

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**“EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO EN LA
CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO ASCÓRBICO EN NÉCTAR DE TUMBO SERRANO
(*Passiflora mollissima*)”**

TESIS

Para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias

Presentada por la Bachiller:

RUTH YESENIA VALLEJOS DÍAZ

Asesor:

MCs. Ing. DAVID RICARDO URIOL VALVERDE

CAJAMARCA – PERÚ

2026

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador: Ruth Yesenia Vallejos Díaz
2. DNI: 73142809

Escuela Profesional/Unidad UNC: Ingeniería en Industrias Alimentarias
3. Asesor: Ing. M. Cs. David Ricardo Uriol Valverde
Facultad/Unidad UNC: Ciencias Agrarias
4. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
5. Tipo de Investigación
6. Título de Trabajo de Investigación
"EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO EN LA
CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO ASCÓRBICO EN NÉCTAR DE TUMBO
SERRANO (*Passiflora mollisima*)."
7. Fecha de evaluación: 21/02/2026
8. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (ORIGINAL) (*)
9. Porcentaje de Informe de Similitud: 20%
10. Código Documento: oid:::3117:559362142
11. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha de emisión: 02/03/2026

<i>Firma y/o Sello</i> <i>Emisor Constancia</i>
 Ing. M. Cs. David Ricardo Uriol Valverde DNI. 26717317



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los diecinueve días del mes de enero del año dos mil veintiséis, se reunieron en el ambiente 2H - 204 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 104-2025-FCA-UNC, de fecha 07 de febrero del 2025**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: **"EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO EN LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO ASCÓRBICO EN NÉCTAR DE TUMBO SERRANO (*Passiflora mollisima*)"**, realizada por la Bachiller RUTH YESENIA VALLEJOS DÍAZ para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las ocho horas y quince minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciséis (16); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las nueve horas y diez minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.



Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz
PRESIDENTE



Dr. José Gerardo Salhuana Granados
SECRETARIO



Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones
VOCAL



Ing. M. Cs. David Ricardo Uriol Valverde
ASESOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por su guía constante; a mis padres, por su amor, esfuerzo y apoyo incondicional; y a mis hermanos Mateo, Thiago, Diana y Angie, por ser parte esencial en mi camino.

A mis abuelos Raúl, Carmen y Santos, por su ejemplo y enseñanzas; a mis tíos Enzo, Santiago, Jorge Vallejos, Susan, David Díaz y a mi madrina Bertila, por sus consejos y respaldo.

Al Ing. David Ricardo Uriol Valverde, por su valiosa orientación como asesor de esta tesis.

A mis amigos Eduardo Arribasplata, Doris Villegas, Anel Gallardo, Yuleyci Cieza, Jorge Zambrano, Erick Nolberto, Víctor Santa Cruz, Adrián Quispe y al Dr. Abel Tenorio, por su amistad, motivación y apoyo.

A Iris Díaz, por su dedicación y constante inspiración.

A la Universidad Nacional de Cajamarca, por ser el espacio que formó mi crecimiento académico y personal.

Y a quienes, con su afecto, ejemplo o compañía —incluidos mis fieles compañeros peludos—, contribuyeron de alguna forma a la culminación de este logro.

“Esta tesis es un homenaje a todos ustedes, que creyeron en mí cuando yo misma dudaba, me enseñaron que la perseverancia es la clave para desbloquear los sueños, y a los que me recordaron que la pasión es el combustible que impulsa el éxito. Este trabajo es un reflejo de su apoyo, sabiduría y amor. Gracias por ser parte de mi camino.”

A todos, mi más sincero agradecimiento.

Ruth Vallejos

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme la fortaleza y el valor necesarios para culminar esta etapa de mi vida, y por acompañarme en cada paso de este camino.

A mis padres, Leoncio Vallejos y Elizabeth Díaz, por su dedicación, esfuerzo y apoyo incondicional. Su ejemplo ha sido el motor de mis logros y la guía fundamental en mi formación personal y profesional.

Expreso mi profundo agradecimiento al Ing. David Ricardo Uriol Valverde, asesor de esta tesis, por su orientación, paciencia y compromiso durante el desarrollo de este trabajo.

Agradezco también a todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, en especial a los ingenieros Yoner Alito Salas Pastor y William Minchán Quispe, por su acompañamiento académico y formación integral.

A mis amigas y amigos, gracias por su amistad, palabras de aliento y compañía a lo largo de esta etapa universitaria.

A BTS, por ser una fuente constante de motivación e inspiración personal a través de su música y mensaje, recordándome que la perseverancia es la clave para alcanzar los sueños.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento por creer en mí y acompañarme en la concreción de este importante logro académico.

Ruth Vallejos

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	1
ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
CAPÍTULO I	8
INTRODUCCIÓN	8
1.1. Descripción del problema	9
1.2. Formulación del problema	9
1.3. Justificación	10
1.4. Objetivos	11
1.4.1. Objetivo general	11
1.4.2. Objetivos específicos	11
1.5. Hipótesis	11
1.6. Variables	11
1.6.1. Variable dependiente	11
1.6.2. Variable independiente	11
CAPÍTULO II	12
REVISIÓN DE LITERATURA	12
	1

2.1.	Antecedentes	12
2.2.	Marco teórico	14
2.2.1.	Tumbo serrano	14
2.2.2.	Ácido ascórbico (vitamina C)	19
2.2.3.	Método volumétrico con 2,6-diclorofenolindofenol para la determinación de vitamina C (método oficial AOAC 967.21)	23
2.2.4.	Néctar	24
2.2.5.	Cinética de degradación de ácido ascórbico	25
2.3.	Definición de términos	28
CAPÍTULO III		30
MATERIALES Y MÉTODOS		30
3.1.	Ubicación	30
3.2.	Materiales	31
3.3.	Metodología	34
3.3.1.	Metodología experimental	34
CAPÍTULO IV		44
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		44
4.1.	Análisis del fruto de tumbo serrano	44
4.2.	Concentración de ácido ascórbico en el néctar de tumbo serrano, almacenado a temperatura ambiente y en refrigeración	47
4.3.	Ajuste cinético del ácido ascórbico	52
4.3.1.	Ajuste cinético del contenido de ácido ascórbico a temperatura ambiente	52

4.3.2. Análisis de regresión del contenido de ácido ascórbico a temperatura de refrigeración	55
4.3.3. Comparación del comportamiento cinético del ascórbico en función de la temperatura	57
4.4. Análisis estadístico: efecto del tiempo de almacenamiento y temperatura sobre la concentración de ácido ascórbico	59
4.5. Análisis de efectos sobre la concentración de ácido ascórbico	61
4.6. Efectos principales y comportamiento del ácido ascórbico	62
4.7. Superficie de respuesta y análisis de contornos	63
4.8. Datos adicionales: relación entre el pH y la concentración de ácido ascórbico durante el almacenamiento	65
CAPÍTULO V	67
CONCLUSIONES	67
CAPÍTULO VI	68
RECOMENDACIONES	68
CAPÍTULO VII	69
BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXO	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Composición química del tumbo serrano sin cáscara en 100 g de alimento</i>	16
Tabla 2 <i>Composición fisicoquímica de la pulpa de <i>Passiflora mollisima</i></i>	17
Tabla 3 <i>Operacionalización de variables</i>	35
Tabla 4 <i>Propiedades fisicoquímicas del fruto (pulpa de tumbo serrano)</i>	44
Tabla 5 <i>Propiedades físicas del fruto de tumbo serrano</i>	46
Tabla 6 <i>Concentración de ácido ascórbico en el néctar almacenado a ambiente y refrigeración</i>	48
Tabla 7 <i>Contenido total de ácido ascórbico por unidad de consumo (250 mL) y comparación según condiciones de almacenamiento</i>	51
Tabla 8 <i>Resumen del ajuste cinético del ácido ascórbico en néctar de tumbo serrano</i>	59
Tabla 9 <i>Análisis de varianza (ANOVA) para la concentración de ácido ascórbico según tiempo y temperatura de almacenamiento</i>	60
Tabla 10 <i>Evolución del pH y Ácido Ascórbico en néctar de poro poro bajo dos condiciones de almacenamiento</i>	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Flor de tumbo serrano o "poro poro" (Passiflora mollissima)</i>	18
Figura 2 <i>Frutos de tumbo serrano o "poro poro" del monte (Passiflora mollissima)</i>	19
Figura 3 <i>Estructura del ácido ascórbico</i>	20
Figura 4 <i>Estructuras de los ácidos L-ascórbico y L-deshidroascórbico y de sus formas isoméricas. (Los asteriscos indican que poseen actividad vitamina C)</i>	21
Figura 5 <i>Degradación de la vitamina C</i>	23
Figura 6 <i>Reacción de la vitamina C con el 2,6-diclorofenolindofenol</i>	24
Figura 7 <i>Croquis de ubicación</i>	30
Figura 8 <i>Material de vidrio empleado en el laboratorio para el análisis de vitamina C en el néctar</i>	32
Figura 9 <i>Reactivos utilizados en la determinación de vitamina C en el néctar</i>	33
Figura 10 <i>Croquis de ubicación del caserío Alto Miraflores-Centro poblado Otuzco</i>	36
Figura 11 <i>Diagrama de flujo para elaborar el néctar</i>	38
Figura 12 <i>Almacenamiento de néctar de tumbo serrano a temperatura ambiente y refrigeración</i>	41
Figura 13 <i>Ajuste cinético de la concentración de ácido ascórbico vs. tiempo a temperatura ambiente</i>	53
Figura 14 <i>Ajuste cinético de la concentración de ácido ascórbico vs. tiempo a temperatura de refrigeración</i>	56
Figura 15 <i>Diagrama de Pareto estandarizado para ácido ascórbico</i>	61
Figura 16 <i>Gráfica de efectos principales para ácido ascórbico</i>	62
Figura 17 <i>Contornos de la superficie de respuesta estimada</i>	64

RESUMEN

El presente estudio evaluó el efecto del tiempo (45 días) y la temperatura de almacenamiento sobre la concentración de ácido ascórbico en néctar de tumbo serrano (*Passiflora mollisima*). El néctar fue elaborado a partir de frutos frescos recolectados en el caserío Alto Miraflores (Cajamarca- Otuzco) y almacenado bajo dos condiciones: temperatura ambiente (20-23 °C) y refrigeración (3-4 °C). La determinación del ácido ascórbico se realizó mediante el método volumétrico AOAC 967.21, analizando muestras cada 5 días. Los resultados demostraron una disminución progresiva del contenido de vitamina C en ambas condiciones, siendo significativamente más acelerada a temperatura ambiente. Al día 45, se registró una pérdida del 41 % (de 17,92 a 10,57 mg/100 mL) a temperatura ambiente y del 32 % (de 19,45 a 13,23 mg/100 mL) en refrigeración. El análisis cinético reveló que la degradación del ácido ascórbico siguió una reacción de primer orden a temperatura ambiente ($R^2 = 0,9337$) y de orden cero en refrigeración ($R^2 = 0,9701$). El análisis de varianza (ANOVA) confirmó que tanto el tiempo como la temperatura de almacenamiento tienen un efecto estadísticamente significativo ($p < 0,05$). Se concluye que el almacenamiento refrigerado a 3-4 °C es la condición óptima para preservar el contenido de vitamina C en el néctar de tumbo serrano, minimizando su degradación y conservando así su valor nutricional.

Palabras clave: Tumbo serrano, *Passiflora mollisima*, ácido ascórbico, vitamina C, cinética de degradación, almacenamiento, refrigeración, néctar.

ABSTRACT

The present study evaluated the effect of storage time (45 days) and temperature on the concentration of ascorbic acid in tumbo serrano (*Passiflora mollissima*) nectar. The nectar was produced from fresh fruits collected in the Alto Miraflores hamlet (Cajamarca-Otuzco) and stored under two conditions: room temperature (20-23 °C) and refrigeration (3-4 °C). Ascorbic acid content was determined using the AOAC 967.21 volumetric method, analyzing samples every 5 days. The results showed a progressive decrease in vitamin C content under both conditions, which was significantly faster at room temperature. By day 45, a loss of 41% (from 17,92 to 10,57 mg/100 mL) was recorded at room temperature, and 32% (from 19,45 to 13,23 mg/100 mL) under refrigeration. Kinetic analysis revealed that ascorbic acid degradation followed a first-order reaction at room temperature ($R^2 = 0,9337$) and a zero-order reaction under refrigeration ($R^2 = 0,9701$). Analysis of variance (ANOVA) confirmed that both storage time and temperature had a statistically significant effect ($p < 0,05$). It was concluded that refrigerated storage at 3-4 °C is the optimal condition for preserving the vitamin C content in tumbo serrano nectar, minimizing its degradation and thus maintaining its nutritional value.

Keywords: Tumbo serrano, *Passiflora mollissima*, ascorbic acid, vitamin C, degradation kinetics, storage, refrigeration, nectar.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existe una tendencia creciente hacia alimentos con un perfil nutricional que aporte a la salud humana (Murillo-Serna & Rodríguez-Salazar, 2018). Ante esta demanda el procedimiento de bebidas a base de por poro o tumbo serrano surge como una alternativa innovadora, debido a que este fruto destaca por su elevado contenido de vitamina C (Huamaní Salazar, 2022).

Este micronutriente hidrosoluble es esencial para el ser humano, ya que actúa como un potente antioxidante, es fundamental para la síntesis de colágeno y fortalece el sistema inmunológico (National Institutes of Health [NIH], 2019). Sin embargo, es un compuesto notablemente termolábil, fotosensible durante el procesamiento y almacenamiento (Bastías & Cepero, 2016).

La elaboración de néctares es una vía que ayuda a conservar y dar un valor agregado. No obstante, al elaborar estos productos pueden experimentar pérdidas de ácido ascórbico, durante la elaboración o procesamiento, periodo de almacenamiento y condiciones de almacenamiento. Por ejemplo, en la pasteurización del néctar se destruye la mayor parte de vitamina pasando de ácido L-ascórbico (vitamina C) a ácido deshidroascórbico, afectando esto al valor nutricional del néctar (Páez et al., 2007).

El objetivo de este trabajo de investigación fue determinar el efecto del tiempo y temperatura de almacenamiento en la concentración de ácido ascórbico en néctar de tumbo serrano (*Passiflora mollissima*), a través de la determinación del contenido de ácido ascórbico del néctar a diferentes temperaturas de almacenamiento (ambiente y refrigeración).

1.1. Descripción del problema

La vitamina C es un indicador de la pérdida de calidad que existe en los alimentos puesto que esta se descompone con facilidad en el procesamiento y conservación (Katz, 2018). Además, la temperatura y el tiempo de almacenamiento tienen un impacto significativo en la concentración de ácido ascórbico (vitamina C), debido a que esta es termolábil y fotosensible (Bastías & Cepero, 2016). Cuando se almacenan los néctares a temperaturas altas o durante periodos prolongados, la vitamina C se descompone rápidamente, lo que puede afectar significativamente la calidad nutricional del producto final. Para preservar la integridad nutricional del néctar, es crucial almacenarlo en entornos frescos y oscuros, donde la temperatura y la luz no pueda influir negativamente en la estabilidad de la vitamina C (Hernández Ramírez et al., 2021). Por ello, se realizó un estudio detallado para comprender cómo el tiempo y la temperatura de almacenamiento afecta la concentración de ácido ascórbico (vitamina C) en los néctares de tumbo serrano. Asimismo, en la región de Cajamarca crecen plantas de tumbo serrano, pero a pesar del potencial biológico su aprovechamiento agroindustrial es limitado, predominando su consumo en estado fresco y en jugos; en consecuencia, la transformación de este fruto en néctar surge como una estrategia para otorgar un valor agregado y aprovechar sus beneficios nutricionales.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto del tiempo y temperatura de almacenamiento en la concentración de ácido ascórbico en néctar de tumbo serrano (*Passiflora mollisima*)?

