g y final 41.136 mg/100g.

El modelo cinético establecido determinado es de primer orden de reacción y los parámetros cinéticos de degradación de la vitamina C durante el proceso de deshidratado de los 6 tratamientos; cuyos parámetros cinéticos del mejor tratamiento M1T1 presenta un coeficiente de determinación  $R^2 0.9952$ , constante de degradación (K) cuya velocidad de reacción fue  $0.0515 \text{ h}^{-1}$ , tiempo de reducción decimal (D) 19.42 horas de deshidratado; T:50 se requiere llegar a las 13.46 horas y energía de activación de 13920.982 J/mol °k o 3.325 kcal/mol.

La cinética de degradación de vitamina C en la piña samba, determinado bajo las condiciones establecidas en los tratamientos indica que para el M1T1 (madurez pintona a  $40$  °C por 12 horas) retuvo mayor concentración de vitamina C de 74.148 mg/100 g a  $41.136 \pm 0.021$  mg/100 g de vitamina C, en 12 horas de deshidratado; la piña samba en estado pintón dio como resultado un índice de madurez de  $17.27 \pm 0.02$  %.

## **RECOMENDACIONES**

Evaluar la cinética de degradación de la vitamina C en otros tipos de frutas y pulpas de frutas comerciales de Chanchamayo.

Investigar el tiempo de la vida útil de la piña samba empacada en diferentes envases y medir la degradación de vitamina C y otros compuestos.

Estudiar la actividad del agua y la actividad microbiológica en el deshidratado de la piña samba.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agro Perú Informa (2024). *Perú exportó 427 toneladas de piña por \$2.2 millones en agosto de 2024.* <https://www.agroperu.pe/peru-exporto-427-toneladas-de-pina-por-2-2-millones-en-agosto-de-2024/>
- AgroFresh (2024). *El mercado mundial de la piña no muestra signos de detener su expansión.* <https://www.portalfruticola.com/noticias/2024/10/25/el-mercado-mundial-de-la-pina-no-muestra-signos-de-detener-su-expansion/>
- Aguayo, M., et al (2019). *Vitamina C y enfermedad crítica.* [https://eduardolobatonrd.com/vitamina\\_c/](https://eduardolobatonrd.com/vitamina_c/)
- Aguilera, M.; Chiralt, A.; Fito, P. (2003). Food dehydration and product structure. *Trends Food Sci. Tech.* 2003, 14, 432-437
- Alfonso, R. y Macías, M. (2013). *Proyecto Frutada S.A.S.* (Trabajo de Grado). Colegio de Estudios Superiores de Administración, Bogotá. Recuperada de <https://repository.cesa.edu.co/bitstream/handle/10726/486/TG00720.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Apaza, J. y Ureta, A. (2022). *Degrado del ácido ascórbico en el deshidratado de la piña Golden MD2 (Ananás comosus) orgánico.* <https://orcid.org/0000-0002-0360-0277>
- Arias, L., Portilla, L. y Castaño, J. (2010). Modelo asociatividad para producción de piña deshidratada. *Scientia Et Technica*, XVI(45), 73-78. <https://www.redalyc.org/pdf/849/84917249013.pdf>
- Arroyo, P., & Vicuña, S. (2020). *Efecto de la temperatura en la vitamina C de aguaymanto (physalis peruviana l.) con aplicación de un secador solar automatizado.*

Balls, AK, Thompson, RR y Kies, MW (1941). *Bromelina. Propiedades y producción comercial. Química Industrial e Ingenieril*, 33 (7), 950-953.

Barahona, A. (2013). *Evaluación de la actividad antioxidante y valor nutraceutico de las hojas y frutos de la guanábana (Annona muricata)*. (Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2453/1/56T00321.pdf>

Barat, M., et al. (2016). *Introducción el secado de alimentos por aire caliente. 1ra ed.* Universidad Politécnica de Valencia. España. Recuperado de: file:///E:/piña%20info/secadores.pdf

Barbosa Cánovas, G. & Vega Mercado, H. (2000). *Deshidratación de alimentos*. Traducido por Alberto Ibarz Ribas. Zaragoza, España: Acribia Editorial, 297p. ISBN: 9788420009186.

BELLO, A. (1989). *El Cultivo de la piña. (Ananas comosus L. Merr) en la Selva Central del Perú y algunos estudios realizados para mejorar la tecnología*. Trabajo Profesional para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. 115 pp.

Cabanillas, E. (2020). *Estudio de la cinética de degradación de vitamina C y color de pulpa de pitahaya (hylocereaus monacanthus) pasteurizada*. (Tesis de grado, Universidad Señor de Sipan). <https://hdl.handle.net/20.500.12802/6950>

Calvo-Carrillo, M. D. L. C., López-Méndez, O. X., Carranco-Jáuregui, M. E., & Marines, J. (2020). *Evaluación fisicoquímica y sensorial de un pan tipo baguette utilizando harinas de trigo (Triticum spp) y chícharo (Pisum sativum L.)*. *Biotecnia*, 22(3), 116-124.

Castillo-Velarde, E. R. (2019). Vitamina C en la salud y en la enfermedad. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 19(4), 95-100.  
<https://doi.org/10.25176/RFMH.v19i4.2351>

Chandalia, et al. (2000). *Efectos beneficiosos de la ingesta elevada de fibra dietética en pacientes con diabetes mellitus tipo 2.*

Cimmino, L., Neel, B. & Aifantis, I. (2018). *Vitamina C en la reproducción de células madre y el cáncer.* Tendencias Cell Bio. 28(9), 698-708.

Dávila, L., y López, L. (2005). *Transferencia de masa en la deshidratación osmótica a vacío de rodajas de Ananas comosus l.merr piña.* Industrial Data, 8(1), 7-12

Della, P. (2010). *Secado de alimentos por métodos combinados.* (Tesis de grado). Buenos Aires- Argentina.

Desiree, S., Petit Jiménez, D., Camacaro, M., & Godoy, Y. (2017). *Evaluación de la calidad de la materia prima para la elaboración de concentrado de piña.*

Díaz, F. (2009). *Estudio del proceso de secado en una columna de charolas.* Tesis de maestría en Ciencias de Ingeniería Mecánica. Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Morelos, 76 México

Diaz, S. (2018). *Efecto del escaldado en el color y cinetica de degradacion térmica de la vitamina c del jugo de camu camu (Myrciaria dubia).* Ayacucho. Peru.  
<https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/b06d5759-7d11-40b6-8975-3b58fe3f9cf9/content>

Egas, V. y Ortega, C. (2011). *Influencia de los Parámetros en la Deshidratación de Piña (ananas comosus) fortificada con Vitamina c.* [Tesis de Titulación, Universidad Técnica del Norte]. Ibarra – Ecuador.  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/382>

Ercisli, S.; Orhan, E., (2007). *Composición química de frutos de morera blanca ( Morus alba ), roja ( Morus rubra ) y negra ( Morus nigra )*. Química Alimentaria, 103 (4): 1380-1384. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.054>

Exportropic. (2023). Piña MD2. Bogotá - Colombia.

<https://www.exportropic.com/es/frutas-tropicales/la-pina/>

Fernández, D., Muñiz, S., García, A., Cervantes, R., & Fernández, D. (2015). Cinética de secado de fruta bomba (Carica papaya L., cv. Maradol Roja) mediante los métodos de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(1), 22-28.

Fingermann, H. (2010). *Concepto de Cinética*. [https://deconceptos.com/ciencias-naturales/cinetica#google\\_vignette](https://deconceptos.com/ciencias-naturales/cinetica#google_vignette)

García, et al (2013). Análisis comparativo de la cinética de deshidratación Osmótica y por Flujo de Aire Caliente de la Piña (Ananas Comosus, variedad Cayena lisa). Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 22(1), 62-69.

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542013000100011&lng=es&tlang=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542013000100011&lng=es&tlang=es).

García, F., Bejarano, D., Paredes, L., Vega, R., & Encinas, J. (2018). La deshidratación osmótica mejora la calidad de Ananas comosus deshidratada. *Scientia Agropecuaria*, 9(3), 349–357.

<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.03.06>

Geankoplis, c. (1998). *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. 3 ed. cecsa, méxico, D.F. 1008 p

Germer, S.P.M.; Luz, G.M.; Da Silva, L.B.; Silva, M.G.; Morgano, M.A.; Silveira, N.F.A. (2017). Fruit dragée formulated with reused solution from pineapple osmotic dehydration. *Pesquisa agropecuária brasileira* 52(9): 806-813.

Giraldo, G., Duque, D. y García, C. (2005). *Métodos combinados de secado para el escarchado de mango (Mangifera indica)*. Recuperado de: <https://goo.gl/8a2PNd>, acceso 9 de febrero de 2016, 12(2), 5-12 (2005) <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v28n3/art06.pdf>

Gomez, F. (2017). *Evaluación del crecimiento de mohos y levaduras en frutas tropicales deshidratadas por aire caliente “DAC”, empacadas en flexibles compuestos de PEBD, PP y PET en ambientes controlados*. Guayaquil, Ecuador. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/7700/1/T-UCSG-PRE-TEC-CIA-16.pdf>

Grosso, M. y Ribero, A. (2021). *Procesos de deshidratado para el aprovechamiento del carambolo y la pitaya en la elaboración de productos gastronómicos*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12749/13837>

E. Arriola-Guevara, T. García-Herrera, G. M. Guatemala-Morales, J. Nungaray-Arellano, O. González-Reynoso y J.C. Ruíz-Gómez. (2006). *Comportamiento del aguacate Hass liofilizado durante la operación de rehidratación*.

