

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



T E S I S

Evaluación de la concentración de ácido ascórbico en néctar de granadilla (*Passiflora ligularis*) con tomate de árbol (*Solanum betaceum*), durante su almacenamiento a temperatura ambiente y en refrigeración

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por el Bachiller:

LUIS ADRIÁN QUISPE MESTANZA

Asesor:

Ing. M.Cs. DAVID RICARDO URIOL VALVERDE

CAJAMARCA – PERÚ

2026

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Luis Adrián Quispe Mestanza
DNI: N° 77325929
Escuela Profesional/Unidad UNC:
INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
2. Asesor:
MCs. Ing. David Ricardo Uriol Valverde
Facultad/Unidad UNC:
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
3. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
4. Tipo de Investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
Evaluación de la concentración de ácido ascórbico en néctar de granadilla (*Passiflora ligularis*) con tomate de árbol (*Solanum betaceum*), durante su almacenamiento a temperatura ambiente y en refrigeración
6. Fecha de evaluación: 20/03/2026
7. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 19%
9. Código Documento: oid::3117:567787444
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 24/03/2026

Firma y/o Sello Emitor Constancia
 Ing. M. Cs. David Ricardo Uriol Valverde DNI: 26717317

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



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 nueve días del mes de febrero 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° 539-2025-FCA-UNC, de fecha 15 de setiembre del 2025**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO ASCÓRBICO EN NÉCTAR DE GRANADILLA (*Passiflora ligularis*) CON TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum*), DURANTE SU ALMACENAMIENTO A TEMPERATURA AMBIENTE Y EN REFRIGERACIÓN"**, realizada por el Bachiller **LUIS ADRIÁN QUISPE MESTANZA** para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las ocho horas y diez 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 quince (15); por tanto, el Bachiller queda expedito 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

Ing. M. Sc. Fanny Lucila Rimarachín Chávez
SECRETARIO

Dr. José Gerardo Salhuana Granados
VOCAL

Ing. M. Cs. David Ricardo Uriol Valverde
ASESOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a todos aquellos que han sido fundamentales en mi desarrollo académico. A mis padres, Luis Javier Quispe Mantilla y María Edita Mestanza Samán, por su apoyo incondicional, siendo ellos mi mayor motivación durante este proceso; por sus consejos y palabras de aliento para superarme día a día. A mis amigos de la universidad, quienes me han brindado su amistad. A mi asesor, cuya orientación y conocimiento han guiado este trabajo de investigación.

AGRADECIMIENTO

Primero, quiero agradecer a Dios, por haberme guiado y acompañado en todo momento.

A mis padres, por su respaldo incondicional, por sus enseñanzas y por su confianza depositada en mí.

A mi Asesor, Ing. David Ricardo Uriol Valverde, por su apoyo en la realización de la tesis y su conocimiento compartido durante todo este proceso, por la paciencia al guiarme con cada duda y permitir la realización de esta investigación.

A mis amigos y compañeros de la universidad por haberme acompañado en esta etapa. A la Universidad Nacional de Cajamarca por haberme permitido cumplir con satisfacción todos estos años de estudio, a mi querida Escuela Académica Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias y a sus docentes por todas las enseñanzas adquiridas.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
LISTA DE TABLAS	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	3
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1. Planteamiento del problema.....	3
2. Formulación del problema	4
3. Justificación	4
4. Objetivos de la investigación	5
5. Hipótesis	5
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes de la investigación	6
2.2. Marco teórico	8
2.2.1. Tomate de árbol	8
2.2.2. La granadilla	12
2.2.3. Ácido ascórbico	16
2.2.4. Néctar de frutas.....	21
2.2.5. Carboximetilcelulosa	22
2.3. Definición de términos	23
CAPÍTULO III	26
MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1. Ubicación	26
3.2. Materiales.....	27

3.3. Metodología	29
CAPÍTULO IV	37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
1. Determinación de la concentración de ácido ascórbico, en néctar de granadilla (<i>Passiflora ligularis</i>) con tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i>).	37
2. Análisis cinético de la degradación del ácido ascórbico (modelo de orden de reacción).....	40
3. Contraste estadístico formal de la hipótesis	51
CONCLUSIONES.....	54
RECOMENDACIONES	55

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Composición nutricional del tomate de árbol.....	10
Tabla 2 Composición nutricional de la granadilla.....	23
Tabla 3 Concentración de ácido ascórbico, en néctar de granadilla (<i>Passiflora ligularis</i>) con tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i>), durante su almacenamiento a temperatura ambiente y en refrigeración.....	37
Tabla 4 Datos experimentales concentración de ácido ascórbico (mg/100 mL) en néctar de granadilla (<i>Passiflora ligularis</i>) con tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i>) almacenado a temperatura ambiente	49
Tabla 5 Datos experimentales concentración de ácido ascórbico (mg/100 mL) en néctar de granadilla (<i>Passiflora ligularis</i>) con tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i>) almacenado en refrigeración.....	52
Tabla 6 Comparación de pérdida de ácido ascórbico en el néctar de granadilla con tomate de árbol.....	56
Tabla 7 Coeficientes de determinación en ambos tratamientos de temperatura.....	57
Tabla 8 Resultados del análisis de regresión lineal (cinética de primer orden) para la degradación del ácido ascórbico.....	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i>)	9
Figura 2 Granadilla (<i>P. ligularis</i> J.)	22
Figura 3 Estructura química de la vitamina C	26
Figura 4 Estructuras del ácido ascórbico y ácido L deshidroascórbico.....	18
Figura 5 Croquis de la ubicación	35
Figura 6 Diseño experimental.....	41
Figura 7 Flujograma del néctar de granadilla con tomate de árbol	41
Figura 8 Cinética de degradación de la concentración de ácido ascórbico (mg/100 mL) en néctar de granadilla (<i>Passiflora ligularis</i>) con tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i>) durante su almacenamiento a temperatura ambiente.....	50
Figura 9 Cinética de degradación de la concentración de ácido ascórbico (mg/100 mL) en néctar de granadilla (<i>Passiflora ligularis</i>) con tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i>) durante su almacenamiento en refrigeración	53

RESUMEN

El presente estudio evaluó la concentración de ácido ascórbico en néctar elaborado a partir de granadilla (*Passiflora ligularis*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*), durante su almacenamiento en dos condiciones: temperatura ambiente (20 °C) y refrigeración (4 °C). Se utilizó un diseño experimental con mediciones cada cinco días por un periodo de 45 días, para la determinación del ácido ascórbico se aplicó el método volumétrico AOAC 967.21.

Los resultados mostraron una disminución progresiva del ácido ascórbico en ambos tratamientos, siendo la degradación más acelerada a temperatura ambiente, donde se registró una pérdida del 60,1 % con una concentración de ácido ascórbico en el día 1 de 15,25 y 6,09 mg/100 mL en el día 45, frente a un 39,5 % en refrigeración con una concentración en el día 1 de 15,80 y 9,56 mg/100 mL en el día 45.

El análisis estadístico se basó en un modelo cinético de primer orden, el cual presentó un ajuste altamente satisfactorio con coeficientes de determinación (R^2) de 0,969 para temperatura ambiente y 0,994 para refrigeración, la validación mediante regresión lineal y la prueba t de Student confirmó que las pendientes de degradación ($\widehat{\beta}_1 = -0,022$ en ambiente y $\widehat{\beta}_1 = -0,012$ en refrigeración) fueron significativamente negativas ($p < 0,05$), demostrando que el tiempo y la temperatura afectan directamente la estabilidad del nutriente. Se concluye que el almacenamiento en refrigeración reduce la constante de velocidad de degradación.

Palabras clave: Ácido ascórbico, cinética de degradación, néctar, granadilla, tomate de árbol, vitamina C.

ABSTRACT

The present study evaluated the concentration of ascorbic acid in a nectar made from sweet granadilla (*Passiflora ligularis*) and tamarillo (*Solanum betaceum*), during storage under two conditions: room temperature (20 °C) and refrigeration (4 °C). An experimental design was used with measurements every five days over a 45-day period; ascorbic acid determination was performed using the AOAC 967.21 volumetric method.

The results showed a progressive decrease in ascorbic acid in both treatments, with degradation being more accelerated at room temperature, where a loss of 60,1 % was recorded (with an ascorbic acid concentration of 15,25 mg/100 mL on day 1 and 6,09 mg/100 mL on day 45), compared to 39,5 % under refrigeration (with a concentration of 15,80 mg/100 mL on day 1 and 9,56 mg/100 mL on day 45).

The statistical analysis was based on a first-order kinetic model, which presented a highly satisfactory fit with coefficients of determination (R^2) of 0,969 for room temperature and 0,994 for refrigeration. Validation through linear regression and Student's t-test confirmed that the degradation slopes ($\widehat{\beta}_1 = -0,022$ at room temperature and $\widehat{\beta}_1 = -0,012$ under refrigeration) were significantly negative ($p < 0,05$), demonstrating that time and temperature directly affect the stability of the nutrient. It is concluded that refrigerated storage reduces the degradation rate constant.

Keywords: Ascorbic acid, degradation kinetics, nectar, sweet granadilla, tamarillo, vitamin C.

INTRODUCCIÓN

El consumo de alimentos ha cambiado a gran escala, debido a que los consumidores buscan alimentos novedosos que aporten valores nutritivos a su dieta, es así la tendencia por el consumo de néctares como alternativas saludables y nutritivas de alimentación tiene un gran aumento en los últimos años. Dentro de la industria alimentaria, la formulación de un néctar, está caracterizado por parámetros ya establecidos tales como azúcares, aceptabilidad y contenido de vitamina C. Frente a ello surgió la idea de elaborar un néctar a base de granadilla con tomate de árbol, debido a su alto contenido de compuestos fenólicos, vitamina C, antioxidantes y carotenoides, con la finalidad de determinar la concentración de ácido ascórbico.

Los néctares contienen vitaminas y provitaminas, que son beneficiosas para la salud. Entre ellas destaca la vitamina C, es el principal antioxidante no enzimático hidrosoluble que ayuda a la producción de colágeno, a la mejora de absorción de hierro y además apoya al buen funcionamiento del sistema inmunológico, por ello es importante analizar la concentración de ácido ascórbico que poseen los néctares de frutas, debido a que es un nutriente imprescindible en cualquier dieta sana y equilibrada (Encina y Carpio, 2011).

Sin embargo, la vitamina C es un nutriente que es sensible a la degradación, la cual es afectada por condiciones ambientales como la temperatura y tiempo de almacenamiento en néctares de frutas, causando un descenso en su contenido (Santiago y López, 2017). La degradación de ácido ascórbico durante el almacenamiento, es una variable importante en el sector de la industria de alimentos por ser uno de los principales problemas relacionados con

la pérdida de calidad nutricional en algunos jugos, lo cual además incide en su vida útil, por lo tanto es de mucha importancia estudiar el efecto de estas, para garantizar una menor incidencia en la disminución en la concentración de vitamina C (Riera & Gómez Salcedo, 2019).

Por tal razón, el presente estudio evaluó la variación de la concentración de ácido ascórbico del néctar de granadilla (*Passiflora ligularis*) con tomate de árbol (*Solanum betaceum*) durante el almacenamiento en temperatura ambiente y en refrigeración, y así conocer las mejores condiciones de almacenamiento para tratar de conservar esta vitamina.

Esta investigación aporta conocimiento sobre la degradación de vitamina C en néctares de frutas, además de conocer las condiciones de almacenamiento adecuadas para preservar la presencia del ácido ascórbico en los néctares.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1. Planteamiento del problema

Hoy en día, las personas son más conscientes de la importancia de la nutrición, buscando alimentos que no solamente sean agradables y nutritivos, sino que también puedan ser funcionales, actualmente la industria alimentaria tiene la necesidad de intensificar cada año su potencial de innovación, proporcionando una variedad de productos alimenticios y diversidad de bebidas.

Se pronostica que los néctares y las bebidas de jugos con mayores contenidos de fruta tendrán mayor acogida en los próximos años, por ello, es necesario realizar investigaciones para saber los nutrientes que estos aportan a la dieta humana (FAO, 2005). Entre estos nutrientes que posee los néctares de frutas, destaca la vitamina C, la cual es muy importante en la dieta diaria, la cual interviene en la producción de colágeno necesario para los huesos, ligamentos y tendones. Además, la ausencia de esta puede causar escorbuto y con ello afecciones en encías y dientes. Sin embargo, la vitamina C es un nutriente muy sensible a la degradación, debido a factores ambientales como el tiempo y almacenamiento en néctares de fruta, en este estudio se plantea evaluar la concentración de ácido ascórbico en el de néctar de granadilla, (*Passiflora ligularis*) con tomate de árbol (*Solanum betaceum*) durante su almacenamiento por 45 días, a dos temperaturas (ambiente 20 °C y refrigeración 4 °C), con la finalidad de observar cuál de las dos temperaturas prolonga más la concentración de ácido ascórbico.

2. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto del tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente y en refrigeración en la concentración de ácido ascórbico en néctar de granadilla (*Passiflora ligularis*) con tomate de árbol (*Solanum betaceum*)?

3. Justificación

La vitamina C se caracteriza por una baja estabilidad térmica y una tendencia a oxidarse fácilmente, por lo que cada proceso que utilice temperaturas elevadas provoca pérdidas de esta vitamina. Estas pérdidas pueden ser del 20 % hasta incluso el 90 % dependiendo del nivel de temperatura, la duración de la operación de procesamiento y el contacto con el oxígeno (Mieszczakowska-Fr , Et al., 2021). Frente a ello, nació el interés de analizar la concentración de vitamina C en el néctar de granadilla con tomate de árbol y, sobre todo, evaluar el efecto del tiempo y la temperatura de almacenamiento como variables de estudio, sobre la concentración de ácido ascórbico en el néctar.

4. Objetivos de la investigación

4.1. Objetivo general

Determinar la concentración de ácido ascórbico del néctar granadilla (*Passiflora ligularis*) con tomate de árbol (*Solanum betaceum*), durante su almacenamiento a temperatura ambiente y en refrigeración.

4.2. Objetivos específicos

- Determinar la concentración de ácido ascórbico en el néctar de granadilla (*Passiflora ligularis*) con tomate de árbol (*Solanum betaceum*), almacenado en refrigeración (4 °C) a intervalos de 5 días durante 45 días.
- Determinar la concentración de ácido ascórbico en el néctar de granadilla (*Passiflora ligularis*) con tomate de árbol (*Solanum betaceum*), almacenado a temperatura ambiente (20 °C) en intervalos de 5 días durante 45 días.

5. Hipótesis

A mayor tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente y en refrigeración, disminuye la concentración de ácido ascórbico en el néctar de granadilla (*Passiflora ligularis*) con tomate de árbol (*Solanum betaceum*).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Vásquez (2023), realizó el estudio sobre la “Evaluación del contenido de vitamina C y capacidad antioxidante de un néctar mixto a partir de zumos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), tomate de árbol (*Solanum betaceum*.) y piña (*Ananas comosus*)”, donde evaluó la influencia de las proporciones de zumos de aguaymanto, tomate de árbol y piña en el contenido de vitamina C, capacidad antioxidante y aceptabilidad del néctar mixto. Los resultados obtenidos para vitamina C, capacidad antioxidante y aceptabilidad, mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$). Al final se obtuvo que la formulación 11 con proporciones de zumo de aguaymanto, tomate de árbol y piña (33,33 %; 33,33 % y 33,33 %) presentó mayor contenido vitamina C (7,26 mg/g), la formulación 5 con proporciones de zumo de aguaymanto y zumo de piña (50 %, 50 %) presentó mayor contenido de capacidad antioxidante (1,40 μmol Trolox/g), y por último la formulación 9 presentó mayor aceptabilidad con proporciones de zumo de aguaymanto, tomate de árbol y piña (16,66 %; 66,66 % y 16,16 %).

Magno y Chero (2021) en su investigación que tiene como título, “Capacidad antioxidante, contenido de polifenoles totales, ácido ascórbico y características sensoriales de una bebida funcional a partir de carambola (*averrhoa carambola* L.) y granadilla (*passiflora ligularis*)”, investigó las diversas mezclas de los zumos de frutas (granadilla y carambola) y su impacto en su poder antioxidante, ácido ascórbico y polifenoles, composición química y características (fisicoquímicas y sensoriales) en

mezclas de granadilla /carambola 60 a 40; 70 a 30 y 80 a 20. Encontrándose la mezcla funcional más aceptada fisicoquímicamente y sensorialmente la mezcla de 30 a 70 con contenido de polifenoles totales de 174,62 mg eq. ácido gálico/100 g, vitamina C 26,24 mg, ácido ascórbico/100 g y capacidad antioxidante 55,22 % de inhibición.

Gutiérrez (2019) realizó un estudio donde evaluó el comportamiento de la vitamina C durante la postcosecha. Ambos frutos se almacenaron a temperatura ambiente (18 °C) durante 21 días. Para determinar la cantidad de ácido ascórbico en ambos frutos se utilizó el método de titulación con 2,6-diclorofenol-indofenol y se realizó cada 7 días siendo la primera evaluación, el primer día de la cosecha. Las variables observadas fue el tiempo, pH, acidez, °Brix y la concentración de ácido ascórbico en mg/100 g de producto fresco. El método estadístico que se ajustó mejor a los resultados fue la regresión lineal simple en el cual se encontró que en el caso del poro poro la pérdida de ácido ascórbico debido al tiempo (días) fue de 14 % y que 86 % se debe a otros factores. En el caso del aguaymanto indica que la pérdida del ácido ascórbico debido al tiempo (días) fue de 99 % y que el 1 % se debe a otros factores.

Briones (2022) realizó una investigación que consistió en elaborar una bebida a base de cáscara de sandía (*Citrullus lanatus*) con kiwi (*Actinidia deliciosa*) y quinua (*Chenopodium quinoa*). La metodología empleada fue de tipo de experimental, debido a que se establecieron tres tratamientos (T1, T2 y T3) con cinco repeticiones, las cuales, fueron sometidos a un análisis bromatológico de proteína, determinando mediante pruebas estadísticas que la muestra que obtuvo más contenido de proteína fue el T3 con 5,6 %. Por lo consiguiente, a dicha muestra (T3) se le analizó el contenido de fibra, dando

como resultado 2,95 % y de vitamina C que obtuvo 3,8 mg/100 g. Finalmente determinó que el tratamiento 3 fue mejor en base a la formulación planteada (69 g de harina de cáscara de sandía, 42 g de pulpa de kiwi y 95,7 % y bebida de quinua) debido a que la quinua es una fuente importante de proteína.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Tomate de árbol

El tomate de árbol (*Solanum betaceum*), es una especie nativa de los Andes cuya domesticación y cultivo fueron antes del descubrimiento de América. Fue una especie cultivada por los antiguos habitantes del Perú. Actualmente es cultivada en el centro de Sudamérica, en los países de Venezuela, Colombia, Perú, Ecuador, Chile, Bolivia y el noroeste de Argentina, cuya finalidad es la exportación de dicho fruto.

Es una baya aromática de forma ovoide apiculada, punteada en su extremo inferior y con un cáliz cónico, está cubierta por una cáscara gruesa, lisa, brillante y cerácea, de sabor amargo, en tonos ladrillo, rojos, naranjas y amarillos según la variedad. Presenta una coloración verde cuando está inmadura y naranja, roja, morada cuando madura. La pulpa es muy jugosa, de color anaranjado, de sabor agridulce (algo ácida), agradable y muy particular. En el fruto se encuentran entre 300 y 500 semillas comestibles, que tienen la forma plana y circular (Buono et al., 2019).

Figura 1

Tomate de árbol (Solanum betaceum)



Nota. Según el gobierno regional de la libertad. (s.f.). menciona que los frutos de tomate de árbol son fuente excelente de provitamina A, vitamina B6, vitamina C (25 mg. por 100 g), vitamina E, e hierro.

2.2.1.1. Variedades de tomate de árbol

Entre las variedades más comercializadas se encuentra la anaranjada, en la actualidad se ha introducido al mercado la variedad de tomate “mora”, de color morado y pulpa más rojiza, pero de palatabilidad inferior. Hay tres variedades de tomate de árbol más reconocidas, entre ellas se tiene (Ávila, 2009).

- Tomate común: de forma alargada, color morado y anaranjado.
- Tomate redondo: de color anaranjado rojizo.
- Tomate mora: de forma oblonga y de color morado.

2.2.1.2. Composición nutricional

Según Lucas et al., (2010) el tomate de árbol es una fuente de vitamina A, B6, C y E. Además, es rico en minerales, especialmente en calcio, hierro y fósforo; contiene niveles importantes de proteína y caroteno, es una fruta baja en calorías y alto en fibras.

Tabla 1

Composición nutricional del tomate de árbol

Compuesto	Cantidad (100 g de porción)
Calorías	35 kcal
Agua	87,9 g
Proteína	1,9 g
Grasas	0,16 g
Cenizas	0,7 g
Carbohidratos	11,6 mg
Fibra	1,1 g
Calcio	2,0 mg
Hierro	2,0 mg
Fósforo	36,0 mg
Vitamina C	25 mg

Nota. Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (s.f.), el tomate de árbol es conocido por su contenido de vitamina C

2.2.1.3. Usos del tomate de árbol

Mayormente el tomate de árbol es consumido como fruta fresca, pero en la industria alimentaria es materia prima para la preparación de néctares, compotas, conservas dulces, jaleas, gelatina, mermelada y concentrados congelados. Es considerado como una fruta que fortalece el cerebro, y contribuye a curar migrañas y cefaleas severas. Estudios realizados indica que tiene sustancias como el ácido gamma amino butírico que baja la tensión arterial (Lucas et al., 2010).

2.2.1.4. Taxonomía del tomate de árbol

Reino: *Vegetal*

División: *Fanerógamas*

Clase: *Dicotiledóneas*

Subclase: *Metaclamideas*

Orden: *Tubiflorales*

Familia: *Solanaceae*

Género: *Solanum*

Especie: *Solanum betaceum*

(Sistema de Información sobre Biodiversidad [SIB], 2025)

2.2.1.5. Propiedades

El tomate de árbol es un fruto que contiene antioxidantes, vitaminas y minerales de gran beneficio a la salud. Este fruto ayuda a regular el azúcar, previene la anemia y fortalece las defensas debido a que tiene propiedades antiinflamatorias y antioxidantes. Es considerada una fuente de fibra, polifenoles, así como vitaminas A, C y B6 y minerales como potasio, manganeso y cobre (Lucas et al., 2010).

2.2.2. La granadilla

La granadilla (*P. ligularis*) pertenece a la familia *Passifloraceae*, los principales productores a nivel global son Colombia, Perú y Ecuador, donde es cultivada por pequeños campesinos. La granadilla se cultiva en zonas de clima frío moderado, con temperaturas medias anuales entre 15 y 20 °C. Requiere suelos de una profundidad de al menos 80 cm, bien drenados, texturas franco, franco arenoso o franco arcilloso con buen contenido de materia orgánica y un pH entre 6 y 6,5. Se cultiva en zonas ubicadas entre los 800 y 2 600 msnm (Gaona-Gonzaga et al., 2020).

Espinoza y Mejía (2016), mencionan que es un fruto de color anaranjado, dorado, amarillo con pequeñas pintas claras es una baya ovoide, de cubierta dura de forma casi esférica de 7 a 8 cm de diámetro, de corteza amarilla intensa cuando está madura, con pequeñas pintas blancas. El exocarpio de este fruto es duro, firme, pero frágil ante presión; el mesocarpio es esponjoso y blando de 5 mm de espesor, mientras que el endocarpio está constituido por una fina membrana blanca que contiene entre 200-250 semillas aproximadamente, recubiertas por un arilo o pulpa jugosa, transparente, dulce y aromática, de sabor agradable.

Herrera (2011) indica que es una fruta con alto contenido en calorías, vitamina C, fósforo y niacina, ideal para la dieta de los niños, desde los primeros meses de nacidos y hasta la tercera edad.

Figura 2

Granadilla (P. ligularis J.)



Nota. Según INACAL, La granadilla también es reconocida por su sabor suave y múltiples propiedades como la fibra, potasio, calcio, fósforo, hierro, vitaminas, proteínas y carbohidratos.

2.2.2.1. Composición nutricional

De acuerdo con las Tablas Peruanas de Alimentos (2023) la granadilla es una excelente fuente de potasio, calcio, fósforo, hierro y fibra dietaria. Además, aporta vitaminas esenciales para el cuerpo, entre las cuales destaca la vitamina B1, B2, C.