1.3. Justificación

El ácido ascórbico (vitamina C) es un micronutriente esencial con propiedades antioxidantes ampliamente utilizado como indicador de calidad nutricional en alimentos. Sin embargo, es altamente inestable frente a factores como la temperatura, el oxígeno y la luz, lo que favorece su degradación durante el almacenamiento y procesamiento (Riera y Gómez, 2019; Barreto y Rojas, 2021).

Desde un enfoque práctico, los resultados de esta investigación permitirán identificar las condiciones óptimas de almacenamiento que favorezcan la conservación de la vitamina C en el néctar de tumbo serrano. Esta información permite ver la disponibilidad del ácido ascórbico en el néctar; además sería un indicador de su vida útil durante el proceso de almacenamiento o tratamiento (Murillo et al., 2023). Asimismo, el estudio contribuye a revalorar el potencial de un fruto nativo de la región de Cajamarca como materia prima para alimentos funcionales con valor agregado.

Metodológicamente, el estudio se desarrolla bajo un enfoque experimental cuantitativo, mediante la determinación de la concentración de ácido ascórbico durante 45 días de almacenamiento en condiciones controladas: temperatura ambiente y refrigeración. Para ello, se emplea el método volumétrico oficial AOAC 967.21 con 2,6-diclorofenol-indofenol (AOAC, 1968). Además, se aplica un análisis de orden de reacción ya sea orden cero u orden uno, lo cual permite identificar el comportamiento de la degradación del ácido ascórbico en función del tiempo y la temperatura (Murillo Baca et al., 2023).

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Determinar el efecto del tiempo y temperatura de almacenamiento en la concentración de ácido ascórbico en néctar de tumbo serrano (*Passiflora mollisima*).

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto del tiempo de almacenamiento en la concentración de ácido ascórbico en néctar de tumbo serrano (*Passiflora mollisima*) a temperatura ambiente.
- Determinar el efecto del tiempo de almacenamiento en la concentración de ácido ascórbico en néctar de tumbo serrano (*Passiflora mollisima*) a temperatura refrigeración.

1.5. Hipótesis

A mayor tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente y en refrigeración, disminuye la concentración de ácido ascórbico en el néctar de tumbo serrano (*Passiflora mollisima*).

1.6. Variables

1.6.1. Variable dependiente

- Ácido ascórbico

1.6.2. Variable independiente

- Tiempo y temperatura de almacenamiento

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Huamaní Salazar (2022) desarrolló un estudio titulado “Elaboración de puré de tumbo serrano (*Passiflora mollissima* H.B.K.) maximizando la retención del ácido ascórbico”, con el objetivo de determinar la formulación y el tratamiento térmico óptimo para preservar el contenido de vitamina C. Mediante la aplicación del método Taguchi y superficie de respuesta, los resultados indicaron que la dilución y la temperatura son los factores más críticos, logrando una retención óptima de 26,30 mg/100 g a 94,04 °C. Este estudio aporta evidencia sobre el comportamiento térmico del ácido ascórbico en productos procesados a base de tumbo serrano, lo que resulta relevante para la presente investigación, ya que permite comparar cómo influyen las condiciones de almacenamiento postproceso (como temperatura ambiente o refrigeración) sobre la estabilidad de este compuesto en néctares, contribuyendo al desarrollo de productos funcionales con mayor valor agregado y vida útil optimizada.

Granados Palomino (2022) investigó la “Influencia de la temperatura y el tiempo de almacenado en el contenido de ácido ascórbico, propiedades fisicoquímicas y capacidad antioxidante del zumo de puro puro (*Passiflora pinnatistipula* Cav.)”. La investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la refrigeración (4 °C y 8 °C) durante periodos de 7 y 14 días sobre la calidad del zumo. Para la determinación de vitamina C se utilizó el método del 2,6-diclorofenolindofenol mediante lectura espectrofotométrica. El análisis estadístico mediante un diseño factorial 2² indicó que la interacción entre tiempo y temperatura no mostró efectos significativos sobre la concentración de ácido ascórbico ni sobre las propiedades fisicoquímicas y antioxidantes del zumo. Este estudio proporciona información relevante sobre la estabilidad del ácido ascórbico en jugos de especies del género *Passiflora* sometidos a almacenamiento en frío.

Barreto y Rojas (2021) en su investigación titulada “Conservación por refrigeración y congelación de la pulpa de camu camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaughn)”, evaluaron el efecto de diferentes temperaturas de almacenamiento (ambiente, refrigeración y congelación) en la degradación del ácido ascórbico durante 24 horas. Los resultados evidenciaron una mayor degradación del ácido ascórbico a temperaturas más elevadas, siendo más estable bajo condiciones de refrigeración y congelación. Identificando que la refrigeración a 4 °C y la congelación minimizan significativamente la pérdida de vitamina C en comparación con la exposición a temperatura ambiente. Este estudio respalda los efectos protectores de las bajas temperaturas sobre la estabilidad del ácido ascórbico en matrices frutales.

Riera y Gómez (2019) investigaron la influencia de las condiciones de almacenamiento y la adición de azúcar sobre la degradación de vitamina C en jugos frescos de maracuyá, pitahaya, limón y grosella. Las muestras fueron almacenadas a 8 °C y 28 °C, con y sin adición de azúcar, durante ocho horas, con el fin de monitorear la variación en la concentración de ácido ascórbico. Los resultados mostraron que la velocidad de degradación fue mayor a 28 °C que a 8°C, y al añadir el azúcar esta modifica la cinética de reacción en algunos casos. Este antecedente sustenta que la temperatura y la formulación del producto (como la adición de azúcar) tienen un impacto directo sobre la estabilidad del ácido ascórbico, lo cual se relaciona con la presente investigación al analizar cómo el tiempo y la temperatura de almacenamiento afectan la concentración de vitamina C en néctares de tumbo serrano (*Passiflora mollissima*), considerando también el modelo cinético de su degradación.

Montalvo y Canteño (2019) estudiaron la cinética de estabilidad de la vitamina C, antocianinas y actividad antioxidante en una bebida elaborada a base de tumbo (*Passiflora mollissima*) y mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*), almacenaron la bebida a 4 °C y 25 °C durante un periodo de 45 días. Los resultados revelaron que, partiendo de un valor inicial de 86,30 µg/mL, la vitamina C se degradó totalmente en ambos tratamientos al finalizar el periodo

de estudio. Este resultado evidenció que tanto la temperatura como el tiempo de almacenamiento influyen negativamente en la estabilidad del ácido ascórbico, así como en la actividad antioxidante y en las antocianinas del producto. Este antecedente refuerza la importancia de controlar las condiciones de almacenamiento para preservar la vitamina C en productos elaborados a base de tumbo, coincidiendo con los objetivos de la presente investigación respecto a la degradación del ácido ascórbico en néctar de tumbo serrano bajo condiciones similares.

Maeda et al. (2007) estudiaron la estabilidad del ácido ascórbico y de las antocianinas en el néctar de camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh), fruta amazónica reconocida por su alto contenido de vitamina C, la investigación consistió en monitorear el néctar durante 120 días bajo distintas condiciones de temperatura (refrigeración y ambiente) y exposición lumínica, los resultados determinaron que la refrigeración es el factor determinante para la preservación de la vitamina C, mientras que la exposición a la luz no presentó un efecto estadísticamente significativo en este tipo de matriz. Este estudio resalta el papel clave de la temperatura en el almacenamiento de productos derivados de frutas tropicales para la preservación del ácido ascórbico.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Tumbo serrano

El tumbo serrano (*Passiflora mollissima*), conocido también como *poro poro*, *curuba* o *taxo*, es una planta trepadora nativa de las regiones andinas que se desarrolla entre los 2 000 y 4 000 m.s.n.m. (Calzada, 1980, como se citó en Huamaní Salazar, 2022). Su fruto, de forma elipsoidal y tamaño similar a un huevo de gallina, es apreciado por su pulpa jugosa de sabor agridulce y aroma característico (Brack, 1999, como se citó en Montalvo y Canteño, 2019).

2.2.1.1. Clasificación taxonómica

Según Calzada (1980, como se citó en Huamaní, 2022) su clasificación taxonómica es la siguiente:

- Reino: plantae
- División: fanerógamas
- Subdivisión: angiospermas
- Clase: dicotiledónea
- Subclase: arquiclamídeas
- Orden: parietales
- Suborden: flacaurtriae
- Familia: passiflora
- Especie: passiflora mollissima H.B.K

2.2.1.2. Sinonimias

El tumbo serrano también es conocido como: poro poro (Perú), curuba (Colombia), parcha (Venezuela), granadilla cimarrona (México), taxo (Ecuador), banana passion Fruit, soltleaf passion flower (nombre en inglés). (Calzada, 1980)

2.2.1.3. Composición química

Según el Ministerio de Salud (MINSA, 2017) en las “tablas peruanas de composición de alimentos”, la composición química del tumbo serrano sin cáscara es la siguiente:

Tabla 1

Composición química del tumbo serrano sin cáscara en 100 g de alimento

Composición	Valor
Energía	37,00 kcal
Agua	84,5 g
Proteína	2,1 g
Grasas totales	0,4 g
Carbohidrato total	12,1 g
Carbohidrato disponible	7,4 g
Fibra	4,8 g
Cenizas	1,0 g
Calcio	8 mg
Fósforo	34 mg
Hierro	0,28 mg
β caroteno	0,012 mg
Vitamina A	0,002 mg
Tiamina	0,02 mg
Riboflavina	0,11 mg
Niacina	4,56 mg
Vitamina C	159,94 mg
Sodio	4 mg
Potasio	447 mg

Nota. Composición nutricional del fruto de “tumbo serrano código C-89”. MINSA (2017, p.34-35).

2.2.1.4. Características fisicoquímicas del fruto de tumbo serrano

Según Vera Cieza (2020), la pulpa del tumbo serrano presenta diferentes propiedades fisicoquímicas que la caracterizan, las cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2*Composición fisicoquímica de la pulpa de Passiflora mollisima*

Parámetro	Índice de madurez			
	Verde	Pintón	Maduro	Promedio
pH	3,01 ± 0,16	2,97 ± 0,18	2,86 ± 0,04	2,95 ± 0,08
Sólidos solubles (°Brix)	12,53 ± 0,47	12,86 ± 0,36	12,66 ± 0,22	12,68 ± 0,17
Acidez titulable (g/mL)	0,58 ± 0,06	0,49 ± 0,07	0,50 ± 0,13	0,52 ± 0,05
Humedad (%)	49,23 ± 2,69	46,70 ± 2,28	49,86 ± 0,28	48,60 ± 1,67

Nota. Tomado de Vera Cieza (2020).

De acuerdo con Encina y Carpio (2011), la composición fisicoquímica de la pulpa de tumbo serrano es: humedad 87,32 ($\pm 1,84$), pH de 3,28 ($\pm 0,08$), y sólidos solubles (°Brix) de 12 ($\pm 0,5$). Además, el contenido de ácido ascórbico es de 61,80 ($\pm 3,58$) (mg/100 g).

2.2.1.5. Importancia y usos

La *Passiflora mollisima*, también conocida como tumbo serrano, taxo o curuba, es una fruta que ha ganado popularidad en la gastronomía, en la industria de alimentos y bebidas debido a sus múltiples usos y beneficios. En muchos países de América del Sur, la fruta fresca se consume sola o como parte de ensaladas de frutas, postres o jugos gracias a su sabor agridulce característico; además, la pulpa del tumbo serrano se utiliza para preparar jugos, néctares y bebidas refrescantes, lo que lo hace una opción atractiva para la industria alimentaria. También se utiliza para elaborar helados, sorbetes, mermeladas, yogures y otros productos procesados, gracias a su sabor único y su valor nutricional. (César y Lavado, 2016)

El tumbo serrano es una fruta hidratante, baja en calorías, pero rica en minerales y vitaminas, además tiene propiedades curativas para cálculos renales, disuria y dolor de barriga. entre otras aplicaciones médicas. Es rico en vitamina C (ácido ascórbico), A y B, tiamina, riboflavina, niacina, además de calcio, fósforo, hierro y fibra, contiene un antioxidante que aumenta la absorción de hierro a nivel gástrico, lo que lo hace ideal para prevenir y tratar la

anemia cuando se consume en combinación con hierro (Moreno et al., 2000, como se citó en Montalvo y Canteño, 2019). La síntesis de colágeno apoyada por este antioxidante beneficia a los cartílagos, ligamentos, huesos, tendones, dientes y vasos sanguíneos. También se han reportado propiedades inmunomoduladores, antialérgicas y antiinflamatorias, lo que lo hace útil para prevenir y tratar resfriados y gripe. Se ha sugerido que el tumbo serrano puede tener un papel en el tratamiento del colesterol alto. Además, contiene serotonina, un neurotransmisor esencial para el buen funcionamiento del sistema nervioso, y su deficiencia ha sido relacionada con varios trastornos neurológicos (Moreno et al., 2000, como se citó en Montalvo y Canteño, 2019).

2.2.1.6. Características de la planta de tumbo serrano

León (1968, como se citó en Huamaní, 2022) describe al tumbo serrano como una planta trepadora de tallos cilíndricos, hojas ovadas u oblongas de 6 a 12 cm de largo, con pecíolo que presenta glándulas cerca de la lámina. Las hojas son trilobuladas y las flores tienen un tubo de corola muy largo, de 6 a 10 cm de longitud, con pétalos cortos rosados. La corona está reducida a filas de papilas diminutas. En la Figura 1 se puede observar la morfología de la planta.

Figura 1

Flor de tumbo serrano o "poro poro" (Passiflora mollissima)



Nota. Registro fotográfico de la floración de poro poro (*Passiflora mollissima*) en Cajamarca.

Sus frutos son oblongos, su cáscara es suave, miden de 6 a 9 cm de largo y de 4 a 5 cm de diámetro. Su interior está lleno de semillas redondeadas cubiertas de un mucílago anaranjado o arilos con jugo, de aroma aromático y de sabor dulce-ácido, se propaga por semillas y suele crecer sobre cercos y paredes de las viviendas. Sus flores, consideradas entre las más bellas del mundo, son polinizadas por abejas, avispas y varias especies de colibríes (Brack, 1999, como se citó en Montalvo y Canteño, 2019). En la Figura 2 se puede observar su apariencia externa e interna del fruto.

Figura 2

Frutos de tumbo serrano o "poro poro" del monte (Passiflora mollissima)



Nota. Registro fotográfico de los frutos en estado de madurez, recolectados directamente de plantas silvestres en Cajamarca. Se observa la forma oblonga y el color característico del fruto.

2.2.2. Ácido ascórbico (vitamina C)

El ácido L-ascórbico, comúnmente conocido como vitamina C, es una vitamina hidrosoluble que actúa como un potente agente reductor y antioxidante en sistemas biológicos (Badui Dergal, 2006).

La vitamina C es un derivado de los hidratos de carbono (su síntesis química parte de la D-glucosa). Tiene una estructura de cetona cíclica que corresponde a la forma enólica de la 3-ceto-1-gulofuranolactona; contiene un enol entre los carbonos 2 y 3 que la hace un agente ácido y altamente reductor, por lo que se oxida muy fácilmente (Maiani et al., 1993, como se citó en Badui, 2006).

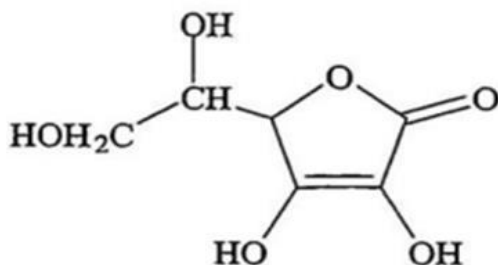
El ácido ascórbico es esencial para la producción de colágeno, la formación de huesos, dientes y cartílagos, así como para el funcionamiento adecuado de los capilares sanguíneos. También desempeña un papel importante en diversas reacciones químicas relacionadas con la oxidación-reducción y la hidroxilación de hormonas esteroideas y aminoácidos aromáticos. Por su estructura química, esta vitamina se considera como la más susceptible y reactiva de todas las vitaminas. Esta característica ha llevado a algunos investigadores a sugerir que el residuo de vitamina C en los alimentos pueda ser utilizado como indicador de retención de nutrientes: si la vitamina C logra mantenerse estable durante el procesamiento, almacenamiento y otros factores similares, se puede inferir que los demás nutrientes también están poco afectados (Badui, 2006).