Gutiérrez Valencia, T., Páez, M. I., & Hoyos, O. L. (2007). Seguimiento de la degradación térmica y lumínica del ácido ascórbico en uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Scientia Et Technica*, XIII(33), 211-215. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84903356>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2014) . Metodología de la Investigación. 6<sup>a</sup>. ed. México, McGraw-Hill.

InfoAgro (s/f). *La piña (Ananas comosus), también conocida en otros países como “ananás”, ha sido considerada como una buena fuente de macro y micronutrientes, lo que la convierte en un producto altamente nutritivo y valioso*. [https://www.infoagro.com/documentos/propiedades\\_saludables\\_pina.asp](https://www.infoagro.com/documentos/propiedades_saludables_pina.asp)

Jimenez, J. (2020). *Proceso de deshidratación de productos agroindustriales de origen vegetal, Peru-2020*. Piura-Perú. ORCID: 0000-0002-1212-5682

Kris-Etherton *et al.* (2002). *Compuestos bioactivos en los alimentos: su papel en la prevención de enfermedades cardiovasculares y cáncer. The American Journal of Medicine, 113*, 71S-88S.

Kongsuwan, A., Patnukao, P. y Pavasant, P. (2009). *Sorción de componentes binarios de Cu (II) y Pb (II) con carbón activado de corteza de Eucalyptus camaldulensis Dehn. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 15* (4), 465-470.

Larrauri, J. A., Rupérez, P., & Calixto, F. S. (1997). *Pineapple shell as a source of dietary fiber with associated polyphenols. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45*(10), 4028-4031.

Lazarides, H. y Mavroudis, N. (1995). Freezethaw effect on mass transfer rates during osmotic dehydration. *Journal Food Science. 60*, 826-829.

Lillo, P. (2023). *Cuanto tarda en perderse la vitamina C de los zumos y frutas.* <https://planmediterraneo.com/cuanto-tarda-perderse-la-vitamina-c-los-zumos-frutas/>

Llano, G. (2020). Para una buena alimentación: deshidratación de frutas tropicales. *Universitas Científica, 23*(1), 24-27. <https://revistas.upb.edu.co/index.php/universitas/article/view/3370>

López, M. (2019). *Los diez beneficios de la piña.* Infosalus. <https://www.infosalus.com/salud-investigacion/noticia-diez-beneficios-pina-20190511081449.htm>

Lu, X.H., Sun, D.Q., Wu, Q.S., Liu, S.H. y Sun, G.M. (2014). *Physico-chemical properties, antioxidant activity and mineral contents of pineapple genotypes*

grown in China. *Molecules*, 19(6): 8518–8532.

<https://doi.org/10.3390/molecules19068518>.

Maldonado, Y. y Valverde, A. (2022). Cinética de degradación de vitamina C en pulpa de guanábana (*Annona muricata*), en diferentes tipos de empaques, en refrigeración y congelación. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.  
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2874>

Manso, M.C., Oliveira, J. C., & Frias, J. M. (2001). *Modelling Ascorbic acid thermal degradation and browning in orange juice under aerobic conditions*. International Journal of Food Science & Technology, 36(3), 303-312.

Maravi, J. (2018). *Caracterización de fincas productoras de kion, piña y plátano en la microcuenca Cuyani-Pichanaki (Junín)*. Tesis de grado. UNALM. Lima – Perú.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12996/3577>

Matos, A. y chuquilín, E.F., 2010. *Estudio de la Influencia de la Concentración en la Retención de Vitamina C en Jugo Fresco y Concentrado de Carambola (Averrhoa carambola L.)*. Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos, vol. 1(1), pp. 36–42.

Mauro-Martín, S., & Garicano-Vilar, E. (2015). Papel de la vitamina C y los  $\beta$ -glucanos sobre el sistema inmunitario: revisión. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 19(4), 238-245. [https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S2174-51452015000400008&script=sci\\_arttext](https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S2174-51452015000400008&script=sci_arttext)

Medrano, A. (2023). *Influencia de la temperatura de secado mediante infrarrojo lejano (fir) en la degradación de la vitamina C en la carambola (Averrhoa carambola l.)*.

Mendoza et al, (2017). *Deshidratación de la piña (Ananas Cpmosus) por métodos combinados (Osmosis Convencional)*.

file:///C:/Users/PC%20CALIDAD/Downloads/174-

Texto%20del%20art%C3%ADculo-482-1-10-20180420.pdf

Mendoza-Corvis, F., Arteaga, M., Pérez, O. (2016). Comportamiento de la vitamina C en un producto a base de lactosuero y pulpa de mango variedad Magdalena River (*Mangifera Indica L.*) durante el secado por aspersión. *Revista Chilena de nutrición*. Vol. 43 (2). <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182016000200008>

Mendoza-Corvis, F., Hernández, E., Ruiz, L. (2015). *Efecto del escaldado sobre el color y cinética de degradación térmica de la vitamina C de la pulpa de mango de Hilacha (Mangifera indica var magdalena river)*. Información tecnológica, Vol 26, Nº 3. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642015000300003>

Mercado Alimentos FEN. (2013). *Piña Pineapple (Ananas Sativus)*.  
<https://www.fen.org.es/MercadoAlimentosFEN/pdfs/pina.pdf>

Mercado, et al. (2019). *Calidad comercial de piña MD2 (Ananas comosus L.) Tratada en postcosecha con ácido 2-hidroxibenzoico*.  
<https://www.redalyc.org/journal/813/81361553004/html/>

MINAGRI. (2018). *Guía para la implementación de buenas prácticas agrícolas (BPA) para el cultivo de Piña*

Miranda L. y Castillo P. (2001). *Cinética de la degradación de la vitamina C en el jugo concentrado y congelado de maracuyá*. Revisado el 20 de junio del 2015, recuperado:

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2054/1/4073.pdf>

Montero et al. (2010). *Mechanical and chemical properties of Gold cultivar pineapple flesh (Ananas comosus)*. European Food Research and Technology, 230(4), 675-686

Morales, M., Hernandez, M., Cabezas, M., Barrera, J. y Martinez, O. (2001).

*Caracterizacion de la maduracion del fruto de piña nativa (Ananas Comosus L.*

*Merrill)* *CV.* *India.*

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/download/21706/22693/74299#:~:text=Indice%20de%20madurez:%20La%20tendencia,el%20d%C3%ADa%20del%20alma%2D%20cenamiento.>

Munyaka, A., Makule, E., Oey, I., Van Loey, A. y Hendrickx, M. (2010). *Thermal Stability of l-Ascorbic Acid and Ascorbic Acid Oxidase in Broccoli (Brassica oleracea var. italica)*. Journal of Food Science, 75(4), C336– C340.

Murillo-Baca, S., Ponce-Rosas, F., Otárola-Gamarra, A., Torres-Suarez, W., Buendía-Ponce, H., & Vásquez-Orihuela, W. (2023). Cinética de degradación de vitamina C en jugo de naranja (*Citrus sinensis*) en anaquel a temperatura ambiente y en frío. Manglar, 20(1), 15-21. Epub 01 de abril de 2023. <https://dx.doi.org/10.57188/manglar.2023.002>

Murillo, W. (2008). *La investigación científica*. <http://www.monografias.com/trabajos15/invest-cientifica/investcientifica.shtml>

Ochoa, E., Ornelas, J., Ruiz, S., Ibarra, V., Pérez, J., Guevara, J., y Aguilar, C. (2013). *Tecnologías de deshidratación para la preservación de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.)*. Biotecnia, 15(2), 39-46.

Ordoñez-Santos, L., Ospina, M., Rodríguez, D. (2013). Cinética de degradación térmica de vitamina C en frutos de guayaba (*Psidium guajava L.*). *Revista Lasallista de Investigación*, vol. 10, núm. 2, pp. 44-51. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69529816006.pdf>

Ortega, E., Hernández, G., Ortega, E. y Ortega, I. (2021). *Composición nutricional y compuestos fitoquímicos de la piña (Ananas comosus) y su potencial emergente*

- para el desarrollo de alimentos funcionales.* Boletín De Ciencias Agropecuarias Del ICAP, 7(14), 24-28. <https://doi.org/10.29057/icap.v7i14.7232>
- Palomino, J. (2019). *Cinética de secado de la Piña (Ananas Comosus).*
- Pamplona, J. (2003). *El poder medicinal de los alimentos.* Buenos Aires: Safeliz.
- Parra. (2020). *Determinación de parámetros de osmodeshidratación y deshidratación convectiva de la variedad de piña Samba de Chanchamayo (Ananas comosus L.mer cv. Samba de Chanchamayo)* Lima-Peru. [Tesis de Titulación, Universidad San Martin de Porres]
- [https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/6777/parra\\_pd.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/6777/parra_pd.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Pascual, M. (2005). *Efecto de la deshidratación osmótica en la vida poscosecha de guayaba (Psidium guajava L).* Tesis para obtener el grado. Universidad Veracruzana. Xalapa-México.
- Proyecto Especial Pichis-Palcazu. Manual de Piña. (P.E.P.P). (2010). *Proyecto Mejoramiento de la producción de cultivo de la Piña Mediante Sistemas Agroforestales en el Distrito de Perene – Chanchamayo*
- Quillimamani, S. (2019). *Evaluación de la cinética de degradación térmica de la vitamina C en la pulpa de tumbo (Passiflora mollissima b.).* (T[https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/1893/Sandra\\_Tesis\\_Licenciatura\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=yes](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/1893/Sandra_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=yes)esis de grado, Universidad Peruana Unión).
- RACIM. (2020). *Vitamina C. Red Argentina de Centros de Información de Medicamentos*

Ramirez, B. (2019). *Cinética de degradación del ácido ascórbico durante la deshidratación del aguaymanto (Physalis peruviana L.)*. Universidad Nacional del Callao.

