UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

"DESARROLLO DE UN PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE UNA INFUSIÓN A BASE DE CÁSCARAS DE TORONJA *CITRUS X PARADISI* COMO FUENTE DE COMPUESTOS FUNCIONALES Y SENSORIALES"

Trabajo de titulación previo a la obtención del título en Ingeniería Agroindustrial

Línea de investigación: Gestión, producción, productividad, innovación y desarrollo socioeconómico

AUTOR:

JOSELIN LIZETH CABRERA SALAZAR

DIRECTOR:

ING. NICOLÁS SEBASTIÁN PINTO MOSQUERA MSc.

Ibarra – Ecuador

2026

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Joselin Lizeth Cabrera Salazar

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"DESARROLLO DE UN PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE UNA INFUSIÓN A BASE DE CÁSCARAS DE TORONJA *CITRUS X PARADISI* COMO FUENTE DE COMPUESTOS FUNCIONALES Y SENSORIALES"
AUTOR (ES):	JOSELIN LIZETH CABRERA SALAZAR
FECHA: DD/MM/AAAA	28/07/2026
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	[X] **PREGRADO** [ ] **POSGRADO**
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Agroindustrial
DIRECTOR /ASESOR:	Ing. Nicolás Sebastián Pinto Mosquera MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 28 días del mes de julio de 2026

EL AUTOR:

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
JOSELIN LIZETH CABRERA SALAZAR

Joselin Lizeth Cabrera Salazar
C. I. 220028181

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTERGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 28 de julio del 2026

Ing. Nicolás Sebastián Pinto Mosquera Msc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
NICOLAS SEBASTIAN
PINTO MOSQUERA

Ing. Nicolás Sebastián Pinto Mosquera Msc.

C.C: 1712640935

DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificador del trabajo de Integración Curricular "Desarrollo de un procedimiento para la elaboración de una infusión a base de cáscaras de toronja *Citrus x Paradisi* como fuente de compuestos funcionales y sensoriales." elaborado por Cabrera Salazar Joselin Lizeth previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:



Ing. Nicolás Sebastián Pinto Mosquera MSc.

C.C: 171640935



Ing. Holguer Marcelo Pineda Flores MBA.

C.C: 1001672730

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por iluminar mi camino, por permitirme llegar hasta este momento con salud y por darme la fortaleza, la perseverancia y la voluntad necesarias para superar cada obstáculo. Gracias por acompañarme durante esta etapa de mi vida y por guiarme para alcanzar una de mis metas más importantes.

A mis padres, Luis y Edith por ser el motor de mi vida y el ejemplo de esfuerzo que siempre me ha inspirado. Gracias por todos los sacrificios realizados para brindarme la oportunidad de estudiar la carrera que amo, por su apoyo incondicional, por creer en mí y por acompañarme en cada paso de este camino. Este logro también es suyo.

A mi tutor de tesis, por su paciencia, disposición y orientación durante el desarrollo de esta investigación. Gracias por atender siempre mis inquietudes con amabilidad, compartir sus conocimientos y guiarme para superar las dificultades que se presentaron a lo largo del proceso.

A mi querida amiga Madeleine, quien estuvo a mi lado durante toda mi vida universitaria. Gracias por compartir conmigo alegrías, desafíos y aprendizajes; por impulsarme a creer más en mí misma, brindarme su apoyo emocional y convertirse en una persona de confianza cuando me encontraba lejos de mi hogar. Nuestra amistad hizo este camino mucho más llevadero y significativo.

A mis hermanos, Jhonatan y Maykel, por su cariño, compañía y apoyo a lo largo de esta etapa. Aunque no siempre lo expresen con palabras, sé que han estado presentes y que comparten conmigo la alegría de alcanzar esta meta.

A mi novio Joel, por acompañarme en momentos muy importantes de mi vida, por su apoyo, comprensión y disposición para ayudarme cuando más lo necesité. Gracias por

permanecer a mi lado tanto en las dificultades personales como académicas y por motivarme a seguir adelante.

A mi querida sobrina Jade, por llenar mi vida de alegría y recordarme la importancia de seguir creciendo y superándome cada día. Gracias por ser una de las razones que me inspiran a dar lo mejor de mí. Espero que, cuando seas mayor, este logro pueda servirte de ejemplo y te recuerde que, con esfuerzo, dedicación y perseverancia, es posible alcanzar los sueños.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra forma, contribuyeron a mi crecimiento personal y profesional y me acompañaron durante este recorrido. Gracias por ser parte de este logro que hoy celebro con profunda gratitud.

DEDICATORIA

Dedico este logro, en primer lugar, a Dios, por guiar cada uno de mis pasos, darme fortaleza en los momentos difíciles y permitirme cumplir este sueño que hoy se convierte en una realidad.

A mis padres, por su amor incondicional, su esfuerzo, sus sacrificios y el apoyo que siempre me brindaron para que pudiera estudiar y alcanzar mis metas. Gracias por creer en mí incluso cuando el camino parecía difícil. Este título también es de ustedes.

A mis hermanos y a mi querida sobrina, quienes han sido una fuente constante de motivación para seguir adelante y esforzarme cada día por convertirme en un ejemplo de perseverancia y superación.

Con especial cariño, dedico este trabajo a la memoria de mi querido abuelito. Aunque hoy ya no esté físicamente conmigo, sus consejos, sus palabras de aliento y su confianza en mi futuro permanecen en mi corazón. Siempre me recordaba que aprovechara la oportunidad de estudiar y que no me rindiera hasta alcanzar mi meta. Me habría llenado de felicidad que pudiera verme cumplir este sueño, pero llevo conmigo la esperanza de que, dondequiera que esté, se sienta orgulloso de este logro que también lleva una parte de él.

Finalmente, me dedico este trabajo a mí misma, por la constancia, el esfuerzo y la valentía de seguir adelante aun en los momentos de incertidumbre, y por no renunciar nunca al sueño de convertirme en ingeniera.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO 6

DEDICATORIA 8

ÍNDICE DE TABLAS 12

INDICE DE ILUSTRACIONES 13

ÍNDICE DE ANEXOS 16

CAPÍTULO I 21

INTRODUCCIÓN 21

1.1 Antecedentes 21

1.2 Planteamiento del problema 22

1.3 Justificación 23

1.4 Pregunta directriz 24

1.5 Objetivos 25

1.5.1 Objetivo general 25

1.5.2 Objetivos Específicos 25

1.6 Hipótesis 25

1.6.1 Alternativa 25

1.6.2 Nula 25

CAPÍTULO II 26

2 MARCO TEÓRICO 26

2.1 Toronja *(Citrus x paradisi)* 26

2.1.1 Variedades de toronja en Ecuador. 26

2.1.2 Composición nutricional de la toronja 29

2.1.3 Actividad antioxidante y polifenoles presentes en la cáscara de toronja (*Citrus x paradisi*). 30

2.2 Hierbaluisa *(Cymbopogon citratus)* 31

2.2.1 Composición nutricional de la hierbaluisa....31
2.3 Stevia *(Stevia Rebaudiana)*....32
2.4 Métodos de deshidratación....34
2.4.1 Por aire caliente (convección forzada)....34
2.4.2 Deshidratación solar....35
2.4.3 Deshidratado por liofilización....35
2.4.4 Deshidratado por microondas....36
2.5 Características y temperaturas de deshidratación....36
2.6 Residuos agroindustriales....37
2.6.1 Cáscara de toronja....38
2.6.2 Aprovechamiento de residuos agroindustriales....39
2.6.3 Sostenibilidad....39
2.7 Economía circular....40
2.8 Infusión....41
2.8.1 Infusiones a partir de residuos agroindustriales....41
2.8.2 Parámetros de formulación....42
2.9 Análisis sensorial con escala hedónica de 5 puntos....44
2.9.1 Análisis sensorial....44
2.9.2 Escala hedónica....45
CAPÍTULO III....47
3 METODOLOGÍA....47
3.1 Enfoque de la investigación....47
3.1.1 Tipo de investigación....47
3.2 Metodología....47
3.2.2 Diseño experimental....48
3.2.6 Análisis estadístico....65
CAPÍTULO IV....67

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 67
4.1 Características fisicoquímicas y funcionales de la cáscara de toronja (materia prima)67
4.1.1 pH en cáscara fresca 67
4.1.2 pH en cáscara deshidratada 69
4.1.3 Contenido de humedad en la cáscara fresca 71
4.1.4 Contenido de humedad en cáscara deshidratada 75
4.2 Efecto de las condiciones de deshidratación sobre las propiedades fisicoquímicas y funcionales 79
4.3 Contenido de compuestos fenólicos totales 81
4.4 Capacidad antioxidante 85
4.5 Relación entre polifenoles y capacidad antioxidante 87
4.6 Efecto de la temperatura y velocidad del flujo de aire sobre las variables evaluadas 91
4.7 Determinación del mejor tratamiento 93
4.8 Parámetros de formulación de la infusión a base de cáscara de toronja 95
4.8.1 Aceptabilidad global 95
4.9 Evaluación funcional del producto final 107
CAPÍTULO V 111
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 111
5.1 Conclusiones 111
5.2 Recomendaciones 112
REFERENCIAS 113
ANEXOS 119

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. COMPONENTES BIOACTIVOS DE LA HIERBALUISA 32

TABLA 2. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL Y CONTENIDO MINERAL DE LA HOJA DE STEVIA DESHIDRATADA 33

TABLA 3. FORMULACIONES DE TRABAJO DE GRADO 42

TABLA 4. TRATAMIENTOS COMBINADOS CON FORMULACIONES 43

TABLA 5. ESCALA HEDÓNICA PARA ANÁLISIS SENSORIAL DE LA FLOR DE JAMAICA Y OTRAS ESPECIAS 45

TABLA 6 FACTORES DE SEIS TRATAMIENTOS 49

TABLA 7 FASE II DE FORMULACIÓN 50

TABLA 8. FACTORES Y NIVELES DE DESHIDRATADO 52

TABLA 9. TRATAMIENTOS EVALUADOS 53

TABLA 10. TABLA DE FORMULACIONES 54

TABLA 11 ESCALA HEDÓNICA PARA ANÁLISIS SENSORIAL DE INFUSIÓN DE CÁSCARA DE TORONJA 64

TABLA 12. PH EN LA CÁSCARA FRESCA DE TORONJA 67

TABLA 13 RELACIÓN ENTRE COMPUESTOS FENÓLICOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN LA CÁSCARA DE TORONJA DESHIDRATADA 88

INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 TORONJA (CITRUS X PARADISI) 26

ILUSTRACIÓN 2 VARIEDADES DEL DUNCAN DE SEMILLAS BLANCAS 29

ILUSTRACIÓN 3 ESTRUCTURA ANATÓMICA GENERAL DEL FRUTO DE CITRUS × PARADISI 38

ILUSTRACIÓN 4 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACIÓN DE UNA INFUSIÓN DE CÁSCARA DE TORONJA 56

ILUSTRACIÓN 5 CÁSCARA DE TORONJA FRESCA 57

ILUSTRACIÓN 6 PANEL DE MANDO DEL DESHIDRATADOR EMPLEADO EN EL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN 58

ILUSTRACIÓN 7 CÁSCARA DESHIDRATADA EN REPOSO 58

ILUSTRACIÓN 8 EMPAQUE Y PRESENTACIÓN DE LA INFUSIÓN A BASE DE CÁSCARA DE TORONJA 59

ILUSTRACIÓN 9 DETERMINACIÓN DE PH EN CÁSCARA DE TORONJA 60

ILUSTRACIÓN 10 ANÁLISIS DE HUMEDAD EN LA BALANZA DE HUMEDAD POR INFRARROJO 61

ILUSTRACIÓN 11 ANÁLISIS DE HUMEDAD POR ESTUFA 62

ILUSTRACIÓN 12 VALORES PROMEDIO DE PH DE LA CÁSCARA DE TORONJA DESHIDRATADA BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE DESHIDRATACIÓN 70

ILUSTRACIÓN 13 CONTENIDO DE HUMEDAD (%) DE LA CÁSCARA DE TORONJA DESHIDRATADA BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE TEMPERATURA Y VELOCIDAD DEL AIRE 75

ILUSTRACIÓN 14 CURVAS DE DESHIDRATACIÓN DE LA CÁSCARA DE TORONJA BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE TEMPERATURA Y VELOCIDAD DE AIRE 80

ILUSTRACIÓN 15 CONTENIDO DE FENOLES TOTALES EN LA CÁSCARA DE TORONJA DESHIDRATADA BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE TEMPERATURA Y VELOCIDAD DE FLUJO DE AIRE..... 82

ILUSTRACIÓN 16 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA CÁSCARA DE TORONJA DESHIDRATADA BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE TEMPERATURA Y VELOCIDAD DE FLUJO DE AIRE 86

ILUSTRACIÓN 17 EVALUACIÓN DEL ATRIBUTO ACEPTABILIDAD GLOBAL DE LAS FORMULACIONES Y DE LA MUESTRA COMERCIAL MEDIANTE UNA ESCALA HEDÓNICA DE CINCO PUNTOS 96

ILUSTRACIÓN 18 EVALUACIÓN DEL ATRIBUTO COLOR DE LAS FORMULACIONES Y DE LA MUESTRA COMERCIAL MEDIANTE UNA ESCALA HEDÓNICA DE CINCO PUNTOS 98

ILUSTRACIÓN 19 EVALUACIÓN DEL ATRIBUTO AROMA DE LAS FORMULACIONES Y DE LA MUESTRA COMERCIAL MEDIANTE UNA ESCALA HEDÓNICA DE CINCO PUNTOS 100

ILUSTRACIÓN 20 EVALUACIÓN DEL ATRIBUTO SABOR DE LAS FORMULACIONES Y DE LA MUESTRA COMERCIAL MEDIANTE UNA ESCALA HEDÓNICA DE CINCO PUNTOS 102

ILUSTRACIÓN 21 EVALUACIÓN DEL ATRIBUTO AMARGOR DE LAS FORMULACIONES Y DE LA MUESTRA COMERCIAL MEDIANTE UNA ESCALA HEDÓNICA DE CINCO PUNTOS..... 104

ILUSTRACIÓN 22 EVALUACIÓN DEL ATRIBUTO SABOR RESIDUAL DE LAS FORMULACIONES Y DE LA MUESTRA COMERCIAL MEDIANTE UNA ESCALA HEDÓNICA DE CINCO PUNTOS 106

ILUSTRACIÓN 23 CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES DE LAS FORMULACIONES DE INFUSIÓN A BASE DE CÁSCARA DE TORONJA 107

ILUSTRACIÓN 24 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LAS FORMULACIONES DE INFUSIÓN A BASE DE CÁSCARA DE TORONJA DETERMINADA MEDIANTE EL MÉTODO ABTS 109

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE pH EN CÁSCARA DE TORONJA DESHIDRATADA. 119

ANEXO 2 ANÁLISIS DE LA VARIANZA DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN CÁSCARA DE TORONJA DESHIDRATADA 119

ANEXO 3 ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE CONTENIDO DE FENOLES TOTALES EN CÁSCARA DE TORONJA DESHIDRATADA 119

ANEXO 4 ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN CÁSCARA DE TORONJA DESHIDRATADA 120

ANEXO 5 FICHA TÉCNICA DE STEVIA 121

ANEXO 6 FICHA TÉCNICA DE STEVIA PARTE 2. 122

ANEXO 7 ANÁLISIS SENSORIAL EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE 122

ANEXO 8 ANÁLISIS SENSORIAL EN LA UNIDAD EDUCATIVA FISCOMISIONAL "JUAN PABLO II" 123

ANEXO 9 PROCEDIMIENTO DE MOLIENDA DE LA CÁSCARA DE TORONJA DESHIDRATADA. 123

ANEXO 10 LABORATORIO INIAP CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y FENOLES TOTALES EN CÁSCARA DE TORONJA FRESCA Y DESHIDRATADA 123

ANEXO 11 LABORATORIO INIAP ANÁLISIS DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y FENOLES TOTALES EN EL PRODUCTO FINAL 125

RESUMEN

El aprovechamiento de residuos agroindustriales representa una alternativa sostenible para el desarrollo de alimentos funcionales con valor agregado. En este contexto, la cáscara de toronja (*Citrus × paradisi*), considerada un subproducto del procesamiento de frutas, constituye una fuente importante de compuestos bioactivos, especialmente compuestos fenólicos con actividad antioxidante. Por ello, la presente investigación tuvo como objetivo desarrollar una infusión funcional a base de cáscara de toronja, hierba luisa y stevia, evaluando el efecto de las condiciones de deshidratación sobre la conservación de compuestos funcionales y la calidad del producto final.

Se evaluaron seis tratamientos mediante la combinación de dos temperaturas de deshidratación (50 y 65 °C) y tres velocidades de aire (1, 3 y 5 m/s). El contenido de polifenoles totales se determinó mediante el método de Folin-Ciocalteu y la capacidad antioxidante mediante el método ABTS. Con base en los resultados obtenidos se elaboraron dos formulaciones de infusión, las cuales fueron sometidas a una evaluación sensorial mediante una escala hedónica estructurada de cinco puntos aplicada a 50 consumidores no entrenados. Posteriormente, se determinaron nuevamente el contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante del producto final.

Los resultados evidenciaron que el tratamiento T2 (50 °C y 3 m/s) presentó la mayor conservación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante durante el proceso de deshidratación. En la evaluación del producto final, la formulación 728 obtuvo la mayor aceptación sensorial en los atributos de color, aroma, sabor, amargor, sabor residual y aceptabilidad global. Además, registró el mayor contenido de polifenoles totales (28,69 mg EAG/g) y la mayor capacidad antioxidante (601,73 μmol Trolox/g), superando a la formulación 351.

Se concluye que las condiciones de deshidratación influyen en la conservación de los compuestos funcionales de la cáscara de toronja y que la formulación 728 constituye la mejor alternativa para el desarrollo de una infusión funcional, al combinar una elevada aceptación sensorial con un mayor contenido de compuestos fenólicos y una alta capacidad antioxidante, promoviendo el aprovechamiento sostenible de un residuo agroindustrial.

Palabras clave: *Citrus* × *paradisi*, infusión funcional, cáscara de toronja, compuestos fenólicos, capacidad antioxidante, análisis sensorial.

ABSTRACT

The valorization of agro-industrial waste represents a sustainable alternative for the development of value-added functional foods. In this context, grapefruit peel (*Citrus × paradisi*), considered a by-product of fruit processing, constitutes an important source of bioactive compounds, particularly phenolic compounds with antioxidant activity. Therefore, the objective of this research was to develop a functional infusion based on grapefruit peel, lemongrass, and stevia, evaluating the effect of dehydration conditions on the preservation of functional compounds and the quality of the final product.

Six treatments were evaluated by combining two dehydration temperatures (50 and 65 °C) and three air velocities (1, 3, and 5 m/s). Total polyphenol content was determined using the Folin–Ciocalteu method, while antioxidant capacity was measured using the ABTS method. Based on the results obtained, two infusion formulations were prepared and subjected to sensory evaluation using a structured five-point hedonic scale applied to 50 untrained consumers. Subsequently, the total polyphenol content and antioxidant capacity of the final product were determined again.