2.2.2.1. Estructura del ácido ascórbico

Su estructura química ($C_6H_8O_6$), que consiste en seis átomos de carbono, ocho átomos de hidrógeno y seis átomos de oxígeno. Su estructura se compone de un anillo de seis carbonos con grupos funcionales hidroxilo y cetona, como se observa en la Figura 3. Esta estructura es fundamental para las propiedades antioxidantes y otras funciones biológicas del ácido ascórbico en el cuerpo humano.

Figura 3

Estructura del ácido ascórbico

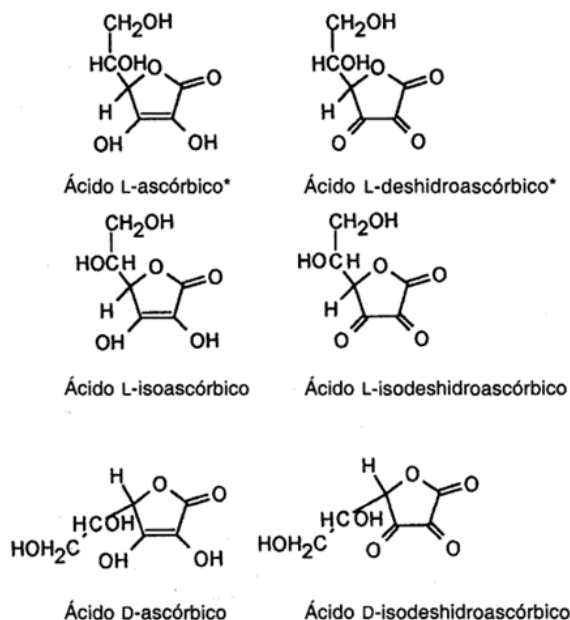


Nota. Adaptado de “Vitamina C” (p.1), por RACIM, 2020, Red Argentina de Centros de Información de Medicamentos, Ficha técnica versión 1.

El ácido L-ascórbico (AA) es un compuesto afín a los carbohidratos (Figura 4) con propiedades ácidas y reductoras debidas al resto 2,3-enodiol; es un compuesto muy polar y, por tanto, es muy soluble en disoluciones acuosas e insoluble en disolventes apolares (Jesse F. Gregory III., 2000).

Figura 4

Estructuras de los ácidos L-ascórbico y L-deshidroascórbico y de sus formas isoméricas. (Los asteriscos indican que poseen actividad vitamina C)



Nota. Adaptado de *Food Chemistry, Third Edition* (p.667), por Jesse F. Gregory III., 2000, University of Wisconsin-Madison.

2.2.2.2. Fuentes de obtención de vitamina C

Al ser una vitamina que los humanos no podemos sintetizar, debe obtenerse exclusivamente de la dieta. Se encuentra ampliamente distribuida en frutas y hortalizas, siendo fuentes ricas en vitamina C los cítricos, el camu camu, el poro poro, los pimientos y las verduras de hoja verde (RACIM, 2020). La ingesta diaria recomendada varía según edad, sexo y condición fisiológica, pero para un adulto promedio se establece alrededor de los 90 mg/día para hombres y 75 mg/día para mujeres (NIH, 2019).

2.2.2.3. Degradación del ácido ascórbico

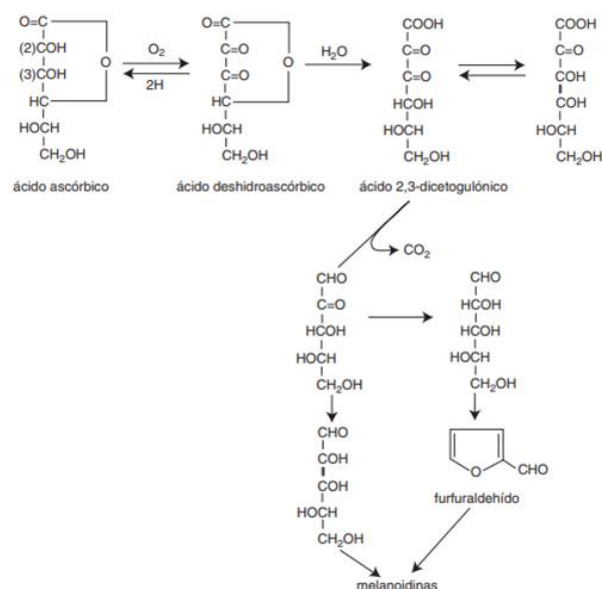
La degradación del ácido ascórbico, es un proceso que puede ocurrir en diversas condiciones como:

- Disponibilidad del oxígeno, temperatura, pH (más estable en pH ácido), metales de transición (hierro y cobre) y luz; además influyen algunas sales, actividad de agua, los peróxidos, ciertas enzimas (el ácido ascórbico oxidasa que contiene cobre) y la presencia de otras vitaminas sobre todo de la riboflavina por ser fotosensible. Además, la influencia del oxígeno destruye esta vitamina por lo que se recomienda que para la concentración de los jugos de cítricos se realice a baja temperatura, al vacío y en recipientes que no estén expuestos al aire (Badui, 2006).
- Se han identificado tres categorías principales de productos resultantes: intermediarios polimerizados, ácidos carboxílicos insaturados y fragmentos con cinco o menos carbonos, es importante tener en cuenta que algunos de estos productos pueden afectar negativamente al sabor, aroma u olor durante su almacenamiento si no se les brinda un tratamiento adecuado (Jesse F. Gregory III., 2000).

En resumen, la degradación del ácido ascórbico es un proceso que puede ser acelerado por factores como la exposición a la luz, el calor, el pH y la presencia de metales catalíticos. Como se observa en la Figura 5, su oxidación conduce primero a la formación de ácido deshidroascórbico y, posteriormente, a compuestos no activos biológicamente. Para conservar la vitamina C en los alimentos, es importante almacenarlos adecuadamente, evitar la exposición a la luz y utilizar métodos de cocción suaves. Además, es recomendable evitar el contacto con metales y mantener un pH adecuado en los alimentos. De esta manera, se puede minimizar la degradación del ácido ascórbico y aprovechar al máximo sus beneficios nutricionales.

Figura 5

Degradación de la vitamina C



Nota. La vitamina C se oxida con facilidad mediante una reacción reversible para producir ácido deshidroascórbico. Lo cual establece un sistema de oxidación-reducción. A su vez, el ácido deshidroascórbico sigue oxidándose y se transforma en ácido 2,3-dicetogulónico que carece de actividad biológica. (Badui, 2006, p.390)

2.2.3. Método volumétrico con 2,6-diclorofenolindofenol para la determinación de vitamina C (método oficial AOAC 967.21)

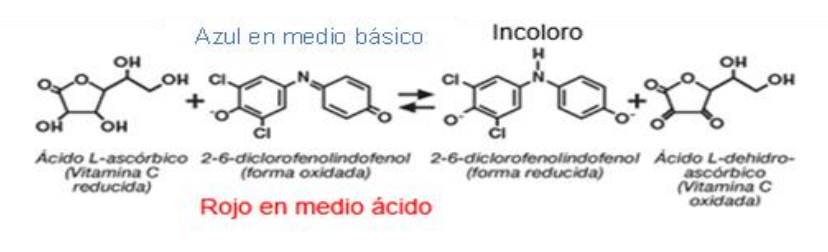
Velasco (2006) explicó que, durante la titulación del ácido ascórbico, este compuesto actúa como agente reductor al reducir el indicador 2,6-diclorofenolindofenol de color azul oxidándose a ácido dehidroascórbico de color rosa. Para mantener las condiciones óptimas de reacción y evitar la auto oxidación del ácido ascórbico a pH elevado, se utiliza una solución HPO_3^- - CH_3COOH , la cual mantiene la acidez necesaria. Este método asegura la precisión del análisis y la conservación del ácido ascórbico durante el proceso de titulación (p. 9).

Este método cuantitativo se basa en el poder reductor del ácido ascórbico sobre los reactivos utilizados. Implica el uso de una solución de concentración y volumen conocidos de un

compuesto que se reduce, mientras que el ácido ascórbico se oxida. Cuando se agrega el colorante (2,6-diclorofenolindofenol) a la muestra, este se reduce mientras que la vitamina C se oxida. Durante este proceso, el colorante se vuelve incoloro. De esta forma, mientras haya vitamina C en la muestra, el color indicador no será visible. Cuando toda la vitamina C presente en la muestra se haya oxidado, el colorante dejará de verse incoloro y se verá de un color rojizo. Para determinar el fin de la titulación, el color rojizo debe persistir durante unos segundos. Si este color desaparece al agitar la muestra a analizar, significa que aún queda vitamina C sin oxidar (Campos Mangas, 2021). En la Figura 6 se muestra la ecuación química general de esta reacción.

Figura 6

Reacción de la vitamina C con el 2,6-diclorofenolindofenol



Nota. El ácido ascórbico actúa como agente reductor, convirtiéndose en ácido deshidroascórbico. El DCPI se reduce, perdiendo su coloración azul. Fuente: Elaboración propia / Adaptado de AOAC, 1968.

2.2.4. Néctar

El néctar de frutas es un producto no fermentado que se obtiene añadiendo al jugo agua con o sin azúcar, miel, almíbar y/o edulcorante. El néctar de frutas mixtas se obtiene a partir de dos o más frutas diferentes. El contenido mínimo de jugo o pulpa del néctar de frutas por volumen/volumen es del 25 % para todas las frutas, con excepción de las frutas que por su alta acidez no permiten estas proporciones. Para estas frutas de alta acidez, el contenido de jugo o

pulpa debe ser suficiente para lograr una acidez mínima de 0,5 % expresada como el ácido orgánico correspondiente por tipo de fruta (Norma Técnica Peruana [NTP 203.110], 2009).

Factores asociados al procesamiento de néctar:

- a. Tratamiento térmico:** durante el procesamiento, se emplean tratamientos térmicos para prolongar su vida útil (Pérez y Sosa, 2013). Sin embargo, este método puede tener efectos adversos, ya que, según Noguera et al. (2018), dependiendo de las características del alimento, puede causar cambios sensoriales y nutricionales, también la pérdida de color, vitaminas y la aparición de sabores u olores no deseables. Estos aspectos son críticos dado que la apariencia es un factor determinante para la aceptación del producto por parte de los consumidores.
- b. Pasteurización:** los néctares se pasteurizan para prolongar su conservación y reducir la actividad enzimática (Veliz Sedano et al., 2017). No obstante, la temperatura de pasteurización puede descomponer azúcares, antocianinas y vitaminas, afectando significativamente las características sensoriales y funcionales del producto.
- c. Temperatura:** la temperatura de almacenamiento es un factor clave que afecta el desarrollo microbiano y los procesos químicos y bioquímicos en los alimentos. Según (Altamirano y Chavarría, 2019), la mayoría de las reacciones químicas se acelera con el aumento de la temperatura, mientras que las bajas temperaturas pueden disminuir la actividad enzimática y afectar la interacción enzima-sustrato. Es fundamental mantener una temperatura óptima que minimice la degradación de los alimentos sin alterar sus propiedades fisiológicas.

2.2.5. Cinética de degradación de ácido ascórbico

El ácido ascórbico (vitamina C) es una vitamina hidrosoluble esencial, altamente sensible a factores como el oxígeno, la luz, el calor y el pH. En productos alimenticios, especialmente en

jugos y néctares, su degradación suele seguir modelos cinéticos que permiten predecir su comportamiento durante el almacenamiento (Murillo Baca et al., 2023).

La cinética de degradación de compuestos bioactivos, como el ácido ascórbico, durante el almacenamiento de productos alimentarios puede analizarse a través del orden de reacción. Esta herramienta permite comprender cómo varía la concentración de una sustancia en función del tiempo, dependiendo de su concentración inicial (Cuse Quispe et al., 2021).

Generalmente, los procesos de degradación en alimentos siguen reacciones de orden cero, primer orden o, en menor medida, órdenes superiores. En una reacción de orden cero, la velocidad de degradación es constante e independiente de la concentración del compuesto; es decir, se pierde una cantidad constante por unidad de tiempo. En cambio, en una reacción de primer orden, la velocidad depende directamente de la concentración del compuesto: a mayor concentración, mayor será la velocidad de degradación (Van Boekel, 2008).

Diversos estudios han aplicado estos modelos para evaluar la estabilidad del ácido ascórbico. Por ejemplo, a temperaturas de refrigeración, el ácido ascórbico puede presentar una cinética de orden cero, debido a la disminución de la actividad enzimática y oxidativa. En contraste, a temperaturas más elevadas, suele observarse un comportamiento de primer orden, indicando una mayor influencia de la concentración inicial en la velocidad de degradación (Montenegro et al., 2020).

La cinética de reacción describe la velocidad con la que ocurre una reacción química y cómo esta se ve influida por factores como la concentración, la temperatura y el tiempo. En alimentos líquidos, la degradación del ácido ascórbico generalmente obedece a una cinética de primer orden, representada por la siguiente ecuación diferencial (Maeda et al., 2007):

$$\frac{dC}{dt} = -kC$$

Donde:

- **C:** es la concentración de ácido ascórbico (mg/100 mL)
- **t:** el tiempo
- **K:** constante de velocidad de degradación.

La forma integrada de esta ecuación es:

$$\ln \ln C = \ln \ln C_0 - kt$$

En condiciones de baja temperatura, donde los mecanismos oxidativos se ralentizan (como en refrigeración), el comportamiento cinético puede ajustarse mejor a una reacción de orden cero, expresada como:

$$\frac{dC}{dt} = -k$$

Y su forma integrada:

$$C = C_0 - kt$$

Según Maeda et al. (2007), este tipo de comportamiento se observa cuando la reacción está limitada por factores externos más que por la disponibilidad del reactivo. Comprender el orden de reacción permite estimar la vida útil del producto y establecer condiciones óptimas de almacenamiento para preservar el valor nutricional del ácido ascórbico.

2.3. Definición de términos

- **Ácido ascórbico:** comúnmente llamado vitamina C, es considerado uno de los más potentes agentes antioxidantes del organismo (Serra y Cafaro, 2007).
- **°Brix:** es una medida de la cantidad de sólidos disueltos que hay en un líquido, que se obtiene a través de la gravedad específica y se usa sobre todo para medir el azúcar disuelto (Mettler Toledo, 2023).
- **Método de indofenol:** método volumétrico que sirve para la determinación de vitamina C en zumos, utilizando el reactivo 2,6-diclorofenolindofenol (Campos Mangas, 2021).
- **Néctar:** es un producto pulposo o no pulposo, sin fermentar, pero fermentable, destinado al consumo directo, obtenido mezclando el zumo (jugo) de fruta y/o toda la parte comestible molida y/o tamizada de frutas, concentrado o sin concentrar, con agua, azúcar o miel, y conservado por medios físicos exclusivamente (Norma Técnica Peruana [NTP 203.110], 2009).
- **Orden de reacción:** Expresión matemática que relaciona la velocidad de una reacción con la concentración de los reactivos. En alimentos, los modelos de orden cero y uno se utilizan comúnmente para describir la degradación de compuestos bioactivos (Quillimamani Soncco et al., 2022).
- **pH:** es una escala numérica utilizada para especificar la acidez o la alcalinidad de la solución acuosa. Es el logaritmo negativo en base 10 de la actividad de los iones de hidrógeno. Las soluciones con un pH menor a 7 son ácidas, por el contrario, las soluciones con un pH mayor a 7 son alcalinas o básicas (Vázquez y Rojas, 2016).
- **Refrigeración:** Método de conservación que reduce la temperatura del alimento entre 0 y 5 °C para disminuir la velocidad de reacciones químicas y microbiológicas, prolongando su vida útil (Umaña Cerros, 2012).