Ramos-Galarza, C. (2021). Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica (2021) Vol. 10 (1)*. <http://dx.doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>

Rastogi, N.; Raghavarao, K.; Niranjan, K.; Knorr, D. (2002). Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. *Trends in Food Science and Technology, 13*, 48-59.

Rickman, J.C., Bruhn, C.M. and Barrett, D.M. (2007), Nutritional comparison of fresh, frozen, and canned fruits and vegetables II. Vitamin A and carotenoids, vitamin E, minerals and fiber. *J. Sci. Food Agric.*, 87: 1185-1196.  
<https://doi.org/10.1002/jsfa.2824>

Rico, A. (2006). *Efecto de la velocidad del aire y la temperatura sobre la textura y el color de dos tipos de fruta deshidratadas en un túnel con aire caliente*. Tesis para el título de Ingeniero de Alimentos Universidad de La Salle. Bogotá, Colombia.

RM N°591.2008/MINSA. *Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano*.

[https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas\\_Legales/alimentos/RM591MINSANORMA.pdf](https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/alimentos/RM591MINSANORMA.pdf)

Rodríguez, J., Gómez, A., & Pérez, M. (2016). Efecto de la deshidratación osmótica en la calidad fisicoquímica y concentración de vitamina C en Ananas comosus deshidratada. *Revista Agroindustrial Science*, 6(1), 99-112.  
<http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v9n3/a06v9n3.pdf>

Rodríguez, T. (2009). *Las reacciones orgánicas*. Universidad de Burgos.

- Rosales, H. (2010). *Conservación de alimentos por calor, cinética de la destrucción térmica*. Universidad nacional del centro del Perú. Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Huancayo – Perú.
- Saguy, I.; Kopelman, I. J. and Mizrahi, S. (1978). *Simulation of ascorbic acid stability during heat processing and concentration of grapefruit juice*. *J. Food Proc. Eng.*, 2: 213- 225.
- Salas Martínez, S. (2018). *Ácido ascórbico en hortalizas de uso frecuente en Navarra*.
- Sandoval, A. y Torres, E. (2011). *Guia técnica del cultivo de la piña*, Cent. Nac. Tecnol. Agropecu. y For., pp. 1–20, 2011, [Online]. Available: <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/frutales/GUIA TÉCNICA PIN?A 2011.pdf>.
- Santos, P. y Silva, M. (2008). *Retention of Vitamin C in Drying Processes of Fruits and Vegetables-A Review*. *Drying Technology*, 26(12), 1421– 1437.
- Siccha A., Ugaz O. (1995). *Liofilización*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Departamento de Ciencias, Sección Química.
- Singh, P. (2016). *Aplicaciones Informáticas en Tecnología de Alimentos*. Elsevier
- Sun, QP, y Li, ZQ (2002). *Transformación de fase en microtubos policristalinos superelásticos de NiTi bajo tensión y torsión: desde la localización hasta la deformación homogénea*. *Revista Internacional de Sólidos y Estructuras*, 39 (13-14), 3797-3809.
- Toledo, R. (2001). *Fundamentals of food process engineering*. 2da. Edición. Springer.
- USDA [United States Department of Agriculture]. (2019). *National Nutrient Database for Standard Reference Release*, [Online], Disponible: <http://www.ars.usda.gov/bhnrc/ndl>.

Valderrain, R.G., Begoña, de A., Sánchez, M.C., González, A.G. (2017). *Functional properties of pineapple. Handbook of Pineapple Technology: Production, Postharvest. Science, Processing and Nutrition*, (240-257).

Villagrán, M., Muñoz, M., Díaz, F., Troncoso, C. Celis, C., Mardones, L. (2019). *Una mirada actual de la vitamina C en salud y enfermedad. Revista chilena de nutrición*, Vol. 46. (6): 800-808. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v46n6/0717-7518-rchnut-46-06-0800.pdf>

Velásquez, T., & Mestanza, R. (2003). *Cultivo del tomatito nativo, tomatillo, uvilla o aguaymanto. Innovación Agraria*, 13-16.

Waletzko, P. and Labuza, T. P. (1976). Accelerated shelf-life testing of an intermediate moisture food in air and in oxygen free atmosphere. *J. Food Sci.*, 41: 1338-1340.

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Datos para hallar el % de acidez en la materia prima y durante el proceso de deshidratación de la piña samba para los 2 estados de maduración.

Estado de Maduración	Trat.	Tiempo (Horas)	Gasto obtenido	g de muestra	ml de NaOH	Normalidad	Ac. predo. (Ácido cítrico)	% de acidez
M1 (Pintón)	T1 (M1T1)	0	1.9	5	4.75	0.1	0.064	0.608
		2	1.9	5	4.75	0.1	0.064	0.608
		4	1.9	5	4.75	0.1	0.064	0.608
		6	1.6	5	4	0.1	0.064	0.512
		8	1.4	5	3.5	0.1	0.064	0.448
		10	1.2	5	3	0.1	0.064	0.384
	T2 (M1T2)	12	1	5	2.5	0.1	0.064	0.320
		0	1.7	5	4.25	0.1	0.064	0.544
		2	1.6	5	4	0.1	0.064	0.512
		4	1.5	5	3.75	0.1	0.064	0.480
		6	1.5	5	3.75	0.1	0.064	0.480
		8	1.4	5	3.5	0.1	0.064	0.448
M2 (Madurez comercial)	T3 (M1T3)	10	1.4	5	3.5	0.1	0.064	0.448
		11	1.4	5	3.5	0.1	0.064	0.448
		0	1.7	5	4.25	0.1	0.064	0.544
		2	1.6	5	4	0.1	0.064	0.512
		4	1.5	5	3.75	0.1	0.064	0.480
		6	1.4	5	3.5	0.1	0.064	0.448
	T4 (M2T1)	8	1.4	5	3.5	0.1	0.064	0.448
		10	1.3	5	3.25	0.1	0.064	0.416
		0	1.5	5	3.75	0.1	0.064	0.480
		2	1.5	5	3.75	0.1	0.064	0.480
		4	1.4	5	3.5	0.1	0.064	0.448
		6	1.4	5	3.5	0.1	0.064	0.448
T5 (M2T2)	T6 (M2T3)	8	1.3	5	3.25	0.1	0.064	0.416
		10	1.2	5	3	0.1	0.064	0.384
		12	1.15	5	2.87	0.1	0.064	0.368
		0	1.5	5	3.75	0.1	0.064	0.480
		2	1.5	5	3.5	0.1	0.064	0.480
		4	1.5	5	3.75	0.1	0.064	0.480
		6	1.5	5	3.75	0.1	0.064	0.480
		8	1.4	5	3.5	0.1	0.064	0.448
		10	1.4	5	3.5	0.1	0.064	0.448
		11	1.4	5	3.5	0.1	0.064	0.448
		0	1.4	5	3.5	0.1	0.064	0.448
		2	1.3	5	3.25	0.1	0.064	0.416

**Anexo 2.** Datos para hallar el Índice de madurez de la materia prima (piña samba).

Estados de Madurez	Código	% de Acidez	Solidos solubles (°Brix)	Índice de Madurez
M1 (Pintón)	M1T1	0.608 ± 0.006	10.5 ± 0.16	17.27 ± 0.02
	M1T2	0.544 ± 0.014	11 ± 0.20	20.22 ± 0.01
	M1T3	0.544 ± 0.001	11 ± 0.28	20.22 ± 0.03
M2 (Madurez comercial)	M2T1	0.48 ± 0.005	12 ± 0.16	25.00 ± 0.01
	M2T2	0.48 ± 0.002	12 ± 0.24	25.00 ± 0.04
	M2T3	0.448 ± 0.004	12.5 ± 0.04	27.90 ± 0.02

**Anexo 3.** Datos para hallar los sólidos solubles (°Brix) durante el proceso de deshidratación de la piña samba para los 2 estados de maduración.