Tabla 2

Composición nutricional de la granadilla

Compuesto	Cantidad (100 g de porción)
Calorías (kcal)	51,00
Agua	82,30
Proteína (g)	2,50
Grasas (g)	2,70
Carbohidratos (g)	11,40
Fibra (g)	5,80
Cenizas (g)	1,10
Calcio (mg)	17,00
Fosforo (mg)	128,00
Hierro (mg)	1,28
Riboflavina (mg)	0,10
Niacina (mg)	2,14
Vitamina C (mg)	9,88

Nota. La granadilla, es una fruta hidratante y una excelente fuente de fibra dietética, además de ser rica en vitaminas y minerales esenciales para la salud (Instituto Nacional de Salud, 2023)

2.2.2.2. Usos de la granadilla

La granadilla se consume mayormente en su estado fresco, pero la pulpa de esta es utilizada en la preparación de jugos y helados, la planta es considerada como diurético muy útil en el control de cálculos y malestares del sistema urinario e intestinal. En el campo industrial, se la utiliza para la preparación de jaleas, mermeladas y néctares (Cerdas y Castro, 2003).

2.2.2.3. Clasificación taxonómica

La granadilla (*Passiflora ligularis*), perteneciente a la familia *Passifloraceae*, es una fruta andina de forma esférica u ovoide, de 6,5 a 8 cm de largo. Su cáscara cambia de verde a amarillo intenso con pintas blancas al madurar, y aunque es firme, resulta frágil ante presión. Internamente, cuenta con un mesocarpio esponjoso de 4–5 mm y un endocarpio delgado que envuelve entre 250 a 350 semillas. Estas están cubiertas por un arilo jugoso, translúcido, dulce y aromático, muy valorado por su sabor (CABI, 2023).

Clase: *Magnoliopsida*

División: *Angiospermae*

Subclase: *Dileniidae*

Orden: *Violales*

Familia: *Passifloraceae*

Género: *Passiflora*

Especie: *Passiflora ligularis*

4.2.2.4. Propiedades

La granadilla tiene cualidades reguladoras de la presión sanguínea, además de poseer propiedades diuréticas y digestivas; es recomendable el consumo en pacientes afectados por úlceras gastrointestinales, y para niños y niñas por su fácil digestión. Combate el estreñimiento y fortalece el sistema digestivo en los bebés, fortifica el sistema inmunológico, es útil para el tratamiento de las hemorroides y mejora el estado general del organismo (Rivera et al., 2002).

2.2.3. Ácido ascórbico

Según Valdés (2006) menciona que, la vitamina C o ácido ascórbico es una vitamina hidrosoluble, deriva del metabolismo de la glucosa. Esta protege al organismo del daño causado por los radicales libres. La recomendación actual de ingesta diaria de vitamina C es de 90 mg/día para hombres y de 75 mg/día para mujeres.

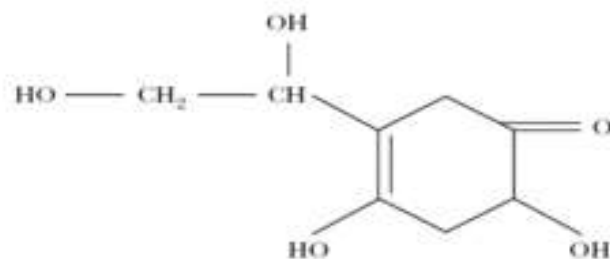
Entre los alimentos con niveles altos de vitamina C se encuentran principalmente los tomates, patatas y cítricos como las limas, naranjas y limones.

El ácido L – ascórbico, es el componente principal del jugo de frutas, además de ser el antioxidante más abundante en los tejidos. La concentración del ácido ascórbico es de orden de mili molar, aunque hay que tener en cuenta que el contenido del ácido L – ascórbico varía en función del tipo de tejido, del estado fisiológico de la planta. Los mayores niveles de ácido ascórbico se encuentran en frutos (Barahona, 2013).

El ácido L ascórbico se cristaliza en forma de placas blancas inodoras de un sabor algo ácido. Se funde a 190 a 192 °C; es soluble en agua (1 g en 3 mL) pero insoluble en la mayoría de los solventes orgánicos. La característica más importante del ácido ascórbico es su capacidad para sufrir con facilidad una oxidación a ácido dehidroascórbico.

Figura 3

Estructura química de la vitamina C



Nota. La estructura de la vitamina C presenta la combinación del grupo enodiol (que proporciona acidez y capacidad oxidación y reducción) y los grupos alcohol (que garantizan la solubilidad en el agua), los cuales son responsables de que el ácido ascórbico sea una vitamina esencial (Valdés, 2006)

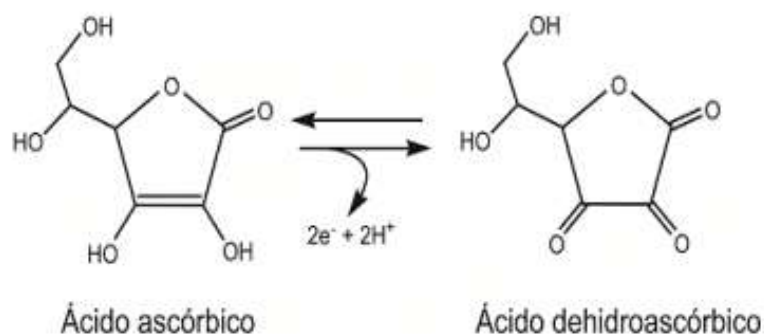
2.2.3.1.Estructura química del ácido ascórbico

El ácido L-ascórbico es un compuesto de 6 carbonos relacionado estructuralmente con la glucosa. Es un agente con una elevada capacidad reductora, tanto el ácido ascórbico como su forma oxidada (ácido L- dehidroascórbico) presentan actividad biológica y son interconvertibles por una reacción de oxidación/reducción. Señala que el ácido ascórbico tiene características reductoras por sus dos grupos donadores de protones.

Existen varias sustancias que presentan una actividad biológica de vitamina C siendo el ácido L-ascórbico y su forma oxidada, el ácido L-deshidroascórbico los de mayor importancia, el ácido L-deshidroascórbico representa aproximadamente un 80 % de la potencia vitamínica del ácido L-ascórbico (Castillo-Velarde, 2019).

Figura 4

Estructuras del ácido ascórbico y ácido L deshidroascórbico



Nota. (Castillo-Velarde, 2019)

2.2.3.2. Estabilidad del ácido ascórbico

El ácido ascórbico es una de las vitaminas más inestable en diferentes condiciones ambientales. Entre los factores que influyen en los mecanismos degradativos cabe citar la intensidad luminosa, tiempo, temperatura, pH, las enzimas, etc. Es considerado factor de control de calidad en los alimentos, puesto que su disponibilidad en un determinado alimento es índice de vida útil dentro de un proceso de almacenamiento o tratamiento (Gutiérrez et al., 2007).

La oxidación del ácido ascórbico al ácido deshidroascórbico y dicetogulónico, hace que se pierda la actividad vitamínica, razón por la cual, el seguimiento de la variación en la concentración del ácido ascórbico en alimentos, es relevante para establecer los mecanismos que afectan su estabilidad y por tanto influyen en el tiempo de vida útil de los mismos (Contreras, 2015).

2.2.3.3. Degradación de la vitamina C

El ácido ascórbico es una vitamina muy sensible a varios métodos de procesamiento y almacenamiento de los alimentos, los factores que pueden influir en la naturaleza del mecanismo de degradación incluyen la temperatura, concentración de sal y azúcar, pH, oxígeno, enzimas y metales. Es una de las vitaminas que más fácilmente pueden ser destruidas en los procesos de almacenamiento y elaboración de los alimentos, por lo que es utilizado como indicador de la pérdida vitamínica de un alimento durante su procesamiento y almacenamiento (Sánchez-Chávez et al., 2015).

La vitamina C es sensible a las reacciones de oxidación, destruyéndose con gran facilidad durante el procesamiento de los alimentos en presencia de oxígeno, siendo esta un índice de factor de la calidad de los alimentos procesados. La oxidación es dependiente del pH, ya que la forma ionizada es más sensible que la forma no ionizada. El anión es todavía más sensible, pero para que se forme en proporciones significativas es necesario un pH alcalino que no suele encontrarse en los alimentos. Otros factores que pueden contribuir a la degradación de las vitaminas durante la vida útil de los alimentos pueden ser el tipo de envase y el tiempo y las condiciones de almacenamiento (exposición al oxígeno, luz e incremento de la temperatura) (Gutiérrez et al., 2007).

2.2.3.4. Fuentes de vitamina C

El ácido ascórbico se encuentra en frutas y vegetales, zumos y alimentos fortificados. Algunas frutas contienen cantidades variables de vitamina C incluyendo la sandía, melón, guindas, kiwi, mango, papaya, fresas, toronja, tomates, pero las frutas cítricas son particularmente ricas fuentes de vitamina C.

Los vegetales que pueden ser fuentes más importantes de vitamina C son: el repollo, brócoli, coles de Bruselas, retoño de frijol, coliflor, semillas de mostaza, pimientos verdes, guisantes y patatas (Santiago y López, 2017).

a) Ácido ascórbico en los alimentos

El ácido L-ascórbico (vitamina C) se encuentra mayoritariamente en frutas y hortalizas frescas, existiendo casi exclusivamente en su forma reducida. Este compuesto es altamente inestable frente a condiciones ambientales, siendo sensible a la oxidación inducida por factores como la temperatura, la luz ultravioleta, la exposición al oxígeno, el pH, la actividad de agua. Estudios recientes destacan que la pérdida de ácido ascórbico puede alcanzar hasta el 50 % durante procesos térmicos comunes como la cocción o el almacenamiento prolongado a temperatura ambiente. Por ello, se han desarrollado técnicas de encapsulación y sistemas de liberación controlada para preservar su estabilidad en alimentos y suplementos (Zhou, Ji, Wang, Zhang, & Wang, 2022).

b) Funciones del ácido ascórbico en los alimentos

El ácido ascórbico además de su función como nutriente esencial, es utilizado como un ingrediente o aditivo alimentario debido a sus propiedades antioxidantes y reductoras. El de ácido L-ascórbico inhibe eficazmente el pardeamiento enzimático al reducir los productos orto-quinona.

c) **Determinación de ácido ascórbico en los alimentos**

Actualmente existen muchos procedimientos para la determinación de ácido L-ascórbico en los alimentos; entre los procedimientos tradicionales incluye una titulación redox de la muestra con un colorante, como el 2,6-diclorofenolindofenol, durante la cual, la oxidación del ácido L-ascórbico va acompañada de la reducción del indicador redox a su forma incolora. Una limitación de este proceder es la interferencia de otros agentes reductores y la falta de respuesta del ácido L-deshidroascórbico (Santiago y López, 2017).

2.2.4. Néctar de frutas

Según Guevara (2015), menciona que es un producto elaborado a partir de frutas con adición de agua, finamente dividida y tamizada, con adición de vitaminas o minerales, azúcar, ácido orgánico, preservante químico y estabilizador si fuera necesario, el cual es sometido a tratamiento térmico que asegure una larga vida útil. El néctar puede ser turbio, claro o clarificado y debe tener las características sensoriales propias de la fruta de la cual procede. Pueden añadirse sustancias aromáticas, pulpa.

- **Néctar mixto:** El néctar mixto es que se elabora a partir de la pulpa y/o el jugo de dos o más especies de frutas diferentes (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura & Organización Mundial de la Salud [FAO/OMS], 2024).

Este tipo de bebida se distingue del jugo (zumo) de fruta por su composición estandarizada, que incluye la adición de ingredientes no provenientes directamente del fruto (Pérez et al., 2022).

- **Pulpa o Jugo de Fruta:** Es la base de la bebida, obtenida de dos o más frutas sanas y maduras.
- **Agua Potable:** Utilizada para diluir la pulpa hasta alcanzar una concentración de sólidos solubles adecuada.
- **Agentes Edulcorantes:** Como sacarosa, jarabes, miel, o edulcorantes no calóricos autorizados. La adición de estos es opcional, pero común, para estandarizar el nivel de dulzor (FAO/OMS, 2024).
- **Aditivos Autorizados:** Se pueden añadir estabilizantes (como la Carboximetilcelulosa) para evitar que la pulpa se sedimente y garantizar una textura homogénea, y ácido cítrico para regular el pH (Núñez Guerrero, 2020).

Requisitos de Calidad

- **Contenido de Fruta:** Las normativas establecen un porcentaje mínimo de pulpa o jugo que debe contener el producto final. Este porcentaje varía significativamente según la acidez natural de las frutas utilizadas (FAO/OMS, 2024).
- **Tratamiento Térmico:** El néctar debe ser sometido a un proceso de pasteurización (calentamiento a altas temperaturas por un tiempo breve) para asegurar la destrucción de microorganismos, prolongar su vida útil y garantizar la inocuidad (Núñez Guerrero, 2020).