The results showed that treatment T2 (50 °C and 3 m/s) achieved the highest retention of phenolic compounds and antioxidant capacity during the dehydration process. In the evaluation of the final product, formulation 728 obtained the highest sensory acceptance for the attributes of color, aroma, flavor, bitterness, aftertaste, and overall acceptability. In addition, it recorded the highest total polyphenol content (28.69 mg GAE/g) and the greatest antioxidant capacity (601.73 μmol Trolox/g), surpassing formulation 351.

It was concluded that dehydration conditions influence the preservation of the functional compounds present in grapefruit peel and that formulation 728 represents the best alternative for the development of a functional infusion. This formulation combines high sensory acceptance with a greater content of phenolic compounds and high antioxidant capacity, thereby promoting the sustainable utilization of an agro-industrial by-product.

Keywords: *Citrus* × *paradisi*, functional infusion, grapefruit peel, phenolic compounds, antioxidant capacity, sensory analysis.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En los últimos años, la demanda por utilizar residuos agroindustriales en el desarrollo de productos innovadores y sustentables ha incrementado notablemente, especialmente aquellos derivados de frutos cítricos. Esta tendencia responde al interés creciente por soluciones que reduzcan el impacto ambiental y a la vez aporten valor agregado.

Una revisión sobre el uso de residuos agroindustriales concluyó que las cáscaras de frutas representan el mayor porcentaje de residuos aprovechables, con un 30.47% de aplicaciones enfocadas en la industria alimentaria (Carvajal Calero, 2023). Estos residuos presentan propiedades funcionales importantes y constituyen una fuente económica viable para el desarrollo de nuevos productos, como infusiones y extractos (Velasco López, 2023)

La cáscara de toronja (*Citrus* × *paradisi*) constituye un subproducto agroindustrial con potencial para incorporarse en el desarrollo de alimentos funcionales. Su estructura contiene una proporción considerable de fibra dietética, principalmente en el albedo, además de pectinas, flavanonas y otros compuestos fenólicos. Qin et al. (2023) comprobaron que las fibras obtenidas de diferentes partes de la cáscara de toronja presentan propiedades fisicoquímicas y funcionales que dependen del tejido vegetal y del tratamiento aplicado, lo que permite considerar este residuo como una materia prima de interés para formular productos alimenticios con valor agregado.

El procesamiento térmico influye directamente en las características organolépticas de las infusiones de residuos cítricos. Aunque los parámetros de color y olor suelen mantenerse estables bajo diferentes condiciones de secado, el sabor presenta variaciones importantes. En un estudio, las formulaciones con un 75% de cáscara de toronja deshidratada a 60 °C alcanzaron los niveles más altos de aceptación sensorial (Velasco López, 2023).

Diversas investigaciones respaldan el aprovechamiento de subproductos mediante metodologías de deshidratación que preservan las propiedades originales de la materia prima (Velasco López, 2023). Complementariamente, en cuanto a la respuesta del consumidor, se resalta la importancia de las pruebas hedónicas afectivas para determinar la viabilidad comercial de infusiones elaboradas con cáscaras de frutas (Aguilar et al., 2025).

1.2 Planteamiento del problema

Ecuador, al igual que otros países tropicales genera un considerable volumen de residuos debido al consumo y procesamiento industrial de frutas, y su disposición inadecuada contribuye a la acumulación de residuos sólidos afectando al medio ambiente (Velasco López, 2023). Entre estos residuos se encuentra la cáscara de toronja (*Citrus* × *paradisi*), considerada un subproducto agroindustrial que generalmente es descartado durante el procesamiento, pese a contener compuestos bioactivos de interés para la industria alimentaria (Suri et al., 2021).

La disposición inadecuada de los residuos de cítricos puede favorecer la emisión de gases de efecto invernadero, especialmente metano durante su descomposición, además de contribuir a otros problemas de contaminación ambiental, lo que evidencia la necesidad de implementar estrategias de valorización y aprovechamiento sostenible (Olmedo-Galarza et al., 2025).

Diversos estudios han demostrado que las cáscaras de cítricos constituyen una fuente importante de compuestos fenólicos, flavonoides, fibra dietética y otros metabolitos con propiedades antioxidantes, lo que evidencia su potencial para el desarrollo de alimentos funcionales y productos con valor agregado (Suri et al., 2021; Durmus et al., 2024). Sin embargo, el aprovechamiento de la cáscara de toronja continúa siendo limitado, debido al escaso desarrollo de investigaciones orientadas a su transformación en productos destinados al consumo humano.

Adicionalmente, se evidencia una escasa diversidad en el mercado de infusiones elaboradas a partir de residuos agroindustriales. Esta situación minimiza la oportunidad de aprovechar recursos disponibles y reduce las posibilidades de ofrecer al consumidor nuevas bebidas funcionales con beneficios reales para la salud. En Ecuador, la oferta de estos productos es inexistente, evidenciando la falta de investigación (Velasco López, 2023).

Finalmente, el problema no solo se enfoca en el desperdicio de residuos agroindustriales como la cáscara de toronja y su falta de investigación. Sino también en la falta de alternativas que valoricen estos subproductos mediante su transformación en tés o infusiones saludables. El desarrollo de este tipo de producto representa la oportunidad para innovar alimentos, cuidar la naturaleza e impulsar la economía circular.

1.3 Justificación

En Ecuador, el estudio de Bello et al. (2020) menciona que se producen anualmente 500 toneladas de toronja motivo por el cual el procesamiento industrial de la toronja genera cantidades importantes de cáscara, membranas, semillas y residuos de pulpa que suelen destinarse a usos de bajo valor o eliminarse como desechos. Dorado et al. (2021) señalaron que los residuos derivados del procesamiento de variedades como Star Ruby, Rio Red y Ruby Red contienen pectinas, azúcares, compuestos volátiles, fenoles y

flavonoides que pueden recuperarse mediante tecnologías apropiadas. En consecuencia, la transformación de la cáscara de toronja en una infusión representa una alternativa para aprovechar sus componentes funcionales, reducir la generación de residuos y promover procesos agroindustriales vinculados con la economía circular.

En respuesta a esta problemática, la agroindustria ha planteado diversas soluciones entre las cuales se tiene estudios sobre la obtención de pectina y polisacáridos (Frosi et al., 2023). La extracción de flavonoides y compuestos fenólicos (Suri et al., 2021). Asimismo, la elaboración de productos alimenticios aprovechando sus compuestos (Velasco López, 2023).

El aprovechamiento de la cáscara como ingrediente para la producción de infusiones se plantea como una solución innovadora que aprovecha este residuo y le da valor agregado. Las cáscaras poseen aceites esenciales que tienen diversas propiedades que añaden aroma, sabor y texturas que son ampliamente apreciadas por los consumidores. Además, estas poseen metabolitos secundarios tales como flavonoides, terpenos, limonoides y carotenoides que aportan propiedades nutracéuticas a la infusión (Saini et al., 2022).

En este contexto la elaboración de infusiones de cáscara de toronjas constituye una alternativa sostenible, así como también un aporte a la economía circular y apoya al desarrollo de productos innovadores y saludables. De esta forma, se promueve un modelo más sostenible que reduce la generación de residuos, disminuye la presión sobre los recursos naturales y genera nuevas oportunidades económicas.

1.4 Pregunta directriz

¿Cómo influyen la temperatura y la velocidad del aire durante la deshidratación sobre las características fisicoquímicas, funcionales y sensoriales de una infusión elaborada con cáscara de toronja?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general.

Desarrollar un procedimiento para la elaboración de una infusión a base de cáscaras de toronja *Citrus x Paradisi* como fuente de compuestos funcionales y sensoriales.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Analizar las características fisicoquímicas y funcionales de la materia prima.
- Evaluar las condiciones de deshidratación de la cáscara de toronja para conservar sus propiedades fisicoquímicas y funcionales.
- Establecer los parámetros de formulación para la obtención de una infusión con cáscaras de toronja.
- Determinar la aceptabilidad sensorial y funcional del producto final.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Alternativa

Las condiciones de deshidratación de la cáscara de toronja afectan significativamente el contenido de compuestos funcionales y la aceptabilidad sensorial de la infusión.

1.6.2 Nula

Las condiciones de deshidratación de las cáscaras de toronja no afectan significativamente el contenido de compuestos funcionales y la aceptabilidad sensorial de la infusión.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Toronja *(Citrus x paradisi).*

La toronja (*Citrus x paradisi*) es uno de los cítricos más reconocidos ya que es una fruta que contiene interesantes beneficios y propiedades. Es el resultado de la mezcla entre la naranja dulce (*Citrus x sinensis*) y la pampelmusa (*Citrus máxima*) por lo que este fruto no es una especie pura sino un híbrido natural.

Ilustración 1

Toronja (Citrus x Paradisi)



Nota: Tomado de *Aprovechamiento de residuos biomásicos de la toronja (Citrus x paradisi), en la obtención de aceites esenciales, para la elaboración de productos agroindustriales en la provincia Bolívar*, por Patin B. y Patin J., 2023.

Los árboles de la toronja pueden alcanzar los 9 metros de altura. En relación con la pulpa de la fruta, esta suele formarse en gajos de color rojo o rosa, de tal manera que cuando se exprime se obtiene su jugo de un color que recuerda mucho al pomelo (EcoSiente, 2021).

2.1.1 Variedades de toronja en Ecuador.

Las toronjas presentan diferencias de coloración, composición química y características sensoriales de acuerdo con la variedad. Entre los cultivares comerciales se

encuentran variedades de pulpa clara y variedades pigmentadas, como Ruby Red, Rio Red y Star Ruby. Dorado et al. (2021) estudiaron residuos procedentes de estas tres variedades pigmentadas y comprobaron que su composición incluye azúcares, sustancias pécticas, compuestos volátiles, fenoles y flavonoides. Estas diferencias varietales deben considerarse durante la selección de la materia prima, porque pueden influir en el color, el aroma, el amargor y el contenido funcional de la infusión.

2.1.1.1 Variedad de toronja blanca.

2.1.1.1.1 Duncan.

Fruto redondo u ovalado de hasta 12,5 cm de diámetro. Su cáscara es amarilla, gruesa y aromática. Su pulpa es muy jugosa y contiene numerosas semillas. Los árboles resisten bastante bien al frío. Alcanza la madurez entre diciembre y mayo(Carballido Elisenda, 2025).

2.1.1.1.2 Marsh

Fruto de tamaño mediano, de oblato a esférico; anillo areolar indistinto o ausente; pocas semillas o ninguna. Color pálido a amarillo claro en la madurez. Cáscara medianamente fina, resistente; superficie muy lisa y uniforme. Pulpa de color ante; tierna, muy jugosa; sabor bueno, aunque no tan pronunciado como en algunas variedades con semillas. Se mantiene excepcionalmente bien en el árbol y se transporta y almacena bien. Es la variedad comercial de maduración más tardía. Árbol vigoroso, extenso, grande y productivo. Debido a sus altas necesidades térmicas, su comercialización se limita a climas muy cálidos Louzada et al., 2021)

2.1.1.2 Variedad de toronja rosada.

2.1.1.2.1 Río Red

Este cultivo de pomelo fue producido en Texas por irradiación de yemas Ruby Red con neutrones térmicos. 'Rio Red'. Su cáscara es amarilla con grados de color rojizo que se desarrollan cuando la fruta está sombreada dentro del dosel. Su pulpa es de color rojo oscuro, pero más clara que 'Star Ruby', cabe mencionar que el color de la pulpa se va desvaneciendo al finalizar la temporada. La fruta tiende a tener nariz de oveja, desarrollando un botón deprimido que resulta en una apariencia similar a un hocico (Louzada et al., 2021)

2.1.1.2.2 Ruby Red

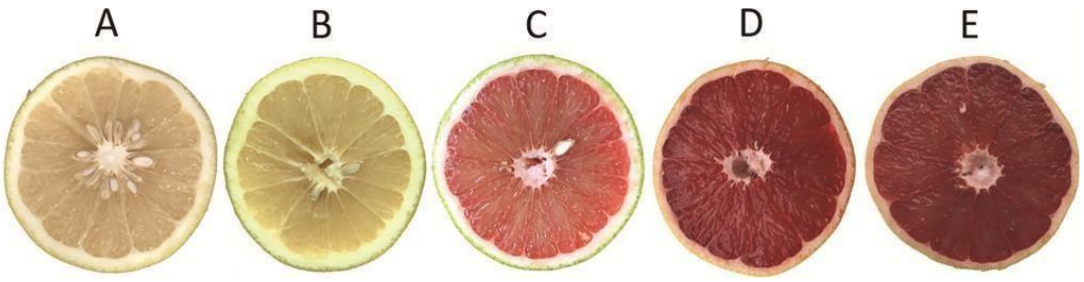
Es la variedad rosada más cultivada en la actualidad. Su pulpa es rojiza. Es una variedad muy resistente a los hongos, por lo que se recomienda su plantación en zonas de regadío o con lluvias intensas. Proviene de la variedad más primitiva (Pinkmarsh). Se suele recolectar de noviembre a mayo, aunque es conveniente dejarla un tiempo más en el árbol para reducir su acidez. El color rojizo de principios de temporada se torna rosa a mediados de temporada y amarillo pálido al final (Carballido Elisenda, 2025).

2.1.1.2.3 Star Ruby

Se originó mediante la irradiación de semillas de pomelo 'Hudson' con neutrones térmicos. La cáscara del fruto es amarilla con una ligera tendencia a la coloración roja y un rubor rojo claro. La pulpa es de color rojo intenso, con más de tres veces la pigmentación de 'Ruby Red' (Louzada et al., 2021). 'Star Ruby' actualmente tiene importancia comercial en Sudáfrica, Israel, Australia, Chipre y Turquía Louzada et al., 2021).

Ilustración 2

Variedades del Duncan de semillas blancas



Nota. Las variedades de pomelo más importantes derivan del Duncan de semillas blancas, el primer pomelo plantado en Estados Unidos, hasta el pomelo rojo oscuro Rio Red. (A) 'Duncan', (B) 'White Marsh', (C) 'Ruby Red', (D) 'Rio Red' y (E) 'Star Ruby'. Tomado de Louzada & Ramadugu, 2021, *HortTechnology, 31*(3), https://doi.org/10.21273/horttech04679-20.

2.1.2 Composición nutricional de la toronja.

La composición de la cáscara de toronja es diferente de la composición nutricional de la pulpa comestible. Su fracción sólida contiene principalmente polisacáridos estructurales, entre ellos celulosa, hemicelulosa y pectina, además de compuestos fenólicos asociados con la matriz de fibra. Qin et al. (2023) determinaron que las fibras solubles obtenidas de la materia prima presentan diferencias en su composición, estructura y capacidad funcional dependiendo del tratamiento utilizado. Por esta razón, la caracterización de la cáscara destinada a la elaboración de una infusión debe considerar parámetros propios de la materia prima, como humedad, cenizas, fibra, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante, en lugar de utilizar valores correspondientes a la pulpa del fruto.

2.1.3 Actividad antioxidante y polifenoles presentes en la cáscara de toronja (*Citrus x paradisi*).

La cáscara de la toronja *(Citrus x paradisi)* ha demostrado ser una gran fuente de valiosos compuestos bioactivos, de los que destacan polifenoles y flavonoides, los cuales son de vital importancia para su capacidad antioxidante.

Es necesario profundizar en los fundamentos relacionados con la degradación térmica de los flavonoides, la cinética de secado, la transferencia de masa y los mecanismos responsables de la pérdida de compuestos antioxidantes debido a que estos procesos permiten explicar de manera científica los cambios observados durante la deshidratación de la cáscara de toronja.

La exposición prolongada al calor puede provocar la oxidación, transformación de flavonoides y disminución de la capacidad antioxidante. La cinética de secado permite comprender la velocidad de eliminación de la humedad en función del tiempo, la temperatura y el flujo de aire. Por su parte, la transferencia de masa describe el movimiento del agua desde el interior del tejido vegetal hacia el ambiente. Estos procesos dependen de la estructura de la cáscara y de la resistencia a la difusión, siendo fundamentales para explicar por qué determinadas condiciones de secado favorecen una mayor conservación de los polifenoles y la capacidad antioxidante de la cáscara de toronja.

En una investigación realizada se afirmó que, en la toronja y otros cítricos, se encontraron ácidos fenólicos como el cafeico, p-cumárico, ferúlico y sinápico, así como flavanonas, siendo la naringina y la hesperidina las más abundantes, junto con flavonas

polimetoxiladas como la nobiletina y tangeretina. Es notable que los glucósidos flavonoides pueden representar más del 3% en las cáscaras de toronja sin tratar (Lee et al., 2022).

El mismo autor menciona que la mayor concentración de polifenoles se encuentra en la cáscara, superando a la pulpa comestible, y la actividad antioxidante del flavedo y albedo de la toronja se explica por la presencia de estos flavonoides, ácido ascórbico y carotenoides. De hecho, se ha encontrado una alta correlación entre el contenido fenólico total y la actividad antioxidante en las cáscaras de toronja.

2.2 Hierbaluisa *(Cymbopogon citratus)*

La hierbaluisa es una planta aromática, la cual posee propiedades digestivas, relajantes y antioxidantes. Además, es reconocida por su característico aroma a limón. Es cultivada en climas tropicales y subtropicales, sus hojas son usadas para infusiones, aunque también en el área de gastronomía y elaboración de productos cosméticos y terapéuticos.

La hierbaluisa es una planta aromática originaria de América del Sur que crece a modo de arbusto y es muy fácil de cuidar. Su aroma, con rasgos a limón, recuerda a la citronela. Es una planta muy característica del periodo estival y consigue espantar a insectos como los mosquitos (Gámez Jarreño, 2023)

2.2.1 Composición nutricional de la hierbaluisa.

Mediante un estudio se analizó la actividad biológica, beneficios y aplicación en la industria alimentaria de la hierbaluisa *(Cymbopogon citratus)*. En la cual se determinaron 24 componentes bioactivos (Ángel Enríquez-Estrella et al., 2023).

Tabla 1.

Componentes bioactivos de la hierbaluisa.

Fitonutrientes	Contenido mineral	Vitaminas
Flavonoides	Sodio	Vitamina A
Alcaloides	Potasio	Vitamina C
Vitaminas	Calcio	Vitamina E
Taninos	Hierro	Folato
Fenoles	Fósforo	Tiamina
Saponinas	Selenio	Niacina
Aceites esenciales	Zinc	Pirodixina
Esteroides	Magnesio	Rivoflabin

Nota. Adaptado de "Bioactivos de la hierbaluisa utilizados en la industria," por M. Á. Enríquez-Estrella, S. E. Poveda-Díaz y G. I. Alvarado-Huatatoca*, 2023, Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 14*(1), *pp. 151–165 (https://doi.org/10.29312/remexca.v14i1.3249). CC BY-NC.*

Por otro lado, se agrega que las bebidas funcionales de Cymbopogon citratus, al contener componentes bioactivos, pueden contribuir al bienestar nutricional. El uso de Cymbopogon citratus en la elaboración de bebidas resulta de interés por sus propiedades funcionales y su aplicación en la industria alimentaria (Enríquez-Estrella et al., 2023).