T1 (código M1T1)				
(Pintón – 40°C x 12 horas)				
Hora	°Brix 0	Peso 1	Peso 2	°Brix 1
0	10.5	223.68	223.68	10.5
1	10.5	223.68	183.48	12.80
2	12.80	223.68	153.48	15.30
3	15.30	223.68	129.48	18.14
4	18.14	223.68	109.48	21.45
5	21.45	223.68	93.48	25.12
6	25.12	223.68	78.48	29.93
7	29.93	223.68	63.48	37.00
8	37.00	223.68	50.48	46.53
9	46.53	223.68	38.58	60.88
10	60.88	223.68	33.48	70.15
11	70.15	223.68	29.48	79.67
12	79.67	223.68	28.4	82.70

T2 (Código M1T2)				
(Pintón - 45°C X 11 horas)				
Hora	°Brix 0	Peso 1	Peso 2	°Brix 1
0	11	236.39	236.39	11
1	11	236.39	187.20	13.89
2	13.89	236.39	152.50	17.05
3	17.05	236.39	123.80	21.00
4	21.00	236.39	100.60	25.85
5	25.85	236.39	81.76	31.80
6	31.80	236.39	63.34	41.05
7	41.05	236.39	48.50	53.61
8	53.61	236.39	38.41	67.70
9	67.70	236.39	33.74	77.07
10	77.07	236.39	31.30	83.08
11	83.08	236.39	30.50	85.26

T3 (Código M1T3)				
(Pintón - 50°C X 10 horas)				
Hora	°Brix 0	Peso 1	Peso 2	°Brix 1
0	11	226.55	226.55	11
1	11	226.55	173.37	14.37
2	14.37	226.55	138.36	18.01
3	18.01	226.55	116.36	21.42
4	21.42	226.55	92.36	26.98
5	26.98	226.55	75.36	33.07
6	33.07	226.55	58.36	42.70
7	42.70	226.55	41.36	60.25
8	60.25	226.55	34.36	72.53
9	72.53	226.55	31.36	79.47
10	79.47	226.55	28.90	86.23

T4 (código M2T1)				
(Madurez comercial – 40°C x 12 horas)				
Hora	°Brix 0	Peso 1	Peso 2	°Brix 1
0	12	243.64	243.64	12
1	12	243.64	207.22	14.11
2	14.11	243.64	170.22	17.18
3	17.18	243.64	143.22	20.41
4	20.41	243.64	118.22	24.73
5	24.73	243.64	97.22	30.07
6	30.07	243.64	77.22	37.86
7	37.86	243.64	63.22	46.25
8	46.25	243.64	53.22	54.94
9	54.94	243.64	44.87	65.16
10	65.16	243.64	41.67	70.16
11	70.16	243.64	37.22	78.55
12	78.55	243.64	35.81	81.64

T5 (Código M2T2)				
(Madurez comercial - 45°C X 11 horas)				
Hora	°Brix 0	Peso 1	Peso 2	°Brix 1
0	12	203	203.00	12
1	12	203	162.80	14.96
2	14.96	203	133.68	18.22
3	18.22	203	106.76	22.82
4	22.82	203	87.79	27.75
5	27.75	203	72.20	33.74
6	33.74	203	58.35	41.75
7	41.75	203	47.82	50.94
8	50.94	203	38.06	64.00
9	64.00	203	32.86	74.13
10	74.13	203	30.26	80.50
11	80.50	203	29.75	81.88

T6 (Código M2T3)				
(Madurez comercial - 50°C X 10 horas)				
Hora	°Brix 0	Peso 1	Peso 2	°Brix 1
0	12.5	239.14	239.14	12.5
1	12.5	239.14	189.22	15.80
2	15.80	239.14	158.22	18.89
3	18.89	239.14	130.22	22.96
4	22.96	239.14	103.22	28.96
5	28.96	239.14	77.22	38.71
6	38.71	239.14	59.22	50.48
7	50.48	239.14	47.22	63.30
8	63.30	239.14	41.22	72.52
9	72.52	239.14	37.32	80.10
10	80.10	239.14	36.17	82.64

**Anexo 4. Cálculos para hallar % de humedad inicial de la materia prima (piña samba)**

Estado de maduración	Trat.	Código	Muestra	Peso Placa Petri (g)	Peso con M. (g)	muestra sola	placa + muestra seca	muestra seca	reducción (agua)	solido seco	humedad en 100 g	promedio
M1 (Pintón)	T1	M1T1	1	35.45	62.09	26.64	37.99	2.54	24.1	9.53	90.47	90.43
			2	34.65	50	15.35	36.12	1.47	13.88	9.58	90.42	
			3	34.46	53.91	19.45	36.33	1.87	17.58	9.61	90.39	
	T2	M1T2	1	35.39	60.98	25.59	37.92	2.53	23.06	9.89	90.11	90.09
			2	34.64	55.59	20.95	36.73	2.09	18.86	9.98	90.02	
			3	34.44	55.31	20.87	36.5	2.06	18.81	9.87	90.13	
	T3	M1T3	1	35.37	52.77	17.4	37.1	1.73	15.67	9.94	90.06	90.04
			2	43.08	59.35	16.27	44.7	1.62	14.65	9.96	90.04	
			3	34.01	51.65	17.64	35.77	1.76	15.88	9.98	90.02	
M2 (Madurez comercial)	T4	M2T1	1	35.34	55.81	20.47	38.45	3.11	17.36	15.19	84.81	84.41
			2	42.96	62.03	19.07	45.98	3.02	16.05	15.84	84.16	
			3	33.92	59.35	25.43	37.92	4	21.43	15.73	84.27	
	T5	M2T2	1	35.38	55.07	19.69	38.3	2.92	16.77	14.83	85.17	85.17
			2	42.97	64.73	21.76	46.2	3.23	18.53	14.84	85.16	
			3	33.97	56.59	22.62	37.32	3.35	19.27	14.81	85.19	
	T6	M2T3	1	35.41	55.73	20.32	38.35	2.94	17.38	14.47	85.53	84.29
			2	34.64	51.17	16.53	37.42	2.78	13.75	16.82	83.18	
			3	34.45	53.06	18.61	37.4	2.95	15.66	15.85	84.15	

**Anexo 5.** Datos teóricos, experimentales y cálculos para determinar las curvas de secado

Tratamiento	Humedad		Masa de agua (g)	Masa de sólidos	Área de secado m <sup>2</sup>
	BH %	SS			
T1	90.425	9.575	202.262	21.418	3.3
T2	90.089	9.911	212.961	23.429	3.3
T3	90.041	9.959	203.988	22.562	3.3
T4	84.414	15.586	205.666	37.974	3.3
T5	85.172	14.828	172.899	30.101	3.3
T6	84.287	15.713	201.565	37.575	3.3

**Anexo 6.** Cálculos realizados para determinar la curva de velocidad de secado.

T1 Código (M1T1)											
Tiempo (H)	Peso de bandeja (g)	Peso Bandeja y Muestra (g)	Peso Muestra (g)	% Humedad	X g H <sub>2</sub> O	g S <sub>s</sub>	X (g H <sub>2</sub> O/ g S <sub>s</sub> )	ΔX	ΔT'	ΔX/ΔT'	W=-L <sub>s</sub> (ΔX/ΔT')/A
0	191.52	415.2	223.68	90.42	202.27	21.41	9.45	6.82	-1	-6.82	44.23
1	191.52	375	183.48	74.17	162.07	61.61	2.63	1.19	-1	-1.19	22.20
2	191.52	345	153.48	62.05	132.07	91.61	1.44	0.51	-1	-0.51	14.07
3	191.52	321	129.48	52.34	108.06	115.62	0.93	0.29	-1	-0.29	10.00
4	191.52	301	109.48	44.26	88.06	135.62	0.65	0.17	-1	-0.17	7.15
5	191.52	285	93.48	37.79	72.06	151.62	0.48	0.13	-1	-0.13	6.10
6	191.52	270	78.48	31.73	57.06	166.62	0.34	0.11	-1	-0.11	5.60
7	191.52	255	63.48	25.66	42.06	181.62	0.23	0.08	-1	-0.08	4.53
8	191.52	242	50.48	20.41	29.06	194.62	0.15	0.07	-1	-0.07	3.91
9	191.52	230.1	38.58	15.60	17.16	206.52	0.08	0.03	-1	-0.03	1.63
10	191.52	225	33.48	13.53	12.06	211.62	0.06	0.02	-1	-0.02	1.26
11	191.52	221	29.48	11.92	8.06	215.62	0.04	0.01	-1	-0.01	0.34
12	191.52	219.92	28.4	11.48	6.98	216.70	0.03	0.03	12	0.00	-0.18

T2 Código (M1T2)											
Tiempo (H)	Peso de bandeja (g)	Peso Bandeja y Muestra (g)	Peso Muestra (g)	% Humedad	X g H <sub>2</sub> O	g Ss	X (g H <sub>2</sub> O/ g Ss)	ΔX	ΔT'	ΔX/ΔT'	W=-Ls(ΔX/ΔT')/A
0	191.80	428.19	236.39	90.09	212.97	23.42	9.09	6.84	-1.00	-6.84	48.53
1	191.80	379.00	187.20	71.34	163.77	72.62	2.26	1.05	-1.00	-1.05	23.16
2	191.80	344.30	152.50	58.12	129.07	107.32	1.20	0.46	-1.00	-0.46	15.12
3	191.80	315.60	123.80	47.18	100.37	136.02	0.74	0.25	-1.00	-0.25	10.44
4	191.80	292.40	100.60	38.34	77.17	159.22	0.48	0.16	-1.00	-0.16	7.58
5	191.80	273.56	81.76	31.16	58.33	178.06	0.33	0.12	-1.00	-0.12	6.72
6	191.80	255.14	63.34	24.14	39.91	196.48	0.20	0.08	-1.00	-0.08	5.03
7	191.80	240.30	48.50	18.48	25.07	211.32	0.12	0.05	-1.00	-0.05	3.26
8	191.80	230.21	38.41	14.64	14.98	221.41	0.07	0.02	-1.00	-0.02	1.48
9	191.80	225.54	33.74	12.86	10.31	226.08	0.05	0.01	-1.00	-0.01	0.76
10	191.80	223.10	31.30	11.93	7.87	228.52	0.03	0.00	-1.00	0.00	0.25
11	191.80	222.30	30.50	11.62	7.07	229.32	0.03	0.03	11.00	0.00	-0.19