2.2.5. Carboximetilcelulosa

El CMC o Carboxi Metil Celulosa es el éter más importante en la industria debido a sus propiedades las cuales la hacen idóneas para una gran variedad de aplicaciones.

Tiene una alta viscosidad en soluciones diluidas, buenas propiedades para formar películas, inocuidad y excelente comportamiento como coloide protector y adhesivo. Principalmente se le utiliza como agente espesante, pero también como producto de relleno, fibra dietética, agente antigumoso y emulsificante. Es similar a la celulosa, pero a diferencia de ella, es muy soluble en agua (Delgado, 2019).

2.3. Definición de términos

- a) **Ácido ascórbico:** La vitamina C o ácido L-ascórbico (AA), comúnmente llamado vitamina C, es considerado uno de los más potentes agentes antioxidantes del organismo, es una vitamina esencial y un importante agente antioxidante hidrosoluble, que se sintetiza químicamente a partir de la glucosa, mediante una serie de reacciones enzimáticas (Serra y Cafaro, 2007).
- b) **Método volumétrico 2,6-dicloroindofenol:** Este método se basa en una reacción de óxido-reducción, nos ayuda a calcular la concentración de ácido ascórbico en néctares. El ácido ascórbico reduce el colorante 2,6-dicloroindofenol (que es de color azul en medio básico y rojo en medio ácido) a una forma incolora llamada dehidroascorbato. Durante la titulación, el punto final se alcanza cuando el colorante ya no se reduce más, apareciendo un ligero tinte rosado persistente en la muestra, lo que indica que todo el ácido ascórbico ha reaccionado (Nielsen, 2017).
- c) **Ácido metafosfórico (HPO_3):** es un polifosfato cíclico, inorgánico y corrosivo formado a partir de unidades de ácido fosfórico unidas. Tiene aplicaciones en bioquímica, agricultura, farmacia e investigación química

- d) Ácido acético (CH_3COOH):** El ácido acético es una sustancia química orgánica, es un líquido incoloro con un olor muy característico. Se le utiliza en cosméticos y farmacéuticos, en la industria alimentaria, textil e industria química.
- e) Granadilla:** es un fruto con la forma de cápsula ovoide o elíptica de 6 a 12 cm de largo. Su cáscara es dura, amarilla anaranjada con puntos blancos y en su interior se almacenan las semillas planas, elípticas, negras y rodeadas de un arilo transparente y gelatinoso que se constituye en la parte comestible.
- f) Néctar:** El néctar es un producto constituido por el jugo y la pulpa de fruta, estos deben ser libres de materia y sabores extraños, poseen color uniforme y olor semejante al de la respectiva fruta. El contenido de azúcares debe variar entre 13 a 18 °Brix. En el caso de que el néctar sea elaborado con dos o más frutas, el porcentaje de sólidos solubles estará determinado por el promedio de los sólidos solubles aportados por las frutas constituyentes (Cañizares et al., 2009).
- g) Tomate de árbol:** es un fruto de colores variables del amarillo al rojo, violeta, de forma ovoidal con ápices puntiagudos, contienen muchas semillas pequeñas en cantidades de 120 a 150. La pulpa es de color variable del amarillo al anaranjado o al anaranjado rosáceo, cuyo sabor recuerda al tomate. Por el tamaño y la forma, los frutos son parecidos al de una ciruela grande, los de piel color naranja amarillenta son mucho más agradables al paladar que los de color rojo (Buono et al., 2019).
- h) Tiempo de almacenamiento:** El tiempo de almacenamiento se establece como la variable cinética principal en estudios de estabilidad, ya que su incremento permite determinar la velocidad con la que se degradan los compuestos bioactivos, como el ácido ascórbico, siguiendo generalmente modelos de orden cero o primer orden (Peleg, 2011; Resnik & Favretto, 2017).

- i) Temperatura:** La temperatura es el factor más influyente en la cinética de degradación de la calidad en alimentos líquidos, ya que acelera la oxidación del ácido ascórbico y otras reacciones no enzimáticas. Según el modelo de Arrhenius, un pequeño aumento en la temperatura, como la diferencia entre refrigeración y ambiente, resulta en un incremento significativo en la constante de velocidad de reacción (K), disminuyendo la vida útil del producto (Barbosa-Cánovas et al., 2005; Peleg, 2011).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

El trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Frutas y Hortalizas, ambiente 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; y en el Laboratorio de Química Ambiental del Departamento Académico de Ciencias Químicas y Dinámicas ambiente 1E – 207, ubicado en el distrito, provincia y departamento de Cajamarca.

El laboratorio se encuentra situado a 3 km de la ciudad de Cajamarca, cuyas características geográficas son las siguientes: altitud 2750 msnm, 7° 10' longitud, con una temperatura promedio 14 °C, humedad relativa 78 % y precipitación promedio anual 700 mm.

Figura 5

Croquis de la ubicación



Nota. Vista de la Universidad Nacional de Cajamarca. (Google maps).

3.2. Materiales

3.2.1. Materia Prima

- Granadilla (*Passiflora ligularis*)
- Tomate de árbol (*Solanum betaceum*)

3.2.2. Reactivos

- Bicarbonato de sodio (NaHCO_3)
- 2,6-Diclorofenolindofenol
- Agua destilada
- Ácido ascórbico
- Ácido meta fosfórico (HPO_3)
- Ácido acético glacial (CH_3COOH)

3.2.3. Materiales para la preparación del néctar

- Licuadora
- Cocina
- Balanza
- Termómetro
- Olla
- Jarras
- Tabla de picar
- Cuchillo

3.2.4. Material y equipo de laboratorio

- Pipetas graduadas
- Refrigeradora
- Frascos ámbar boca ancha (500 mL y 1 L)
- Vasos de precipitación (100 mL y 250 mL)
- Buretas (25 mL)
- Soporte universal
- Embudo cuantitativo
- Termómetro de mercurio de -10 a 110 °C
- Matrices volumétricos
- Estufa eléctrica
- Espátulas
- Balanza analítica
- Lunas de reloj
- Pera de jebes para pipetear
- Cocina
- Laptop
- Papel toalla

3.3. Metodología

3.3.1. Metodología experimental

Este enfoque implica la cuantificación de los datos obtenidos a partir de los análisis de laboratorio, específicamente la concentración de ácido ascórbico en néctar de granadilla (*Passiflora ligularis*) con tomate de árbol (*Solanum betaceum*) durante su almacenamiento a temperatura ambiente y en refrigeración, los cuales se analizaron durante el periodo de 45 días en intervalos de 5 días. Los resultados numéricos serán sometidos a un análisis estadístico, lo que permitirá la verificación formal de la hipótesis de investigación.

3.3.1.1. Variables

Variables dependientes

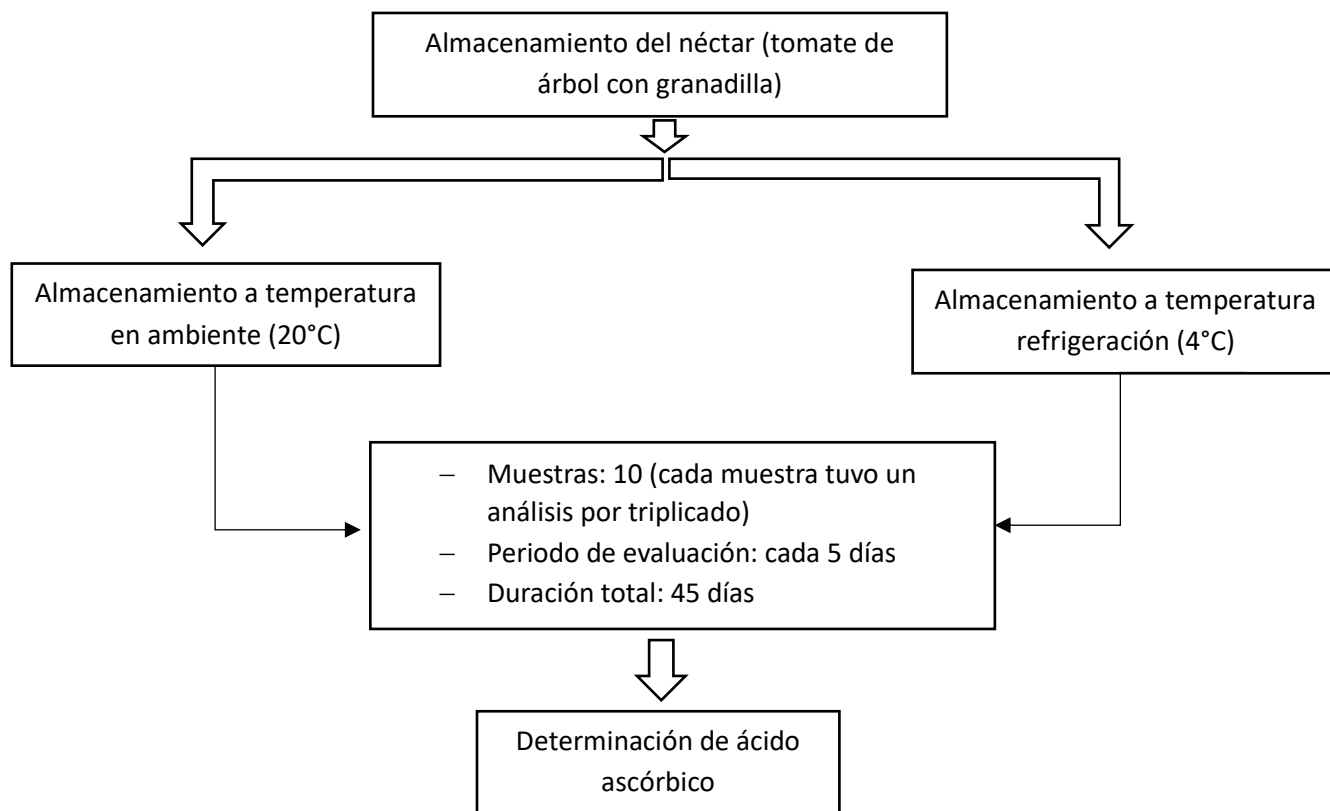
- **Ácido ascórbico (mg A.A./100 mL)**

Variables independientes

- **Tiempo de almacenamiento:** Determinado por el intervalo de evaluación medido en días.
- **Temperatura de almacenamiento:** Se evaluaron dos niveles térmicos para observar su efecto en la degradación de vitamina C:
 - **Temperatura ambiente:** en un promedio de 20 °C.
 - **Temperatura de refrigeración:** en un promedio de 4 °C.
- Nota: Para el análisis estadístico y reporte de resultados, se utilizó el promedio de las temperaturas registradas durante cada evaluación.

Figura 6

Diseño experimental



Nota. Diseño experimental para la evaluación de la estabilidad del ácido ascórbico. Considerando dos niveles de temperatura (20 °C y 4 °C) con muestreos sistemáticos cada 5 días durante un periodo de 45 días.

3.3.1.2. Análisis estadístico

Con el propósito de determinar si existieron diferencias estadísticamente significativas en la concentración de ácido ascórbico del néctar de granadilla (*Passiflora ligularis*) con tomate de árbol (*Solanum betaceum*) durante el almacenamiento, se aplicó un análisis de regresión lineal simple basado en un modelo cinético de primer orden para describir la degradación del ácido ascórbico.

Para validar la confiabilidad y el ajuste de dicho modelo, se determinó el coeficiente de determinación (R^2) y se evaluó la significancia estadística de la pendiente ($\widehat{\beta}_1$) mediante una prueba t de Student, utilizando un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

3.3.2. Procedimientos

3.3.2.1. Trabajo de laboratorio

3.3.2.2. Procedimiento de la elaboración del néctar

La elaboración del néctar se realizó en el laboratorio de frutas y hortalizas. Para la preparación del néctar se utilizó la dilución de 3 litros de agua por cada kg de pulpa. El producto obtenido se sometió a una temperatura de 85 °C por un tiempo de diez minutos con el fin de inactivar la carga microbiana, después el producto se envasó a una temperatura de 75 °C en frascos de vidrio, posteriormente se procedió al enfriado en un balde que contiene agua fría. El producto se almacenará a temperatura ambiente y en refrigeración. Los cálculos correspondientes a la elaboración del néctar se detallan en el Anexo 3, página 81.