- **Temperatura ambiente:** Condición de almacenamiento a temperatura natural sin refrigeración, normalmente entre 20 y 25 °C, dependiendo del clima local (Umaña Cerros, 2012).
- **Tumbo serrano:** el tumbo serrano "*Passiflora mollisima*" es una planta trepadora tipo enredadera, que crece muy bien en altitudes incluso cercanas a los 4 000 m.s.n.m. Produce frutos de forma elipsoidal y de tamaño similar a un huevo de gallina o en forma de banano (Brack, 1999, como se citó en Rojas, 2015).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Frutas y Hortalizas 2H-109 de la Escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca de la Facultad de Ciencias Agrarias, ubicado en el pabellón 2H; también en el Laboratorio de Química Ambiental del Departamento Académico de Ciencias Químicas y Dinámicas, ambiente 1E – 207 de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicado en el distrito, provincia y departamento de Cajamarca en las coordenadas UTM: N 9206505, E 773507 y una altitud de 2 720 msnm, como se muestra en la figura 7.

Figura 7

Croquis de ubicación



Nota. Vista planta de la UNC- Cajamarca tomada de Google Maps (Google,2025).

3.2. Materiales

a. Material biológico

- **Frutos de tumbo serrano:** 9 kg del fruto, los cuales fueron de tamaño mediano, pintones y maduros; procedentes del Centro Poblado Miraflores (Distrito Baños del Inca).

b. Insumos para el néctar

- Azúcar: CARTAVIO Bolsa 1 kg (2 unidades)
- CMC (carboximetilcelulosa): Distribuidora de químicos “Santa Rosa de Lima” 1 kg, marca Gelycel.
- Ácido cítrico: FARMABET, en empaque de 1 kg.

c. Materiales para la elaboración del néctar

- Licuadora industrial
- Cocina
- Ollas
- Jarras
- Tabla de picar
- Cuchillo
- Envases de vidrio para néctar (20 unidades)

d. Materiales y equipos de laboratorio

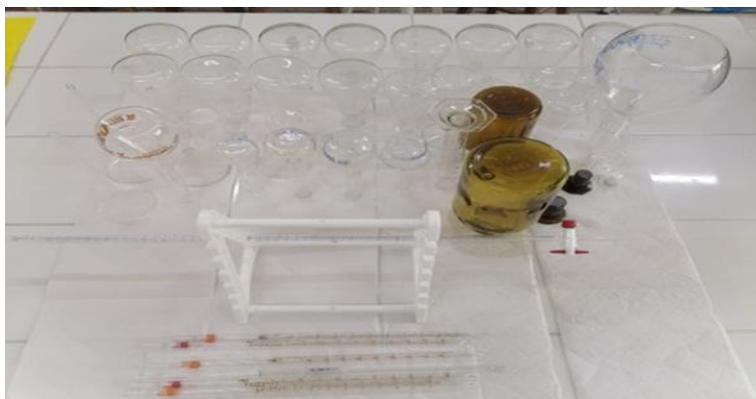
Los análisis para la determinación de la vitamina C en el néctar se realizaron en el Laboratorio de Química Ambiental del Departamento Académico de Ciencias Químicas y Dinámicas, ambiente 1E – 207 de la Universidad Nacional de Cajamarca.

- Fiolas aforadas de 50, 100, 500 y 1 000 mL marca (Brand)
- Embudos marca (Brand)
- Probetas de 100 mL marca (Brand)
- Vasos de precipitación (Beaker) de 100, 150 y 250 mL marca (Brand)

- Pipetas marca (Brand)
- Matraces Erlenmeyer de 100 o 125 mL marca (Brand)
- Frascos ámbar boca ancha de 500 mL marca (Brand)
- Lunas de reloj marca (Brand)
- Bureta marca (Brand)
- Soporte universal
- Termómetro
- Espátulas y micro espátula
- Pera de jebes para pipetear
- Balanzas marca (Sartorius)
- Refrigeradora (Daewoo)
- Refractómetro (RHB 090)
- Potenciómetro modelo (Orion Star A211)
- Guantes
- Cuaderno de apuntes

Figura 8

Material de vidrio empleado en el laboratorio para el análisis de vitamina C en el néctar



Nota. Fotografía tomada en el laboratorio de química (2025).

Reactivos

Los reactivos son procedentes del laboratorio Merck KGaA

- Bicarbonato de sodio (NaHCO_3)
- 2,6-Dicloroindofenol
- Agua destilada
- Ácido ascórbico
- Ácido metafosfórico (HPO_3)
- Ácido acético (CH_3COOH)

Figura 9

Reactivos utilizados en la determinación de vitamina C en el néctar



Nota. Los reactivos empleados fueron procedentes del laboratorio Merck KGaA.

e. Material de campo

- Guantes
- Libreta
- Envases y cámara fotográfica

3.3. Metodología

3.3.1. Metodología experimental

El enfoque de la investigación es cuantitativo ya que se analizaron en una situación real en forma objetiva, se cuantificaron los resultados que se hallaron en los análisis que se realizó en el laboratorio, siguiendo las etapas de investigación y estos resultados se comprobaron mediante métodos estadísticos y la prueba de hipótesis respectiva.

3.3.1.1. Variables

Variable dependiente

- Ácido ascórbico

Variable independiente

- Tiempo y temperatura

Tabla 3*Operacionalización de variables*

Hipótesis	Variables	Indicador	Unidad	Fuente y/o instrumento
A mayor tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente y en refrigeración, disminuye la concentración de ácido ascórbico en el néctar de tumbo serrano (<i>Passiflora mollissima</i>)	Variable dependiente			
	Ácido ascórbico	Contenido de ácido ascórbico	mg A.A./100 mL	Método AOAC (método de titulación volumétrica con el reactivo 2,6-dicloroindofenol)
	Variable independiente			
	Tiempo		segundos, minutos, horas, días, semanas, meses, año	Cronómetro, reloj, calendario
	Temperatura		°C	Termómetro

Nota. Elaboración propia (2026).

La Tabla 3 presenta la estructura técnica para validar la hipótesis de esta investigación. En ella se muestra cómo el contenido de ácido ascórbico (variable dependiente) se mide en función del tiempo y la temperatura de almacenamiento (variables independientes). Al utilizar el método de titulación de la AOAC, se asegura la precisión necesaria para determinar cuánto disminuye la vitamina C en el néctar de tumbo serrano. En conclusión, esta matriz permite que el trabajo de laboratorio esté perfectamente alineado con los objetivos del estudio.

3.3.1.2. Trabajo de campo

a. Población

Para el trabajo de investigación se realizó con frutos de tumbo serrano los cuales fueron adquiridos en el caserío Alto Miraflores-Centro poblado Otuzco (Distrito Baños del Inca), con coordenadas -7,116 894; -78,472 340 y a 2 910 m.s.n.m de altitud, en la Figura 10 se representa el lugar de origen de los frutos utilizados. Los cuales se transportaron al Laboratorio de Frutas y Hortalizas 2H-109 de la Escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias ubicado en el pabellón 2H, para la elaboración del néctar; el néctar se almacenó a temperatura ambiente y en refrigeración en el Laboratorio de Química Ambiental del Departamento Académico de Ciencias Químicas y Dinámicas ambiente 1E – 207 de la Universidad Nacional de Cajamarca, donde se realizaron los análisis respectivos.

Figura 10

Croquis de ubicación del caserío Alto Miraflores-Centro poblado Otuzco



Nota. Vista de la ubicación del caserío Alto Miraflores – Cajamarca, tomada de Google Maps (Google 2025) <https://maps.app.goo.gl/iBHGsoqkXgB8mwZq7>.

b. Muestra

Néctar de tumbo serrano, en botellas de 250 mL.

c. Unidad de análisis

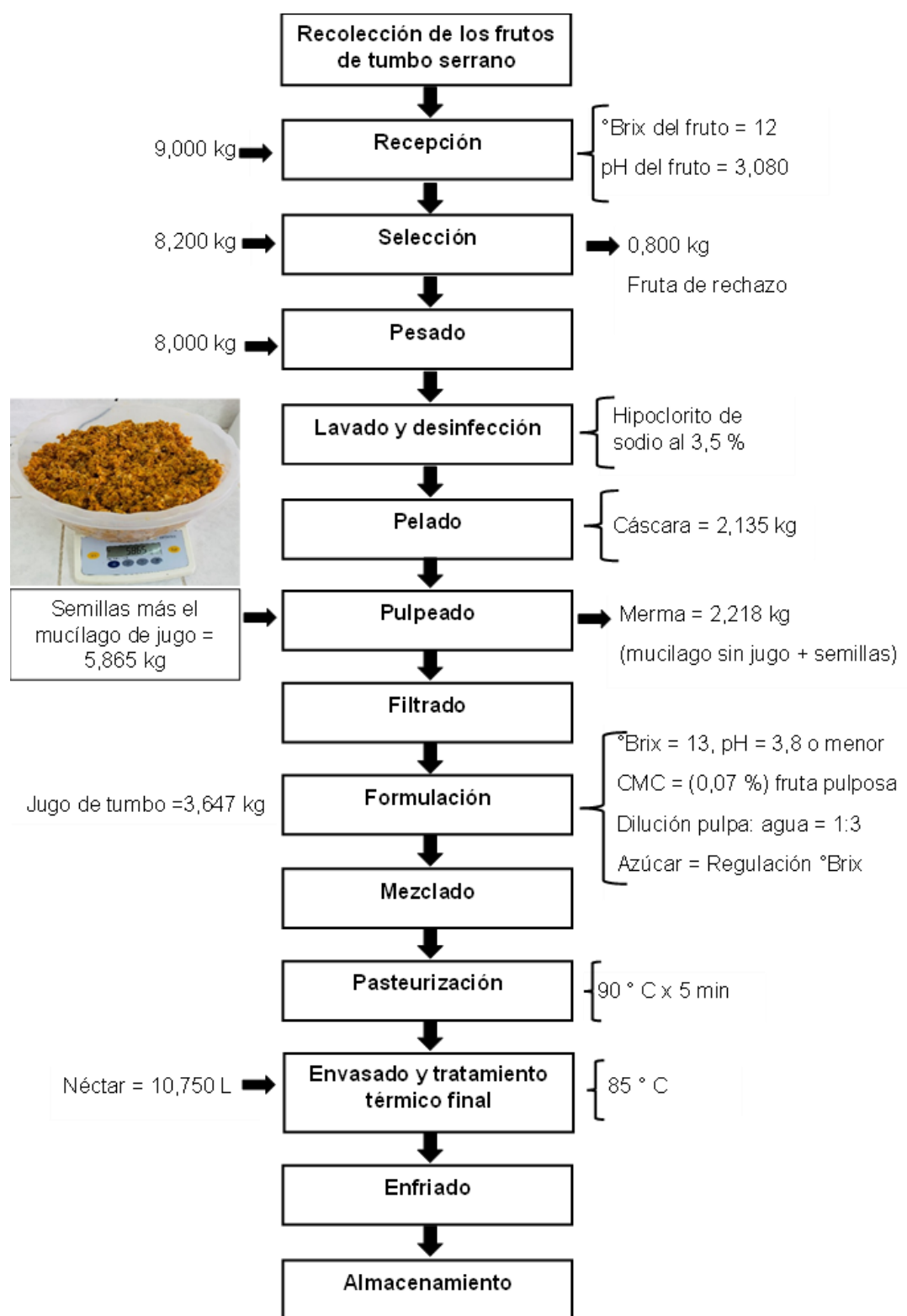
Se utilizaron 20 botellas de 250 mL para los análisis, 10 unidades se almacenaron a temperatura ambiente y los 10 restantes a temperatura de refrigeración, las cuales luego se analizaron.

3.3.1.3. Trabajo de laboratorio

A. Procedimiento para la elaboración de néctar: para ello el procedimiento es el que se muestra en la siguiente figura.

Figura 11

Diagrama de flujo para elaborar el néctar



Nota. Adaptado de Aguirre Huayhua, 2017, Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Huancavelica (p.28).

B. Descripción del proceso de elaboración del néctar

- 1. Recolección de los frutos de tumbo serrano:** se recolectaron con mucho cuidado y se guardaron en envases limpios.
- 2. Recepción:** de la materia prima (tumbo serrano), insumos (CMC; ácido cítrico, azúcar), envases. Ingreso de 9,000 kg de tumbo (poro poro), en esta fase se determinan los parámetros iniciales de la fruta, registrando un contenido de sólidos solubles de 12 °Brix y un pH de 3,080.
- 3. Selección:** con esta operación se busca separar los frutos que no sean aptos para la elaboración del néctar. Se registra una salida de 0,800 kg de fruta de rechazo.
- 4. Pesado:** esta operación consiste en cuantificar la materia prima que entra al proceso para determinar el rendimiento que puede obtenerse del fruto. La materia prima apta para el proceso es de 8,000 kg para iniciar las operaciones de transformación.
- 5. Lavado:** los frutos se someten a una limpieza profunda utilizando una solución de hipoclorito de sodio al 3,5 % con la finalidad de eliminar cualquier partícula extraña que pueda estar adherida a la fruta.
- 6. Pelado:** operación manual donde se retira la corteza externa del fruto. Se reporta una salida de 2,135 kg de cáscara, obteniendo los arilos (semillas con mucílago) que pesan 5,865 kg.
- 7. Pulpeado:** los arilos de tumbo se procesan para separar el jugo de las estructuras sólidas. En esta etapa se genera una merma de 2,218 kg, correspondiente a semillas y mucílago residual sin jugo. Se colocó en la licuadora industrial para obtener la pulpa.
- 8. Filtrado:** Se refina el producto para asegurar una textura homogénea, obteniendo finalmente 3,647 kg de jugo puro de tumbo.
- 9. Formulación:** en esta etapa crítica se estandariza el néctar. Se considera al poro poro como una fruta pulposa, empleando una dilución de 1:3 (pulpa: agua) y adicionando CMC

al 0,07 %. Se ajusta la cantidad de azúcar para alcanzar los 13 °Brix y se verifica que el pH sea de 3,8 o menor.

- **La cantidad de azúcar se calcula con la siguiente fórmula:**

$$\text{Cantidad de azúcar (kg)} = \frac{(\text{masa de pulpa diluida}) \times (^\circ\text{Brix final} - ^\circ\text{Brix inicial})}{100 - ^\circ\text{Brix final}}$$

10. Mezclado: operación para asegurar la completa disolución de los insumos (azúcar, CMC y agua) con el jugo de la fruta, logrando una mezcla uniforme.

11. Pasteurización: tratamiento térmico realizado a 90 °C durante 5 minutos para garantizar la inocuidad microbiológica del producto.

12. Envasado y tratamiento térmico final: el néctar se envasa en caliente a una temperatura de 85 °C, obteniéndose un volumen total de 10,750 L. Se aplica un tratamiento térmico post-ensado para asegurar la esterilidad comercial mediante la inmersión de las botellas en un baño de agua caliente. Este paso permitió expandir el aire residual para su posterior expulsión, facilitando la formación de vacío al enfriarse, este tratamiento asegura la destrucción de microorganismos que pudieran haber contaminado el producto durante el sellado.

13. Enfriado: Se aplica un choque térmico para detener la cocción de compuestos termosensibles, como el ácido ascórbico, y facilitar la formación de vacío en el envase.