2.3 Stevia *(Stevia Rebaudiana).*

Planta perteneciente a la familia asteraceae y también se la conoce como "hoja de miel", ya que su sabor es naturalmente dulce. Cabe mencionar que es la única especie de

la familia botánica ya mencionada que posee propiedades edulcorantes, mismas que provienen de compuestos llamados glucósidos de esteviol.

Un estudio demostró que la stevia proporciona beneficios a la salud, propiedades antidiabéticas, antiobesidad, antitumorales, antihipertensivas, antimicrobianas, anticaries y antioxidantes (Ahmad et al., 2020).

Además, se menciona que las hojas de stevia son una fuente muy importante de edulcorantes en el mercado de alimentos naturales. Por lo que, esta hoja se utiliza varios países como sustituto del azúcar (Putnik et al., 2020).

Composición nutricional de la Stevia.

Se han evaluado el perfil nutricional de la hoja de Stevia seca y su infusión, misma en la que se han dado a conocer los siguientes datos (Befa et al., 2020):

Tabla 2.

Composición nutricional y contenido mineral de la hoja de Stevia deshidratada.

Componente	**Cantidad (g/100g)**
Humedad	5,5
Ceniza	8,2
Proteina cruda	16,2
Grasa cruda	3,8
Fibra cruda	7,9
Carbohidratos	58,8
Minerales	
Calcio (Ca)	359,6

Sodio (Na)	102,9
Potasio (K)	347,4
Magnesio (Mg)	324,1
Hierro (Fe)	297,9
Zinc (Zn)	3,7
Cobre (Cu)	1,1
Manganeso (Mn)	9,4

Nota. Tomado de "Evaluation of Dried Stevia *(Stevia rebaudiana Bertoni)* Leaf and its Infusion Nutritional Profile*," por A. Befa, A. Gebre y T. Bekele, 2020, Journal of Food and Nutritional Disorders, 9*(6).

El estudio señala que en la infusión de hoja seca de Stevia se encontró contenido fenólico total (5.3 ± 0.1 mg GAE*/g) y actividad antioxidante total (1.92 ± 0.02 mg BHTE/g) (Befa et al., 2020).

2.4 Métodos de deshidratación.

La deshidratación es fundamental para el desarrollo de infusiones naturales, como las elaboradas a partir de cáscaras de frutas y hierbas aromáticas, ya que este influye en la calidad sensorial y funcional del producto.

Para ello, se encuentran los siguientes métodos:

2.4.1 Por aire caliente (convección forzada)

Es uno de los métodos más accesibles en la agroindustria por su capacidad de controlar la temperatura y el flujo de aire. Esta técnica consiste en pasar aire por la muestra, que se encuentra dentro de una cámara, generalmente una bandeja, este método

ha demostrado ser eficaz para conservar compuestos bioactivos y mantener la microestructura del material vegetal.

Se evaluó este tipo de secado a temperaturas entre 40 °C y 80 °C, encontrando que a 80 °C se logró una mayor eficiencia energética (8.5 %) con un consumo específico de 61.86 kWh/kg. Además, se reportó una difusividad efectiva de la humedad entre 1.08×10^{-12} y 7.43×10^{-12} m^2/s, lo cual indica un secado adecuado y controlado para preservar la calidad funcional de la Stevia. Este tipo de deshidratación, conocido también como secado en horno con ventilación, presenta ventajas como bajo costo operativo, facilidad de implementación y control aceptable del proceso. Sin embargo, temperaturas elevadas o tiempos excesivos pueden generar pérdidas de color, aroma y propiedades funcionales (Lemus-Mondaca et al., 2021) .

2.4.2 Deshidratación solar.

La deshidratación solar, consiste en usar el calor del sol y el movimiento del aire para extraer humedad de extractos naturales de forma eficiente y sostenible.

Se encontró que mediante este método la cinética de secado en hojas de stevia es adecuada y puede preservar los compuestos bioactivos y la microestructura celular. Además, usar el flujo de aire natural o forzado logró mejorar la calidad del producto final sin exponer la integridad de los glicósidos de esteviol, generando así una alternativa sostenible (Hidar et al., 2020).

2.4.3 Deshidratado por liofilización.

La liofilización, es una técnica en la cual el agua contenida en la muestra es eliminada por sublimación en condiciones de vacío que fue sometida a congelación. Este

método se distingue por mantener la integridad del tejido vegetal y la preservación de los compuestos bioactivos como flavonoides y compuestos fenólicos.

En un reciente estudio evaluaron las cáscaras de *Citrus reticulata* tratadas mediante distintos métodos de secado, de entre ellos el secado por horno y secado solar. Así, afirmaron que la liofilización fue la técnica más efectiva para mantener los perfiles volátiles y antioxidantes (Yu et al., 2022).

2.4.4 Deshidratado por microondas.

El método de deshidratado por microondas se basa en la aplicación de energía electromagnética para calentar el alimento desde el interior. Este es un proceso que elimina el agua de la muestra mediante evaporación de forma rápida y uniforme. Además, el tiempo de secado es reducido significativamente.

La deshidratación por microondas utiliza energía electromagnética para generar calor en el interior del material, favoreciendo una eliminación rápida de la humedad. Hazra et al. (2024) compararon diferentes técnicas de secado aplicadas a cáscara de naranja, entre ellas secado en bandeja, aire caliente y microondas a distintas potencias. Los autores comprobaron que el método seleccionado modifica el color, la microestructura, los compuestos antioxidantes y otros atributos de calidad. Por ello, aunque el secado por microondas puede reducir considerablemente el tiempo de procesamiento, es necesario controlar la potencia y la duración para evitar el deterioro térmico de los constituyentes bioactivos de las cáscaras cítricas.

2.5 Características y temperaturas de deshidratación.

La deshidratación de la materia prima facilita su conservación, reduce su volumen y permite obtener una materia prima más estable para su incorporación en

productos alimenticios. Kumar et al. (2022) determinaron que las técnicas de secado producen efectos diferentes sobre los fenoles, flavonoides y la actividad antioxidante de las cáscaras cítricas. En particular, los autores observaron que los tratamientos que emplean temperaturas elevadas pueden provocar pérdidas de determinados compuestos debido a la oxidación y a la degradación térmica. Estos resultados demuestran que la selección de la temperatura debe buscar un equilibrio entre la reducción de humedad y la conservación de los componentes funcionales.

El efecto de la temperatura sobre los compuestos bioactivos no es uniforme, porque depende del método, del tiempo de exposición y de la especie cítrica utilizada. Ahmed et al. (2024) evaluaron el secado convencional y por microondas de cáscaras de toronja, mandarina y naranja amarga, y encontraron variaciones en el contenido de fenoles totales según la temperatura y la potencia aplicadas. En la cáscara de toronja, los tratamientos térmicos más intensos ocasionaron reducciones en los compuestos fenólicos respecto de las muestras de control. Por consiguiente, el uso de condiciones moderadas resulta necesario para limitar la degradación de los compuestos funcionales durante la deshidratación.

2.6 Residuos agroindustriales

Se refieren a materiales obtenidos como desechos del campo agrícola y las industrias relacionadas con la agricultura de varios procesos, como la producción de resultados agrícolas como frutas, carne, verduras, productos lácteos , etc. Los residuos agrícolas se pueden diferenciar como desechos ganaderos , desechos agroindustriales, residuos de cultivos y desechos de frutas y verduras (Cusenza et al., 2021).

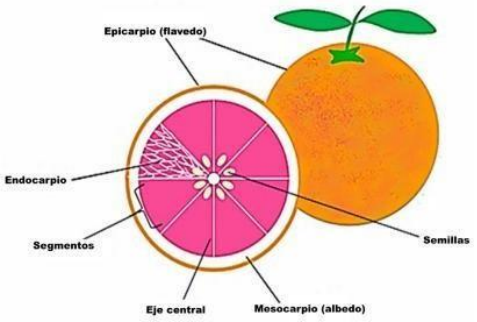
2.6.1 Cáscara de toronja.

La cáscara constituye una de las principales fracciones generadas durante el procesamiento de los cítricos y puede representar una proporción considerable del peso del fruto. Negrea et al. (2025) señalaron que este residuo cítrico puede alcanzar aproximadamente entre el 40 % y el 45 % del peso total, dependiendo de la variedad, el tamaño y el grado de madurez. Asimismo, los autores reportaron que la cáscara posee una proporción relevante de fibra cruda y compuestos bioactivos, lo que respalda su aprovechamiento como ingrediente funcional y como materia prima para el desarrollo de productos con valor agregado.

Al consumir cítricos, tanto la cáscara como las semillas suelen desecharse, lo que representa alrededor del 60 % del total del fruto. Por ello, aprovechar estos residuos constituye una oportunidad para extraer compuestos con alto valor agregado, como la naringina y sus derivados, que tienen aplicaciones importantes en la industria farmacéutica y alimentaria. Entre los diferentes componentes, la cáscara contiene una mayor concentración de flavonoides que las semillas. Los flavonoides presentes en los cítricos son principalmente flavanonas y suelen encontrarse unidos a moléculas de azúcar.

Ilustración 3

Estructura anatómica general del fruto de Citrus × paradisi



Nota: Elaboración propia con base en la descripción anatómica y funcional de las fracciones de la cáscara presentada por Deng et al. (2024).

2.6.2 Aprovechamiento de residuos agroindustriales

Los residuos agroindustriales se han ido posicionando como importantes, influyendo así en su aprovechamiento con efectos positivos como promover la economía circular y la sostenibilidad en la industria de los alimentos. Los mismos que antes se consideraban deshechos, en la actualidad se conocen como fuente de compuestos bioactivos, fibras dietéticas, colorantes naturales, antioxidantes y sirven de materia prima para el desarrollo de nuevos productos funcionales.

Del mismo modo, se recalca que tecnologías como la deshidratación y la fermentación en estado sólido permiten convertir residuos agroindustriales en ingredientes con valor nutricional y funcional. Estos métodos además de conservar las propiedades bioactivas de los subproductos también mejoran su estabilidad, vida útil y facilidad de incorporación en formulaciones alimentarias. El uso de estas tecnologías es importante en países productores de frutas, donde el volumen de residuos es elevado (Šelo et al., 2021).

2.6.3 Sostenibilidad

La sostenibilidad se entiende como la capacidad de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos ni el bienestar de las futuras generaciones y se fundamenta en los pilares ambiental, social y económico (UNICEF, 2025); la sostenibilidad social procura equilibrar el crecimiento económico, la igualdad y la conservación del ambiente garantizando que los beneficios del desarrollo alcancen a toda la población sin perjudicar a las generaciones venideras (Universitat Carlemany, 2023).

Por su parte la sostenibilidad económica busca mantener un crecimiento estable y continuo sin agotar los recursos naturales, generar daños ambientales irreversibles ni profundizar las desigualdades sociales (UNICEF, 2025) mientras que la sostenibilidad ambiental promueve la protección de la naturaleza y el manejo responsable de los recursos articulando el desarrollo económico y social con la conservación de los ecosistemas para asegurar su disponibilidad futura (Universidad Europea, 2024).

La sostenibilidad empresarial constituye un enfoque estratégico mediante el cual las organizaciones crean valor a largo plazo integrando criterios sociales y ambientales en sus operaciones sin dejar de procurar rentabilidad financiera y evitando impactos negativos sobre la sociedad y el entorno (Reyes Jaydee, 2024).

2.7 Economía circular

La economía circular se define como un modelo de producción y consumo orientado a maximizar el aprovechamiento de los recursos mediante prácticas como la reutilización, reparación, renovación y reciclaje de materiales y productos, con el fin de prolongar su ciclo de vida y generar un mayor valor agregado. Este enfoque busca mantener los recursos en uso durante el mayor tiempo posible, reduciendo la necesidad de extraer nuevas materias primas.

En la práctica, la economía circular promueve la minimización de residuos, ya que, al finalizar la vida útil de un producto, sus materiales pueden reincorporarse al sistema productivo a través de procesos de reciclaje. De esta manera, los recursos son utilizados de forma continua, contribuyendo a una gestión más eficiente y sostenible de los materiales.

Este modelo se contrapone al sistema económico lineal tradicional, caracterizado por un esquema de producción basado en “usar y desechar”, el cual depende del consumo intensivo de materiales y energía de bajo costo y fácil acceso. Además, prácticas como la obsolescencia programada forman parte de este modelo lineal, generando un aumento significativo de residuos y un impacto negativo en el medio ambiente (Parlamento Europeo, 2023).

2.8 Infusión

Una infusión es una bebida obtenida al verter agua caliente sobre partes de plantas, como hojas, flores, raíces o frutos, permitiendo la extracción de sus compuestos activos solubles. Las infusiones son consumidas como bebidas sociales para aliviar dolencias y como parte de la cultura por siglos. En su estudio, evaluaron la capacidad antioxidante y el contenido de fenoles totales de infusiones preparadas con plantas medicinales comerciales, frescas y secas. Los resultados mostraron que las infusiones de té limón y achiote presentaron altos niveles de compuestos bioactivos, evidenciando su potencial como bebidas funcionales (Ordoñez et al., 2020).

2.8.1 Infusiones a partir de residuos agroindustriales

El desarrollo de infusiones a partir de frutas y subproductos vegetales constituye una alternativa para recuperar compuestos solubles y obtener bebidas con características funcionales. Jaumbocus et al. (2024) elaboraron infusiones utilizando frutas tropicales deshidratadas y evaluaron sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales. Los autores comprobaron que el secado y la preparación en agua caliente permitieron obtener bebidas con perfiles diferenciados de color, aroma, sabor y sabor residual, demostrando que la selección de la materia prima influye directamente en la calidad sensorial del producto.

La aceptación de una infusión funcional no depende únicamente de su contenido de antioxidantes, sino también del equilibrio entre sus atributos sensoriales. Jaumbocus et al. (2024) determinaron que el color, el aroma, el sabor frutal y el sabor residual contribuyeron a diferenciar las infusiones estudiadas, mientras que la preferencia del consumidor se relacionó especialmente con las sensaciones percibidas después del consumo. En el caso de una infusión de cáscara de toronja, este aspecto resulta relevante debido a que los componentes amargos deben equilibrarse mediante ingredientes aromáticos y edulcorantes, como la hierbaluisa y la stevia.

2.8.2 Parámetros de formulación.

Las formulaciones son preparaciones que tratan de combinar adecuadamente y en porcentajes adecuados para que la infusión sea agradable sensorialmente. Se mencionó también que para la elaboración de una infusión se usó tres principales tratamientos que incorporan hierbas aromáticas como; cedrón, manzanilla y menta, para lo cual se utilizaron las cantidades de la Tabla 4 (Albuja Villafuerte, 2023).

Tabla 3.

Formulaciones de trabajo de grado.

Formulación	Cantidad	Descripción
T1	0,90g	Cáscara de limón (CL)
	0,70g	Cáscara de naranja (CN)
	0,10g	Cedrón (C)
T2	1,00g	Cáscara de limón (CL)
	0,60g	Cáscara de naranja (CN)
	0,10g	Manzanilla (MZ)

T3	0,80g	Cáscara de limón (CL)
	0,80g	Cáscara de naranja (CN)
	0,10g	Menta (M)

Nota. Tomado de "Aprovechamiento de las cáscaras de naranja y limón para la elaboración de una infusión" (p. 40), por Albuja Villafuerte, 2023, *Universidad Nacional de Chimborazo* (https://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10838).

Así mismo, el análisis experimental permitió verificar los requisitos mínimos según la normativa INEN y determinó que los resultados promedio de las infusiones fueron pH 5.17, 0.02% de acidez (representada en ácido cítrico), 10.21% de humedad y 3.22% de cenizas. Lo que indica que todas las formulaciones cumplieron con los parámetros mínimos de calidad microbiológica, con una ausencia de Salmonella y *E. coli*, y un promedio de 0.83 UFC/g en mohos y levaduras (Albuja Villafuerte, 2023)

Por otro lado, en un trabajo de titulación sobre el aprovechamiento de residuos agroindustriales de la toronja *(Citrus x paradisi)* y la piña *(Ananas comosus)* para la elaboración de una infusión filtrante, propone y evalúa seis formulaciones principales (tratamientos), que combinan diferentes parámetros de deshidratación y proporciones de cáscaras (Velasco López, 2023).

Tabla 4.

Tratamientos combinados con formulaciones.

N°		**Combinaciones factoriales (tratamientos**	
1	a1b1	a1: 40°C por 24 h	b1: 50% piña + 50% toronja
2	a1b2	a1: 40°C por 24 h	b2: 25% piña +75% toronja
3	a1b3	a1: 40°C por 24 h	b3: 75% +25% toronja
4	a2b1	a2: 60°C por 12 h	b1: 50% piña + 50% toronja

5	a2b2	a2: 60°C por 12 h	b2: 25% piña +75% toronja
6	a2b3	a2: 60°C por 12 h	b3: 75% +25% toronja

Nota. Tomado de "Aprovechamiento de los residuos agroindustriales de toronja y piña en la elaboración de infusiones filtrantes con capacidad antioxidante" *(p. 25), por J. A. Velasco López, 2023, Universidad Agraria del Ecuador (https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VELASCO%20LOPEZ%20JORGE%20ALBERTO.pdf).*

Una vez los 6 tratamientos fueron analizados se determinó que los tratamientos con mayor contenido de toronja presentaron valores más altos de acidez; mientas que los que se deshidrataron a mayor temperatura y menor tiempo (60°C -12 horas) mostraron mayor porcentaje de cenizas y humedad. En lo sensorial, no existió mucha diferencia de color, olor y textura entre los tratamientos. Sin embargo, el Tratamiento 5 (25% piña + 75% toronja, deshidratado a 60°C por 12 h) fue el más aceptado en sabor. En cuanto a la capacidad antioxidante, los tratamientos con menor temperatura de deshidratación (40°C por 24 h) destacaron, siendo el T1 (50% piña + 50% toronja) el de mayor capacidad (Velasco López, 2023).

2.9 Análisis sensorial con escala hedónica de 5 puntos.

2.9.1 Análisis sensorial

El análisis sensorial es una herramienta, la cual permite evaluar las características organolépticas de un alimento (sabor, olor, color, textura, etc.) mediante los sentidos humanos.

Se utiliza para determinar la aceptabilidad del producto por parte de los consumidores.

El análisis sensorial se puede conceptualizar como el conjunto de técnicas de medida y evaluación de determinadas propiedades de los alimentos que se evalúan por uno o más sentidos humanos (INCAP, s. f.).

2.9.2 Escala hedónica.

El concepto de escala hedónica de 5 puntos hace referencia a una herramienta utilizada para la evaluación sensorial, con el objetivo determinar el grado de aceptación o rechazo de un producto por parte de catadores voluntarios. En el mismo estudio, se da a conocer que los aspectos clave de esta escala son: una tabla hedónica de tipo afectiva, una escala de +2 a -2, en la cual los panelistas no entrenados evaluaran los atributos de sabor, olor y color de las formulaciones de infusión (Aguilar et al., 2025).