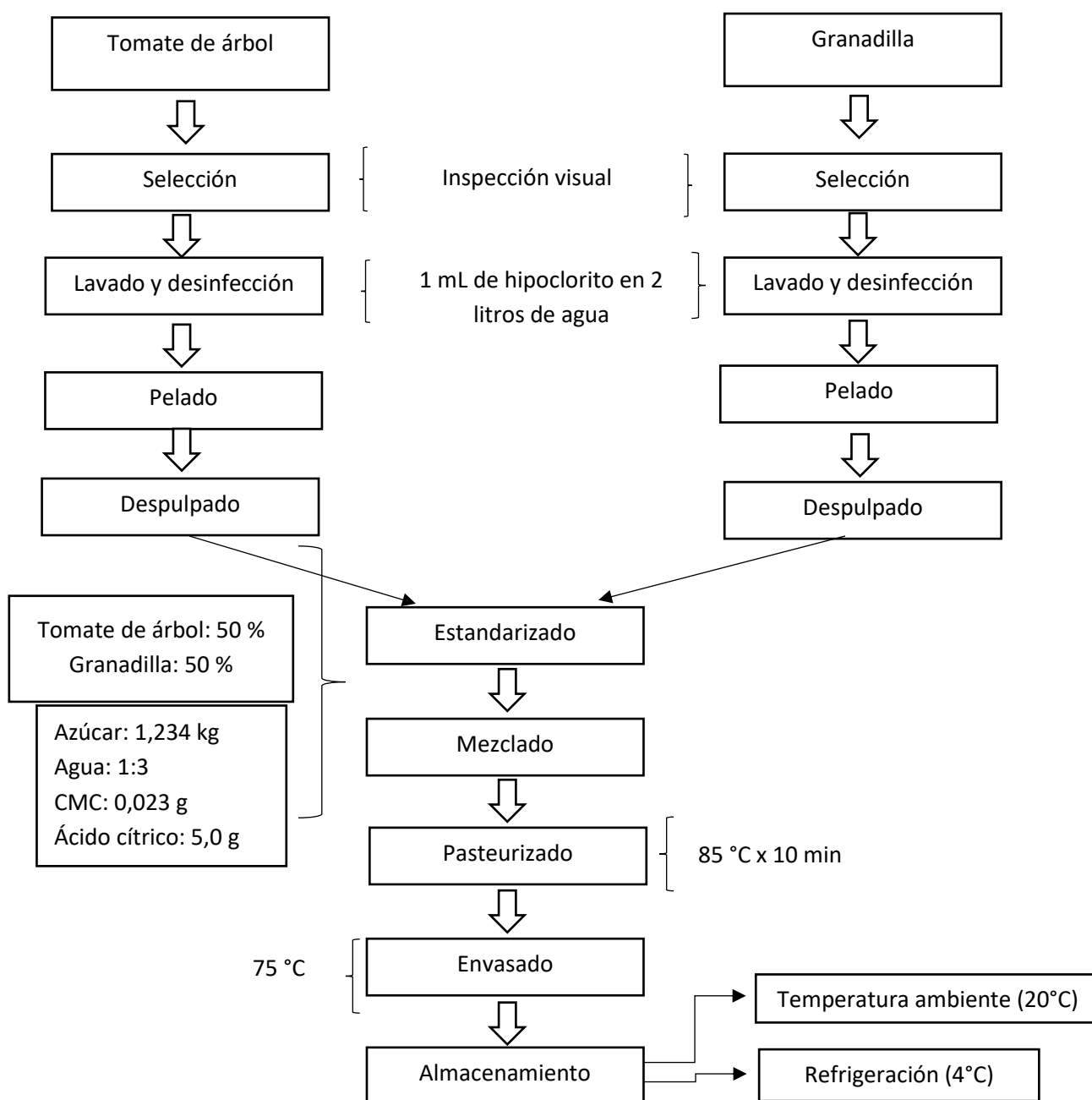
- **Selección:** Esta operación se realizó con la finalidad de separar aquellos frutos que no son aptos para la elaboración del néctar, como frutas con daños mecánicos, manchas desagradables, arrugamientos, deshidratación, biológico y defectos fisiológicos. La selección se realizó mediante una inspección visual, para separar los tomates de árbol y granadillas en buen estado de los dañados. Se selecciona las mejores granadillas y tomates de árbol para el procesamiento, teniendo en cuenta el grado de madurez adecuado y desechando algunos frutos que puedan haber tenido daños.

- **Pesado:** En esta operación se pesó la materia prima con la finalidad de determinar el rendimiento que puede obtenerse de la fruta y las formulaciones posteriores.
- **Lavado y desinfección:** El lavado tiene por objeto eliminar de la fruta toda la tierra u otras sustancias que tenga adheridas. Primero se eliminó la tierra y malezas adheridas a la superficie de la fruta con una ducha de agua a presión. En seguida, la desinfección se realizó por inmersión en un tanque con solución de hipoclorito de sodio (1 mL de hipoclorito en 2 litros de agua) y se dejó en reposo por un tiempo de 5 minutos.
- **Pelado:** Es uno de las operaciones más importantes, debido a que se separa la pulpa de la cáscara. En el caso del tomate de árbol se cortan en los extremos y luego se pela quitando la cáscara. Y para la granadilla se procedió a cortar en el centro de la fruta para retirar la pulpa, estos dos procedimientos se realizaron de forma manual, utilizando cuchillos de acero inoxidable.
- **Despulpado:** La pulpa obtenida, se somete a licuado y se traslada a una olla con la finalidad de separar la semilla de la pulpa. Seguidamente se hace pasar la pulpa por un colador para separar las semillas.
- **Estandarizado:** En esta operación se mezcló todos los ingredientes que constituyen el néctar. Entre los cuales tenemos:
 - Dilución de la pulpa: granadilla 50 % y tomate de árbol 50 %.
 - Adición de CMC: 0,023 g
 - Adición del azúcar: 1,234 kg
 - Ácido cítrico: 5,0 g

- **Mezclado:** Esta operación tiene por finalidad uniformizar la mezcla. En este caso consiste en remover la mezcla hasta lograr la completa disolución de todos los ingredientes.
- **Pasteurizado:** El néctar se sometió a un proceso térmico de una temperatura de 85 °C por un tiempo de 10 minutos para destruir los microorganismos patógenos. Luego de esta operación se retira del fuego, se separa la espuma de que se forma en la superficie y se procede inmediatamente al envasado.
- **Envasado:** Se realizó en caliente a temperatura de 75 °C. El llenado del néctar debe ser completo, evitando la formación de espuma y dejando un espacio de cabeza bajo vacío dentro del envase. Inmediatamente se colocará la tapa, de forma manual, se utilizará tapas denominadas tapa-rosca de envases de vidrio con capacidad de 250 mL.
- **Almacenado:** Se almacenó a temperatura ambiente de 20 °C y en refrigeración a temperatura de 4 °C por un tiempo de 45 días.

Figura 7

Flujograma del néctar de granadilla con tomate de árbol



Nota. Adaptado de Delgado Pérez (2019). La elaboración del néctar se realizó en el Laboratorio de Frutas y Hortalizas, ambiente 2H-109 de la Escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, de la facultad de Ciencias Agrarias.

4. Determinación del contenido de ácido ascórbico en el néctar de granadilla con tomate de árbol

La evaluación del ácido ascórbico se realizó en el laboratorio de Química Ambiental del Departamento Académico de Ciencias Químicas y Dinámicas ambiente 1E – 207, por un periodo de 45 días en intervalos de 5 días. En cada evaluación se hicieron tres repeticiones con el fin de tener resultados más confiables

Para determinar la concentración del ácido ascórbico en el néctar se utilizó el MÉTODO 967.21 A.O.A.C. (AOAC International, 2005), método volumétrico de titulación con 2,6-diclorofenolindofenol. El cual se basa en la reducción del DCFI por el ácido ascórbico para el néctar y la fruta (tomate de árbol y granadilla). Utilizando los valores de los volúmenes gastados de cada muestra por semana, se obtuvo los promedios y se determinó la concentración de ácido ascórbico, luego se realizó la comparación para determinar la variación de ácido ascórbico a temperatura ambiente y en refrigeración.

Para determinar la concentración de ácido ascórbico se utilizó con la siguiente fórmula:

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

Dónde:

X: mL promedio de solución de 2,6-diclorofenolindofenol
gastados en la titulación de la muestra.

B: mL promedio de solución de 2,6-diclorofenolindofenol
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.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Determinación de la concentración de ácido ascórbico, en néctar de granadilla (*Passiflora ligularis*) con tomate de árbol (*Solanum betaceum*).

Tabla 3

Concentración de ácido ascórbico, en néctar de granadilla (Passiflora ligularis) con tomate de árbol (Solanum betaceum), durante su almacenamiento a temperatura ambiente y en refrigeración

Temperatura ambiente (20 °C)		
Nº	Tiempo de almacenamiento (días)	Concentración de ácido ascórbico (mg/100 mL)
1	1	15,250
2	5	14,640
3	10	13,860
4	15	12,810
5	20	11,756
6	25	9,920
7	30	8,271
8	35	7,898
9	40	6,804
10	45	6,086
Temperatura refrigeración (4 °C)		
Nº	Tiempo de almacenamiento (días)	Concentración de ácido ascórbico (mg/100 mL)
1	1	15,804
2	5	15,091
3	10	14,225
4	15	13,420
5	20	12,822
6	25	11,780
7	30	11,160
8	35	10,240
9	40	10,175
10	45	9,565

Nota: En la tabla anterior se presenta la degradación de la vitamina C en un periodo de 45 días, en ambas condiciones de almacenamiento, la concentración de ácido ascórbico muestra una tendencia decreciente constante a medida que pasa el tiempo.

En la Tabla 3, durante el tiempo de evaluación, se determinó la concentración de ácido ascórbico en el néctar elaborado con granadilla (*Passiflora ligularis*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*) bajo condiciones de temperatura ambiente y de refrigeración. En la condición de temperatura ambiente, se observó que la concentración inicial de ácido ascórbico (1 día) fue de 15,250 mg/100 mL, evidenciándose una disminución progresiva en los tiempos sucesivos: 14,640 mg/100 mL en 5 días, 13,860 mg/100 mL en 10 días, 12,810 mg/100 mL en 15 días y 11,756 mg/100 mL en 20 días. Esta tendencia descendente continuó con 9,920 mg/100 mL en 25 días, 8,271 mg/100 mL en 30 días, 7,898 mg/100 mL a los 35 días, 6,804 mg/100 mL al día 40 y 6,086 mg/100 mL en 45 días.

Bajo condiciones de refrigeración, la concentración inicial de ácido ascórbico fue ligeramente superior (15,804 mg/100 mL en 1 día) respecto a la temperatura ambiente. Sin embargo, también se observó una reducción gradual a lo largo del almacenamiento: 15,091 mg/100 mL en 5 días, 14,225 mg/100 mL en 10 días, 13,420 mg/100 mL en 15 días y 12,822 mg/100 mL en 20 días. Posteriormente, los valores continuaron decreciendo con 11,780 mg/100 mL en 25 días, 11,160 mg/100 mL en 30 días, 10,240 mg/100 mL en 35 días, 10,175 mg/100 mL en 40 días y 9,565 mg/100 mL en 45 días.

Estos resultados evidencian que, en ambos tratamientos, la concentración de ácido ascórbico disminuyó conforme avanzó el tiempo de almacenamiento, siendo los valores iniciales superiores a los finales. No obstante, los néctares conservados bajo refrigeración mantuvieron niveles más elevados de ácido ascórbico en comparación con los almacenados a temperatura ambiente.

Este comportamiento coincide con estudios previos que señalan que la degradación del ácido ascórbico se acelera a mayores temperaturas debido a procesos de oxidación (Kabasakalis et al., 2000; Lee & Kader, 2000). Asimismo, se ha establecido que el almacenamiento en frío reduce significativamente la velocidad de degradación, al disminuir la actividad enzimática y la cinética de oxidación del ácido ascórbico en bebidas y néctares de frutas (Silva et al., 2019; Rojas-Graü et al., 2008).

Por otra parte, investigaciones sobre matrices similares, como jugos y néctares mixtos de frutas tropicales, también han reportado una disminución progresiva del ácido ascórbico durante el almacenamiento, independientemente de la composición inicial o del tipo de envase (Yahia et al., 2017; Préstamo & Arroyo, 2019). En consecuencia, los datos obtenidos en la presente evaluación confirman la influencia determinante de la temperatura sobre la estabilidad del ácido ascórbico y respaldan la pertinencia del almacenamiento en refrigeración para preservar el valor nutricional y la calidad antioxidante del producto.

Además, Gutiérrez (2019), menciona que los factores de mayor influencia en la degradación del ácido ascórbico son, la temperatura y tiempo de almacenamiento en néctares; esto explica la disminución de la concentración del ácido ascórbico en el néctar de granadilla con tomate de árbol durante su almacenamiento por 45 días.