14. Almacenamiento: se almacenó a temperatura ambiente y refrigeración, para realizar los respectivos análisis.

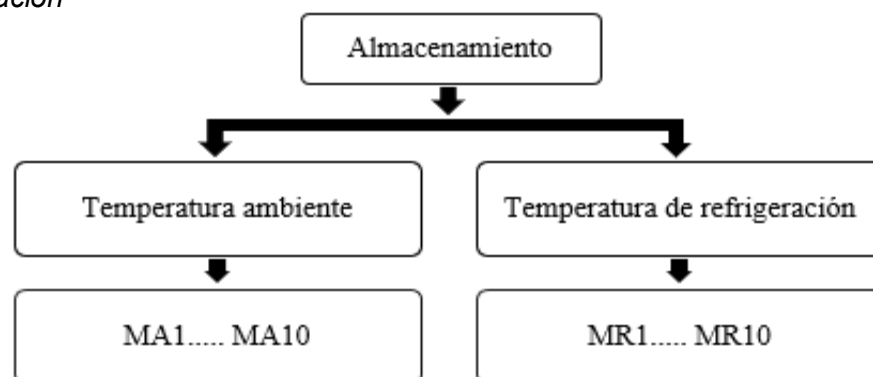
- **Condiciones de almacenamiento:** para la simulación de las condiciones reales de comercialización, las muestras de néctar de tumbo serrano (*Passiflora mollissima*) fueron dispuestas en estantes con exposición directa a la luz natural y artificial.

Esta metodología se aplicó considerando que el ácido ascórbico es un compuesto altamente termolábil y fotosensible, factores que aceleran su degradación. El muestreo de las unidades se realizó de forma aleatoria tanto en (ambiente como en refrigeración) cada un intervalo de 5 días (tiempo), con el objetivo de capturar de manera representativa el efecto combinado de la temperatura y la fotooxidación sobre la estabilidad de la vitamina C en el producto final.

La evaluación inicial (día 0) para las muestras a temperatura ambiente se realizó transcurridas 24 horas para simular el inicio de la comercialización, mientras que, para las muestras en refrigeración, la primera evaluación se llevó a cabo a los 3 días de almacenamiento, asegurando la estabilización térmica y química del néctar bajo condiciones de frío.

Figura 12

Almacenamiento de néctar de tumbo serrano a temperatura ambiente y refrigeración



Nota. En cada temperatura de almacenamiento se analizó 10 muestras y la evaluación se realizó cada 5 días.

- **Cálculo del rendimiento del fruto:** el rendimiento se calcula relacionando la cantidad de jugo final obtenido respecto al peso total de la fruta que ingresó al proceso de pesado:

$$\text{Rendimiento} = \left(\frac{\text{masa del jugo de tumbo}}{\text{masa de fruta inicial}} \right) \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \left(\frac{3,647 \text{ kg}}{8,000 \text{ kg}} \right) \times 100 = 45,59 \%$$

El rendimiento de extracción de jugo de poro poro es del 45,59 %, este valor indica que casi la mitad del ruto es aprovechable para la elaboración del néctar lo cual este valor es positivo para la industrialización para la elaboración de néctar.

C. Determinación de la concentración del ácido ascórbico en el néctar de tumbo serrano

La determinación del contenido de ácido ascórbico se realizó mediante el método oficial AOAC 967.21 volumétrico con 2,6-diclorofenolindofenol, evaluando las muestras de néctar en diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento. Cada análisis fue realizado por triplicado para asegurar la precisión y confiabilidad de los resultados (AOAC, 1968).

Para determinar la cantidad de ácido ascórbico se realiza con la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{mg de ácido ascórbico}}{\text{g, tableta, mL, etc.}} = (X - B) \cdot \left(\frac{F}{E} \right) \left(\frac{V}{Y} \right)$$

Dónde:

X: mL promedio de solución de 2,6-diclorofenol-indofenol gastados en la titulación de la muestra

B: mL promedio de solución de 2,6-diclorofenol-indofenol gastados en la titulación de blancos

F: mg de ácido ascórbico equivalentes a 1,0 mL de solución de 2,6-diclorofenolindofenol

E: número de mL de muestra

V: volumen inicial de la solución de muestra

Y: volumen de la solución de muestra

D. Determinación del pH en el néctar

Mediante el método AOAC 981.12 – ISO 11289:1993-potenciometría, consiste en una técnica electro analítica con la que se puede determinar la concentración de iones hidrógeno en el extracto para saber si la solución es ácida o básica. En este caso para medir el pH se realizó usando un pH-metro con electrodo previamente calibrado para tener mayor precisión, los valores son reportados con dos decimales (Codex Alimentarius Commission, 2000).

E. Determinación de los grados Brix en el néctar

Mediante el método AOAC 932.12 – ISO 2173:1978-Refractometría, se realizó utilizando un refractómetro portátil haciendo la lectura directa de los grados Brix contenidos en el extracto(Codex Alimentarius Commission, 2000).

F. Análisis de datos

Los resultados fueron analizados mediante regresión lineal para modelos de orden cero y uno, determinando el coeficiente de determinación (R^2) y la constante de velocidad (k) (Cabanillas Montenegro, 2020). El ajuste de modelos se realizó con el software Statgraphics Centurion (Bernabeu, 2008).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis del fruto de tumbo serrano

En la presente investigación, se determinaron las propiedades fisicoquímicas de la pulpa de 4 frutos de tumbo serrano (*Passiflora mollisima*) en estado de madurez pintón y maduro, cuyos resultados se representan en la Tabla 4.

Tabla 4

Propiedades fisicoquímicas del fruto (pulpa de tumbo serrano)

Fruto	Ácido ascórbico (mg/100 g)	pH	°Brix
1	50,20	3,08	14
2	48,75	3,15	14
3	51,10	3,05	12
4	49,80	3,10	13
Promedio	49,96 ± 1,02	3,10 ± 0,04	13,25 ± 0,96

Los resultados presentados en la Tabla 4 indican que los frutos de tumbo serrano analizados presentaron un contenido de ácido ascórbico que osciló entre 48,75 y 51,10 mg/100 g, con un promedio de 49,96 mg/100 g. Estos valores reflejan un alto contenido de vitamina C. Por otra parte, el pH de la pulpa osciló entre 3,05 y 3,15; mientras que el contenido de sólidos solubles (°Brix) se mantuvo entre 12 y 14, con un promedio de 13,25 °Brix.

Al comparar estos resultados con investigaciones previas, se observa que Encina y Carpio (2011) reportaron una concentración de ácido ascórbico de 61,80 (± 3,58) (mg/100 g), mientras que Gutiérrez Bautista (2019) reportó un valor mucho más elevado de concentración de ácido ascórbico, de 117,37 mg/100 g. Estas diferencias pueden atribuirse a factores como el grado de madurez del fruto, la altitud, las condiciones climáticas del cultivo, y el tiempo de almacenamiento previo al análisis.

Cabe resaltar que los frutos utilizados en este análisis fueron recolectados en el caserío de Miraflores, perteneciente al Centro Poblado de Otuzco, provincia de Cajamarca. Esta procedencia, caracterizada por condiciones agroecológicas específicas (altitud, régimen térmico y composición del suelo), sustenta las variaciones observadas en las propiedades fisicoquímicas. Según Kader (2013), estos factores determinan la tasa metabólica del fruto, influyendo directamente en la síntesis de ácidos orgánicos y la acumulación de azúcares durante la maduración.

Al determinar el pH del zumo de los cuatro frutos de tumbo serrano, se obtuvo un valor promedio de 3,10. Este resultado es similar al reportado por Vera Cieza (2020) para frutos en estado de madurez “maduro”, con un pH de $(2,86 \pm 0,004)$. No obstante, presenta una ligera acidez superior al pH de $(3,28 \pm 0,08)$ reportado por Encina y Carpio (2011). Estas diferencias se deben a diversos factores, tales como el grado de madurez de los frutos, las condiciones agroecológicas del cultivo (como altitud, temperatura y tipo de suelo), así como a variaciones genéticas entre las plantas de tumbo serrano evaluadas.

En cuanto a los sólidos solubles, los resultados obtenidos oscilaron entre 12 y 14 °Brix, con un promedio de 13,25 °Brix. Estos valores son consistentes con los reportados por Vera Cieza (2020), quien obtuvo un valor de $12,66 \pm 0,22$ °Brix en frutos maduros, y por Encina y Carpio (2011), quienes registraron un promedio de $12 \pm 0,5$ °Brix. La similitud entre estos resultados sugiere que el tumbo serrano representa un nivel estable de azúcares, adecuado para su uso de productos procesados como néctares. Las ligeras variaciones observadas se atribuyen a factores como el estado de madurez, las condiciones de cultivo y las prácticas de postcosecha (Neyra Campos y Sosa León, 2021).

4.1.1. Caracterización física y rendimiento del fruto de tumbo o poro poro (*Passiflora mollisima*)

Tabla 5

Propiedades físicas del fruto de tumbo serrano

Fruto	Largo (cm)	Ancho (cm)	Masa con cáscara (g)	Masa (semillas con pulpa) (g)	Masa de semillas y residuos (g)	Masa de jugo (g)	% Eficiencia
1	6,2	4,0	59,542	49,166	10,376	28	47,03 %
2	6,1	3,7	55,865	46,591	9,274	24	42,96 %
3	6,4	3,6	53,113	38,619	14,494	20	37,65 %
4	6,2	4,1	64,008	51,023	12,985	27	42,18 %
Promedio	6,23	3,85	58,132	46,350	11,782	24,75	42,58 %

Nota. Los datos muestran las dimensiones y el rendimiento de los 4 frutos seleccionados aleatoriamente.

En la Tabla 5 se presentan las propiedades físicas y el rendimiento de extracción de los frutos de poro poro recolectados en la región de Cajamarca. Como se observa, el peso promedio del fruto con cáscara fue de 58,132 g, con dimensiones medias de 6,23 cm de largo y 3,85 cm de ancho. Si bien el tamaño de los frutos representa variaciones naturales dependiendo de las condiciones agroclimáticas y la zona de procedencia, el parámetro de mayor relevancia industrial es el rendimiento (% de eficiencia), el cual alcanzó un promedio de 42,58 %. Este valor indica que casi la mitad de la masa total del fruto corresponde a jugo aprovechable, lo que minimiza la generación de residuos (cáscara y semillas).

En cuanto a las medidas del fruto de tumbo (Tabla 5), los resultados indican una medida de largo promedio de 6,23 cm y un ancho promedio de 3,85. Estos valores coinciden con lo reportado por Brack (1999, como se citó en Montalvo y Canteño, 2019) donde reporta que los frutos de tumbo serrano miden de 6 a 9 cm de largo y de 4 a 5 cm de diámetro.

En cuanto al interior del fruto, es aromático y su sabor dulce-ácido del jugo, los resultados indican que está lleno de semillas redondeadas cubiertas de un mucílago anaranjado o arilos con jugo, lo que coincide con la descripción previa. Sin embargo, es importante realizar más investigaciones para determinar la variabilidad de estas características en diferentes condiciones de cultivo y madurez, y evaluar el potencial del fruto de tumbo serrano como fuente de nutrientes y compuestos bioactivos. (Brack, 1999, como se citó en Montalvo y Canteño, 2019)

4.2. Concentración de ácido ascórbico en el néctar de tumbo serrano, almacenado a temperatura ambiente y en refrigeración

Esta investigación se centró en determinar la concentración de ácido ascórbico en néctar de tumbo serrano sometido a diferentes condiciones de almacenamiento: temperatura ambiente y en refrigeración. Se determinó realizar la primera lectura de ácido ascórbico para las muestras a temperatura ambiente transcurridas 24 horas para simular el inicio de la comercialización, mientras que para las muestras en refrigeración la primera evaluación se llevó a cabo a los 3 días de almacenamiento, considerando el tiempo de adaptación del producto al nuevo equilibrio térmico, lo cual permite obtener datos más precisos sobre la cinética de degradación en condiciones controladas de baja temperatura, a lo largo de un periodo de 45 días. Los resultados obtenidos se detallan en la Tabla 6.

Tabla 6

Concentración de ácido ascórbico en el néctar almacenado a ambiente y refrigeración

Temperatura ambiente (21 ± 2 °C)		
N° de muestra	Tiempo de almacenamiento (Día)	Concentración de ácido ascórbico (mg/100 mL)
1	1	17,92
2	5	16,54
3	10	14,88
4	15	13,53
5	20	12,62
6	25	12,00
7	30	11,65
8	35	11,07
9	40	10,98
10	45	10,57
Temperatura de refrigeración (4 ± 1 °C)		
N°	Tiempo de almacenamiento (Día)	Concentración de ácido ascórbico (mg/100 mL)
1	1	19,45
2	5	18,90
3	10	18,40
4	15	18,11
5	20	17,08
6	25	16,94
7	30	15,08
8	35	14,96
9	40	14,64
10	45	13,23

Nota. Los valores corresponden a la concentración de ácido ascórbico expresada en mg/100 mL.

Temperatura ambiente

Según los resultados presentados en la Tabla 6, la concentración de ácido ascórbico en el néctar de tumbo serrano almacenado a temperatura ambiente mostró una disminución progresiva a lo largo del tiempo. El valor inicial fue de 17,92 mg/100 mL en el día 1, reduciéndose a 10,57 mg/100 mL al día 45, lo que representa una pérdida aproximada del 41 %. Esta degradación está asociada a la acción combinada del oxígeno, la luz y las temperaturas más elevadas, factores que aceleran los procesos de oxidación y degradación de la vitamina C.

Temperatura de refrigeración

En contraste, los valores obtenidos bajo condiciones de refrigeración (3–4 °C) evidencian una menor pérdida de ácido ascórbico durante el mismo periodo. La concentración inicial fue de 19,45 mg/100 mL y descendió a 13,23 mg/100 mL al día 45, equivalente a una reducción del 32 %. Aunque también se observa una pérdida, esta fue menos pronunciada en comparación con el almacenamiento a temperatura ambiente, lo que indica que la refrigeración contribuye a la preservación de este compuesto antioxidante.

La degradación del ácido ascórbico en el néctar de tumbo serrano es un proceso influenciado por múltiples factores, entre ellos la temperatura, la exposición a la luz, la presencia de oxígeno, la actividad enzimática, así como por el tratamiento térmico aplicado durante el procesamiento del producto (lavado, pelado, escaldado y pasteurización). De acuerdo con Riera y Gómez (2019), estos factores son determinantes en la estabilidad del ácido ascórbico durante el almacenamiento de productos procesados.

Los resultados presentados en la Tabla 6 muestran una diferencia en los valores iniciales del ácido ascórbico: 17,92 mg/ 100 mL en la muestra a temperatura ambiente (analizada después del enfriamiento post-proceso) y 19,45 mg/ 100 mL para la muestra en refrigeración (evaluada tras 3 días de estabilización). Esta variación inicial sugiere que las condiciones de reposo previas al análisis influyen en la lectura del compuesto. Sin embargo, en ambos casos se observó una disminución progresiva durante un periodo de tiempo de 45 días.

En el almacenamiento a temperatura ambiente, se registró una pérdida del 41 %, mientras que en refrigeración (3–4 °C) la reducción fue del 32 %, esta diferencia confirma que las bajas temperaturas actúan como un factor protector. Según Maeda et al. (2007), la refrigeración reduce la energía cinética de las moléculas, ralentizando las reacciones de oxidación y la actividad de enzimas como el ascorbato oxidasa. En este sentido, los resultados obtenidos respaldan el uso

de la refrigeración como una estrategia efectiva para conservar el contenido nutricional del néctar, especialmente en lo que respecta al ácido ascórbico, compuesto clave para la calidad y valor funcional del producto.

Resulta fundamental contrastar estos hallazgos con lo reportado por (Montalvo Principe & Canteño Falcon, 2019), quienes al estudiar una bebida de tumbo y mashua negra a 4 °C y 25 °C, determinaron que la degradación de la vitamina C fue al 100 % al llegar al día 45. A diferencia de dicho estudio, el néctar de la presente investigación logró retener el ácido ascórbico (10, 57 mg/100 mL y 13,23 mg/100 mL, respectivamente) al finalizar el mismo periodo de tiempo.

Asimismo, los resultados de la presente investigación coinciden con los hallazgos de Riera y Gómez (2019), quienes demostraron que la temperatura de almacenamiento influye significativamente en la degradación del ácido ascórbico en jugos cítricos, reportando una mayor pérdida en condiciones de temperatura ambiente en comparación con refrigeración.