T3 Código (M1T3)											
Tiempo (H)	Peso de bandeja (g)	Peso Bandeja y Muestra (g)	Peso Muestra (g)	% Humedad	X g H <sub>2</sub> O	g Ss	X (g H <sub>2</sub> O/ g Ss)	ΔX	ΔT'	ΔX/ΔT'	W=Ls(ΔX/ΔT')/A
0	191.64	418.19	226.55	90.04	203.99	22.56	9.04	7.05	-1.00	-7.05	48.20
1	191.64	365.01	173.37	68.90	150.81	75.74	1.99	0.95	-1.00	-0.95	21.70
2	191.64	330.00	138.36	54.99	115.80	110.75	1.05	0.34	-1.00	-0.34	11.38
3	191.64	308.00	116.36	46.25	93.80	132.75	0.71	0.26	-1.00	-0.26	10.51
4	191.64	284.00	92.36	36.71	69.80	156.75	0.45	0.14	-1.00	-0.14	6.72
5	191.64	267.00	75.36	29.95	52.80	173.75	0.30	0.12	-1.00	-0.12	6.12
6	191.64	250.00	58.36	23.19	35.80	190.75	0.19	0.10	-1.00	-0.10	5.62
7	191.64	233.00	41.36	16.44	18.80	207.75	0.09	0.04	-1.00	-0.04	2.24
8	191.64	226.00	34.36	13.66	11.80	214.75	0.05	0.01	-1.00	-0.01	0.95
9	191.64	223.00	31.36	12.46	8.80	217.75	0.04	0.01	-1.00	-0.01	0.77
10	191.64	220.54	28.90	11.49	6.34	220.21	0.03	0.03	10.00	0.00	-0.19

T4 Código (M2T1)											
Tiempo (H)	Peso de bandeja (g)	Peso Bandeja y Muestra (g)	Peso Muestra (g)	% Humedad	X g H <sub>2</sub> O	g S <sub>s</sub>	X (g H <sub>2</sub> O/g S <sub>s</sub> )	ΔX	ΔT'	ΔX/ΔT'	W=Ls(ΔX/ΔT')/A
0	191.78	435.42	243.64	84.41	222.23	21.41	10.38	7.17	-1.00	-7.17	46.49
1	191.78	399.00	207.22	71.80	185.81	57.83	3.21	1.64	-1.00	-1.64	28.81
2	191.78	362.00	170.22	58.98	148.81	94.83	1.57	0.57	-1.00	-0.57	16.36
3	191.78	335.00	143.22	49.62	121.81	121.83	1.00	0.34	-1.00	-0.34	12.57
4	191.78	310.00	118.22	40.96	96.80	146.84	0.66	0.21	-1.00	-0.21	9.24
5	191.78	289.00	97.22	33.68	75.80	167.84	0.45	0.15	-1.00	-0.15	7.86
6	191.78	269.00	77.22	26.75	55.80	187.84	0.30	0.09	-1.00	-0.09	5.12
7	191.78	255.00	63.22	21.90	41.80	201.84	0.21	0.06	-1.00	-0.06	3.49
8	191.78	245.00	53.22	18.44	31.80	211.84	0.15	0.04	-1.00	-0.04	2.80
9	191.78	236.65	44.87	15.55	23.45	220.19	0.11	0.02	-1.00	-0.02	1.06
10	191.78	233.45	41.67	14.44	20.25	223.39	0.09	0.02	-1.00	-0.02	1.44
11	191.78	229.00	37.22	12.90	15.80	227.84	0.07	0.01	-1.00	-0.01	0.45
12	191.78	227.59	35.81	12.41	14.39	229.25	0.06	0.06	12.00	0.01	-0.36

T5 Código (M2T2)											
Tiempo (H)	Peso de bandeja (g)	Peso Bandeja y Muestra (g)	Peso Muestra (g)	% Humedad	X g H <sub>2</sub> O	g S <sub>s</sub>	X (g H <sub>2</sub> O/g S <sub>s</sub> )	ΔX	ΔT'	ΔX/ΔT'	W=Ls(ΔX/ΔT')/A
0	191.89	394.89	203.00	85.17	172.90	30.10	5.74	3.86	-1.00	-3.86	35.18
1	191.78	354.58	162.80	68.31	132.70	70.30	1.89	0.85	-1.00	-0.85	18.02
2	191.78	325.46	133.68	56.09	103.58	99.42	1.04	0.44	-1.00	-0.44	13.11
3	191.78	298.54	106.76	44.79	76.66	126.34	0.61	0.21	-1.00	-0.21	8.03
4	191.78	279.57	87.79	36.83	57.69	145.31	0.40	0.14	-1.00	-0.14	5.96
5	191.78	263.98	72.20	30.29	42.10	160.90	0.26	0.10	-1.00	-0.10	4.88
6	191.78	250.13	58.35	24.48	28.25	174.75	0.16	0.07	-1.00	-0.07	3.50
7	191.78	239.60	47.82	20.06	17.72	185.28	0.10	0.05	-1.00	-0.05	3.08
8	191.78	229.84	38.06	15.97	7.96	195.04	0.04	0.03	-1.00	-0.03	1.60
9	191.78	224.64	32.86	13.79	2.76	200.24	0.01	0.01	-1.00	-0.01	0.79
10	191.78	222.04	30.26	12.70	0.16	202.84	0.00	0.00	-1.00	0.00	0.15
11	191.78	221.53	29.75	12.48	-0.35	203.35	0.00	0.00	11.00	0.00	0.01

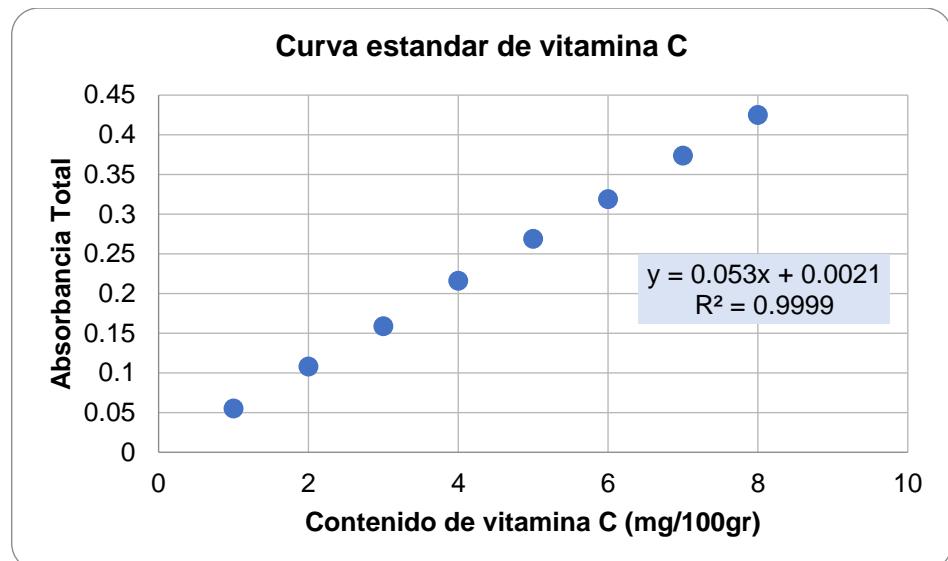
T6 Código (M2T3)											
Tiempo (H)	Peso de bandeja (g)	Peso Bandeja y Muestra (g)	Peso Muestra (g)	% Humedad	X g H <sub>2</sub> O	g Ss	X (g H <sub>2</sub> O/g Ss)	ΔX	ΔT'	ΔX/ΔT'	W=Ls(ΔX/ΔT')/A
0	191.93	431.07	239.14	84.29	201.57	37.57	5.37	3.63	-1.00	-3.63	41.35
1	191.78	381.00	189.22	66.69	151.65	87.49	1.73	0.72	-1.00	-0.72	18.96
2	191.78	350.00	158.22	55.77	120.65	118.49	1.02	0.39	-1.00	-0.39	13.85
3	191.78	322.00	130.22	45.90	92.65	146.49	0.63	0.25	-1.00	-0.25	11.28
4	191.78	295.00	103.22	36.38	65.65	173.49	0.38	0.18	-1.00	-0.18	9.44
5	191.78	269.00	77.22	27.22	39.65	199.49	0.20	0.10	-1.00	-0.10	6.00
6	191.78	251.00	59.22	20.87	21.65	217.49	0.10	0.06	-1.00	-0.06	3.79
7	191.78	239.00	47.22	16.64	9.65	229.49	0.04	0.03	-1.00	-0.03	1.85
8	191.78	233.00	41.22	14.53	3.65	235.49	0.02	0.02	-1.00	-0.02	1.18
9	191.78	229.10	37.32	13.15	-0.25	239.39	0.00	0.00	-1.00	0.00	0.35
10	191.78	227.95	36.17	12.75	-1.40	240.54	-0.01	-0.01	10.00	0.00	0.04

#### Anexo 7. Curva Estándar

E.T. (ml)	Concentración (g)	A.	L1	A. L2	Total, absorbancia	Vitamina C mg/100gr
1	1	0.476	0.421	0.055	10.766	
2	2	0.476	0.368	0.108	20.764	
3	3	0.476	0.317	0.159	30.384	
4	4	0.476	0.26	0.216	41.136	
5	5	0.476	0.207	0.269	51.134	
6	6	0.476	0.157	0.319	60.566	
7	7	0.476	0.102	0.374	70.941	
8	8	0.476	0.051	0.425	80.561	

Intersección eje	0.002071429
Pendiente	0.053011905
R2	0.99987404

$$\text{Ecuación} = Y = 0.053011905 \times + 0.0021$$



**Anexo 8.** Cálculos para hallar la concentración de vitamina C en la materia prima y durante el proceso de deshidratación de la piña samba para los 2 estados de maduración.