2. Análisis cinético de la degradación del Ácido Ascórbico (modelo de orden de reacción)

La determinación del orden de reacción constituye una herramienta esencial en el estudio de la cinética de degradación del ácido ascórbico durante el almacenamiento. Este enfoque permite describir cuantitativamente la velocidad con que ocurre la degradación de ácido ascórbico en función del tiempo, proporcionando parámetros cinéticos que explican los mecanismos de deterioro y su dependencia con la temperatura (Toralles et al., 2008).

Aplicar este modelo cinético de primer orden al néctar elaborado con granadilla (*Passiflora ligularis*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*), resulta particularmente relevante, dado que este tipo de bebidas presenta matrices complejas donde los factores fisicoquímicos y ambientales influyen en la estabilidad del ácido ascórbico. El análisis cinético nos permitió cuantificar la velocidad de degradación y determinar el efecto protector de la temperatura reducida. Además, aportamos evidencia empírica clara sobre la eficacia del almacenamiento en frío como una estrategia crucial para conservar la concentración de ácido ascórbico. En consecuencia, el uso del orden de reacción no solo proporcionó una descripción matemática precisa del proceso de degradación, sino que también fundamentó las decisiones tecnológicas orientadas a optimizar la calidad y la vida útil del néctar.

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

Tabla 4

Datos experimentales concentración de ácido ascórbico (mg/100 mL) en néctar de granadilla (Passiflora ligularis) con tomate de árbol (Solanum betaceum) almacenado a temperatura ambiente

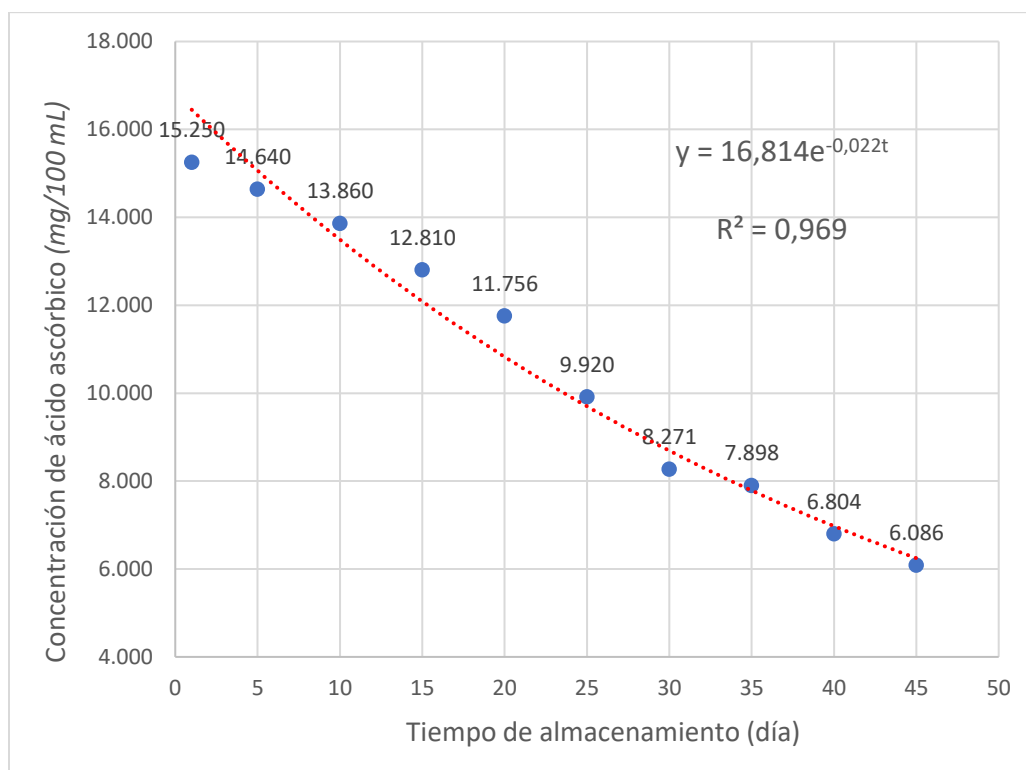
Tiempo (días)	Concentración de ácido ascórbico (mg/100 mL) en Ambiente (20°C)
1	15,250
5	14,640
10	13,860
15	12,810
20	11,756
25	9,920
30	8,271
35	7,898
40	6,804
45	6,086

Nota. Elaboración propia

La cinética de primer orden se considera el modelo más adecuado para describir la pérdida de vitamina C en productos alimentarios, dada su conocida inestabilidad ante las condiciones de procesamiento y almacenamiento (Torales et al., 2008).

Figura 8

*Cinética de degradación de la concentración de ácido ascórbico (mg/100 mL) en néctar de granadilla (*Passiflora ligularis*) con tomate de árbol (*Solanum betaceum*) durante su almacenamiento a temperatura ambiente.*



Nota. Esta gráfica muestra la pérdida de ácido ascórbico a temperatura ambiente. El proceso se ajusta a una cinética de **primer orden** ($R^2 = 0,969$), lo cual es característico de la degradación térmica de vitaminas en jugos de frutas. Se observa una curva exponencial decreciente, lo que evidencia que a temperatura ambiente reduce la concentración de la vitamina en el periodo de tiempo evaluado.

En la figura 8, se observó un coeficiente de determinación (R^2) de 96,9%. Esto significa que existe una correlación alta entre el tiempo de almacenamiento y la pérdida de ácido ascórbico, validando nuestro modelo de cinética de primer orden. Asimismo, en el análisis cinético de la degradación del ácido ascórbico en néctar de durazno, Cedeño-Sares et al. (2022) demostraron que la

reacción se ajustaba mejor al modelo de orden uno frente al de orden cero. Sus resultados también subrayaron la fuerte dependencia de la velocidad de deterioro con el incremento de la temperatura, coincidiendo con la tendencia observada en nuestro trabajo. Esto demuestra que casi toda la disminución observada en la concentración de la vitamina C (el 96,9 %) es directamente atribuible al paso del tiempo de almacenamiento, dejando un margen menor (3,1 %) para otras posibles influencias en el entorno.

El efecto de la temperatura es crucial en la cinética de degradación del ácido ascórbico. Cuando la temperatura de almacenamiento aumenta, se observa un aumento significativo en la constante de velocidad (k) del proceso. Según Borrmann et al., 2013, nos dice que diversos estudios demuestran que, a temperaturas cercanas al ambiente (20 °C), la tasa de pérdida puede ser hasta tres veces mayor que en condiciones de refrigeración. Este fenómeno se explica por la termolabilidad de la vitamina C, que es altamente sensible a la oxidación y otros factores ambientales acelerados por el calor, lo que afecta negativamente su concentración final. Los resultados hallados en la presente investigación demuestran que la temperatura ambiente juega un papel importante en la degradación de vitamina C, debido a que está en un inicio fue de 15,250 y al finalizar la evaluación (día 45) fue de 6,086.

2.2. Ajuste cinético del contenido de ácido ascórbico a refrigeración

Tabla 5

Datos experimentales concentración de ácido ascórbico (mg/100 mL) en néctar de granadilla (Passiflora ligularis) con tomate de árbol (Solanum betaceum) almacenado en Refrigeración

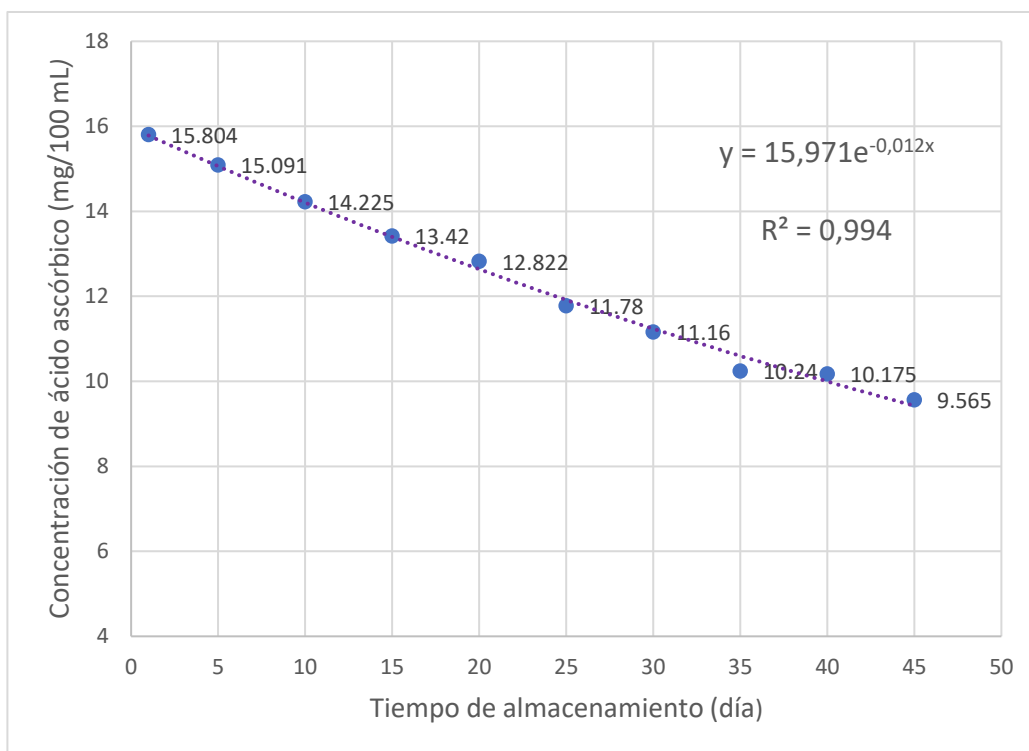
Tiempo (días)	Concentración de ácido ascórbico (mg/100 mL) bajo refrigeración (4°C)
1	15,804
5	15,091
10	14,225
15	13,420
20	12,822
25	11,780
30	11,160
35	10,240
40	10,175
45	9,565

Nota. Elaboración propia

Bajo condiciones de refrigeración, la concentración de ácido ascórbico en el néctar de granadilla con tomate de árbol disminuyó de forma significativamente más lenta en comparación con la temperatura ambiente. Este hallazgo confirma la influencia inversa de la temperatura en la velocidad de oxidación del ácido ascórbico. Al igual que en el caso anterior, los datos se ajustaron de manera óptima a un modelo de primer orden, con un alto coeficiente de determinación (R^2) del 99,04 %, según se detalla en la Figura 9.

Figura 9

*Cinética de degradación de la concentración de ácido ascórbico (mg/100 mL) en néctar de granadilla (*Passiflora ligularis*) con tomate de árbol (*Solanum betaceum*) durante su almacenamiento en refrigeración.*



Nota. Esta gráfica representa la cinética de degradación del ácido ascórbico en el néctar de tomate de árbol con granadilla bajo condiciones de refrigeración (4°C). El ajuste de los datos experimentales a una curva exponencial con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,994$ confirma que la reacción sigue una cinética de **primer orden**. A comparación de la curva de temperatura ambiente, esta línea es menos pronunciada debido a que las bajas temperaturas reducen la velocidad de degradación.

En la figura 9, se observa que la aplicación del modelo cinético de primer orden a los datos de degradación del ácido ascórbico fue altamente exitosa, obteniendo un elevado coeficiente de determinación $R^2 = 99,4 \%$. Este hallazgo no solo confirma la cinética de primer orden, sugiriendo que la velocidad de degradación es directamente proporcional a la concentración remanente, sino que también es consistente con lo reportado de manera general en la literatura para la pérdida de vitamina C en matrices líquidas y jugos de frutas (Cano et al., 2018).

Además, según Damodaran y Parkin (2019), nos menciona que incluso en refrigeración, la vitamina C sigue un proceso de oxidación lo cual impide que la degradación sea cero. Esto explica por qué, a pesar del frío, la curva sigue mostrando una tendencia descendente constante, confirmando que la temperatura es un factor de control, pero no un inhibidor total de la oxidación. Los resultados hallados en la presente investigación demuestran que bajo refrigeración la degradación de la vitamina C sigue una tendencia decreciente pero menos acentuada, debido a que el frío retarda procesos de oxidación, en un inicio fue de 15,804 mg/100 mL y en último día (45) de evaluación fue de 9,565 mg/100 mL.

Tabla 6

Comparación de pérdida de ácido ascórbico en el néctar de granadilla con tomate de árbol

Temperatura	Rango inicial (mg/100 mL)	Rango final (mg/100 mL)	Disminución total	Porcentaje % de pérdida aproximada
Ambiente (20 °C)	15,25	6,09	-9,16	60,1 %
Refrigeración (4 °C)	15,80	9,56	-6,24	39,5 %

Nota. En la tabla 6 se muestra la comparación de pérdida de ácido ascórbico en las dos condiciones de almacenamiento.