De manera similar, Barreto y Rojas (2021), en su estudio sobre la conservación por refrigeración y congelación de pulpa de camu camu (*Myrciaria dubia*), concluyeron que la degradación del ácido ascórbico fue más acelerada a 15 °C que en condiciones de refrigeración y congelación. La reducción de la temperatura ralentiza la velocidad de degradación y prolonga la vida útil del producto, lo que también se observó en el néctar de tumbo serrano evaluado en este estudio.

Balance de Ácido Ascórbico en la botella de 250 mL:

Tabla 7

Contenido total de ácido ascórbico por unidad de consumo (250 mL) y comparación según condiciones de almacenamiento

Condición	Tiempo	Ácido ascórbico (mg/100 mL)	Total, en botella (mg/250 mL)
Ambiente (21 ± 2 °C)	Inicio (Día 1)	17,92 mg	44,80 mg
	Final (Día 45)	10,57 mg	26,43 mg
Refrigeración (4 ± 1 °C)	Inicio (Día 1)	19,45 mg	48,63 mg
	Final (Día 45)	13,23 mg	33,08 mg

Nota. Los valores calculados representan la cantidad real de vitamina C que ingiere el consumidor por cada envase de 250 mL.

Como se detalla en la Tabla 7, al finalizar los 45 días de estudio, el néctar de poro poro envasado en botellas de 250 mL mantuvo 33,08 mg de ácido ascórbico bajo refrigeración y 26,43 mg a temperatura ambiente. Al comparar estos resultados con el Valor Referencial de la Dieta (VNR) de 60 mg/día establecido en la normativa peruana de etiquetado, se observa que ambos valores superan ampliamente el 30 % del VNR (18 mg) mencionado por RACIM (2020).

Aunque la NTP 203.110 (2009) no exige un contenido específico de vitaminas para néctares, el cumplimiento de este porcentaje permite clasificar al producto como "Alto en Vitamina C" durante todo el periodo evaluado. Esto no solo ratifica la alta calidad de la materia prima recolectada en Cajamarca, sino que también demuestra que el proceso de pasteurización y envasado empleado fue eficiente para preservar este nutriente, convirtiendo al néctar en una fuente importante de vitamina C para el consumidor.

Esta retención es significativa si se compara con lo hallado por Huamaní Salazar (2022), quien indica que los procesos térmicos mal controlados pueden reducir drásticamente la presencia de vitamina C en el tumbo serrano. No obstante, en la presente investigación, se aplicó una pasteurización controlada (90 °C por 5 min). Como sostiene Vera Cieza (2020), el pH ácido natural del tumbo serrano o poro poro actúa como un estabilizante para el ácido ascórbico, lo que, sumado a las bajas temperaturas de almacenamiento, asegura un producto final con un valor nutricional sobresaliente, cumpliendo con los estándares de calidad exigidos para néctares de frutas en el mercado nacional.

En conjunto, los resultados indican que la temperatura de almacenamiento tiene un impacto en la estabilidad del ácido ascórbico en el néctar. La refrigeración, en comparación con la temperatura ambiente, permite una mejor conservación del ácido ascórbico, lo que podría tener implicancias importantes para el desarrollo de productos con mayor vida útil y calidad nutricional garantizada.

4.3. Ajuste cinético del ácido ascórbico

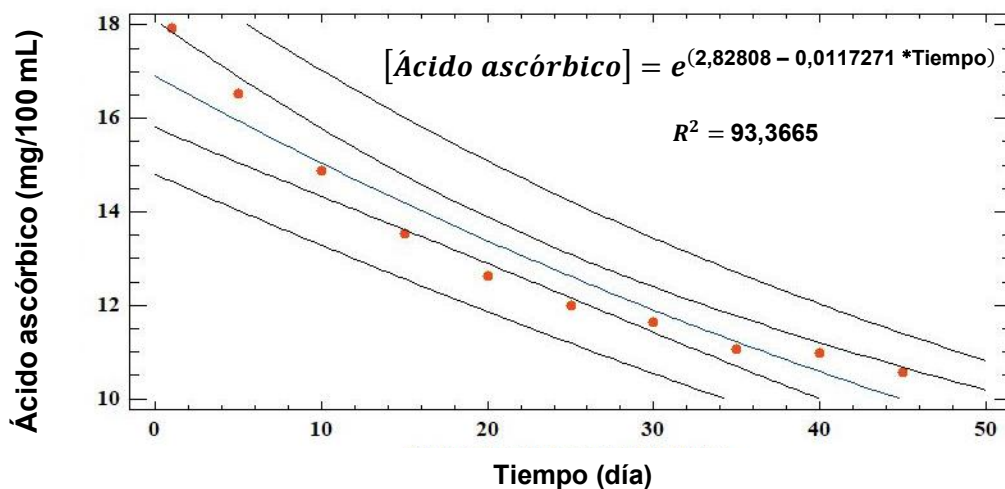
El análisis de regresión aplicado a los datos de concentración de ácido ascórbico durante el almacenamiento del néctar de tumbo serrano permitió identificar el modelo cinético que mejor se ajusta a cada condición de temperatura.

4.3.1. Ajuste cinético del contenido de ácido ascórbico a temperatura ambiente

Los resultados obtenidos indican que la concentración de ácido ascórbico en el néctar de tumbo serrano disminuye con el tiempo de almacenamiento, presentando una tendencia exponencial decreciente. Esta tendencia es característica de un comportamiento cinético de orden uno, donde la velocidad de degradación es directamente proporcional a la concentración del compuesto en cada momento ($v = kC$).

Figura 13

Ajuste cinético de la concentración de ácido ascórbico vs. tiempo a temperatura ambiente



Nota. Elaboración propia. Cinética de degradación de Vitamina C durante 45 días. El modelo exponencial muestra una pérdida constante con una confiabilidad del 93,3 % (R^2).

En la Figura 13 se presenta el comportamiento de la concentración de ácido ascórbico a lo largo de un periodo de tiempo de 45 días. El análisis de regresión indica que el ácido ascórbico experimenta una degradación siguiendo un modelo cinético de tipo exponencial, representado por la ecuación:

$$[Ácido\ ascórbico] = e^{(2,82808 - 0,0117271 * Tiempo)}$$

El modelo de primer orden fue ajustado a los datos experimentales, obteniéndose un coeficiente de determinación R^2 de 93,3665 %, lo que indica que el 93,37 % de la variabilidad en la concentración de ácido ascórbico está explicada por el tiempo de almacenamiento, en la Figura 13 se muestra el gráfico se visualiza claramente la curva exponencial decreciente que representa la pérdida de ácido ascórbico a lo largo del tiempo. Al inicio del estudio (día 0), la concentración estimada es de 17,92 mg/100 mL, valor que decrece progresivamente debido a la inestabilidad intrínseca del ácido ascórbico frente a factores ambientales y el almacenamiento. La disposición de los datos experimentales dentro de los intervalos de confianza y predicción (bandas verdes y

grises) sugiere una baja dispersión y una alta repetibilidad de los resultados. La pendiente negativa del exponente (-0,0117) cuantifica la tasa de degradación, permitiendo predecir que, bajo las condiciones evaluadas, el producto mantiene una tendencia decreciente constante, lo cual es crítico para determinar la vida útil nutricional de la muestra.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo expuesto por Quillimamani et al. (2022), quienes sostienen que la degradación del ácido ascórbico en jugos de frutas usualmente sigue un modelo de primer orden, debido a su alta sensibilidad a factores como el oxígeno, la temperatura y la presencia de luz. De manera similar, Murillo Baca et al. (2023) reportaron una cinética de orden uno en la pérdida de vitamina C en jugo de naranja en anaquel a temperatura ambiente y en frío, con una tendencia similar a la observada en el presente estudio.

El efecto de la temperatura de almacenamiento también juega un papel importante en la velocidad de degradación. A temperaturas más elevadas, como la temperatura ambiente (alrededor de 25 °C), se acelera la oxidación del ácido ascórbico, aumentando la constante de velocidad (k) del proceso de degradación, tal como lo describen Mieszczakowska-Frąc et al. (2021). Este acontecimiento se debe a que el ácido ascórbico es termolábil, es decir, inestable frente al calor, y se degrada rápidamente por reacciones de oxidación que pueden ser catalizadas por metales o exposición al oxígeno (Murillo Baca et al., 2023).

Finalmente, concuerdo con Cabanillas Montenegro (2020), la cinética de primer orden se observa con frecuencia en sistemas alimentarios donde el compuesto se degrada de forma directa sin la formación significativa de productos intermedios estables. Esta condición se cumple en el caso del ácido ascórbico, especialmente en matrices líquidas como jugos y néctares, donde la vía principal de deterioro es la oxidación directa, lo que justifica el ajuste del modelo exponencial obtenido en esta investigación.

Bajo condiciones de temperatura ambiente, el ácido ascórbico en el néctar de tumbo serrano experimenta una pérdida progresiva que es descrita con precisión mediante una cinética de primer orden, en concordancia con lo reportado para otros frutos de naturaleza similar. Esta información resulta fundamental para estimar la vida útil del producto y diseñar condiciones óptimas de procesamiento y almacenamiento que minimicen la pérdida de su valor nutricional.

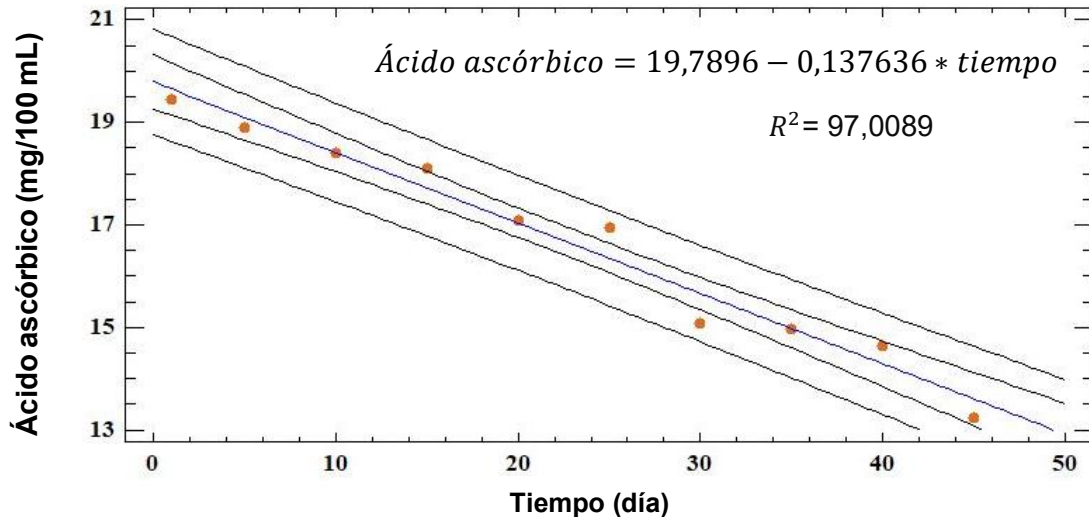
4.3.2. Análisis de regresión del contenido de ácido ascórbico a temperatura de refrigeración

Bajo condiciones de refrigeración (3 – 4 °C), la concentración de ácido ascórbico en el néctar de tumbo serrano también disminuyó con el tiempo de almacenamiento. Sin embargo, el comportamiento cinético observado fue diferente al registrado a temperatura ambiente.

En este caso, los datos experimentales se ajustaron mejor al modelo de orden cero, obteniéndose un coeficiente de determinación (R^2) de 97,01 %, como se observa en la Figura 14. Este alto valor de R^2 sugiere que, bajo condiciones de refrigeración, la degradación del ácido ascórbico ocurre a una velocidad prácticamente constante, independiente de su concentración inicial. En las reacciones de orden cero, la velocidad de reacción no depende de la concentración del reactivo, lo cual puede explicarse por la ralentización de los procesos oxidativos y enzimáticos debida a la baja temperatura de almacenamiento.

Figura 14

Ajuste cinético de la concentración de ácido ascórbico vs. tiempo a temperatura de refrigeración



Nota. Ajuste cinético de la degradación de ácido ascórbico en néctar de tumbo serrano bajo condiciones de refrigeración (3 – 4 °C). Los puntos representan los valores experimentales, mientras que la línea continua indica el ajuste al modelo de orden cero:

Ácido ascórbico = 19,7896 – 0,137636 * tiempo. El coeficiente de determinación ($R^2 = 97,01 \%$) confirma la linealidad del proceso. Las bandas laterales representan los intervalos de confianza y de predicción al 95 %.

De acuerdo con el modelo lineal obtenido en la Figura 14, la concentración inicial proyectada de ácido ascórbico en refrigeración es de 19,45 mg/100 mL, valor superior al estimado en condiciones ambientales. La pendiente de la recta (-0,1376) representa la constante de velocidad (k) de orden cero, indicando que el néctar pierde aproximadamente 0,14 mg/100 mL cada día.

Esta degradación lineal es significativamente más lenta y predecible que la caída exponencial observada a temperatura ambiente. Mientras que a 25 °C la pérdida es acelerada por la energía térmica, la refrigeración estabiliza el sistema, permitiendo que la concentración se

mantenga por encima de los 13 mg/100 mL incluso tras 45 días de almacenamiento. Esta diferencia subraya la eficacia del control térmico para preservar la calidad nutricional del néctar de tumbo serrano durante periodos prolongados.

Este patrón cinético ha sido descrito previamente por Maeda et al. (2007) y Mieszczańska-Frąc et al. (2021), quienes reportaron que, en condiciones de refrigeración, la degradación del ácido ascórbico puede seguir un comportamiento de orden cero, este fenómeno ocurre particularmente en matrices líquidas con baja actividad enzimática y limitada exposición al oxígeno. En tales sistemas, la baja temperatura reduce la energía cinética de las moléculas, lo que se traduce en una menor tasa de colisiones efectivas y, por ende, en una tasa de degradación más estable y lineal a lo largo del tiempo.

Por lo tanto, los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que la cinética de degradación del ácido ascórbico en el néctar de tumbo serrano es termo dependiente. El cambio de una cinética de primer orden a temperatura ambiente (donde la velocidad depende de la concentración residual) a una de orden cero en refrigeración (donde la velocidad es constante) resalta la importancia crítica de la cadena de frío. Controlar la temperatura no solo ralentiza la pérdida de ácido ascórbico, sino que estabiliza el mecanismo de reacción, permitiendo preservar de manera más eficiente el valor nutricional del producto durante su vida de anaquel.

4.3.3. Comparación del comportamiento cinético del ascórbico en función de la temperatura

El análisis comparativo de la degradación del ácido ascórbico en el néctar de tumbo serrano bajo diferentes condiciones de almacenamiento evidenció que la temperatura ejerce una influencia significativa sobre la cinética del proceso.

A temperatura ambiente, la concentración de ácido ascórbico disminuyó siguiendo un patrón exponencial decreciente, característico de una reacción de primer orden, con un coeficiente de determinación (R^2) de 93,37 %. Esto indica que la velocidad de degradación fue proporcional a la concentración del compuesto, lo cual concuerda con lo reportado por (Nakilcioğlu-Taş y Ötleş, 2020), quienes señalaron que la vitamina C tiende a seguir una cinética de orden uno en matrices líquidas, especialmente cuando se encuentra como componente aislado y susceptible a la oxidación.

Por otro lado, bajo condiciones de refrigeración (3 - 4 °C), los datos mostraron un mejor ajuste al modelo de orden cero, con un coeficiente de determinación de 97,01 %, lo que indica que la degradación ocurrió a una velocidad prácticamente constante, independiente de la concentración inicial del ácido ascórbico. Este comportamiento ha sido asociado a la reducción de la actividad oxidativa y enzimática por efecto de las bajas temperaturas, tal como lo reportan Maeda et al. (2007) en jugos vegetales pasteurizados almacenados en refrigeración.

La diferencia en el orden de reacción observada entre ambos tratamientos se debe principalmente al efecto que tiene la temperatura sobre la velocidad de las reacciones químicas. A mayor temperatura, se incrementa la energía cinética de las moléculas, favoreciendo reacciones dependientes de la concentración, con las de orden uno. En contraste, a temperaturas más bajas, los procesos de degradación tienden a desacelerarse, generando un comportamiento más constante en el tiempo, como el que caracteriza a las reacciones de orden cero.