T1 (M1T1: Pintón a 40 °C x 12 horas)						
Tiempo (horas)	A.	L1	A.	L2	Total, de absorbancia	Vit.C mg/100g
0		0.476		0.085	0.391	74.148
2		0.476		0.113	0.363	68.866
4		0.476		0.155	0.321	60.943
6		0.476		0.19	0.286	54.341
8		0.476		0.221	0.255	48.493
10		0.476		0.245	0.231	43.966
12		0.476		0.26	0.216	41.136

% Rendimiento 55.478

T2 (M1T2: Pintón a 45°C x 11 horas)							
Tiempo (horas)	A.	L1	A.	L2	Total, absorbancia		
0		0.476		0.089		0.387	73.415
2		0.476		0.135		0.341	64.736
4		0.476		0.175		0.301	57.189
6		0.476		0.223		0.253	48.132
8		0.476		0.243		0.233	44.358
10		0.476		0.26		0.216	41.151
11		0.476		0.263		0.213	40.585



T5 (M2T2: Madurez comercial a 45°C x 11 horas)

Tiempo (horas)	A. L1	A.	L2	Total, absorbancia	Vitamina C mg/100g
0	0.476	0.135		0.341	64.736
2	0.476	0.185		0.291	55.302
4	0.476	0.235		0.241	45.868
6	0.476	0.280		0.196	37.377
8	0.476	0.303		0.173	33.038
10	0.476	0.312		0.164	31.340
11	0.476	0.315		0.161	30.774
% Rend.					47.537

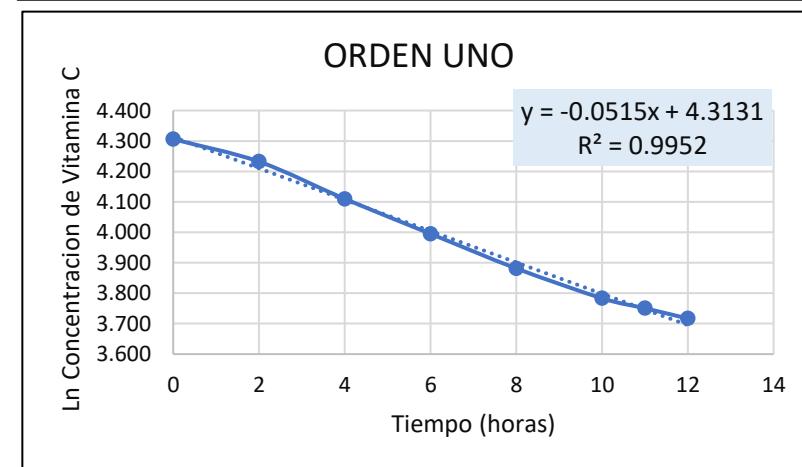
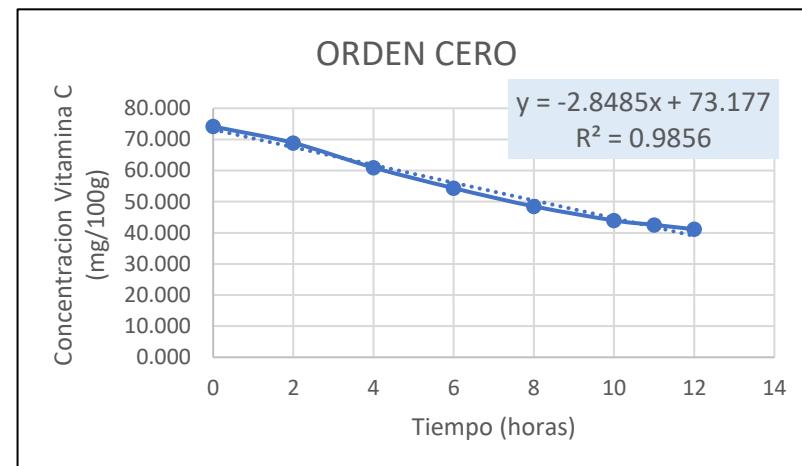
T6 (M2T3: Madurez comercial a 50°C x 10 horas)

Tiempo (horas)	A. L1	A.	L2	Total, absorbancia	Vitamina C mg/100g
0	0.476	0.14		0.336	63.792
2	0.476	0.207		0.269	51.151
4	0.476	0.26		0.216	41.151
6	0.476	0.29		0.186	35.491
8	0.476	0.312		0.164	31.340
10	0.476	0.32		0.156	29.830
% Rend.					46.761

**Anexo 9.** Cálculos para la determinación de orden de reacción de cada uno de los tratamientos.

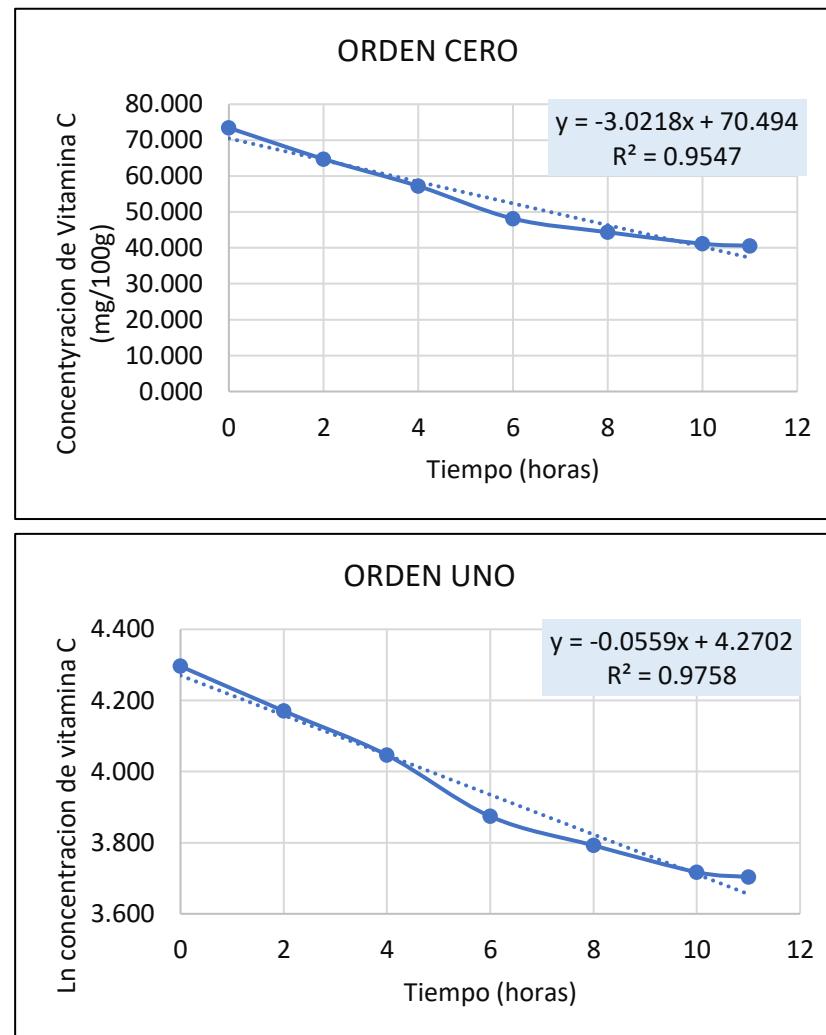
**TRATAMIENTO 1:** Piña samba en estado de maduración pintón, sometido a 40° por 12 horas de deshidratación.

Tiempo (horas)	Contenido de Vitamina C	Ln Vit C	1 / Vit C
0	74.148	4.306	0.01349
2	68.866	4.232	0.01452
4	60.943	4.110	0.01641
6	54.341	3.995	0.01840
8	48.493	3.881	0.02062
10	43.966	3.783	0.02274
11	42.551	3.751	0.02350
12	41.136	3.717	0.02431



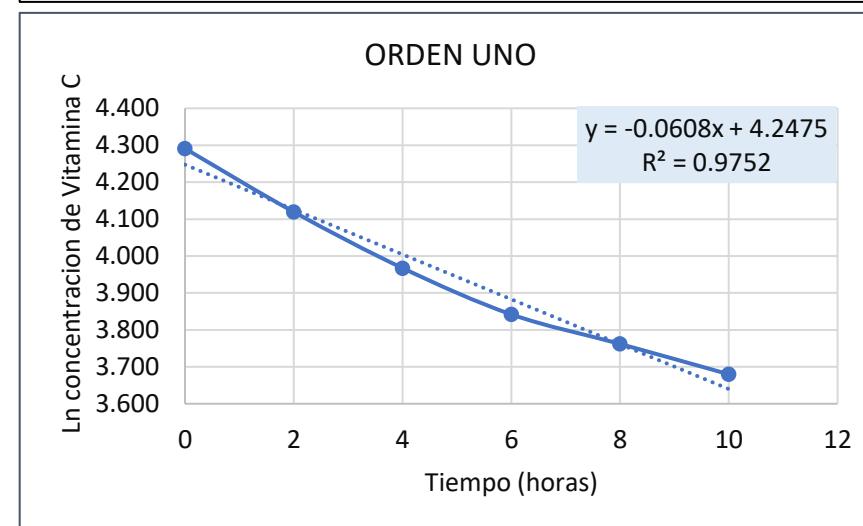
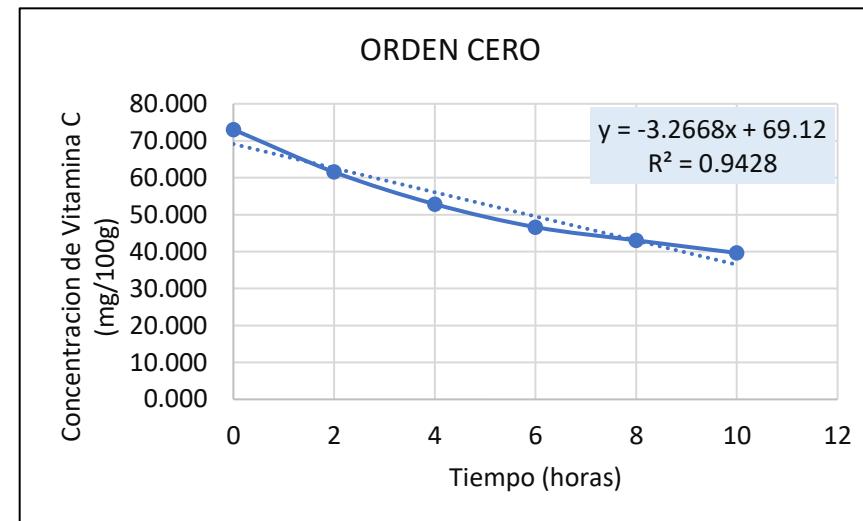
**TRATAMIENTO 2:** Piña samba en estado de maduración pintón, sometido a 45° por 11 horas de deshidratación.