Tabla 5.

Escala hedónica para análisis sensorial de la flor de Jamaica y otras especias.

Escala Hedónica para Evaluación Sensorial			
Producto:			Fecha:
Muestra N°:	Parámetros		
	Sabor	Olor	Color
Me agrada			
Me agrada más o menos			
Ni me agrada ni me desagrada			
Me desagrada más o menos			
No me agrada			

Nota. Tomado de "Evaluación sensorial de cuatro tipos de infusiones, utilizando Flor de Jamaica (*Hibiscos sabdariffa*), combinadas con otras especias naturales," por M. Aguilar,

E. González y M. U. Solís, 2025, *Revista Colegiada de Ciencia, 6*(2), p. 115 (https://doi.org/10.48204/j.colegiada.v6n2.a7206).

CAPÍTULO III

3 METODOLOGÍA

3.1 Enfoque de la investigación.

3.1.1 Tipo de investigación

El presente estudio utilizó un método cuantitativo; conforme a su finalidad, responde a una investigación aplicada, ya que busca generar una solución práctica y beneficiosa utilizando residuos agroindustriales, convirtiéndolos en un producto natural, saludable y con potencial comercial. La investigación tiene un alcance relacional-explicativo ya que existe relación entre dos o más variables y explica que variables independientes afectan a las dependientes. El diseño metodológico es de tipo experimental, puesto que se manipularán variables durante la formulación de la infusión para estudiar sus efectos y características. En cuanto al tiempo, se refiere a una investigación transversal, debido a que la recolección de datos se llevará a cabo en un período determinado. Por último, por el lugar en el que se ejecutará, es una investigación de laboratorio, puesto que incluye el análisis del producto en un laboratorio.

3.2 Metodología.

3.2.1 Variables

3.2.1.1 Variables independientes

Primera fase

- Temperatura
- Velocidad del aire

Segunda fase

- Formulación de la mezcla.

3.2.1.2 Variables dependientes

- Humedad: %
- pH: adimensional
- Fenoles totales: mg EAG/g
- Capacidad antioxidante (ABTS): µmol Trolox/g
- Color: puntuación en escala hedónica de 1 a 5 puntos
- Aroma: puntuación en escala hedónica de 1 a 5 puntos
- Sabor: puntuación en escala hedónica de 1 a 5 puntos
- Amargor: puntuación en escala hedónica de 1 a 5 puntos
- Sabor residual: puntuación en escala hedónica de 1 a 5 puntos
- Aceptabilidad global: puntuación en escala hedónica de 1 a 5 puntos

3.2.2 Diseño experimental.

La investigación se desarrolló mediante dos fases experimentales independientes y secuenciales en la cual la primera fase estuvo orientada a evaluar y seleccionar las condiciones más adecuadas para la deshidratación de la cáscara de toronja, mientras que la segunda se enfocó en comparar dos formulaciones de infusión elaboradas a partir del tratamiento de deshidratación seleccionado. Los factores A y B corresponden a las condiciones de deshidratación:

3.2.2.1 Fase I: optimización del proceso de deshidratación

En la primera fase se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 × 3, conformado por dos factores experimentales: temperatura de deshidratación y velocidad del aire.

El factor A correspondiente a la temperatura de deshidratación estuvo constituido por dos niveles:

- A1: 50 °C.
- A2: 65 °C.

El factor B correspondiente a la velocidad del aire en el deshidratador, estuvo constituido por tres niveles:

- B1: 1 m/s.
- B2: 3 m/s.
- B3: 5 m/s.

La combinación de los niveles de ambos factores generó seis tratamientos experimentales:

Tabla 6

Factores de seis tratamientos

Tratamiento	Temperatura	Velocidad del aire
T1	50 °C	1 m/s
T2	50 °C	3 m/s
T3	50 °C	5 m/s
T4	65 °C	1 m/s
T5	65 °C	3 m/s
T6	65 °C	5 m/s

Nota: Elaboración propia

El tiempo de deshidratación se mantuvo constante en cinco horas para todos los tratamientos, con la finalidad de que las variaciones observadas pudieran atribuirse a los efectos de la temperatura, la velocidad del aire y la posible interacción entre ambos factores.

Las variables de respuesta evaluadas en esta fase fueron:

- contenido de humedad;
- pH;
- contenido de fenoles totales;
- capacidad antioxidante.

Los resultados obtenidos permitieron identificar el tratamiento que conservó en mayor medida las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la cáscara de toronja deshidratada. El documento ya registra correctamente seis tratamientos derivados del arreglo factorial 2 × 3, aunque previamente los vincula de manera incorrecta con un supuesto factor C.

3.2.2.2 Fase II: formulación y evaluación del producto final

Una vez seleccionado el mejor tratamiento de deshidratación de la Fase I, la cáscara de toronja obtenida se utilizó como materia prima para elaborar dos formulaciones de infusión:

Tabla 7

Fase II de Formulación

Ingrediente	Formulación C1	Formulación C2
Cáscara de toronja	75 %	60 %

Hierbaluisa	15 %	30 %
Stevia	10 %	10 %
Total	**100 %**	**100 %**

Nota: Elaboración propia

En esta fase no se aplicó un diseño factorial, debido a que las formulaciones no se combinaron con todos los niveles de temperatura y velocidad del aire. Ambas fueron elaboradas exclusivamente con la cáscara obtenida mediante el tratamiento de deshidratación seleccionado en la primera fase.

Por tanto, la segunda fase correspondió a una comparación entre dos formulaciones independientes, orientada a determinar cuál presentó mejores características sensoriales y funcionales.

Las variables evaluadas fueron:

- aceptación sensorial;
- contenido de polifenoles totales;
- capacidad antioxidante.

La aceptación sensorial se determinó mediante una escala hedónica estructurada de cinco puntos aplicada a consumidores no entrenados. Posteriormente, los resultados de ambas formulaciones fueron comparados para seleccionar la alternativa con mayor aceptabilidad y mejor conservación de los compuestos funcionales.

3.2.3 Tratamientos.

3.2.3.1 Condiciones de deshidratación de la cáscara de toronja para conservar sus propiedades fisicoquímicas y funcionales.

Para el procedimiento del deshidratado de cáscaras de toronja, se tomaron en cuenta 2 factores; la temperatura y el flujo de aire. Donde (A) es temperatura y (B) es el flujo de aire en el deshidratador. La temperatura (A) cuenta con dos niveles y el flujo de aire (B) con 3.

Tabla 8.

Factores y niveles de deshidratado.

	Factor	**Niveles**
A (Temperatura)	A1	65°C
	A2	50°C
B (Flujo de aire en el deshidratador)	B1	1m/s
	B2	3m/s
	B3	5m/s

Para definir la temperatura adecuada se tomó de referencia un trabajo de titulación en el el cual se demostró que esas temperaturas fueron adecuadas para no perder las propiedades de la materia prima (Albuja Villafuerte, 2023). mientras que para establecer el flujo de aire se ha considerado el estudio ya que se demuestra que las velocidades entre 3 y 5m/s son un rango de trabajo relevante y estudiado para deshidratación de cáscaras de cítricos (García Saavedra et al., 2025).

3.2.3.2 Tratamientos evaluados.

Los tratamientos se distribuyeron mediante un procedimiento de aleatorización completa, con el propósito de evitar sesgos asociados con la ubicación de las muestras

dentro del deshidratador; para ello las seis combinaciones de temperatura y velocidad del aire fueron asignadas aleatoriamente a las unidades experimentales antes de iniciar cada proceso de secado. Asimismo la ubicación de las bandejas dentro del equipo se determinó al azar procurando que todas las muestras tuvieran la misma probabilidad de ocupar cualquier posición durante el experimento; cada tratamiento se evaluó con tres repeticiones, y cada repetición correspondió a un lote independiente de cáscara de toronja deshidratada, preparado y procesado de manera separada bajo las mismas condiciones experimentales donde en total se utilizaron 18 unidades experimentales obtenidas de la combinación de seis tratamientos por tres repeticiones.

Tabla 9.

Tratamientos evaluados.

Tratamiento	Temperatura (°C)	Velocidad del aire (m/s)	Repeticiones	Unidades experimentales
T1	50	1	3	3
T2	50	3	3	3
T3	50	5	3	3
T4	65	1	3	3
T5	65	3	3	3
T6	65	5	3	3
Total				**18**

De la combinación de estos factores se obtuvieron seis tratamientos, los cuales fueron evaluados para determinar su influencia sobre parámetros como humedad final, compuestos fenólicos y actividad antioxidante.

3.2.3.3 Formulaciones.

Los porcentajes de formulación se extrajeron del estudio de "Aprovechamiento de residuos de la toronja en la elaboración de una infusión" (Velasco López, 2023). Los porcentajes por formular se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 10.

Tabla de formulaciones.

	Formulaciones	
Ingredientes	**C1**	**C2**
Cáscara de toronja (%)	75	60
Hierbaluisa (%)	15	30
Stevia (%)	10	10

La hierbaluisa (*Cymbopogon citratus)* y la stevia *(Stevia rebaudiana),* se utilizaron en forma seca y triturada, con un contenido de humedad aproximado entre 8 y 10%. Es importante aclarar que el diseño de deshidratación que logre mantener los mayores valores de compuestos fenólicos, actividad antioxidante y contenido de humedad adecuado que garantice la conservación del producto será seleccionado como el más eficiente mismo que será empleado posteriormente en la elaboración de las formulaciones. Este diseño permite analizar no solo el efecto individual de cada factor, sino también la interacción entre ellos, contribuyendo a la optimización del proceso de secado.

3.2.4 Recursos.

3.2.4.1 Obtención del material experimental

Para la obtención de las cáscaras utilizadas en este experimento se utilizó material experimental recolectado en el mercado del cantón Loreto, provincia de Orellana. Estas frutas tuvieron un peso promedio de 700g, libres de daños físicos y un pH medido en agua

de 3,43. Como ingredientes complementarios se emplearon hierbaluisa y Stevia deshidratadas, los cuales fueron seleccionados por su aporte sensorial y funcional.

3.2.4.2 Materiales del proceso

Peladora de naranjas

Bandejas de acero inoxidables

Fundas ziploc

Fundas filtrantes para té

3.2.4.3 Equipos del proceso

Balanza gramera

Deshidratador

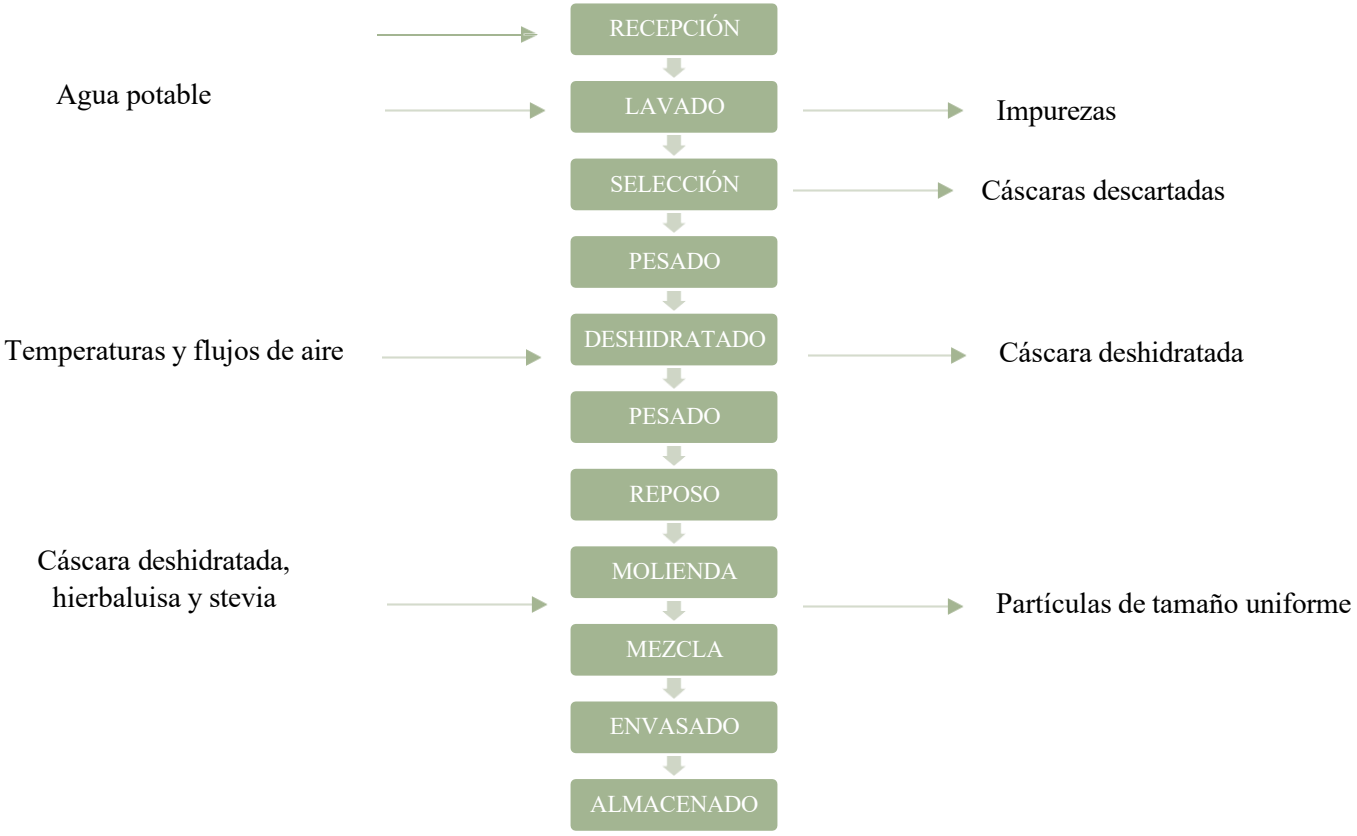
3.2.5 Métodos y técnicas

El diagrama de flujo para la elaboración de una infusión a partir de cáscara de toronja con ingredientes complementarios se presenta en la Ilustración 4.

Cáscaras de toronja fresca

Ilustración 4

Diagrama de flujo para la elaboración de una infusión de cáscara de toronja



3.2.5.1 Descripción del proceso de elaboración de una infusión a partir de cáscara de toronja.

Recepción: Es el primer paso para el proceso, se obtienen las materias primas sugeridas (cáscara de toronja fresca, hierbaluisa y Stevia deshidratadas) las cuales deben cumplir con los requisitos mencionados.

Ilustración 5

Cáscara de toronja fresca.



Lavado: Para eliminar partículas como tierra u otro agente contaminante se lava la materia prima con agua potable.

Selección: Extender la materia prima a lo largo de una superficie de acero inoxidable para escoger las cáscaras que no presenten daños mecánicos por plagas u otros.

Pesado: Primero se pesa la bandeja, después se coloca la materia prima en la bandeja y se vuelve a pesar para conocer el peso inicial de la cáscara fresca.

Deshidratado: Se enciende el deshidratador, posteriormente se ajusta el tiempo, temperatura y flujo de aire que se ha establecido. Después se introducen las bandejas con la materia prima y se mantiene cerrada la puerta. En caso de haberse realizado varias corridas experimentales, el orden de procesamiento de los tratamientos y sus repeticiones también se estableció aleatoriamente. Este procedimiento permitió disminuir la influencia de factores externos y fortalecer la validez interna del experimento.

Ilustración 6

Panel de mando del deshidratador empleado en el proceso de deshidratación



Pesado: Cada 30 minutos se vuelve a pesar las bandejas para saber cuánta humedad está perdiendo cada media hora.

Reposo: Después de 5 horas se retiran las bandejas y se deja reposar aproximadamente 1 minutos para que se enfríe y poder manipularlas.

Ilustración 7

Cáscara deshidratada en reposo.



Molienda: Las cáscaras secas posteriormente en reposo se introdujeron en un molino, el cual redujo su tamaño hasta obtener partículas muy pequeñas. El mismo proceso se realizó con la hierbaluisa y Stevia deshidratadas.

Mezcla: Al finalizar el proceso de molienda se procede a mezclar el material experimental como se muestra en la tabla de formulaciones.

Envasado: En unas bolsitas filtrantes para té de 5x7 cm, se fraccionó un peso de 2g por unidad, para realizar los análisis funcionales y sensoriales.

Ilustración 8

Empaque y presentación de la infusión a base de cáscara de toronja



Almacenado: El producto envasado se dejó reposar a temperatura ambiente.

3.2.5.2 Proceso de elaboración de la bebida caliente.

En la fase de optimización del proceso de deshidratación, cada unidad experimental estuvo constituida por una muestra independiente de aproximadamente 2g de cáscara fresca de toronja, distribuida uniformemente en una bandeja de acero inoxidable y sometida a una combinación específica de temperatura y velocidad del aire durante cinco horas.

Para la preparación de la infusión, se utilizó una bolsita con 2 g de mezcla, la cual fue colocada en una taza conteniendo 200 mL de agua potable. El agua fue calentada hasta alcanzar una temperatura aproximada de 90–95 °C, sin llegar al punto de ebullición, con el fin de preservar las características sensoriales y los compuestos bioactivos de los ingredientes.

La infusión se dejó reposar durante 5 minutos, tiempo suficiente para permitir la adecuada extracción de compuestos fenólicos, sustancias aromáticas y edulcorantes

naturales presentes en la mezcla. Transcurrido este tiempo, se retiró la bolsita filtrante y la bebida fue utilizada para los análisis correspondientes.

3.2.5.3 Determinación de características fisicoquímicas de la cáscara de toronja.

3.2.5.3.1 Determinación de pH.

Los valores de pH de la materia prima se determinaron con un medidor de pH (GMH 3500 Series) calibrado. La muestra se preparó licuando 10g de cáscara fresca con una pequeña cantidad de agua hasta obtener una mezcla homogénea. Posteriormente, la muestra fue llevada al laboratorio de unidades edu productivas de la Universidad Técnica del Norte para su análisis. Antes de realizar la medición, el equipo fue encendido y limpiado cuidadosamente, siguiendo las instrucciones de fabricante. Después de introdujo el electrodo a la muestra y se esperó hasta que el valor del pH se estabilizara en la pantalla del equipo (Babaoğlu et al., 2022)

Ilustración 9

Determinación de pH en cáscara de toronja



3.2.5.3.2 Determinación de humedad.

Para determinar la cantidad de humedad se hizo uso de una balanza de humedad por infrarrojo. Primero se encendió el equipo 20 minutos antes de su uso. Se tomaron de 3 a 5g de muestra fresca, de preferencia en trozos pequeños y se introdujeron al platillo

del equipo sobre un trozo de papel aluminio. Se cerró la tapa del equipo con la muestra dentro y se presionó el botón de start. Luego de un tiempo indeterminado la pantalla del equipo muestra los valores de humedad de la muestra. (Duggal et al., 2024).

Ilustración 10

Análisis de humedad en la balanza de humedad por infrarrojo.