Tabla 8

Resumen del ajuste cinético del ácido ascórbico en néctar de tumbo serrano

Condición de almacenamiento	Orden de reacción	R ² (%)	Interpretación
Temperatura ambiente (~ 25 °C)	Primer orden	93,37	Degradación proporcional a la concentración
Refrigeración (3-4 °C)	Orden cero	97,01	Degradación a velocidad constante

Nota. Resumen de los parámetros cinéticos obtenidos para la degradación de ácido ascórbico en néctar de tumbo serrano. El coeficiente de determinación (R^2) superior al 93 % en ambas condiciones valida la selección de los modelos de primer orden (exponencial) para temperatura ambiente y de orden cero (lineal) para refrigeración. Esta transición en el orden de reacción evidencia la termo dependencia del sistema, donde la reducción de la temperatura no solo ralentiza la pérdida del nutriente, sino que estabiliza la velocidad de degradación independientemente de la concentración residual.

4.4. Análisis estadístico: efecto del tiempo de almacenamiento y temperatura sobre la concentración de ácido ascórbico

Se utilizó un ANOVA (Análisis de varianza) para evaluar el efecto del tiempo de almacenamiento (A), la temperatura (B), y su interacción (AB) sobre la concentración de ácido ascórbico. Los resultados se detallan en la Tabla 9.

Tabla 9

Análisis de varianza (ANOVA) para la concentración de ácido ascórbico según tiempo y temperatura de almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Tiempo	89,1812	1	89,1812	261,50	0,0000
B: Temperatura	61,355	1	61,355	179,91	0,0000
AA	1,53949	1	1,53949	4,51	0,0506
AB	0,499125	1	0,499125	1,46	0,2451
Error total	5,11548	15	0,341032		
Total (corr.)	157,69	19			

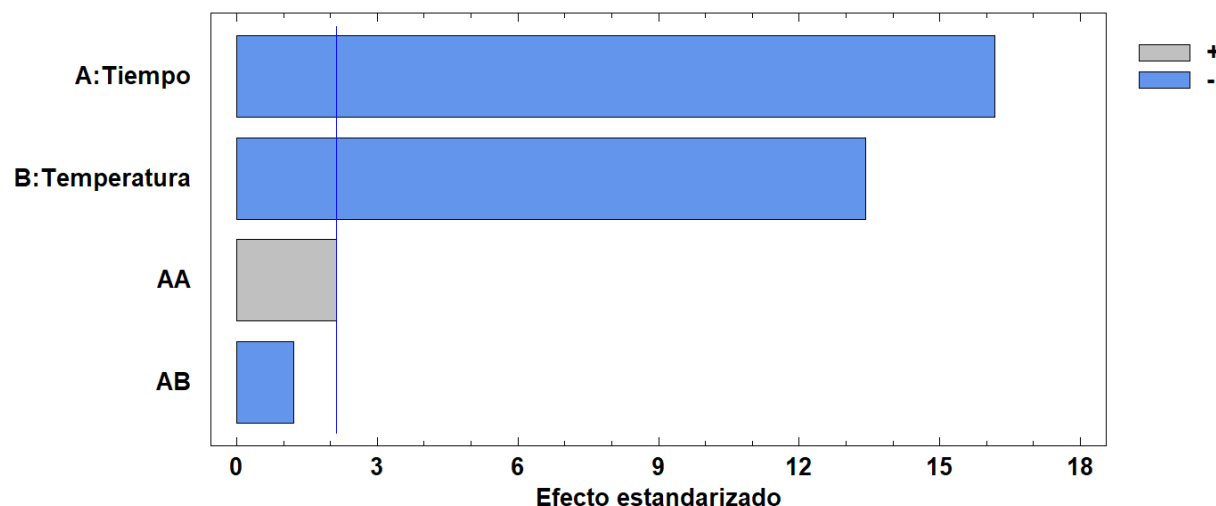
Nota. gl = grados de libertad, SC = suma de cuadrados, CM = cuadrado medio, F= estadístico Fisher.

El análisis ANOVA evidenció que tanto el tiempo de almacenamiento como la temperatura influyen significativamente ($p < 0,05$) sobre la concentración de ácido ascórbico en el néctar de tumbo serrano. El efecto del tiempo presentó un valor $F = 261,50$ y un valor $p = 0,0000$; mientras que la temperatura mostró un valor $F = 179,91$ y valor $p = 0,0000$; indicando una alta significancia estadística. La interacción entre ambos factores no resultó significativa (valor $p = 0,2451$), lo que sugiere que sus efectos son independientes. Además, el componente cuadrático del tiempo (AA) fue marginalmente significativo (valor $p = 0,0506$).

4.5. Análisis de efectos sobre la concentración de ácido ascórbico

Figura 15

Diagrama de Pareto estandarizado para ácido ascórbico



Nota. Línea marcada del valor crítico (2,13 para un $\alpha = 0,05$).

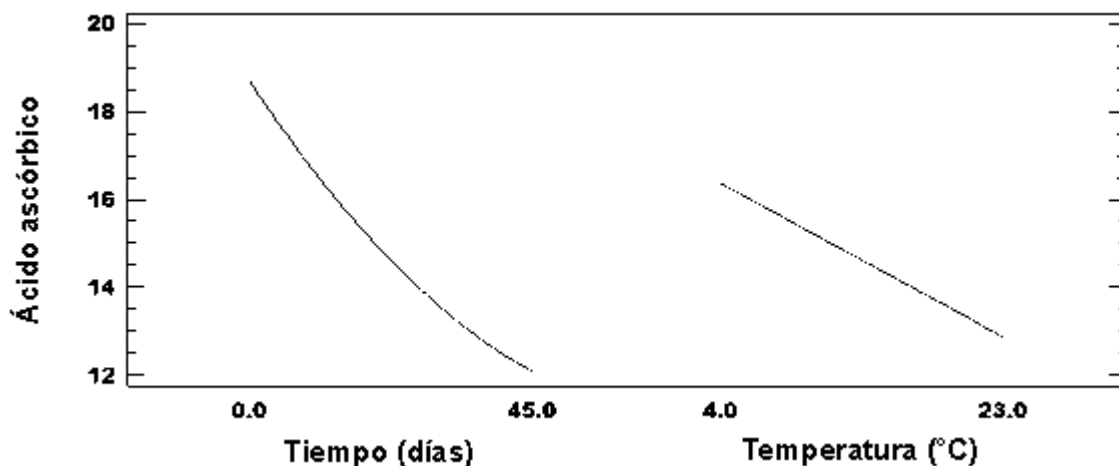
El diagrama de Pareto estandarizado (Figura 15) permitió identificar el efecto de los factores evaluados sobre la concentración de ácido ascórbico en néctar de tumbo serrano durante el almacenamiento. Los resultados muestran que los factores tiempo de almacenamiento (A) y temperatura (B) tienen un efecto estadísticamente significativo, superando el límite de significancia (línea punteada), mientras que las interacciones y efectos cuadráticos (AA y AB) no resultaron significativos. De ello se deduce que tanto el tiempo como la temperatura afectan directamente la degradación del ácido ascórbico, siendo el tiempo el factor más influyente. Este comportamiento ha sido reportado por diversos autores, quienes señalan que el ácido ascórbico es uno de los compuestos más sensibles a condiciones de almacenamiento degradándose por oxidación en presencia de calor, oxígeno y luz (Huamaní Salazar, 2022).

4.6. Efectos principales y comportamiento del ácido ascórbico

La gráfica de efectos principales (Figura 16) evidencia de manera visual la tendencia del ácido ascórbico frente a los factores analizados. Se observa una disminución progresiva del contenido de ácido ascórbico a medida que se incrementa el tiempo de almacenamiento (de 0 días a 45 días) y la temperatura (de 4 a 23 °C). Esta tendencia descendente confirma que el ácido ascórbico se degrada con el paso del tiempo, siendo más pronunciada la pérdida a temperaturas elevadas. Este resultado es coherente con la cinética de primer orden, común en la degradación de compuestos antioxidantes, donde la tasa de pérdida depende directamente de la concentración inicial del nutriente (Favell, 1998).

Figura 16

Gráfica de efectos principales para ácido ascórbico



La ecuación ajustada obtenida mediante el modelo de superficie de respuesta fue la siguiente:

$$\text{Ácido ascórbico} = 20,8313 - 0,200132 * \text{Tiempo} - 0,158316 * \text{Temperatura} + 0,00152727 \text{Tiempo}^2 - 0,00115789 * \text{Tiempo} * \text{Temperatura}.$$

La ecuación permite estimar la concentración de ácido ascórbico en función del tiempo y temperatura. El modelo predice una pérdida progresiva del compuesto, mostrando que la temperatura actúa sinérgicamente con el tiempo en la degradación del ácido ascórbico, aunque dicha interacción no haya sido significativa en el diagrama de Pareto.

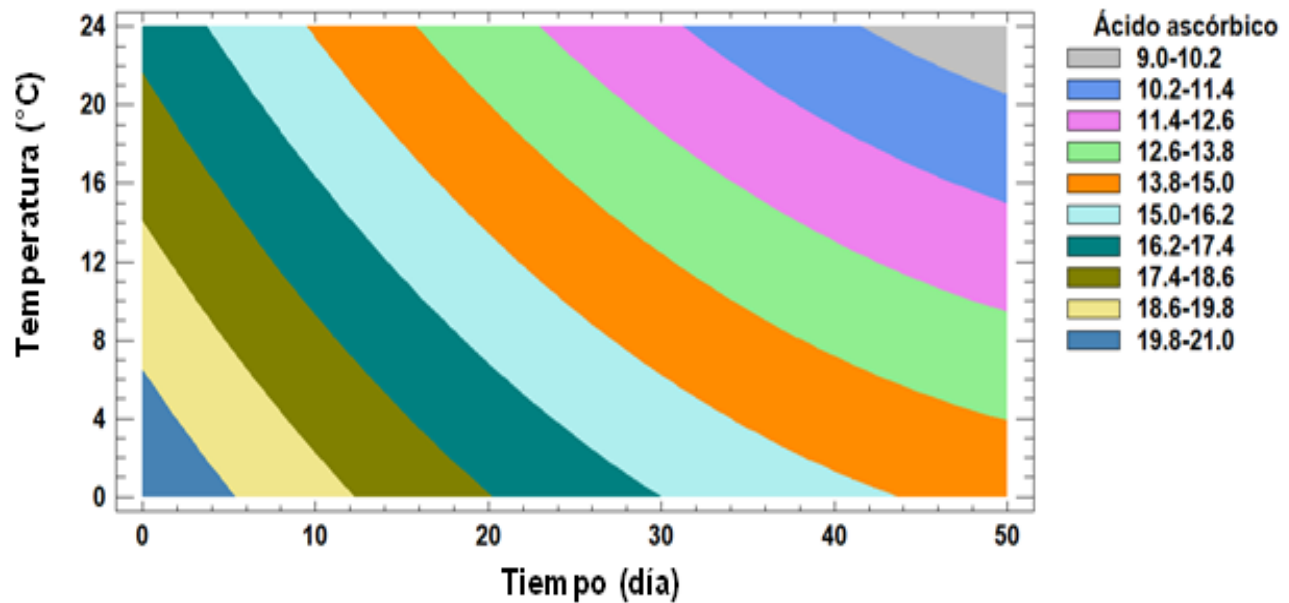
Además, se observa que la temperatura influye negativamente desde los primeros días, lo cual evidencia que un almacenamiento a temperatura ambiente acelera la degradación, aun en cortos periodos. Por lo tanto, mantener el producto bajo refrigeración contribuye a preservar la calidad nutricional del néctar.

4.7. Superficie de respuesta y análisis de contornos

La superficie de respuesta presentada en la (Figura 17) muestra los contornos de concentración de ácido ascórbico frente a las combinaciones de tiempo y temperatura. Se evidencia una mayor concentración de ácido ascórbico a menor tiempo de almacenamiento (0 a 5 días) y temperaturas bajas (0 a 4 °C), con valores entre 19,8 a 21,0 mg /100 mL. Conforme aumenta el tiempo de temperatura, se aprecia un descenso progresivo, alcanzando niveles mínimos de ácido ascórbico (9,0 a 10,2 mg/100 mL) en condiciones extremas de 50 días y 24 °C.

Figura 17

Contornos de la superficie de respuesta estimada



Estos resultados corroboran que tanto el tiempo como la temperatura deben controlarse cuidadosamente para preservar la calidad nutricional del producto. Según Rickman et al. (2007), el ácido ascórbico es altamente susceptible a condiciones térmicas prolongadas, ya que se oxida fácilmente, especialmente en presencia de oxígeno y luz. Además, estudios similares en jugos de frutas indican pérdidas superiores al 50 % después de 30 días a temperatura ambiente, lo cual coincide con las pérdidas observadas en el presente estudio.

4.8. Datos adicionales: Relación entre el pH y la concentración de ácido ascórbico durante el almacenamiento

Tabla 10

Evolución del pH y Ácido Ascórbico en néctar de poro poro bajo dos condiciones de almacenamiento

N° de muestra	Tiempo (Día)	Ambiente (21 ± 2 °C)		Refrigeración (4 ± 1 °C)	
		pH	A.A (mg /100 mL)	pH	A.A (mg / 100 mL)
1	1	3,22	17,92	3,16	19,45
2	5	3,13	16,54	3,22	18,90
3	10	3,23	14,88	3,31	18,40
4	15	3,19	13,53	3,26	18,11
5	20	3,22	12,62	3,14	17,08
6	25	3,19	12,00	3,12	16,94
7	30	3,29	11,65	3,13	15,08
8	35	3,20	11,07	3,63	14,96
9	40	3,40	10,98	3,42	14,64
10	45	3,34	10,57	3,13	13,23

Nota. Los valores de Ácido Ascórbico (A.A) se expresan en mg/100 mL. La temperatura ambiente registró un promedio de 21 ± 2 °C y la refrigeración 4 ± 1 °C.

Como se observa en la Tabla 8, el pH del néctar mostró ligeras fluctuaciones, manteniéndose en un rango ácido (3,12 a 3,42). Esta acidez es característica del tumbo serrano o poro poro y es favorable para la seguridad microbiológica del producto; las pequeñas variaciones registradas no representan una tendencia de deterioro, sino que pueden atribuirse a la liberación de compuestos orgánicos durante la degradación natural del ácido ascórbico hacia ácido dehidroascórbico (Murillo Baca et al., 2023).

Al correlacionar estos parámetros, se evidencia que la temperatura fue el factor determinante en la pérdida de nutrientes. Mientras que el pH se mantuvo estable, la concentración de ácido ascórbico descendió de forma notable, especialmente a temperatura ambiente (de 17,92 a 10,57 mg/100 mL). Esto confirma que, en néctares de frutas ácidas, la vitamina C es el componente más sensible y su degradación ocurre de forma independiente a la estabilidad de los azúcares, tal como lo describe Veliz Sedano et al. (2017), quien reporta que la degradación del ácido ascórbico en jugos de frutas ácidas sigue una cinética de primer orden y está influenciada por la acidez del medio, la temperatura y la presencia de oxígeno disuelto.

Asimismo, se debe considerar que el proceso térmico aplicado (pasteurización a 90 °C por 5 minutos) y el envasado hermético con eliminación de aire contribuyeron a minimizar las pérdidas iniciales de ácido ascórbico, favoreciendo su estabilidad durante los primeros días de almacenamiento. Esto coincide con Villareal et al. (2013), que resalta la importancia de minimizar la exposición al oxígeno y altas temperaturas prolongadas durante la elaboración de productos ricos en vitamina C.