Tiempo (horas)	Contenido de Vitamina C	Ln Vit C	1 / Vit C
0	73.415	4.296	0.01362
2	64.736	4.170	0.01545
4	57.189	4.046	0.01749
6	48.132	3.874	0.02078
8	44.358	3.792	0.02254
10	41.151	3.717	0.02430
11	40.585	3.703	0.02464



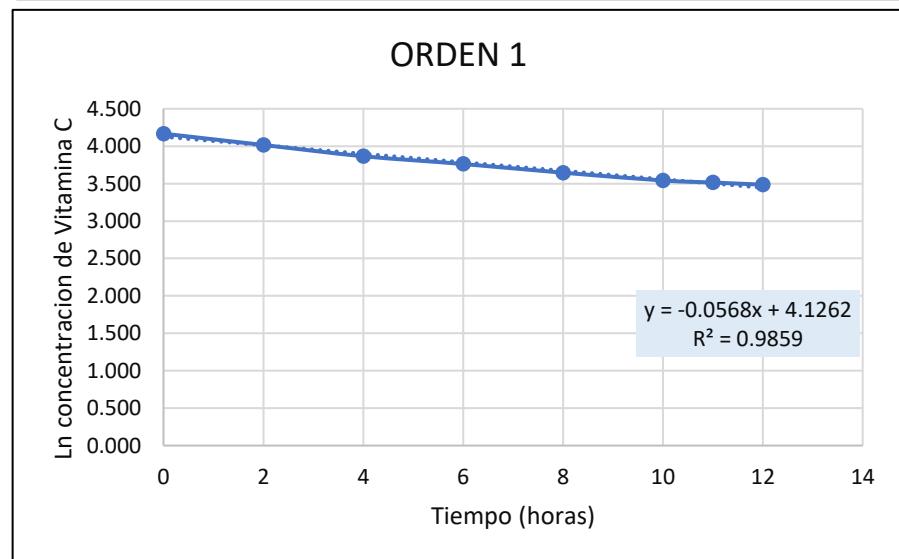
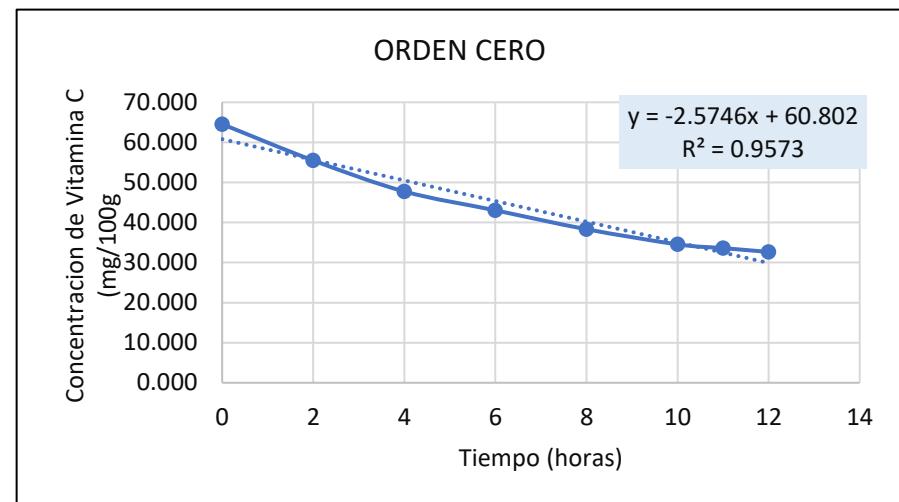
**TRATAMIENTO 3:** Piña samba en estado de maduración pintón, sometido a 50°C por 10 horas de deshidratación.

Tiempo (horas)	Contenido de Vitamina C	Ln Vit C	1 / Vit C
0	73.038	4.291	0.01369
2	61.528	4.119	0.01625
4	52.849	3.967	0.01892
6	46.623	3.842	0.02145
8	43.038	3.762	0.02324
10	39.642	3.680	0.02523



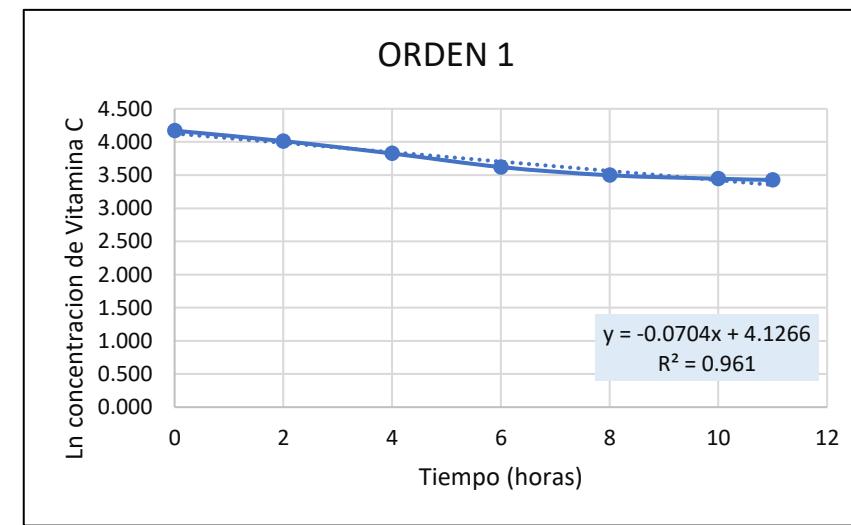
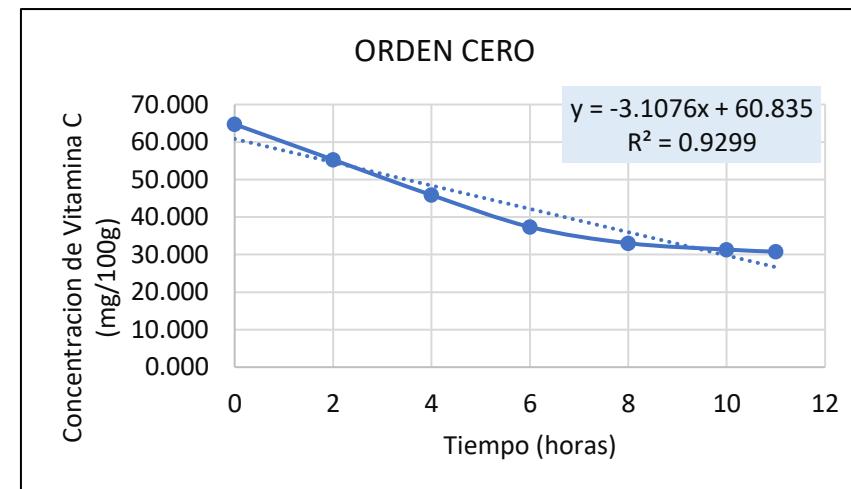
**TRATAMIENTO 4 :** Piña samba en estado de madurez comercial, sometido a 40° por 12 horas de deshidratación.