La Tabla 6 muestra el efecto de la temperatura de almacenamiento en la retención del ácido ascórbico después de 45 días de monitoreo. Se observó una disminución en la concentración en ambos tratamientos. A temperatura ambiente, representó una pérdida total del 60,1 % del contenido de vitamina C inicial. En contraste, el néctar almacenado bajo refrigeración mostró una mayor estabilidad, con una de 39,5 % al finalizar el período de estudio.

La pérdida del 60,1 % de ácido ascórbico, observada a temperatura ambiente (20 °C) en el néctar de granadilla y tomate de árbol subraya la necesidad de conocer las condiciones adecuadas de almacenamiento de este néctar, con la finalidad de conservar mejor la vitamina C. Este resultado se compara con los hallazgos de Cañizares Chacín y Ruíz (2020), quienes reportaron que el ácido ascórbico en jugos cítricos y tropicales almacenados a temperaturas similares, presenta pérdidas superiores al 50 % en periodos de tiempo comparables.

Esto se debe a que la temperatura más alta no solo acelera la oxidación química, sino que también puede aumentar la actividad de enzimas residuales (como las oxidasas) que no fueron completamente inactivadas durante el procesamiento inicial, acelerando la oxidación de la vitamina C (Cedeño-Sares et al., 2022).

2.3.Cálculo e interpretación de los parámetros cinéticos

Una vez confirmada la cinética de primer orden para la degradación del ácido ascórbico en el néctar de granadilla con tomate de árbol bajo las diferentes condiciones de almacenamiento, se procedió al cálculo y la determinación de los parámetros cinéticos clave. Para facilitar el cálculo se linealizó la ecuación con la finalidad de transformar datos experimentales complejos en parámetros cinéticos comparable. Estos parámetros, que incluye la constante de velocidad (k), la vida media $t_{1/2}$ (d), y el coeficiente de determinación R^2 , son fundamentales para comprender la influencia térmica sobre la velocidad de degradación del ácido ascórbico.

Tabla 7

Coeficientes de determinación en ambos tratamientos de temperatura

Temperatura	Ecuación lineal ($\ln C = a - k \cdot t$)	R^2	$k(d^{-1})$	$t_{1/2}(d)$
Ambiente (20°C)	$\ln C = 2,721 - 0,0220 t$	0,969	0,0220	31,5
Refrigeración (4°C)	$\ln C = 2,767 - 0,0120 t$	0,994	0,0120	57,8

Nota. Esta tabla presenta los parámetros estadísticos y cinéticos fundamentales que describen cómo se degrada el ácido ascórbico en el néctar bajo dos condiciones distintas: ambiente y refrigeración.

Los resultados obtenidos muestran una constante de degradación K de 0,022 d⁻¹ a temperatura ambiente, lo que indica una pérdida progresiva y significativa de ácido ascórbico. Este comportamiento es consistente con lo reportado por Ordóñez-Santos y Vázquez-Riveiros (2015), quienes señalan que, en néctares de frutas tropicales, el incremento de la temperatura de almacenamiento actúa como un catalizador de las reacciones de oxidación, reduciendo la vida útil del producto.

Los resultados de esta investigación demuestran que la refrigeración se obtuvo una constante de velocidad de degradación k de 0.012 d⁻¹, valor significativamente menor al registrado a temperatura ambiente 0.022 d⁻¹. Esta reducción en la constante k indica que el frío disminuye la energía cinética de las moléculas. Según Ordóñez-Santos y Vázquez-Riveiros (2015), el almacenamiento a bajas temperaturas permite una retención nutricional superior en néctares tropicales, ya que no solo se ralentiza la oxidación química, sino que se minimiza el impacto del pardeamiento no enzimático. Por lo tanto, aunque la estabilidad del ácido ascórbico es mayor en refrigeración, debe acotarse que este estudio se limitó al análisis nutricional del compuesto. Debido a que el néctar no posee preservantes, estos resultados no implican una aptitud para el consumo humano, ya que no se evaluó la estabilidad microbiológica necesaria para garantizar la inocuidad alimentaria.

Según los datos obtenidos para el tiempo de vida media, el almacenamiento del néctar de granadilla con tomate de árbol en refrigeración, casi duplicó el tiempo de vida media del ácido ascórbico, en comparación a la vida media en temperatura ambiente.

Sin embargo, es imperativo aclarar que este valor es estrictamente cinético-químico. Al ser un néctar formulado sin conservantes, la vida útil real para el consumo podría ser mucho menor debido al crecimiento de microorganismos, aspecto que no fue contemplado en el presente diseño experimental. Este resultado está en plena concordancia con la termolabilidad de la Vitamina C, la cual es altamente susceptible a la oxidación y a la degradación térmica (Murillo Baca et al., 2023).

En el tratamiento a temperatura ambiente (20 °C), se observó la mayor pérdida de vitamina C, esto se debe a que el incremento térmico aumenta la energía cinética molecular, lo que facilita la rápida oxidación del ácido ascórbico. Como consecuencia, el nutriente se convierte velozmente en su derivado, el ácido dehidroascórbico, y en otros compuestos que ya no aportan valor biológico al néctar (Alemán et al., 2019). Por tanto, el almacenamiento en refrigeración constituye una estrategia eficaz para preservar el contenido vitamínico y prolongar la vida útil del producto.

3. Contraste estadístico formal de la hipótesis

Planteo del test

Para validar las hipótesis, se realizó una regresión lineal sobre los datos transformados $\ln(C_t)$ vs t y se aplicó la prueba t student a la pendiente β_1 con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$ (5%)

3.1. Contrastación de Hipótesis

Hipótesis

H0: A mayor tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente y en refrigeración, no disminuye la concentración de ácido ascórbico en el néctar de granadilla (*Passiflora ligularis*) con tomate de árbol (*Solanum betaceum*).

H1: A mayor tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente y en refrigeración, disminuye la concentración de ácido ascórbico en el néctar de granadilla (*Passiflora ligularis*) con tomate de árbol (*Solanum betaceum*).

Cuadro 8

Resultados del análisis de regresión lineal (Cinética de primer orden) para la degradación del ácido ascórbico

Temperatura	n	Estimación pendiente $\hat{\beta}_1$	t-stat	p-valor	R^2
Ambiente (20°C)	10	-0,022	-18,932	0,001	0,978
Refrigeración (4°C)	10	-0,012	-32,338	0,001	0,992

Se realizó una regresión lineal de $\ln([ácido\ ascórbico])$ frente al tiempo de almacenamiento. La pendiente estimada fue significativamente negativa en ambos tratamientos (Ambiente: $\hat{\beta}_1 = -0,022$), Refrigeración: ($\hat{\beta}_1 = -0,012$) por lo que se rechaza H_0 y se acepta H_1 : la concentración de ácido ascórbico disminuye con el tiempo de almacenamiento.

En el Cuadro 8 se observa que en ambos escenarios el modelo presenta un ajuste altamente satisfactorio. Para el tratamiento en Ambiente, el coeficiente de determinación (R^2) fue de 0,969, mientras que en Refrigeración se obtuvo un valor de 0,994. Estos resultados indican que el modelo de primer orden explica más del 96% de la variabilidad de los datos, confirmando su idoneidad para describir la degradación de la vitamina C, bajo estas condiciones de almacenamiento.

En cuanto a la velocidad del proceso, la estimación de la pendiente $\widehat{\beta}_1$ que representa la constante de velocidad del modelo, fue de -0,022 para el escenario ambiente y de -0,011 para refrigeración, las pendientes son negativas y estadísticamente significativas, confirmando que la concentración de ácido ascórbico disminuye con el tiempo de almacenamiento. Se muestra que los p-valores son inferiores a 0,05, por lo tanto, se rechaza H_0 y se acepta H_1 . Además, las pendientes son negativas y estadísticamente significativas, confirmando que la concentración de ácido ascórbico disminuye con el tiempo de almacenamiento Cedeño-Sares et al. (2022).

Finalmente, la significancia estadística del modelo se confirma mediante los valores de p-valor (0,000) y los elevados estadísticos t (t-stat) en ambos casos, los cuales permiten rechazar la hipótesis nula y afirmar que existe una relación lineal significativa entre el logaritmo de la concentración y el tiempo de estudio ($p < 0,05$).

CONCLUSIONES

- El almacenamiento bajo refrigeración (4 °C) resultó ser significativamente más efectivo para la conservación del ácido ascórbico. La concentración inicial en el día 1 fue de 15,804 mg/100 mL, disminuyendo al final del periodo a 9,565 mg/100 mL en el día 45.
- En el néctar almacenado a temperatura ambiente (20 °C) se evidenció una degradación más acelerada del ácido ascórbico. La concentración inicial fue de 15,250 mg/100 mL y al finalizar el día 45, se alcanzó un valor de 6,086 mg/100 mL.

RECOMENDACIONES

1. Evaluar diferentes concentraciones de granadilla y tomate de árbol, para identificar cuál de ellas posee la mayor concentración de ácido ascórbico.
2. Se recomienda usar diferentes temperaturas de ambiente y refrigeración en el almacenamiento del néctar de tomate de árbol con granadilla, con la finalidad de determinar su concentración de vitamina C.
3. Se recomienda investigar la incorporación de frutas con alto potencial antioxidante para aumentar la concentración vitamina C, en néctares mixtos.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC International. (2005). *Ascorbic acid in vitamin preparations and juices: 2,6-Dichloroindophenol titrimetric method* (Method 967.21). AOAC International.
- Alemán, R. S., Paz, M., Caballero-Guzmán, P., & Pineda-Hidalgo, G. (2019). Cinética de degradación térmica de la vitamina C en jugo de naranja (*Citrus sinensis*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 20(1), 1-12.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81359562002>
- Ávila Vélez, J. (2009). Caracterización de cuatro genotipos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) cultivados en Ecuador y estudio del efecto del estrés hídrico y luminoso sobre las propiedades físico-químicas en la postcosecha y estimación de la actividad antioxidante. Quito - Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8232/3/CD-2551.pdf>
- Barahona Calle, V. (2013). Evaluación de la Actividad Antioxidante y Valor Nutraceútico de las Hojas y Frutos de la Guanábana (*Annona muricata*). Riobamba – Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de <https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/ddbda572-d319-4fff-9db7-62e710e94774/content>
- Barbosa-Cánovas, G. V., Ma, L., & Cano-Chauca, M. (2005). *Manual de Tecnología de Alimentos*. Acribia.
- Bernal Estrada, J. (1988). El cultivo de la granadilla. *Frutas Tropicales*, 41-56. Obtenido de https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/31299/38191_20012.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Briones Ramos, M. (2022). Desarrollo de una bebida de cáscara de sandía (*citrullus lanatus*) con kiwi (*actinidia deliciosa*) y quinoa (*chenopodium quinoa*) como fuente de proteína, vitamina c y fibra. Guayaquil – Ecuador: Universidad Agraria Del Ecuador. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BRIONES%20RAMOS%20MARIA%20JOSE.pdf>

Borrmann, D., Haase, S. C., & Laske, J. P. (2013). Degradation kinetics of vitamin C in fruit juices during storage. *Journal of Food Process Engineering*, 36(4), 450-458. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12011>

Buono, S., Abdo, G., Hamity, V., Ansonnaud, G., & Ferreyra, M. (2019). El tomate árbol de las yungas: Cultivo, potencialidades e importancia. Buenos Aires - Argentina: Ediciones INTA. Obtenido de <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/6132>

Cañizares Chacín, A., Bonafine, O., Laverde, D., Rodríguez, R., & Méndez, J. (2009). Caracterización química y organoléptica de néctares a base de frutas de lechosa, mango, parchita y lima. *Revista Científica UDO Agrícola*, 9(1), 74-79. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3293770>

CABI. (2023). *Passiflora ligularis* (granadilla). In CABI Compendium. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.116173>