En resumen, los resultados sugieren una relación directa entre los cambios en pH con la degradación del ácido ascórbico. Por lo tanto, estos parámetros pueden ser utilizados como indicadores indirectos de la estabilidad de este nutriente en néctares a base de frutas ácidas como el tumbo serrano, tal como también se ha reportado en estudios similares en *Passiflora mollissima* (Vera Cieza, 2020).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- El tiempo y la temperatura de almacenamiento influyen significativamente en la degradación del ácido ascórbico en el néctar de tumbo serrano, siguiendo una cinética de primer orden, donde la velocidad de pérdida depende de la concentración y la temperatura.
- A 25 °C, el contenido de vitamina C disminuyó en 41 % tras 45 días (de 17,92 a 10,57 mg/100 mL), siendo el efecto del tiempo altamente significativo ($p < 0,05$).
- En refrigeración (4 °C), la degradación fue menor, con una pérdida de 32 % (de 19,45 a 13,23 mg/100 mL), confirmando que la baja temperatura reduce la velocidad de degradación ($p < 0,05$).

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

- Con el fin de preservar el contenido de ácido ascórbico, se recomienda establecer y mantener una cadena de frío ($4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) durante todo el almacenamiento y comercialización del néctar de tumbo serrano.
- Profundizar el estudio de la estabilidad del ácido ascórbico mediante pruebas de vida útil acelerada a diferentes temperaturas controladas ($5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $35\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- Evaluar el efecto de combinaciones de tiempo y temperatura en la pasteurización, con el fin de determinar el tratamiento térmico óptimo sobre la concentración de ácido ascórbico en néctar de tumbo.
- Realizar estudios sobre la incorporación de antioxidantes naturales, como extractos de la propia cáscara del tumbo serrano o de semillas, para evaluar si actúan como agentes protectores del ácido ascórbico frente a la oxidación.

CAPÍTULO VII

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre Huayhua, C. (2017). *Evaluación de las concentraciones de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) y aguaymanto (*Physalis peruviana*) en la formulación de una bebida funcional* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio UNH. <https://repositorio.unh.edu.pe/items/1dd24cd1-fd24-47ed-bd7b-f5359eb8375b>
- Altamirano D., J. y Chavarría, M. (2019). *Dosis de consorcio microbiano y grado de temperatura en la vida útil de una longaniza artesanal*. <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1093>
- AOAC, A. of A. C. (1968). AOAC Official Method 967.21 Ascorbic Acid in Vitamin Preparations and Juices 2,6-Dichloroindophenol Titrimetric Method.
- Badui Dergal, S. (2006). *Química de los alimentos* (M. Pearson Educación, Ed.; Cuarta). www.pearsoneducacion.net
- Barreto, L., y Rojas, N. (2021). *Cinética de degradación del ácido ascórbico durante la conservación por refrigeración y congelación de la pulpa de camu camu (*Myrciaria Dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh)* [Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio UNCP. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7886/T010_19848704_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Bastías M, J. M. & Cepero B, Y. (2016). La vitamina C como un eficaz micronutriente en la fortificación de alimentos. *Revista Chilena de Nutrición*, 43(1), 81–86.
<https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000100012>
- Batanero Bernabeu, C., & Díaz Batanero, C. (2008). *Análisis de datos con Statgraphics*. Departamento de Didáctica de la Matemática, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Granada. ISBN: 978-84-691-4796-2.
- Cabanillas Montenegro, E. (2020). *Estudio de la cinética de degradación de vitamina C y color de pulpa de pitahaya (Hylocereus monacanthus) pasteurizada* [Tesis de licenciatura, Universidad Señor de Sipán]. Repositorio Institucional USS.
<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/6950>
- Campos Mangas, C. (2021). *Métodos analíticos para la determinación de vitamina C* [Trabajo de fin de grado, Universidad la Laguna].
<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/24595/Metodos%20analiticos%20para%20la%20determinacion%20de%20vitamina%20C.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Se%20trata%20de%20utilizar%20una,el%20colorante%20se%20vuelve%20incoloro>
- César, I. y Lavado, C. (2016). *La industrialización de una bebida natural a partir del tumbo andino (Passiflora mollissima) con linaza (Linum usitatissimum)* (Vol. 34).
- Codex Alimentarius Commission. (2000). *Métodos de análisis para frutas y hortalizas elaboradas: Solicitud de observaciones (CX/PFV 00/7)*.
- Cuse Quispe, J., Lima Pimentel, V. H., & Cutipa Chávez, L. (2021). Cinética de la degradación y estabilidad del ácido ascórbico en la pulpa de copoazú

- (*Theobroma grandiflorum*). *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 1(1), 4–19.
<https://doi.org/10.51252/raa.v1i1.113>
- Cerros, E. (2012, 20 de febrero). *Conservación de alimentos por frío*. FUSADES.
<https://fusades.org/publicaciones/conservacion-de-alimentos-por-frio>
- Encina, C., y Carpio, L. (2011). Máxima retención de ácido ascórbico, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en el néctar de tumbo. *Ingeniería Industrial*, 0(029), 225. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2011.n029.236>
- Favell, D. J. (1998). A comparison of the vitamin C content of fresh and frozen vegetables. *Food Chemistry*, 62(1), 59–64. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(97\)00165-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(97)00165-9)
- Granados Palomino, R. A. (2022). *Influencia de la temperatura y el tiempo de almacenado en el contenido de ácido ascórbico, propiedades fisicoquímicas y capacidad antioxidante del zumo de puro puro (Passiflora pinnatistipula Cav)* [Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional José María Arguedas Facultad de Ingeniería]. Repositorio UNAJMA. https://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14168/652/Roman_Arturo_Tesis_Bachiller_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hernández Ramírez, G., Ortega Ibarra, E. & Ortega Ibarra, I.H. (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, 24–28.
<https://doi.org/10.29057/icap.v7i14.7232>

Huamaní Salazar, C. J. (2022). *Elaboración de puré de tumbo serrano (Passiflora mollissima H.B.K.), maximizando la retención del ácido ascórbico* [Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Tecnología de Alimentos, Universidad Nacional Agraria La Molina].
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5192/huamani-salazarcesar-joel.pdf?sequence=1&isAllowed=>

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2009). Norma Técnica Peruana NTP 203.110-2019 JUGOS, NÉCTARES Y BEBIDAS DE FRUTA. 2009-06-24, 1, 1–25.

Jesse F. Gregory III. (2000). vitaminas. In editor. Fennema OR & Zaragoza (España): ACRIBIA (Eds.), En: Fennema OR, editor. *Química de los alimentos*. 2°.: Vol. (2nd ed.). 2000.

Kader, A. A. (2013). Postharvest Technology of Horticultural Crops-An Overview from Farm to Fork. *Ethiopian Journal of Applied Science and Technology* (Special Issue No. 1), 1-8. Retrieved from.
<https://journals.ju.edu.et/index.php/ejast/article/view/537>

Katz F. (2018). Acidez y pH de los alimentos. In *Enciclopedia de Ciencias de la Alimentación y Nutrición: Vol. Academic Press*. (pp. 234–238).
<http://www.fns.usda.gov/sfsp/handbooks>.

Maeda, R. N., Pantoja, L., Kiyoko, L., Yuyama, O. y Chaar, J. M. (2007). Stability of ascorbic acid and anthocyanin on camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh) nectar. In *Ciênc. Tecnol. Aliment* (Vol. 27, Issue 2).

Mettler Toledo. (2023, 2. February). *Brix: los conceptos básicos*. International Inc. All Rights Reserved. <https://www.mt.com/es/es/home/perm-lp/product-organizations/ana/brix-meters.html>

Mieszczakowska-Frać, M., Celejewska, K. & Płocharski, W. (2021). Impact of Innovative Technologies on the Content of Vitamin C and Its Bioavailability from Processed Fruit and Vegetable Products. *Antioxidants*, 10(1), 54. <https://doi.org/10.3390/antiox10010054>

MINSA, M. de S. I. N. de S. (2017). *TABLAS PERUANAS DE COMPOSICIÓN DE ALIMENTOS*. 10ma. edición, 1–146. <https://repositorio.ins.gob.pe/bitstream/handle/20.500.14196/1034/tablas-peruanas-QR.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Montalvo-Principe, M., y Canteño-Falcon, M. A. (2019). *Cinética de la estabilidad de vitamina c, antocianinas y actividad antioxidante en la bebida funcional a base de tumbo (Pasiflora mollisima) y mashua negra (Tropaeolum tuberosum)* [Tesis para optar el Título de ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/5733/TAI00163M84.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Montenegro, C., Mechato, M., & Antonio, A. A. (2020). *Estudio de la cinética de degradación de vitamina C y color de pulpa de pitahaya (Hylocereus monacanthus) pasteurizada* [Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán].

- Murillo, M., Otarola, A., Buendia, R., Ponce, F., Torres Suarez, W. y Vasquez, 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. <https://doi.org/10.57188/manglar.2023.002>
- Murillo-Serna, A. M., y Rodriguez-Salazar, D. (2018). *Alimentación saludable, la gran tendencia del consumo actual* [Proyecto de grado para optar Título de Profesional en Mercadeo y Negocios Internacionales, Universidad Autónoma de Occidente, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Departamento de Ciencias Administrativas Programa Mercadeo y Negocios Internacionales Santiago de Cali]. <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/10621/T08290.pdf?sequence=5>
- NAKILCIOĞLU-TAŞ, E. & ÖTLEŞ, S. (2020). Kinetic modelling of vitamin C losses in fresh citrus juices under different storage conditions. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 92(2). <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020190328>
- Neyra Campos, I. & Sosa León, J. L. (2021). Nectar of “Tumbo serrano” *Passiflora tripartita* Kunth sweetened with honey bee: Quantification of vitamin C and organoleptic acceptability. *Agroindustrial Science*, 11(2), 141–147. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.02.02>
- NIH, N. I. of Health. (2019). *¿Qué es la vitamina C? ¿Para qué sirve?* <https://ods.od.nih.gov/pdf/factsheets/VitaminC-DatosEnEspañol.pdf>
- Páez, G., Freay, J., Moreno, M., Mármol, Z., Araujo, K. y Rincón, M. (2007). *Cinética de la degradación del ácido ascórbico en jugo de parchita Kinetic of Degradation*

of Ascorbic Acid in Passion Fruit Juice.

<https://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/download/281445/369258/0>

Pérez Reyes, M. E. & Sosa Morales, M. E. (2013). *Mecanismos de transferencia de calor que ocurren en tratamientos térmicos de alimentos*. 1, 37–47.

https://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS_20/Ingenieria%20de%20Alimentos/Perez-Reyes-et-al-2013.pdf

Quillimamani Soncco, S. R., Chambi Rodriguez, A. D. & Coaquira Quispe, J. J. (2022). Evaluación de la cinética de degradación térmica de la vitamina C en la pulpa de tumbo (*Passiflora mollissima* B.). *Fides et Ratio*, 24(24), 145–164. <https://doi.org/10.55739/fer.v24i24.123>

RACIM, (Red Argentina de Centros de Información de Medicamentos. (2020). *Vitamina C*. <http://cime.fcq.unc.edu.ar/wp-content/uploads/sites/15/2020/09/RACIM-Vit-C-versi%C3%B3n-1-01.07.2020-1.pdf>

Riera, M. & Gómez Salcedo, Y. (2019). Influencia de las condiciones de almacenamiento en la degradación de vitamina C. *Publicaciones En Ciencias y Tecnología*, 13, 3–11. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29489.53600>

Rojas Iparraguirre, F. D. (2015). *Formulación y evaluación de la estabilidad de betalainas y vitamina c en almacenamiento de bebida a base de tumbo (Passiflora mollissima) Y TUNA (Opuntia sp.) edulcorada con stevia* [Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1256>.

- Rojas Romaní, D., Calixto-Cotos, M. R. y Suca Apaza, F. (2021). Utilization of *Passiflora tripartita* fruit residues. *Scientia Agropecuaria*, 12(3), 445–453.
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.049>
- Serra, M. H. & Cafaro, T. A. (2007). *Ácido ascórbico: desde la química hasta su crucial función protectora en ojo*. 41(4), 32–525.
<http://www.scielo.org.ar/pdf/abcl/v41n4/v41n4a10.pdf>
- Van Boekel, M. A. J. S. (2008). Kinetic Modeling of Food Quality: A Critical Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7(1), 144–158.
<https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2007.00036.x>
- Vázquez Contreras, E. & Rojas Pérez, T. G. (2016). *pH: Teoría y 232 problemas*. 1–152.
<https://www.cua.uam.mx/pdfs/conoce/libroselec/17pHTeoriayproblemas.pdf>
- Velasco Lozano, S. (2006). *Optimización del método para la determinación de ácido ascórbico en jugos procesados utilizando espectrofotometría UV con segunda derivada y su comparación con el método oficial (AOAC)* [Tesis para obtener el Título de Química de alimentos, Universidad Nacional Autónoma de México].
https://repositorio.unam.mx/contenidos/optimizacion-del-metodo-para-la-determinacion-de-acido-ascorbico-en-jugos-procesados-utilizando-espectrofotometri-252797?c=V8kO4k&d=false&q=*&i=6&v=1&t=search_0&as=0
- Veliz Sedano, N., Espinoza Silva, C. & Quispe Solano, M. (2017). Formulación y cinética de la degradación de antocianinas del néctar de zarzamora silvestre sp.

por tratamiento. *Prospectiva Universitaria*, 9(1), 69.
<https://doi.org/10.26490/uncp.1990-7044.2012.1.295>

Vera Cieza, R. (2020). Caracterización fisicoquímica y reológica en frutos de “poro poro” *Passiflora mollissima* (Kunth) L.H. Bailey. (Passifloraceae) en la provincia de Chota. *Revista Nor@ndina*, 2(2), 66–71. <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2020v2n2p66>

Villareal, Y. D., Fernando Mejía, D. E., Osorio, O. M. & Felipe Cerón, A. C. (2013). Efecto de pasteurización sobre características sensoriales y contenido de vitamina C en jugos de frutas. *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(2), 124-131. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n2/v11n2a08.pdf>

ANEXO

Anexo 1. Elaboración de néctar de tumbo serrano

1. Recolección de los frutos



2. Recepción de materia prima



3. Selección



4. Pesado



5. Lavado y desinfección



6. Pelado (descascarado)



7. Pesado de la pulpa y merma



8. Pulpeado



9. Filtrado



10. Formulación y mezcla de los insumos



11. Mezclado



12. Pasteurización



13. Envasado



14. Almacenamiento a temperatura ambiente y refrigeración



Anexo 2. Determinación de la concentración del ácido ascórbico en el néctar de tumbo serrano

1. Preparación de reactivos



2. Análisis del fruto de tumbo serrano

- Recepción de los frutos



- Pesado



- Pesado de los arilos con jugo y medición de pH



- Medición de pH

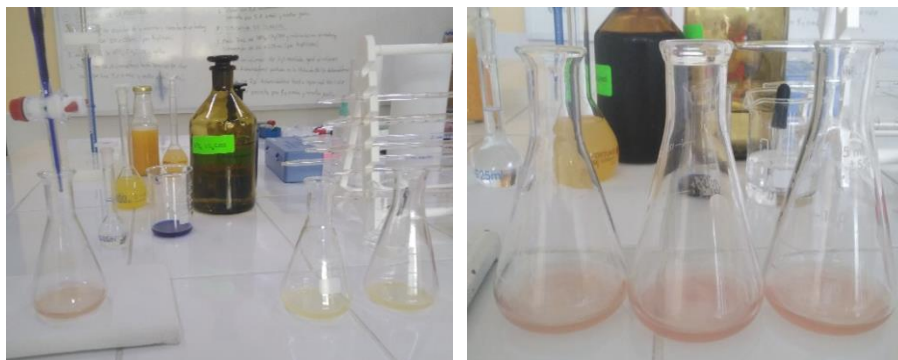


3. Determinación de concentración de ácido ascórbico (vitamina C) mediante el método oficial AOAC 967.21

- Preparación de las disoluciones (del néctar y ácido ascórbico)



- Titulación de la muestra



- Titulación de blancos de la muestra



- Titulación de ácido ascórbico



- Titulación de blancos de ácido ascórbico



Anexo 3. Determinación del pH en el néctar y de los grados Brix en el néctar