Tiempo (horas)	Contenido de Vitamina C	Ln Vit C	1 / Vit C
0	64.547	4.167	0.01549
2	55.491	4.016	0.01802
4	47.755	3.866	0.02094
6	43.038	3.762	0.02324
8	38.321	3.646	0.02610
10	34.547	3.542	0.02895
11	33.604	3.515	0.02976
12	32.66	3.486	0.03062



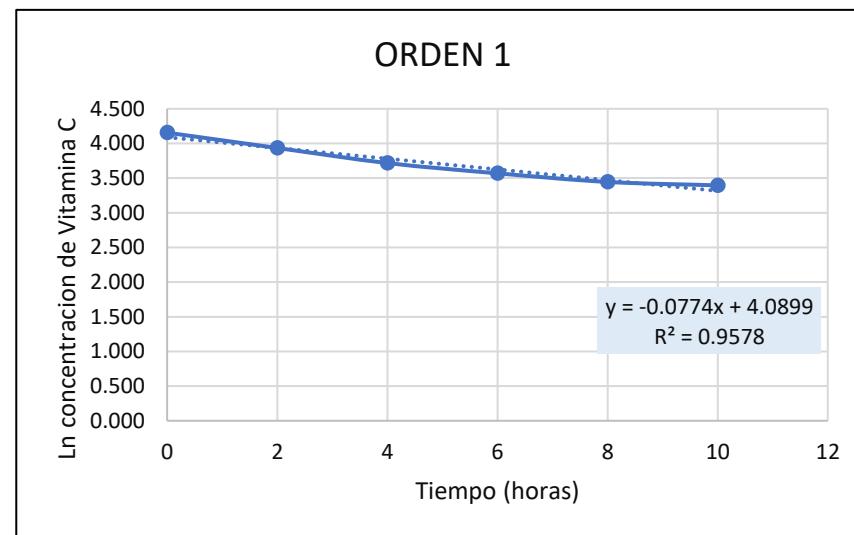
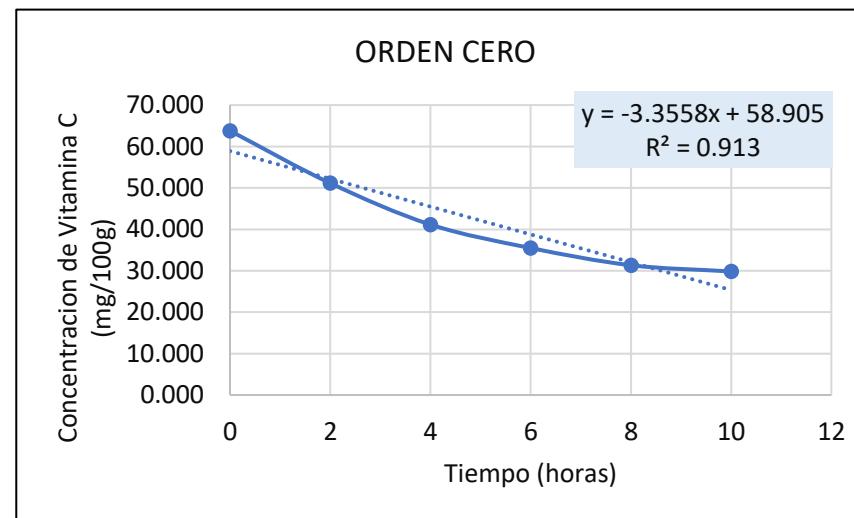
**TRATAMIENTO 5 :** Piña samba en estado de madurez Comercial, sometido a 45° por 11 horas de deshidratación.

Tiempo (horas)	Contenido de Vitamina C	Ln Vit C	1 / Vit C
0	64.736	4.170	0.01545
2	55.302	4.013	0.01808
4	45.868	3.826	0.02180
6	37.377	3.621	0.02675
8	33.038	3.498	0.03027
10	31.340	3.445	0.03191
11	30.774	3.427	0.03249



**TRATAMIENTO 6:** Piña samba en estado de madurez Comercial, sometido a 50°C por 10 horas de deshidratación.

Tiempo (horas)	Contenido de Vitamina C	Ln Vit C	1 / Vit C
0	63.792	4.156	0.01568
2	51.151	3.935	0.01955
4	41.151	3.717	0.02430
6	35.491	3.569	0.02818
8	31.340	3.445	0.03191
10	29.830	3.396	0.03352



## Anexo 10. Resultados de los análisis microbiológicos.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 120



### INFORME DE ENSAYO 112824036

Registro N° LE - 120

FR 044

Nº de Orden de Servicio	: ITS11910
Nº de Protocolo	: 112824036
Cliente	: ROSA MARIA HUARCAYA NAVARRO
Dirección legal del cliente	: NRO. S/N URB. SAN CARLOS (ALT. AV. JOSE DE SAN MARTIN) JUNIN - CHANCHAMAYO - CHANCHAMAYO
Muestra(s) declarada(s)	: PIÑA SAMBA DESHIDRATADA A 40°C EN ESTADO PINTON
Procedencia de la Muestra	: Proporcionado por el cliente
Cantidad de Muestra(s) para ensayo	: 01 muestra (03 unidades x 100 g)
Forma de Presentación	: Doypack metalizado
Identificación de la Muestra	: Cod. Lab: 05-07036 Responsables: Rosa Maria Huarcaya Navarro / Roberto Yuber Palacios Vivas Variedad de la piña: Samba de Chanchamayo
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2024-05-07
Fecha de Inicio del Análisis	: 2024-05-07
Fecha de Emisión de Informe	: 2024-05-13

#### Parámetros Microbiológicos

##### Codificación y resultados:

Parámetro	Unidad	Resultados
		05-07036
Mohos	UFC/g	< 10
Levaduras	UFC/g	< 10
Escherichia coli	UFC/g	< 10
Salmonella	P-A Salmonella/25g	Ausencia

#### Metodologías

Parámetro	Método de Referencia
Mohos y Levaduras	ICMSF. Microorganismos de los Alimentos. Su significado y métodos de enumeración. 2da. Ed., 1983. Pág. 165-167. Reimpresión 2000. 1983. Recuento de mohos y levaduras. Método de recuento de mohos y levaduras por siembra en placa en todo el medio.
Escherichia coli	FDA/BAM Online 8th Ed. Rev. A/1998. Chapter 4, Item G. September 2002. Rev. October 2020. 2020. Enumeration of Escherichia coli and the Coliform Bacteria. Solid medium method - Coliforms
Salmonella	ICMSF. Microorganismos de los Alimentos. Su significado y Métodos de enumeración. 2da. Ed., 1983. Pág. 172-176 Item 10. (a) y (c), 177 II-178 III. Reimpresión 2000. 1983. Salmonella

Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL - DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral de los miembros firmantes de IAAC e ILAC.

INVESTIGATION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C.  
LABORATORIO

Fin del documento

  
Bla. Mblga. Melissa Avalos Tiburcio  
C.B.P. 12859  
Jefa de Biología

1 de 1

El informe de ensayo sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebidamente constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Si INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C. no realizó la toma de muestra o el muestreo, los resultados se aplicarán a la muestra tal como fueron proporcionadas. INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C. Deslinda responsabilidad de la información proporcionada por el cliente. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de INSPECTION & TESTING SERVICES DEL PERU S.A.C.

## Anexo 11. Fotografías de la Investigación

### Anexo 11.1. Proceso de elaboración de la piña samba deshidratada



Foto 1. Selección de la piña M1



Foto 2. Selección de la piña M2



Foto 3. Descoronado y Lavado



Foto 4. Desinfección de materia prima y materiales



Foto 5. Pesado 1



Foto 6. Pelado



Foto 7. Descorazonado



Foto 8. Pulpa de piña descorazonada



Foto 9. Medicion 0.5 cm de grosor.



Foto 10. Rodajeado



Foto 11. Pesado



Foto 12. Deshidratado a 40, 45 y 50°C



Foto 13. Glaseado



Foto 14. Secado



Foto 15. Pesado

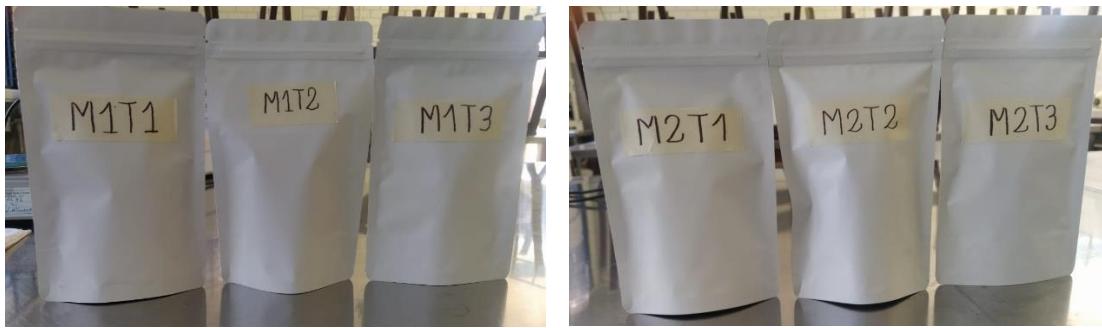


Foto 16. Envasado M1

Foto 17. Envasado M2



Foto 17. Sellado y almacenado

#### Anexo 11.3. Glaseado de la piña samba deshidratada



Figura 18. Peso de agua, azúcar blanca y ácido ascorbílico.



Figura 19. Preparación del jarabe

## Anexo 11.2. Análisis fisicoquímico de la materia prima



Figura 20. pH de la piña samba



Figura 20. Acidez titulable de la piña samba

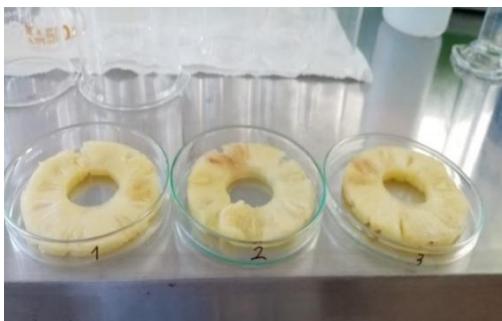


Figura 21. Determinación de humedad

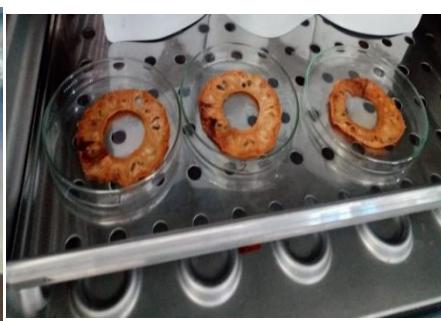


Foto 22. Materiales y preparación de reactivos para la determinación de vitamina C



Foto 23. Determinación de vitamina C