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

- Cerdas Araya, M., & Castro Retana, J. (2003). Manual práctico para la producción, cosecha y manejo poscosecha del cultivo de granadilla. San José - Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería. Obtenido de <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8411.pdf>
- Cedeño-Sares, L., Díaz-Torres, R., Núñez-Quezada, T., Armijos-Cabrera, G., & Cruz-Viera, L. (2022). Degradación del ácido ascórbico en néctar de durazno enriquecido. *Journal of Science and Research*, 7(1), 53-62.
- Contreras Mendoza, X. (2015). Influencia de la temperatura de secado en la degradación térmica del ácido ascórbico en el Aguaymanto (*Physalis peruviana* L). Huancayo – Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1297>
- Delgado Pérez, D. (2019). Aceptabilidad de néctar de pitahaya (*Hylocereus undatus*) y guayaba (*Psidium guajava* L.) variando la concentración de pulpa y estabilizante. Cajamarca – Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2939>
- Encina Zelada, C., & Carpio Rivadeneira, L. (2011). Máxima retención de ácido ascórbico, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en el néctar de tumbo. *Ingeniería Industrial*, 29(029), 225-245. doi:<https://doi.org/10.26439/ing.ind2011.n029.236>
- Espinoza Masgo, A., & Mejía Ortiz, N. (2016). Propuesta de mejoramiento de manejo post cosecha de la granadilla (*Passiflora ligularis juss*) en el distrito de Chinchao 2016. Huánuco – Perú: Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Obtenido de <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/1483>

- FAO. (2005). Norma general para zumos (jugos) y néctares de frutas.
- Fennema, O. R., & Tannenbaum, S. R. (1992). Introduccion a la Quimica de los Alimentos . España: 2.
- Gaona-Gonzaga, P., Vásquez-Rojas, L., Aguayo-Pacas, S., Viera-Arroyo, W., Viteri-Díaz, P., Sotomayor-Correa, A., . . . Cartagena Ayala, Y. (2020). Respuesta del cultivo de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) cultivar “Colombiana” al suministro de nitrógeno y potasio por fertirriego. Manglar, 17(1), 75-82. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/342339046_Respuesta_del_cultivo_de_granadilla_Passiflora_ligularis_Juss_cultivar_Colombiana_al_suministro_de_nitrogeno_y_potasio_por_fertirriego
- Guevara Pérez, A. (2015). Elaboración de pulpas, zumos, néctares, deshidratados, osmodeshidratados y fruta confitada. Lima - Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. Obtenido de <https://biblioteca.ismejia.com/files/pda/Separata%20Pulpas%20n%20D0%9Actares,%20merm%20desh,%20osmodes%20y%20fruta%20confitada.pdf>
- Gutiérrez Bautista, E. (2019). Evaluación del ácido ascórbico en frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) y poro poro (*Passiflora mollissima* Kunth) durante la poscosecha. Cajamarca - Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3680>
- Gutiérrez Valencia, T., Páez, M., & Hoyos, O. (2007). Seguimiento de la degradación térmica y lumínica del ácido ascórbico en uchuva (*Physalis peruviana* L.). Scientia et

- Technica, 1(33), 211-215. Obtenido de <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/6117>
- Gobierno Regional de La Libertad. (s.f.). *Manual de Tomate de Árbol*. <https://www.regionlalibertad.gob.pe/web/opciones/pdfs/Manual%20de%20Tomate%20de%20%C3%A1rbol.pdf>
- Herrera Rojas, M. (2011). Post cosecha de granadilla (*Passiflora ligularis*). Cerro de Pasco - Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. Obtenido de https://www.agrobanco.com.pe/pdfs/capacitacionesproductores/granadilla/POST_COSECHA_DE_GRANADILLA.pdf
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2024, 8 de abril). *Inacal brinda requisitos de calidad de la granadilla para mejorar su productividad*. Plataforma del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/inacal/noticias/931172-inacal-brinda-requisitos-de-calidad-de-la-granadilla-para-mejorar-su-productividad>
- Instituto Nacional de Salud. (2023). *Tablas peruanas de composición de alimentos* (Versión digital). <https://tablasperuanas.ins.gob.pe/node/775>
- Kabasakalis, V., Siopidou, D., & Moshatou, E. (2000). Ascorbic acid content of commercial fruit juices and its rate of loss upon storage. *Food Chemistry*, 70(3), 325–328. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00093-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00093-5)
- León F., J., Viteri D., P., & Cevallos A., G. (2004). *Manual del cultivo de tomate de árbol*. Quito – Ecuador: INIAP - Estación Experimental Santa Catalina. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/827/4/iniapscm61.pdf>

- Lucas Uquillas, K., Maggi Tenorio, J., & Yagual Chang, M. (2010). Creación de una empresa de producción, comercialización y exportación de tomate de árbol en el área de Sangolquí, provincia de Pichincha. Guayaquil – Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10688/8/D-43295.pdf>
- Magno Rivera, M., & Chero Coronado, T. (2021). Capacidad antioxidante, contenido de polifenoles totales, ácido ascórbico y características sensoriales de una bebida funcional a partir de carambola (*Averrhoa carambola* L.) y granadilla (*Passiflora ligularis*). Tarma – Perú: Universidad Nacional Del Centro Del Perú. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/7401>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. (s.f.). *Ficha N° 55: Chilto (Tomate de árbol)*. Alimentos Argentinos. Recuperado de https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/HomeAlimentos/seguridad-alimentaria-y-nutricion/fichaspdf/Ficha_55_Chilto_tomate_de_arbol.pdf
- Mieszczakowska-Frąć, 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*, 54. doi:<https://doi.org/10.3390/antiox10010054>
- Murillo-Baca, S. M., Aliaga-Zevallos, M. A., & Rojas-Rojas, R. (2023). Cinética de degradación de vitamina C en jugo de naranja (*Citrus sinensis*) en anaquel a temperatura ambiente y en frío. *Investigación Valdizana*, 17(1), 47-56. <https://doi.org/10.33554/riv.17.1.1718>

Nielsen, S. S. (Ed.). (2017). *Food Analysis* (5.^a ed.). Springer International Publishing.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-45776-5>

Núñez Guerrero, M. L. (2020). *Elaboración y caracterización del néctar mixto de banano (Musa paradisiaca) con jugo de carambola (Averrhoa carambola L.) según la norma técnica peruana NTP 203.110: 2009: jugos, néctares y bebidas de fruta* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV.
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/69849>

Ordóñez-Santos, L. E., & Vázquez-Riveiros, A. J. (2015). Efecto del almacenamiento sobre la vitamina C y el color en bebidas de frutas tropicales. *Food Chemistry*, 185, 252-258.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura & Organización Mundial de la Salud. (2024). Norma general para zumos (jugos) y néctares de frutas (CXS 247-2005, Enmendada en 2022 y 2024). Comisión del Codex Alimentarius.
https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/zh/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B247-2005%252FCXS_247s.pdf

Pérez, M., Torres, R., & Díaz, J. (2022). Estabilidad de néctar mix de pulpa de naranja (*Citrus sinnensis*) y mandarina (*Citrus reticulata*) con goma xanthan y cmc. *La Técnica*, (27), 1-10. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8393251.pdf>

Rivera, B., Miranda, D., Avila, L., & Nieto, A. (2002). Manejo integral del cultivo de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss). Colombia: Editorial Litoas. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/B_Rivera/publication/315614738_Manejo_int

egral_del_cultivo_de_la_granadilla_Passiflora_ligularis_Juss/links/58d58035458515337862af92/Manejo-integral-del-cultivo-de-la-granadilla-Passiflora-ligularis-Juss.pdf?__cf_chl_t

Resnik, S. L., & Favretto, R. M. (2017). *Cinética de la pérdida de calidad en alimentos*. (2ª ed.). Editorial Acribia.

Sánchez-Chávez, W., Cortez-Arredondo, J., Solano-Cornejo, M., & Vidaurre-Ruiz, J. (2015). Cinética de degradación térmica de betacianinas, betaxantinas y vitamina C en una bebida a base de jugo de remolacha (*Beta vulgaris L.*) y miel de abeja. *Scientia Agropecuaria*, 6(2), 111-118. doi:<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.02.03>

Santiago Lope, C., & López Del Valle, L. (2017). Diseño y construcción de un prototipo de campo magnético para la conservación de vitamina C en el procesamiento de pulpa de aguaymanto (*Physalis peruviana L.*). Huánuco - Perú: Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Obtenido de <https://repositorio.unheval.edu.pe/item/9cfcb8d1-0a1a-43ef-b78a-c29e7f08b870>

Serra, H., & Cafaro, T. (2007). Ácido ascórbico: desde la química hasta su crucial función protectora en ojo. *Acta bioquímica clínica latinoamericana*, 41(4), 525-553. Obtenido de https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0325-29572007000400010

Silva, E., Pirovani, M., & Zorrilla, S. (2019). Effects of storage temperature on vitamin C degradation in fruit beverages. *Journal of Food Science and Technology*, 56(7), 3453–3461. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03835-1>

- Sistema de Información sobre Biodiversidad [SIB]. (2025). *Solanum betaceum* Cav.
<https://sib.gob.ar/especies/solanum-betaceum>
- Valdés, F. (2006). Vitamina C. *Actas Dermo-Sifiliográficas*, 97(9), 557-568.
[doi:https://doi.org/10.1016/S0001-7310\(06\)73466-4](https://doi.org/10.1016/S0001-7310(06)73466-4)
- Vásquez Vitón, N. (2023). Evaluación del Contenido de Vitamina C y Capacidad Antioxidante de un Néctar Mixto a partir de Zumos de Aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), Tomate de Árbol (*Solanum betaceum*.) y Piña (*Ananas comosus*). Chota-Perú: Universidad Nacional Autónoma de Chota. Obtenido de <https://repositorio.unach.edu.pe/server/api/core/bitstreams/fe26f693-52f0-4054-bb88-3544793c7c84/content>
- Yahia, E. M., García-Solís, P., & Celis, M. E. M. (2017). Ascorbic acid content in tropical fruit juices during storage. *Food Research International*, 99, 503–510.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.05.029>
- Zhou, Y., Ji, Y., Wang, H., Zhang, Y., & Wang, Y. (2022). Chemical stability of ascorbic acid integrated into commercial products: A review on bioactivity and delivery technology. *Antioxidants*, 11(1), 153. <https://doi.org/10.3390/antiox11010153>

ANEXOS

Anexo 1

Panel fotográfico

Elaboración del néctar de granadilla (*Passiflora ligularis*) con tomate de árbol (*Solanum betaceum*)

a) Lavado de materia prima



b) Pelado



c) Despulpado



d) Análisis de pH y brix



e) Estandarizado y Mezclado



f) Pasteurizado



g) Envasado



h) Almacenamiento a temperatura ambiente



i) Almacenamiento en refrigeración



Anexo 2

Evaluación de la concentración de ácido ascórbico en el néctar de granadilla (*Passiflora ligularis*) con tomate de árbol (*Solanum betaceum*)

A. Reactivos utilizados



B. Preparación de reactivo (2,6-Diclorofenolindofenol)



C. Preparación de reactivo (Ácido meta fosfórico (HPO_3))



D. Evaluación de muestras en laboratorio para la determinación del ácido ascórbico



Anexo 3

Cálculos utilizados en el néctar de granadilla con tomate de árbol

Concepto	Cantidad	Unidad
Cantidad de granadilla	5,000	kg
Merma	1,733	kg
Masa de Pulpa de granadilla	3,267	kg
Jugo de granadilla	2,000	L
°Brix de fruto	12,0	°Brix
pH fruto	4,1	

Concepto	Cantidad	Unidad
Cantidad de tomate de árbol	4,390	kg
Merma	2,514	kg
Masa de Pulpa de tomate de árbol	1,876	kg
Jugo de tomate de árbol	1,700	L
°Brix de fruto	12,0	°Brix
pH fruto	3,4	

Preparación de néctar	Cantidad	Unidad
Jugo de granadilla (50%)	1,700	L
Jugo de tomate de árbol (50%)	1,700	L
volumen total de jugo de los dos frutos	3,400	L
Agua	10,2	L
Pulpa diluida	13,600	L
°Brix de pulpa diluida	4,6	°Brix
pH de pulpa diluida	3,8	
Azúcar	1,234	kg
CMC	0,0023	g
Ácido cítrico	5,0	g

Datos del néctar	Cantidad	Unidad
Volumen total del Néctar	13,6	L
°Brix	12,50	°Brix
pH	4,00	

Anexo 4

Toma de temperatura en ambiente por cada día de evaluación de la concentración de ácido ascórbico en el néctar de tomate de árbol con granadilla

Tiempo (días)	Temperatura Ambiente por día de análisis
1	21 °C
5	21 °C
10	19 °C
15	20 °C
20	19 °C
25	19 °C
30	19 °C
35	21 °C
40	20 °C
45	20 °C
Promedio	20 °C

Tiempo (días)	Temperatura Ambiente por día de análisis
1	2 °C
5	3 °C
10	4 °C
15	4 °C
20	4 °C
25	4 °C
30	4 °C
35	4 °C
40	4 °C
45	4 °C
Promedio	4 °C