También se determinó la humedad final de las muestras de cada tratamiento mediante el método por estufa. Una vez culminado el proceso de deshidratación, las muestras reposaron aproximadamente 24 horas en el desecador para estabilizar su humedad. Posteriormente, se pesó cada crisol vacío y luego se colocaron las muestras en crisoles previamente enumerados. Después, se realizó un segundo pesaje para registrar el peso del crisol con la muestra.

Los crisoles se llevaron a la estufa a 105 °C durante 30 minutos. Transcurrido este tiempo, se retiraron del equipo, se dejaron enfriar en el desecador y se volvieron a pesar. Este procedimiento —calentar por 30 minutos, enfriar y pesar— se repitió varias veces (aproximadamente cinco repeticiones) hasta obtener un peso constante, lo cual garantiza que la muestra alcanzó un estado de humedad estable.

Ilustración 11

Análisis de humedad por estufa.



3.2.5.3.3 Determinación de características fisicoquímicas de la cáscara de toronja.

3.2.5.3.4 Determinación de polifenoles totales.

El contenido de compuestos fenólicos totales se determinó mediante el ensayo espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu. Molole et al. (2022) explicaron que este procedimiento se basa en una reacción de óxido-reducción entre los constituyentes reductores de la muestra y el reactivo de Folin-Ciocalteu, cuya intensidad de coloración se cuantifica mediante espectrofotometría. En la presente investigación, las muestras fueron remitidas a la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, donde se efectuó el análisis. Los resultados deben expresarse como miligramos equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra, indicando la base de cálculo y el número de repeticiones realizadas.

El método Folin–Ciocalteu se basa en la reacción entre los compuestos fenólicos presentes en la muestra y el reactivo Folin–Ciocalteu en medio alcalino, produciendo una coloración azul cuya intensidad es proporcional al contenido fenólico y se determina mediante espectrofotometría UV-Vis. Los resultados fueron expresados como miligramos equivalentes de ácido gálico por 100 g de muestra (mg EAG/100 g).

Este análisis permitió evaluar el efecto de las condiciones de deshidratación y las formulaciones sobre el contenido de compuestos bioactivos presentes en la cáscara de toronja.

3.2.5.3.5 Determinación de capacidad antioxidante.

La capacidad antioxidante se evaluó mediante el ensayo ABTS, basado en la reducción del radical catión ABTS•+ por los compuestos antioxidantes presentes en la muestra. Chaves et al. (2020) compararon distintos métodos empleados para cuantificar la actividad antioxidante de extractos vegetales y señalaron que el ensayo ABTS permite evaluar sustancias antioxidantes de diferente polaridad. En la presente investigación, el análisis fue realizado en la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y los resultados se expresaron como micromoles equivalentes de Trolox por gramo de muestra.

El método ABTS se basa en la capacidad de los compuestos antioxidantes presentes en la muestra para neutralizar el radical catiónico ABTS•+, produciendo una disminución de la absorbancia medida mediante espectrofotometría UV-Vis. Los resultados fueron expresados como equivalentes de Trolox, utilizando una curva de calibración con este compuesto como estándar.

3.2.5.4 Evaluación sensorial del producto final.

La evaluación sensorial se llevó a cabo con participantes de la ciudad de Ibarra y del cantón Loreto, aplicando el mismo procedimiento y las mismas condiciones de evaluación para todos los catadores. Se evaluaron tres muestras de infusión: dos formulaciones elaboradas a base de cáscara de toronja, hierba luisa y stevia, y una infusión comercial utilizada como referencia.

Las muestras fueron identificadas mediante códigos numéricos de tres dígitos (351, 728 y 564) y presentadas a los participantes en vasos desechables individuales. La evaluación se efectuó en el siguiente orden: muestra 351, muestra 728 y muestra 564, siguiendo la misma secuencia establecida en el formulario de evaluación. Entre la degustación de cada muestra, los participantes dispusieron de agua y galletas tipo cracker para limpiar el paladar y reducir la influencia del sabor residual.

La aceptabilidad sensorial se determinó mediante una escala hedónica de cinco puntos, adaptada de la propuesta de Aguilar et al. (2025), debido a su facilidad de comprensión y aplicación por parte de los consumidores no entrenados. Este tipo de escala permite que los participantes expresen de manera sencilla su grado de agrado o desagrado hacia el producto evaluado, reduciendo la posibilidad de confusión entre categorías de respuesta y favoreciendo la obtención de resultados consistentes y confiables, la cual se presenta en la Tabla 11.

Tabla 11

Escala hedónica para análisis sensorial de infusión de cáscara de toronja.

NRO. DE MUESTRA		PARÁMETROS					
PUNTUACIÓN	INTERPRETACIÓN	Color	Aroma	Sabor	Amargor	Sabor residual	Aceptabilidad global
5	Me agrada mucho						
4	Me agrada						
3	Ni me agrada ni me desagrada						
2	Me desagrada						
1	Me desagrada mucho						

Los atributos evaluados fueron color; en el cual se calificó la intensidad y atractivo visual de la bebida, aroma; la aceptabilidad del olor característico de la infusión, sabor; la aceptación general del sabor percibido, amargor; la intensidad y aceptación del amargor característico de la cáscara de toronja, sabor residual (retrogusto); la sensación que permanece después de la degustación y aceptabilidad global; la evaluación integral del producto. Al finalizar la evaluación, los participantes indicaron la muestra de su preferencia.

3.2.5.5 Análisis funcional del producto final.

3.2.5.5.1 Determinación de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante

Las dos formulaciones finales de la infusión elaborada a base de cáscara de toronja, hierba luisa y Stevia fueron analizadas en la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), con el propósito de determinar su contenido de compuestos fenólicos totales y su capacidad antioxidante.

La cuantificación de los compuestos fenólicos totales se realizó mediante el método de Folin-Ciocalteu, mientras que la capacidad antioxidante se determinó utilizando el método ABTS. Los resultados obtenidos permitieron comparar las propiedades bioactivas de las formulaciones desarrolladas y evaluar su potencial funcional.

3.2.6 Análisis estadístico.

Los datos obtenidos fueron organizados en Microsoft Excel para su tabulación y procesamiento preliminar; posteriormente el análisis estadístico se realizó mediante el software InfoStat. Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva,

calculándose medias y desviaciones estándar para las variables fisicoquímicas y funcionales.

En la primera fase se aplicó un análisis de varianza bifactorial correspondiente a un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2×3, considerando como factores la temperatura de deshidratación, la velocidad del aire y la interacción entre ambos. Previamente, se verificaron los supuestos de normalidad de los residuos mediante la prueba de Shapiro–Wilk y de homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. Cuando se detectaron diferencias significativas ($p<0,05$), las medias fueron comparadas mediante la prueba de Tukey al 95 % de confianza.

En la segunda fase, el contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante de las dos formulaciones fueron comparados mediante la prueba t de Student para muestras independientes cuando se cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Cuando dichos supuestos no se cumplieron, se utilizó la prueba no paramétrica de Mann–Whitney U.

Los resultados de la evaluación sensorial, obtenidos mediante una escala hedónica de cinco puntos, fueron analizados mediante procedimientos no paramétricos. Cuando los mismos consumidores evaluaron las dos formulaciones, se aplicó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. En caso de que cada formulación hubiese sido evaluada por grupos distintos de consumidores, se utilizó la prueba de Mann–Whitney U. En todos los análisis se consideró un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En concordancia con los objetivos específicos planteados, a continuación, se presentan los resultados obtenidos durante la caracterización fisicoquímica y funcional de la cáscara de toronja, la evaluación del proceso de deshidratación, la formulación de la infusión y la aceptabilidad del producto final.

4.1 Características fisicoquímicas y funcionales de la cáscara de toronja (materia prima)

4.1.1 pH en cáscara fresca.

Resultados

El pH de la cáscara fresca de toronja (flavedo) utilizado como materia prima para la elaboración de la infusión fue de 5,72. Este valor constituye la referencia inicial para evaluar las modificaciones fisicoquímicas producidas por el proceso de deshidratación.

Tabla 12.

pH en la cáscara fresca de toronja.

Muestra	pH
Cáscara fresca	5,72

Discusión

El análisis de pH evidenció una baja acidez en la cáscara de toronja, con un valor de 5,72, resultado que puede explicarse principalmente por la composición química del flavedo, tejido externo en el que predominan aceites esenciales, carotenoides, vitamina C

y compuestos fenólicos, mientras que los ácidos orgánicos se concentran mayoritariamente en el jugo y la pulpa del fruto (Kuc et al., 2022).

Además, durante la maduración, los ácidos orgánicos son utilizados como sustratos en procesos respiratorios y metabólicos lo que disminuye su concentración y favorece el incremento del pH; este comportamiento también puede variar según la variedad, las condiciones climáticas, el manejo agronómico y el estado de madurez de la materia prima (Czech et al., 2021). Durante la deshidratación, la transferencia de humedad desde el interior del tejido hacia la superficie provoca una concentración relativa de los componentes no volátiles; sin embargo, este efecto no necesariamente incrementa la acidez debido a que algunos ácidos pueden degradarse térmicamente, volatilizarse o participar en reacciones de oxidación.

El flujo de aire influye en este proceso porque una circulación adecuada facilita la eliminación de agua y reduce el tiempo de exposición al calor. Un flujo insuficiente prolonga el secado y favorece la degradación térmica y oxidativa de compuestos sensibles. Los compuestos fenólicos de la cáscara pueden conservarse bajo condiciones moderadas de temperatura, pero exposiciones prolongadas o temperaturas elevadas alteran su estructura y disminuyen su capacidad antioxidante, con una influencia limitada sobre el pH respecto a la concentración inicial de ácidos orgánicos. El valor obtenido se relaciona con la naturaleza poco ácida del flavedo, el grado de madurez de la toronja y las transformaciones ocurridas durante la eliminación de humedad, especialmente la degradación de ácidos sensibles al calor y la acción de la temperatura, el oxígeno y el flujo de aire durante el secado.

4.1.2 pH en cáscara deshidratada.

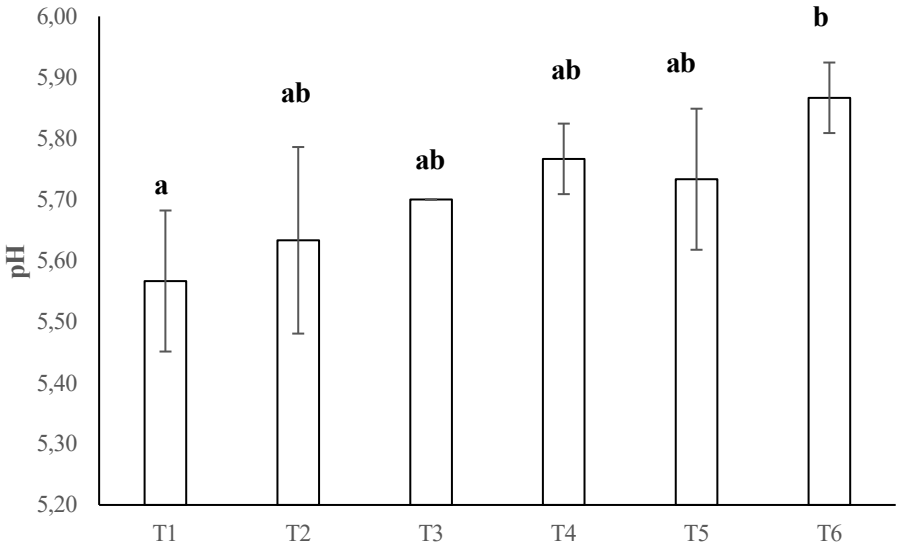
Resultados

Los valores de pH de las muestras de cáscara de toronja deshidratada presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$), registrándose valores entre 5,57 y 5,86 (Ilustración 8). El tratamiento T6 presentó el mayor valor de pH (5,86), diferenciándose estadísticamente de T1 (5,57), que registró el valor más bajo. Por su parte, los tratamientos T2, T3, T4 y T5 mostraron valores intermedios (5,63; 5,70; 5,76 y 5,73, respectivamente), sin diferencias significativas respecto a los tratamientos extremos.

En términos generales, los resultados evidencian que el proceso de deshidratación produjo valores de pH comprendidos dentro de un rango relativamente estrecho, observándose una ligera tendencia al incremento del pH en algunos tratamientos.

Ilustración 12

Valores promedio de pH de la cáscara de toronja deshidratada bajo diferentes condiciones de deshidratación



Discusión

Los valores de pH obtenidos para la cáscara de toronja deshidratada oscilaron entre 5,57 y 5,86, siendo T6 el tratamiento que presentó el valor más elevado. Estos resultados muestran una variación limitada entre tratamientos, lo que sugiere que las condiciones de procesamiento evaluadas tuvieron una influencia moderada sobre esta propiedad fisicoquímica.

Al comparar estos resultados con el pH de la materia prima fresca (5,72), se observa que los tratamientos deshidratados mantuvieron valores similares, registrándose ligeros incrementos en algunos casos. Este comportamiento podría atribuirse a cambios en la composición química de la matriz durante el proceso de secado. Diversos autores han señalado que la aplicación de calor puede promover la degradación parcial de ácidos

orgánicos y ácido ascórbico, ocasionando una disminución de la acidez y un consecuente incremento del pH (Singh et al., 2020a).

La magnitud de estos cambios depende de factores como la temperatura de secado, el tiempo de exposición y las características propias de la materia prima. De acuerdo con Czech et al. (2021), la composición química de la cáscara de cítricos puede variar considerablemente en función de la especie, variedad, condiciones agroclimáticas y estado de madurez del fruto, factores que influyen directamente sobre sus propiedades fisicoquímicas.

Por otra parte, el rango de pH observado en este estudio coincide con la naturaleza poco ácida del flavedo de toronja determinada previamente en la materia prima fresca. Debido a que esta fracción de la cáscara presenta una menor concentración de ácidos orgánicos respecto al jugo y la pulpa, los cambios ocasionados por el proceso de deshidratación fueron relativamente pequeños. En consecuencia, las diferencias observadas entre tratamientos podrían estar asociadas a distintos grados de degradación térmica de compuestos ácidos durante el secado, particularmente en aquellos tratamientos que alcanzaron los mayores valores de pH.

4.1.3 Contenido de humedad en la cáscara fresca.

Resultados

La cáscara de toronja fresca presentó un contenido de humedad de 77,51 %, determinado a partir de una muestra representativa del mismo lote. Este valor se utilizó como referencia para evaluar la reducción del contenido de humedad durante el proceso de deshidratación.

Discusión

El contenido de humedad de la cáscara fresca de toronja, específicamente del flavedo, fue de 77,51 %, lo que evidencia que el agua constituye el componente mayoritario de este tejido vegetal. Este comportamiento es característico de los subproductos cítricos frescos, cuya estructura celular contiene una elevada proporción de agua almacenada en las vacuolas. Además, componentes estructurales como las pectinas, hemicelulosas y celulosa presentan capacidad para retener agua dentro de la matriz celular. El resultado obtenido constituye el valor inicial de referencia utilizado posteriormente para determinar la eficiencia del proceso de deshidratación aplicado a la materia prima.

Este resultado coincide con lo señalado por Czech et al. (2021), quienes analizaron las características fisicoquímicas de subproductos cítricos y evidenciaron su elevado contenido de humedad. La semejanza puede explicarse porque las cáscaras de naranja y toronja poseen tejidos externos con características anatómicas y químicas comparables. En ambos casos, la elevada humedad se relaciona con la estructura porosa de la cáscara y con la presencia de polisacáridos hidrofílicos capaces de retener agua. Por tanto, el valor de 77,51 % obtenido en la presente investigación se encuentra dentro del comportamiento esperado para una materia prima cítrica fresca.

De manera semejante, Özcan et al. (2020) registraron contenidos iniciales de humedad comprendidos entre 74,40 % y 82,08 % en cáscaras frescas de limón y naranja. El resultado de la presente investigación se ubica dentro de ese intervalo y presenta una diferencia mínima respecto de los valores centrales reportados por dichos autores. Esta coincidencia confirma que la cáscara de toronja analizada conservaba las propiedades típicas de un tejido fresco y que no había experimentado una pérdida considerable de agua antes del análisis. También respalda la validez del procedimiento de muestreo y

determinación de humedad empleado, puesto que el porcentaje obtenido es consistente con resultados alcanzados en otras especies cítricas.

Por su parte, Czech et al. (2021) señalaron que el contenido de humedad de los subproductos cítricos puede variar según la especie, la variedad, el estado de madurez, las condiciones de cultivo y el tipo de tejido analizado. Este planteamiento permite explicar las posibles discrepancias entre el 77,51 % obtenido y los valores reportados en otros estudios. Aunque las investigaciones coinciden en que las cáscaras cítricas frescas poseen una humedad elevada, los porcentajes no necesariamente son idénticos, debido a que cada especie presenta diferencias en el grosor de la cáscara, la proporción entre flavedo y albedo, la concentración de aceites esenciales y la capacidad de retención de agua.

Una diferencia metodológica importante es que en la presente investigación se analizó únicamente el flavedo, mientras que otros estudios evaluaron la cáscara completa o no diferenciaron claramente entre flavedo y albedo. El flavedo corresponde a la capa externa pigmentada, rica en glándulas de aceites esenciales, mientras que el albedo es el tejido interno blanquecino con mayor presencia de pectina y espacios intercelulares. Debido a estas diferencias estructurales, el análisis de la cáscara completa podría generar porcentajes de humedad distintos de los obtenidos cuando se estudia solamente una de sus fracciones. Esta variación no representa una contradicción entre investigaciones, sino una consecuencia del tipo de muestra y del procedimiento de preparación utilizado.

También pueden influir las condiciones previas al análisis, como el tiempo transcurrido entre la cosecha y la medición, la temperatura de almacenamiento, la exposición al ambiente y el tamaño de las muestras. Una cáscara analizada inmediatamente después del procesamiento puede conservar una proporción mayor de agua que otra almacenada durante varias horas o días. Del mismo modo, los frutos

cosechados en estados avanzados de madurez o cultivados bajo condiciones de alta disponibilidad hídrica pueden presentar una composición distinta. Por ello, las discrepancias observadas entre estudios deben interpretarse considerando tanto las características biológicas del fruto como las condiciones experimentales utilizadas.

El elevado contenido de humedad obtenido también tiene implicaciones tecnológicas. Una materia prima con 77,51 % de agua presenta una elevada susceptibilidad al deterioro, debido a que la disponibilidad de agua favorece el crecimiento de bacterias, levaduras y mohos, además de acelerar reacciones enzimáticas y químicas. En consecuencia, la cáscara fresca no resulta adecuada para un almacenamiento prolongado sin la aplicación de un método de conservación. Este resultado justifica la utilización de la deshidratación como operación fundamental para reducir la cantidad de agua, aumentar la estabilidad microbiológica y facilitar la transformación de la cáscara en un ingrediente para infusiones.

El contenido de humedad de 77,51 % demuestra que la cáscara fresca contiene una elevada proporción de agua, condición que limita su estabilidad durante el almacenamiento. Panwar et al. (2023), al estudiar la composición nutricional y funcional de residuos vegetales, señalaron que las materias primas con una humedad elevada requieren procesos de conservación que reduzcan la disponibilidad de agua y disminuyan su susceptibilidad al deterioro. En consecuencia, la deshidratación de el residuo cítrico constituye una etapa necesaria para facilitar su almacenamiento, concentración, trituración y posterior utilización como ingrediente en la elaboración de infusiones.

4.1.4 Contenido de humedad en cáscara deshidratada.

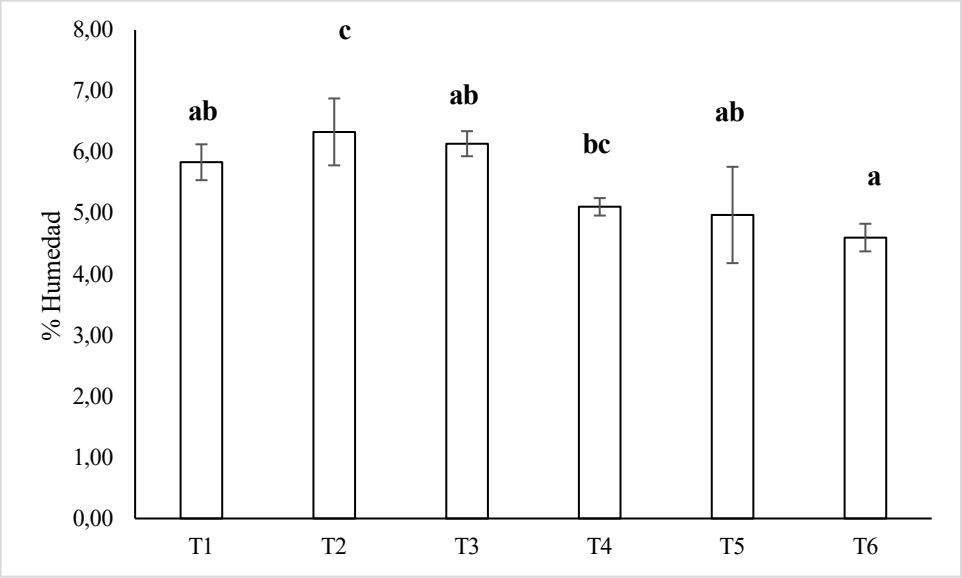
Resultados

El contenido de humedad de la cáscara de toronja deshidratada presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$), con valores comprendidos entre 4,54 y 6,32 % (Ilustración 9). El tratamiento T2 registró el mayor contenido de humedad (6,32 %), mientras que T6 presentó el valor más bajo (4,54 %). Los tratamientos T1, T3, T4 y T5 mostraron valores intermedios de 5,81 %, 6,11 %, 5,08 % y 4,92 %, respectivamente.

De manera general, todos los tratamientos alcanzaron contenidos de humedad inferiores al 7 %, evidenciando la efectividad del proceso de deshidratación para reducir el contenido de agua presente en la materia prima fresca.

Ilustración 13

Contenido de humedad (%) de la cáscara de toronja deshidratada bajo diferentes condiciones de temperatura y velocidad del aire.



Discusión

El contenido de humedad de la cáscara de toronja deshidratada presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($p<0,05$), con valores comprendidos entre 4,54 % y 6,32 %. El tratamiento T2 registró el mayor contenido de humedad, con 6,32 %, mientras que T6 alcanzó el menor valor, con 4,54 %. Los tratamientos restantes presentaron valores intermedios. En todos los casos, la humedad final fue inferior al 7 %, lo que demuestra que el proceso de deshidratación permitió remover una proporción considerable del agua presente inicialmente en la cáscara fresca, cuyo contenido fue de 77,51 %.

Estos resultados coinciden con lo señalado por Shu et al. (2020), quienes explicaron que durante las primeras etapas del secado de las cáscaras cítricas se elimina principalmente el agua libre contenida en los espacios intercelulares y en las vacuolas. La transferencia de calor desde el aire hacia el tejido vegetal incrementa la presión de vapor del agua y favorece su desplazamiento desde el interior de la muestra hacia la superficie, donde finalmente se evapora. Esta explicación permite justificar la reducción obtenida en la presente investigación, puesto que todos los tratamientos fueron sometidos a circulación de aire caliente durante cinco horas, condición que promovió la salida progresiva de humedad.

De manera similar, Özcan et al. (2020) reportaron que el secado de cáscaras frescas de limón y naranja redujo la humedad desde valores iniciales de 74,40–82,08 % hasta porcentajes cercanos al 10 %. La coincidencia principal entre dicho estudio y la presente investigación radica en que ambos demuestran la efectividad del secado térmico para disminuir de forma significativa el contenido de agua de los residuos cítricos. Sin embargo, los valores de 4,54–6,32 % obtenidos en la cáscara de toronja fueron menores que los reportados por esos autores. Esta discrepancia puede relacionarse con diferencias

en la temperatura, velocidad del aire, duración del secado, espesor de las muestras, tamaño de corte, carga colocada en las bandejas y características estructurales de cada especie cítrica.

Asimismo, los resultados guardan relación con lo descrito por Lemus-Mondaca et al. (2021), quienes señalaron que el secado por convección forzada permite controlar la temperatura y el flujo de aire, favoreciendo una extracción eficiente de humedad en materiales vegetales. La similitud se explica porque en ambas investigaciones el movimiento de aire constituye un mecanismo fundamental para retirar el vapor de agua de la superficie del producto y mantener el gradiente de humedad necesario para que el agua continúe migrando desde el interior. No obstante, dichos autores advierten que temperaturas elevadas o tiempos prolongados pueden afectar el color, el aroma y los compuestos funcionales, por lo que una mayor reducción de humedad no debe interpretarse de manera aislada como el único criterio para seleccionar el mejor tratamiento.

Las diferencias significativas observadas entre los seis tratamientos pueden explicarse por el efecto combinado de la temperatura y la velocidad del aire. En términos generales, una temperatura más alta incrementa la energía disponible para la evaporación, mientras que una mayor velocidad del aire facilita la eliminación del vapor acumulado alrededor de la muestra. Esto permite comprender por qué T6, correspondiente a 65 °C y 5 m/s, presentó el menor contenido de humedad. En contraste, T2, aplicado a 50 °C y 3 m/s, conservó un porcentaje ligeramente mayor. A pesar de ello, la humedad alcanzada por T2 continuó siendo inferior al 7 %, por lo que puede considerarse tecnológicamente adecuada.

La discrepancia entre T2 y T6 también evidencia que el tratamiento con la menor humedad final no necesariamente representa la mejor alternativa integral. Aunque T6 logró la mayor remoción de agua, la selección del tratamiento óptimo debe considerar simultáneamente la conservación de compuestos fenólicos, la capacidad antioxidante y la calidad sensorial. En el estudio, T2 presentó el mayor contenido de fenoles totales y una elevada capacidad antioxidante, por lo que su humedad de 6,32 % puede interpretarse como un equilibrio favorable entre estabilidad física y conservación de compuestos funcionales. El documento señala que T2, aplicado a 50 °C y 3 m/s, fue el tratamiento con mejor conservación de compuestos fenólicos.

Desde el punto de vista tecnológico, los valores inferiores al 7 % favorecen la estabilidad del material deshidratado, debido a que una menor disponibilidad de agua limita el crecimiento de microorganismos y reduce la velocidad de reacciones enzimáticas y químicas asociadas al deterioro. Sin embargo, no debe afirmarse que la estabilidad microbiológica está completamente garantizada solo a partir del porcentaje de humedad, ya que también depende de la actividad de agua, las condiciones de envasado, la temperatura de almacenamiento y la calidad higiénica del proceso.

En síntesis, los resultados coinciden con las investigaciones de Shu et al. (2020), Özcan et al. (2020) y Lemus-Mondaca et al. (2021) en demostrar que el secado con aire caliente constituye un procedimiento eficaz para reducir la humedad de los tejidos cítricos. Las discrepancias cuantitativas con otros estudios pueden atribuirse a diferencias en las condiciones de operación y en las características de la materia prima. Por tanto, el intervalo de 4,54 % a 6,32 % confirma la efectividad del proceso aplicado y demuestra que la cáscara de toronja alcanzó condiciones apropiadas para su manejo y posterior incorporación en las formulaciones de infusión.

4.2 Efecto de las condiciones de deshidratación sobre las propiedades fisicoquímicas y funcionales.

Resultados

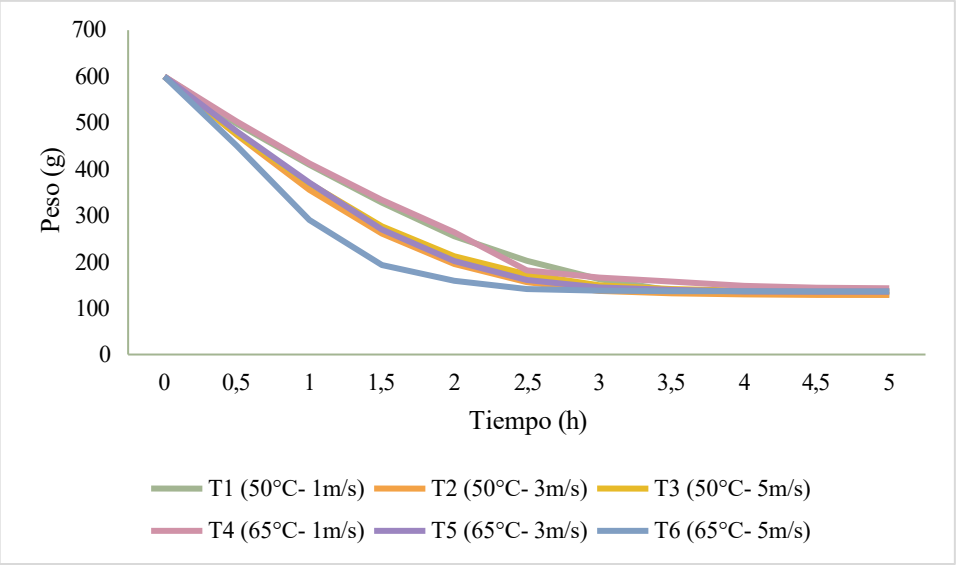
Las curvas de secado de la cáscara de toronja mostraron una disminución progresiva del peso en todos los tratamientos durante las 5 horas de evaluación (Ilustración 10). La mayor pérdida de masa se registró durante las primeras horas del proceso, observándose posteriormente una reducción gradual de la velocidad de secado hasta alcanzar valores cercanos al equilibrio.

Los tratamientos aplicados a 65 °C presentaron una disminución de peso más rápida en comparación con aquellos procesados a 50 °C. En particular, el tratamiento T6 (65 °C y 5 m/s) mostró la mayor velocidad de pérdida de agua durante las primeras etapas del secado. A partir de las 3 horas, las diferencias entre tratamientos tendieron a disminuir, observándose una estabilización progresiva del peso en todas las muestras.

Estos resultados evidencian la influencia de la temperatura y del flujo de aire sobre la cinética de secado de la cáscara de toronja, favoreciendo una mayor eliminación de humedad en los tratamientos sometidos a condiciones más intensas de secado.

Ilustración 14

Curvas de deshidratación de la cáscara de toronja bajo diferentes condiciones de temperatura y velocidad de aire



Discusión

Las curvas de secado evidenciaron una disminución progresiva del peso de la cáscara de toronja durante el proceso de deshidratación. La mayor pérdida de masa ocurrió durante las primeras horas de secado, mientras que posteriormente la reducción de peso fue menos pronunciada. Este comportamiento coincide con lo reportado por (Shu et al., 2020), quienes observaron que durante las etapas iniciales del secado de cáscaras cítricas se elimina principalmente el agua libre presente en los tejidos, generando una rápida disminución del contenido de humedad.

Los tratamientos sometidos a mayores condiciones de secado presentaron una reducción de peso más acelerada. Según Özcan et al. (2020), el incremento de la temperatura favorece la transferencia de calor y acelera la evaporación del agua contenida en los tejidos vegetales, reduciendo el tiempo necesario para alcanzar contenidos de humedad adecuados para almacenamiento.

El contenido de humedad obtenido puede relacionarse con la estructura celular y con la proporción de flavedo y albedo presente en la muestra. Deng et al. (2024) demostraron que las diferentes partes anatómicas de los cítricos presentan composiciones y propiedades de hidratación distintas, especialmente por las variaciones en el contenido de fibra soluble e insoluble. Por tanto, el valor de 77,51 % registrado en la cáscara fresca de toronja puede atribuirse a la capacidad de sus tejidos para retener agua. Este resultado respalda la aplicación de un proceso controlado de deshidratación antes de la formulación de la infusión.

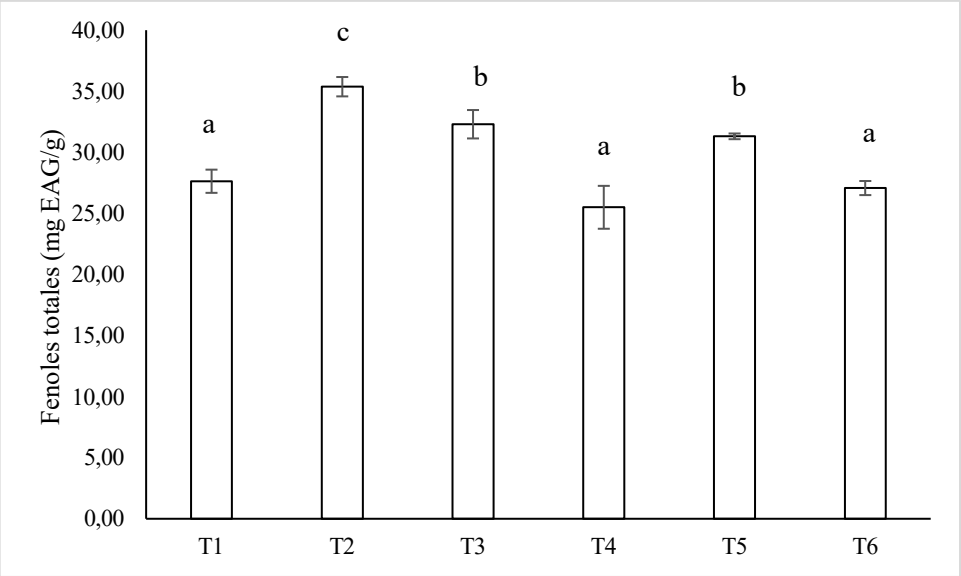
4.3 Contenido de compuestos fenólicos totales.

Resultados

El contenido de compuestos fenólicos totales de la cáscara de toronja deshidratada presentó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p < 0,05$). Los valores oscilaron aproximadamente entre 25,6 y 35,2 mg equivalentes de ácido gálico por gramo (mg Ac. Gálico/g). El tratamiento T2 (50 °C – 3 m/s) registró el mayor contenido de compuestos fenólicos totales, diferenciándose estadísticamente del resto de tratamientos. Por su parte, T3 (50 °C – 5 m/s) y T5 (65 °C – 3 m/s) presentaron valores intermedios, mientras que T1 (50 °C – 1 m/s), T4 (65 °C – 1 m/s) y T6 (65 °C – 5 m/s) mostraron las menores concentraciones fenólicas.

Ilustración 15

Contenido de fenoles totales en la cáscara de toronja deshidratada bajo diferentes condiciones de temperatura y velocidad de flujo de aire.



Discusión

El contenido de compuestos fenólicos totales de la cáscara de toronja deshidratada presentó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p<0,05$), con valores aproximados entre 25,6 y 35,2 mg equivalentes de ácido gálico por gramo. El tratamiento T2, correspondiente a 50 °C y 3 m/s, registró la mayor concentración fenólica y se diferenció estadísticamente del resto de tratamientos. En contraste, T1, T4 y T6 presentaron los valores más bajos, mientras que T3 y T5 alcanzaron concentraciones intermedias. Estos resultados evidencian que la conservación de los compuestos fenólicos no dependió únicamente de la temperatura, sino también de la interacción entre esta y la velocidad del aire.

Durmus et al. (2024) señalaron que las cáscaras de cítricos constituyen una fuente importante de ácidos fenólicos y flavonoides con actividad biológica. Los autores indican que la estabilidad de estos compuestos está condicionada por las operaciones de

procesamiento, especialmente por la intensidad del tratamiento térmico. La coincidencia con la presente investigación radica en que el secado permitió estabilizar la materia prima, aunque las condiciones más intensas no conservaron una mayor concentración de compuestos fenólicos. El mayor valor registrado en T2 sugiere que una temperatura moderada puede reducir la degradación térmica de estos metabolitos.

De manera similar, Lai et al. (2022) evidenciaron que las condiciones de secado influyen en la conservación de los compuestos fenólicos de los residuos cítricos. La concordancia puede atribuirse a que las temperaturas moderadas limitan la oxidación y la degradación térmica de los flavonoides. En la presente investigación, T2 alcanzó aproximadamente 35,2 mg EAG/g, lo que respalda la posibilidad de que 50 °C haya proporcionado suficiente energía para retirar humedad sin provocar una pérdida excesiva de los compuestos bioactivos presentes en el flavedo.

Asimismo, los resultados guardan relación con lo reportado por Lee et al. (2022), quienes identificaron en la cáscara de toronja compuestos como ácido cafeico, ácido ferúlico, ácido p-cumárico, naringina, hesperidina, nobiletina y tangeretina. Estos autores señalaron que la cáscara contiene una concentración fenólica superior a la pulpa y que existe una estrecha relación entre el contenido fenólico total y la capacidad antioxidante. Esta coincidencia ayuda a justificar los valores elevados obtenidos en T2, debido a que el flavedo constituye una fracción naturalmente rica en flavonoides y otros metabolitos antioxidantes.

Sin embargo, también se observaron discrepancias entre tratamientos. Aunque T3 fue procesado a la misma temperatura de 50 °C, presentó una concentración menor que T2. Esta diferencia sugiere que una velocidad de aire de 5 m/s pudo intensificar la

exposición del material al oxígeno y favorecer reacciones oxidativas, o bien acelerar el secado superficial, generando una resistencia interna a la migración de humedad. Por otra parte, T1, sometido a 1 m/s, también mostró un valor inferior, posiblemente porque el menor flujo de aire prolongó la permanencia del material bajo calentamiento y aumentó el tiempo de exposición de los compuestos fenólicos a condiciones que favorecen su deterioro.

Los tratamientos realizados a 65 °C presentaron, en general, concentraciones inferiores a T2. Esta discrepancia puede explicarse por la sensibilidad térmica de ciertos ácidos fenólicos y flavonoides. El aumento de temperatura puede romper enlaces, alterar estructuras moleculares o favorecer procesos de oxidación. No obstante, T5 presentó un valor intermedio, lo que evidencia que el efecto de la temperatura no fue uniforme y estuvo condicionado por la velocidad del aire. Por ello, no resulta metodológicamente correcto atribuir las diferencias exclusivamente al factor temperatura; debe considerarse la interacción entre temperatura y flujo de aire.

También debe reconocerse que, en algunos estudios, el secado a temperaturas altas puede incrementar el contenido fenólico aparente. Esto ocurre cuando el calor rompe estructuras celulares y libera compuestos que estaban unidos a la matriz vegetal. La diferencia con los resultados de la presente investigación podría relacionarse con la especie estudiada, el método de extracción, el tiempo de secado, el tamaño de partícula y la intensidad del tratamiento térmico. Por tanto, las discrepancias entre investigaciones no necesariamente son contradictorias, sino que reflejan que la respuesta de los compuestos fenólicos depende de múltiples condiciones experimentales.

El mejor comportamiento de T2 puede justificarse por el equilibrio alcanzado entre temperatura y velocidad del aire. La temperatura de 50 °C habría limitado la degradación térmica, mientras que el flujo de 3 m/s habría facilitado una eliminación

eficiente de humedad sin someter la muestra a una corriente excesiva de aire. Esta combinación pudo reducir el tiempo de exposición al calor y, simultáneamente, evitar una oxidación intensa de los metabolitos fenólicos. De esta forma, T2 mostró una condición más favorable para preservar la funcionalidad de la cáscara.

Desde el punto de vista tecnológico, el resultado es relevante porque demuestra que la máxima remoción de humedad no constituye el único criterio para seleccionar el tratamiento óptimo. Aunque algunos tratamientos a 65 °C alcanzaron menores contenidos de humedad, T2 presentó la mayor concentración de fenoles totales. Por ello, la selección del tratamiento debe realizarse considerando de manera conjunta la humedad final, el contenido fenólico y la capacidad antioxidante.

En síntesis, los resultados coinciden con Durmus et al. (2024) y Lee et al. (2022) en que las cáscaras cítricas son fuentes importantes de compuestos fenólicos y que las condiciones de secado influyen decisivamente en su conservación. Las discrepancias entre tratamientos pueden atribuirse a la interacción entre temperatura y velocidad del aire, así como a posibles procesos de degradación, oxidación o liberación de compuestos ligados a la matriz. En consecuencia, el tratamiento T2, a 50 °C y 3 m/s, representó la condición más adecuada para preservar el contenido fenólico de la cáscara de toronja y potenciar su uso en la elaboración de una infusión funcional.

4.4 Capacidad antioxidante.

Resultados

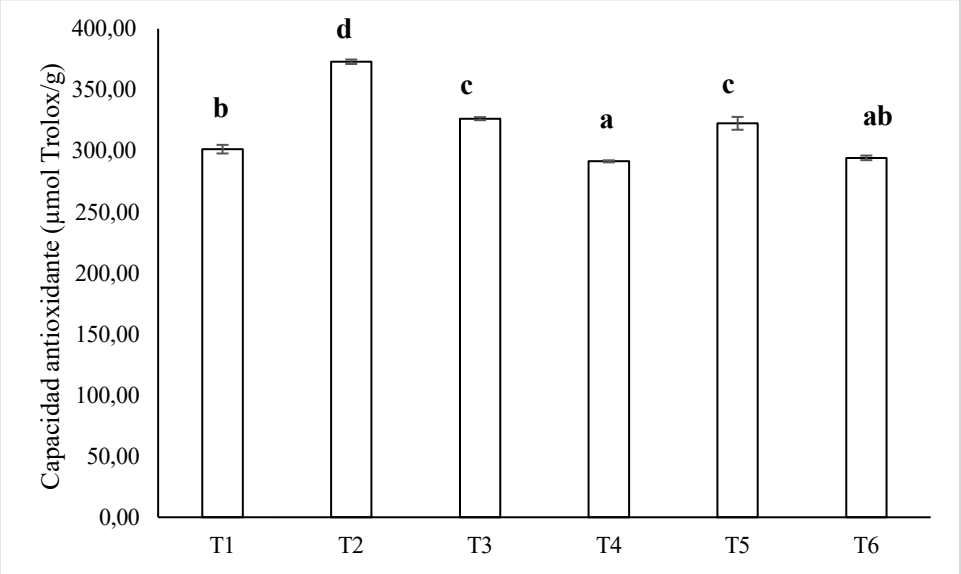
En la Ilustración 12 se presentan los resultados de la capacidad antioxidante de la cáscara de toronja sometida a diferentes condiciones de deshidratación. Se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$), obteniéndose valores entre 290,54

y 372,18 µmol TE/g. El tratamiento T2 presentó la mayor capacidad antioxidante, mientras que el tratamiento T4 registró el menor valor.

Las letras diferentes sobre las barras indican diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($p < 0,05$). Los tratamientos T2, T3 y T5 mostraron mayores valores de capacidad antioxidante en comparación con los demás tratamientos, evidenciando que las condiciones de secado influyeron significativamente sobre la conservación de compuestos con actividad antioxidante.

Ilustración 16

Capacidad antioxidante de la cáscara de toronja deshidratada bajo diferentes condiciones de temperatura y velocidad de flujo de aire



Discusión

Diversos estudios han demostrado que la capacidad antioxidante de subproductos cítricos está estrechamente relacionada con la presencia de compuestos fenólicos y flavonoides, los cuales pueden verse afectados por las condiciones de secado empleadas. Algunos autores reportan que temperaturas moderadas de deshidratación favorecen la

liberación de compuestos antioxidantes ligados a la estructura celular, incrementando su actividad antioxidante; sin embargo, temperaturas excesivas pueden provocar degradación térmica y oxidación de estos compuestos bioactivos (Ko et al., 2020).

Resultados similares fueron reportados por Lai et al. (2022), quienes evaluaron diferentes métodos de secado en cáscara de naranja y observaron que los tratamientos con aire caliente a 50 y 70 °C conservaron una mayor capacidad antioxidante en comparación con otros métodos de deshidratación según Ma et al. (2021) encontraron que determinadas condiciones de secado en cáscara de manzana permitieron una mayor retención de compuestos fenólicos y actividad antioxidante, atribuyendo este comportamiento a una menor degradación oxidativa durante el proceso.

De igual manera, Suleria et al. (2020) señalaron que las cáscaras de frutas poseen elevadas concentraciones de compuestos bioactivos con importante capacidad antioxidante, destacando el potencial de estos subproductos agroindustriales como fuentes naturales de antioxidantes.

El mayor valor de capacidad antioxidante obtenido en determinados tratamientos de esta investigación podría estar relacionado con una mejor conservación de compuestos fenólicos durante el proceso de deshidratación. Esto coincide con los resultados obtenidos en el análisis de fenoles totales, donde los tratamientos con mayores concentraciones fenólicas también presentaron mayor capacidad antioxidante, evidenciando una relación directa entre ambas variables.

4.5 Relación entre polifenoles y capacidad antioxidante.

Resultados

Los resultados obtenidos evidenciaron una relación directa entre el contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de la cáscara de toronja deshidratada. Los

tratamientos que presentaron mayores concentraciones de compuestos fenólicos también mostraron una mayor actividad antioxidante, lo que sugiere que dichos compuestos constituyen los principales responsables del poder antioxidante presente en la matriz vegetal.

El tratamiento T2 registró el mayor contenido de fenoles totales (35,37 mg AG/g), así como la mayor capacidad antioxidante (372,95 µmol Trolox/g). En contraste, el tratamiento T4 presentó los valores más bajos tanto para fenoles totales (25,50 mg AG/g) como para capacidad antioxidante (291,44 µmol Trolox/g). Estos resultados evidencian una correlación positiva entre ambas variables.

Tabla 13

Relación entre compuestos fenólicos y actividad antioxidante en la cáscara de toronja deshidratada.

Tratamiento	Fenoles totales (mg AG/g)	Capacidad antioxidante (µmol Trolox/g)
T2	35,37	372,95
T4	25,50	291,44

Discusión

Los resultados evidenciaron una relación directa entre el contenido de compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante de la cáscara de toronja deshidratada. El tratamiento T2 presentó el mayor contenido de fenoles totales, con 35,37 mg equivalentes de ácido gálico por gramo, y también la mayor capacidad antioxidante, con 372,95 µmol Trolox/g. En contraste, T4 registró los valores más bajos para ambas variables: 25,50 mg EAG/g y 291,44 µmol Trolox/g, respectivamente. Esta tendencia sugiere que los

compuestos fenólicos contribuyeron de manera importante a la actividad antioxidante observada en la matriz vegetal.

Lai et al. (2022) señalaron que las cáscaras de cítricos contienen flavonoides y ácidos fenólicos capaces de neutralizar radicales libres y retardar reacciones oxidativas. Entre los compuestos más representativos se encuentran la naringina, la hesperidina y diversos ácidos fenólicos. La coincidencia con la presente investigación radica en que los tratamientos que conservaron una mayor concentración de compuestos fenólicos también presentaron una mayor capacidad antioxidante. Este comportamiento fue especialmente evidente en T2, lo que permite inferir que las condiciones de 50 °C y 3 m/s favorecieron la preservación de metabolitos antioxidantes.

De manera similar, Suleria et al. (2020) encontraron que las cáscaras de frutas constituyen fuentes relevantes de compuestos bioactivos y que los fenoles son uno de los principales grupos responsables de su actividad antioxidante. Esta afirmación respalda los resultados obtenidos, debido a que la mayor concentración fenólica observada en T2 estuvo acompañada por la mayor respuesta en el ensayo ABTS. La similitud entre los estudios refuerza el potencial de los residuos cítricos como materias primas para el desarrollo de alimentos funcionales y productos con valor agregado.

Ma et al. (2021) reportaron que determinadas condiciones moderadas de secado permiten conservar mejor los compuestos fenólicos y la actividad antioxidante en matrices vegetales. La concordancia con la presente investigación se observa en que el tratamiento T2, aplicado a una temperatura moderada, superó a varios tratamientos desarrollados a 65 °C. Esto sugiere que una mayor intensidad térmica puede acelerar la degradación de compuestos sensibles, mientras que condiciones moderadas de temperatura y flujo de aire favorecen su conservación y reducen las pérdidas de compuestos antioxidantes.

La relación entre fenoles totales y capacidad antioxidante no debe interpretarse como absoluta. Aunque ambos parámetros presentaron una tendencia semejante, la actividad antioxidante también puede estar influida por otros compuestos presentes en el flavedo, como vitamina C, carotenoides, aceites esenciales y flavonoides específicos. El método Folin-Ciocalteu estima la capacidad reductora total y puede reaccionar con sustancias diferentes de los compuestos fenólicos. El ensayo ABTS mide la capacidad de neutralización de un radical bajo condiciones experimentales específicas. En consecuencia, una asociación positiva entre ambas variables no demuestra por sí sola una relación causal exclusiva.

Las discrepancias entre tratamientos pueden explicarse por el efecto conjunto de la temperatura y la velocidad del aire. En T2, la temperatura de 50 °C habría limitado la degradación térmica, mientras que la velocidad de 3 m/s pudo facilitar una eliminación eficiente de humedad sin provocar una exposición excesiva al oxígeno. En cambio, una velocidad baja podría prolongar el tiempo de permanencia del agua y del calor en el tejido, mientras que una velocidad elevada podría aumentar la oxidación superficial o modificar la estructura de la matriz. Estas condiciones ayudarían a explicar por qué T4 presentó valores inferiores tanto de fenoles como de capacidad antioxidante.

También existen investigaciones en las que temperaturas de secado más altas han producido un incremento aparente de la capacidad antioxidante. Esto puede ocurrir cuando el calor rompe paredes celulares, libera compuestos previamente unidos a la matriz o genera productos de reacción con capacidad reductora. La diferencia con los resultados obtenidos puede atribuirse a la especie vegetal, la temperatura y duración del secado, el método de extracción y el ensayo empleado para cuantificar la actividad

antioxidante. Por tanto, las discrepancias con otros estudios no representan necesariamente una contradicción, sino la influencia de diferentes condiciones experimentales.

En síntesis, los resultados coinciden con Lai et al. (2022), Suleria et al. (2020) y Ma et al. (2021) al demostrar que una mayor conservación de compuestos fenólicos se asocia generalmente con una mayor capacidad antioxidante. El mejor comportamiento de T2 puede justificarse por el equilibrio entre una temperatura moderada y una velocidad intermedia del aire, condiciones que habrían favorecido la eliminación de humedad y reducido simultáneamente la degradación oxidativa de los metabolitos bioactivos. En consecuencia, T2 se confirma como el tratamiento más conveniente para preservar el potencial funcional de la cáscara de toronja y utilizarla posteriormente en la elaboración de la infusión.

4.6 Efecto de la temperatura y velocidad del flujo de aire sobre las variables evaluadas

Resultados

Los resultados obtenidos evidenciaron que tanto la temperatura como la velocidad del flujo de aire influyeron significativamente sobre las características fisicoquímicas y funcionales de la cáscara de toronja deshidratada.

En relación con la temperatura, el incremento de 50 a 65 °C favoreció la reducción del contenido de humedad, debido a una mayor transferencia de calor y aceleración del proceso de evaporación del agua. Sin embargo, temperaturas más elevadas tendieron a disminuir la retención de compuestos bioactivos, como los fenoles totales y la capacidad antioxidante, evidenciando el compromiso existente entre la eficiencia del secado y la conservación de compuestos funcionales. Este comportamiento ha sido reportado por Lai

et al. (2022), quienes señalan que temperaturas elevadas pueden acelerar la degradación térmica y oxidativa de compuestos fenólicos presentes en cáscaras cítricas.

Respecto a la velocidad del flujo de aire, los resultados mostraron que la velocidad intermedia de 3 m/s proporcionó una mejor conservación de compuestos bioactivos y adecuados niveles de humedad final. A velocidades bajas (1 m/s), el proceso de secado fue menos eficiente debido a una menor transferencia de masa, mientras que velocidades altas (5 m/s) podrían haber favorecido una mayor exposición al oxígeno y acelerado reacciones oxidativas, provocando disminución de la capacidad antioxidante y del contenido fenólico.

Discusión

Resultados concordantes fueron reportados por Ma et al. (2021), quienes determinaron que la aplicación de condiciones moderadas de secado favorece la retención de compuestos con actividad antioxidante en matrices vegetales. Esta coincidencia permite explicar el comportamiento del tratamiento T2, correspondiente a 50 °C y 3 m/s, debido a que dicha combinación habría facilitado la eliminación eficiente de la humedad sin someter los metabolitos bioactivos a una intensidad térmica excesiva. En consecuencia, el equilibrio entre una temperatura moderada y una velocidad intermedia del aire pudo limitar la degradación de los compuestos responsables de la actividad antioxidante.

En contraste, los tratamientos desarrollados a 65 °C presentaron, en términos generales, una capacidad antioxidante inferior a la registrada en T2. Este comportamiento podría relacionarse con procesos de degradación térmica, oxidación o modificación estructural de compuestos sensibles al calor, especialmente flavonoides y ácidos fenólicos. Sin embargo, la temperatura no debe considerarse de manera aislada, puesto

que la velocidad del aire también influye en la transferencia de masa, el tiempo efectivo de exposición al calor y el contacto del material con el oxígeno. Por ello, los resultados deben interpretarse considerando la interacción entre ambos factores experimentales.

A pesar de la concordancia general con Ma et al. (2021), las diferencias cuantitativas entre ambos estudios pueden atribuirse al tipo de matriz vegetal analizada, su composición química, el tamaño y espesor de las partículas, el tiempo de secado, las condiciones de extracción y el método utilizado para medir la capacidad antioxidante. Estas diferencias metodológicas pueden modificar tanto la liberación de los compuestos bioactivos desde la matriz como la respuesta obtenida en los ensayos antioxidantes.

Por consiguiente, los resultados respaldan la necesidad de controlar simultáneamente la temperatura y la velocidad del aire durante la deshidratación. Un tratamiento más intenso puede reducir en mayor proporción la humedad, pero no necesariamente garantiza una mejor conservación de la calidad funcional. En la presente investigación, T2 representó la condición más favorable, al combinar una adecuada remoción de agua con una mayor conservación de la capacidad antioxidante de la cáscara de toronja.

4.7 Determinación del mejor tratamiento.

Resultados

De acuerdo con los resultados obtenidos, el tratamiento T2 (50 °C y 3 m/s) presentó el comportamiento más favorable entre las condiciones de deshidratación evaluadas, debido a que permitió una adecuada reducción de humedad y una mayor conservación de compuestos bioactivos presentes en la cáscara de toronja.

Este tratamiento registró la mayor capacidad antioxidante (372,95 µmol Trolox/g) y el mayor contenido de fenoles totales (35,37 mg AG/g) entre las muestras deshidratadas.

Además, presentó un contenido de humedad final adecuado (6,33 %), lo cual favorece la estabilidad y conservación del material vegetal deshidratado.

Las condiciones moderadas de secado favorecen una mejor conservación de compuestos bioactivos y actividad antioxidante en matrices vegetales deshidratadas, mientras que temperaturas elevadas pueden provocar degradación térmica de metabolitos sensibles al calor (Zhang et al., 2022).

Discusión

Resultados similares fueron reportados por Lai et al. (2022), quienes observaron que las cáscaras cítricas sometidas a temperaturas moderadas de secado conservaron mayores niveles de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en comparación con aquellas expuestas a tratamientos térmicos de mayor intensidad. Esta coincidencia permite sustentar el comportamiento observado en el tratamiento T2, debido a que la temperatura de 50 °C pudo reducir la degradación térmica de flavonoides y ácidos fenólicos presentes en el flavedo de la toronja.

Por su parte, Zhang et al. (2022) señalaron que velocidades de aire excesivamente elevadas pueden modificar las condiciones de transferencia de masa y favorecer procesos oxidativos que afectan la estabilidad de ciertos compuestos antioxidantes en materiales vegetales deshidratados. Este planteamiento podría explicar por qué el tratamiento aplicado a una velocidad intermedia de 3 m/s presentó mejores resultados funcionales que algunas combinaciones con una velocidad de 5 m/s. No obstante, este efecto debe interpretarse conjuntamente con la temperatura, puesto que la respuesta de los compuestos bioactivos depende de la interacción entre ambos factores y no únicamente de la velocidad del aire.

En consecuencia, el tratamiento T2, correspondiente a 50 °C y 3 m/s, presentó la condición más favorable entre los tratamientos evaluados, al combinar una reducción adecuada del contenido de humedad con la mayor conservación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante. Por tanto, esta combinación fue seleccionada para la elaboración de las formulaciones de infusión.

Conviene emplear la expresión “condición más favorable entre los tratamientos evaluados” en lugar de “condición óptima”, salvo que se haya realizado formalmente un procedimiento de optimización multirrespuesta. El término “óptima” implica que se demostró estadística o matemáticamente el punto máximo del proceso, mientras que en esta investigación se compararon seis combinaciones previamente establecidas.

4.8 Parámetros de formulación de la infusión a base de cáscara de toronja.

4.8.1 Aceptabilidad global.

Resultados

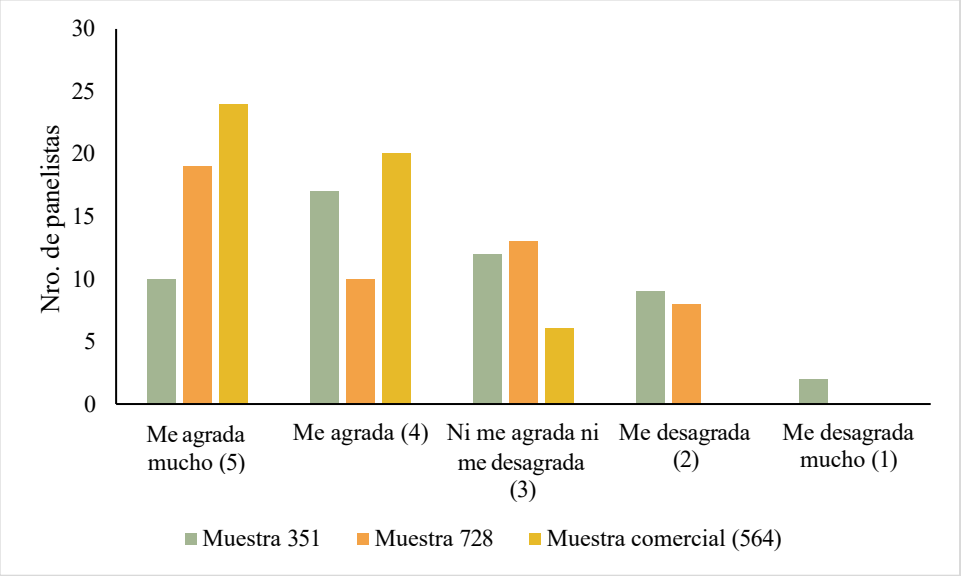
La Ilustración 13 presenta la evaluación de la aceptabilidad global de las dos formulaciones desarrolladas y de la muestra comercial mediante una escala hedónica de cinco puntos. Se observa que la muestra comercial (564) obtuvo el mayor número de respuestas en la categoría "Me agrada mucho" (24 panelistas), seguida de la formulación 728 con 19 panelistas y la formulación 351 con 10 panelistas.

En la categoría "Me agrada", la formulación 351 registró el mayor número de respuestas (17 panelistas), seguida de la muestra comercial (20 panelistas) y de la formulación 728 (10 panelistas). Por otra parte, las respuestas correspondientes a las categorías "Ni me agrada ni me desagrada" y "Me desagrada" fueron más frecuentes en la formulación 351, mientras que la muestra comercial no presentó respuestas de desagrado.

En términos generales, la formulación 728 presentó una aceptabilidad global superior a la formulación 351, acercándose al comportamiento observado en la muestra comercial, lo que evidencia una mejor percepción del producto por parte de los consumidores.

Ilustración 17

Evaluación del atributo aceptabilidad global de las formulaciones y de la muestra comercial mediante una escala hedónica de cinco puntos.



Discusión

La aceptabilidad global constituye un indicador que integra la percepción del consumidor respecto a todos los atributos sensoriales del producto, por lo que refleja el grado de aceptación general de la infusión. En el presente estudio, la formulación 728 mostró una mejor aceptación que la formulación 351, aunque la muestra comercial continuó siendo la más preferida por los panelistas.

Este comportamiento puede atribuirse al equilibrio alcanzado entre la proporción de cáscara de toronja, hierba luisa y stevia en la formulación 728, favoreciendo tanto las características sensoriales como la percepción global del producto. Estudios realizados

por Aguilar et al. (2025) reportaron que la aceptabilidad de las infusiones depende del equilibrio entre aroma, sabor y apariencia., siendo estos atributos determinantes en la preferencia del consumidor.

El investigador Peixoto et al. (2023) señalaron que las infusiones elaboradas con especies aromáticas presentan una mayor aceptación cuando combinan un perfil sensorial agradable con un elevado contenido de compuestos fenólicos, evidenciando que la calidad funcional no necesariamente compromete la aceptabilidad del producto. En este estudio, la formulación 728 no solo obtuvo una mayor aceptación sensorial, sino que posteriormente presentó mayores contenidos de polifenoles y capacidad antioxidante, lo que demuestra que fue posible desarrollar una bebida funcional con buena aceptación por parte de los consumidores.

4.9.2 Color.

Resultados

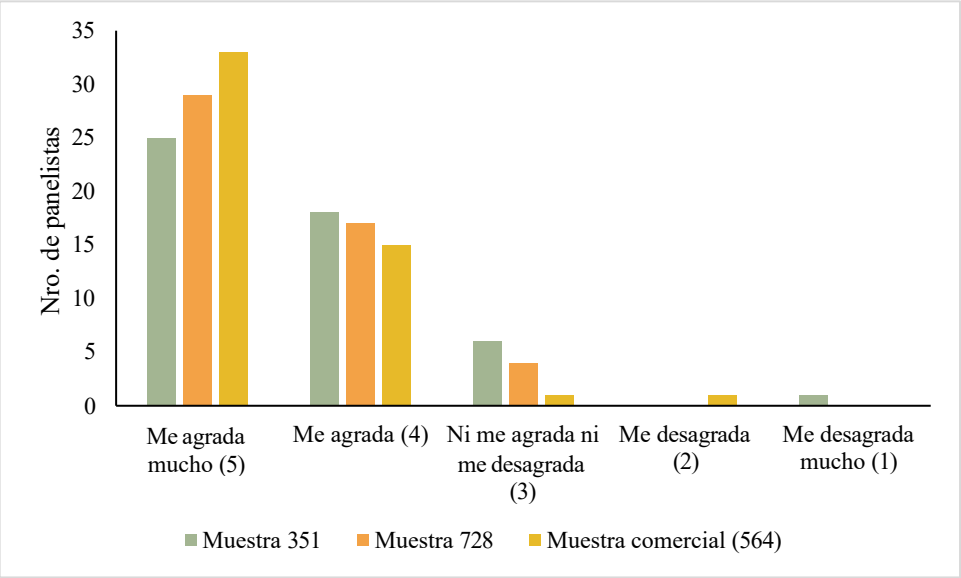
La Ilustración 14 muestra los resultados de la evaluación del atributo color de las tres muestras analizadas. La muestra comercial (564) presentó la mayor cantidad de respuestas en la categoría "Me agrada mucho", con 33 panelistas, seguida de la formulación 728 con 29 panelistas y de la formulación 351 con 25 panelistas.

En la categoría "Me agrada", la formulación 351 obtuvo 18 respuestas, la formulación 728 17 y la muestra comercial 15. Las categorías de indiferencia y desagrado registraron muy pocas respuestas en las tres muestras, observándose únicamente un panelista que calificó la formulación 351 con "Me desagrada mucho", mientras que la muestra comercial presentó únicamente una respuesta en la categoría "Me desagrada".

Estos resultados evidencian que el color fue un atributo ampliamente aceptado por los panelistas, destacándose la formulación 728 como la alternativa experimental con mayor aceptación, aproximándose al comportamiento de la muestra comercial.

Ilustración 18

Evaluación del atributo color de las formulaciones y de la muestra comercial mediante una escala hedónica de cinco puntos.



Discusión

El color constituye el primer atributo percibido por el consumidor y desempeña un papel importante en la formación de expectativas sobre la calidad de una bebida. En el presente estudio, las tres muestras alcanzaron una elevada aceptación para este atributo, predominando las categorías "Me agrada mucho" y "Me agrada".

La formulación 728 presentó una mayor aceptación respecto a la formulación 351, lo que podría estar relacionado con la modificación en la proporción de los ingredientes, generando una tonalidad más atractiva para los consumidores. De manera similar, Aguilar

et al. (2025) señalaron que el color influye en la aceptación de las infusiones, debido a que constituye uno de los primeros atributos percibidos por los consumidores.

Por otra parte, Peixoto et al. (2023) encontraron que las infusiones con tonalidades homogéneas y visualmente agradables obtuvieron mayores puntuaciones de aceptación, indicando que la apariencia visual representa un atributo determinante en la decisión de consumo. En este estudio, la elevada aceptación del color de la formulación 728 sugiere que la combinación de cáscara de toronja, hierba luisa y stevia permitió obtener una apariencia comparable con la muestra comercial.

4.9.3 Aroma.

Resultado

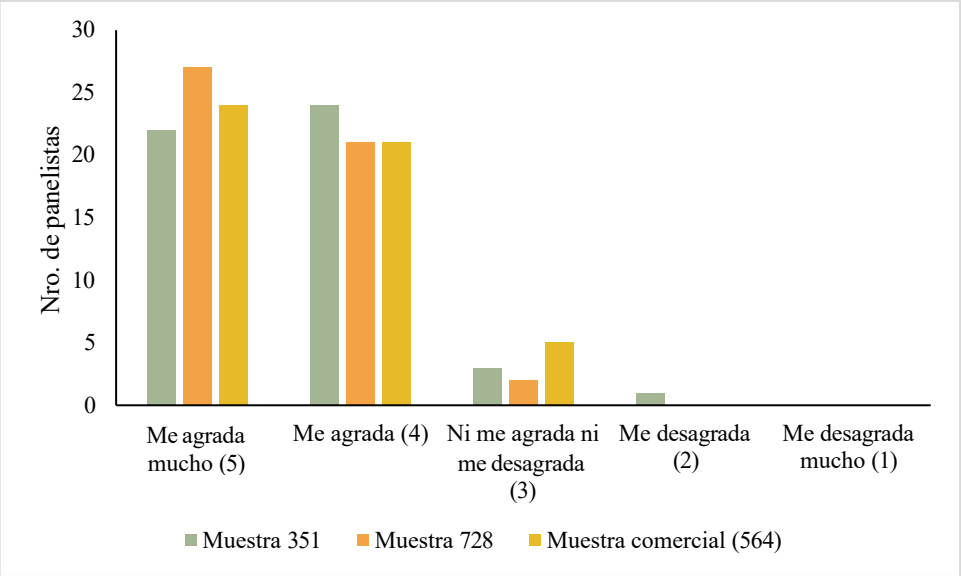
La Ilustración 15 presenta la evaluación del atributo aroma de las tres muestras analizadas. La formulación 728 obtuvo el mayor número de respuestas en la categoría "Me agrada mucho", con 27 panelistas, seguida de la muestra comercial (564) con 24 panelistas y de la formulación 351 con 22 panelistas.

En la categoría "Me agrada", la formulación 351 registró 24 respuestas, mientras que la formulación 728 y la muestra comercial obtuvieron 21 respuestas cada una. Las categorías de indiferencia y desagrado fueron poco frecuentes, observándose únicamente una respuesta de desagrado en la formulación 351.

En conjunto, los resultados indican que el aroma fue uno de los atributos mejor valorados por los panelistas, destacándose la formulación 728 como la alternativa experimental con mayor aceptación.

Ilustración 19

Evaluación del atributo aroma de las formulaciones y de la muestra comercial mediante una escala hedónica de cinco puntos.



Discusión

El aroma constituye uno de los atributos sensoriales más importantes en las infusiones, ya que influye directamente en la percepción del consumidor antes de la degustación. En el presente estudio, la formulación 728 obtuvo la mayor aceptación para este atributo, superando incluso a la muestra comercial.

La mayor aceptación podría estar relacionada con la mayor proporción de hierba luisa (*Aloysia citrodora*), especie reconocida por su contenido de compuestos aromáticos como citral, geranial y neral, responsables de su característico aroma fresco y cítrico. Aguilar et al. (2025) indicaron que los perfiles aromáticos equilibrados pueden favorecer la aceptación sensorial de las infusiones.

De manera similar, Peixoto et al. (2023) señalaron que las infusiones de hierba luisa (*Aloysia citrodora*) son ampliamente apreciadas por su aroma y sabor cítrico, además de presentar un elevado contenido de compuestos fenólicos y una importante

capacidad antioxidante. Los autores demostraron que estas infusiones constituyen una fuente relevante de compuestos bioactivos, cuyas propiedades antioxidantes se relacionan con su composición fenólica. En el presente estudio, la formulación 728 obtuvo la mayor aceptación para el atributo aroma y posteriormente presentó los mayores contenidos de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante, evidenciando el desarrollo de una bebida funcional con adecuada aceptación sensorial.

4.9.4 Sabor

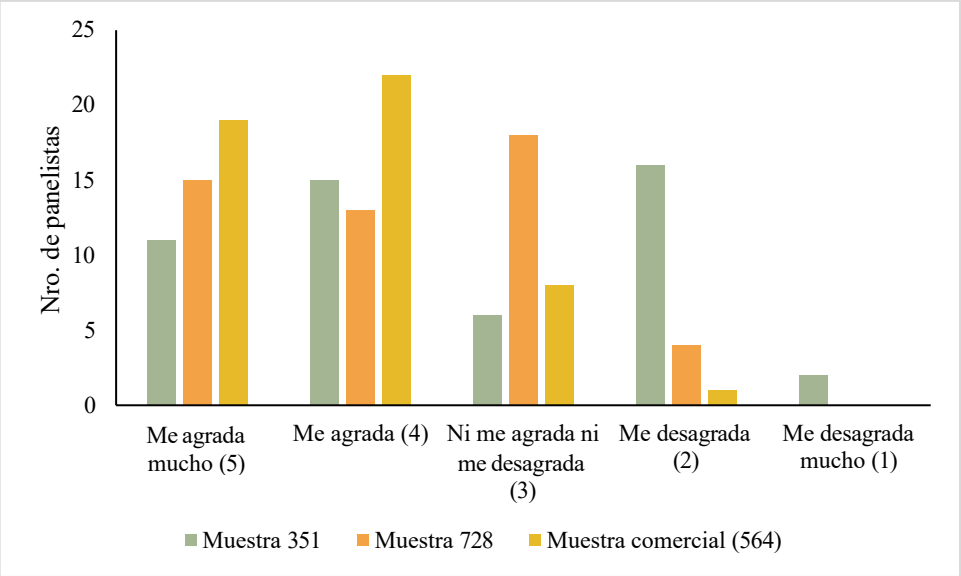
Resultado

La Ilustración 16 presenta la evaluación del atributo sabor de las dos formulaciones desarrolladas y de la muestra comercial. Se observa que la muestra comercial (564) obtuvo la mayor cantidad de respuestas en la categoría "Me agrada mucho" (19 panelistas), seguida de la formulación 728 (15 panelistas) y la formulación 351 (11 panelistas).

En la categoría "Me agrada", la muestra comercial también presentó la mayor frecuencia (22 panelistas), seguida de la formulación 351 (15 panelistas) y la formulación 728 (13 panelistas). Por otra parte, la formulación 351 registró el mayor número de respuestas en la categoría "Me desagrada" (16 panelistas), mientras que la formulación 728 presentó únicamente 4 respuestas y la muestra comercial no registró respuestas de desagrado. Estos resultados evidencian que la formulación 728 presentó una mejor aceptación del sabor respecto a la formulación 351, aunque la muestra comercial continuó siendo la preferida por los panelistas.

Ilustración 20

Evaluación del atributo sabor de las formulaciones y de la muestra comercial mediante una escala hedónica de cinco puntos.



Discusión

El sabor es uno de los atributos que más influye en la aceptación de una bebida, ya que determina la percepción final del consumidor durante la degustación. En la presente investigación, la formulación 728 presentó una mejor aceptación que la formulación 351, lo que puede atribuirse al equilibrio alcanzado entre la cáscara de toronja, la hierba luisa y la stevia. Aunque la reducción de la proporción de cáscara de toronja pudo disminuir la intensidad del sabor amargo característico de este ingrediente, el incremento de hierba luisa aportó notas herbales y cítricas que favorecieron un perfil sensorial más agradable.

Estos resultados son consistentes con Aguilar et al. (2025), quienes señalan que el equilibrio entre los atributos sensoriales constituye un factor determinante en la aceptación de una infusión. Asimismo, Peixoto et al. (2023) destacan que las infusiones

elaboradas con hierba luisa presentan un perfil sensorial agradable, lo que favorece su aceptación como bebidas funcionales.

4.9.5 Amargor.

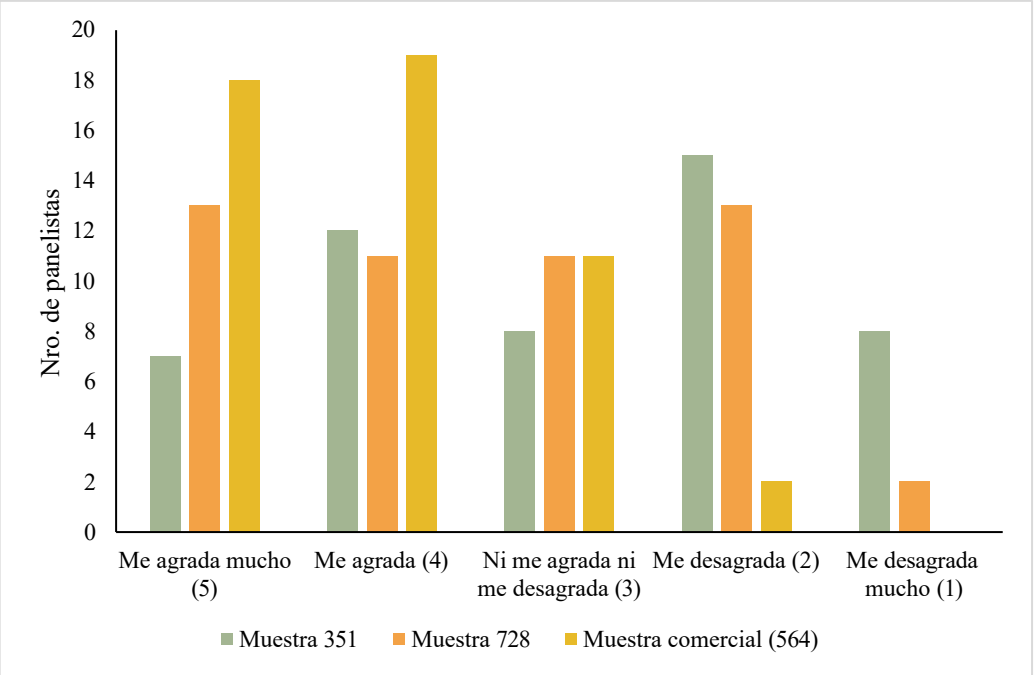
Resultado

La Ilustración 17 presenta la evaluación del atributo amargor. La muestra comercial obtuvo la mayor cantidad de respuestas en las categorías "Me agrada mucho" (18 panelistas) y "Me agrada" (19 panelistas), mientras que la formulación 728 presentó una mayor aceptación del amargor que la formulación 351.

La formulación 351 registró el mayor número de respuestas en las categorías de desagrado, con 15 panelistas que calificaron este atributo como "Me desagrada" y 8 panelistas como "Me desagrada mucho". En contraste, la formulación 728 presentó menores frecuencias en ambas categorías, evidenciando una percepción más favorable del amargor.

Ilustración 21

Evaluación del atributo amargor de las formulaciones y de la muestra comercial mediante una escala hedónica de cinco puntos



Discusión

El amargor constituye una característica propia de la cáscara de toronja y puede influir negativamente en la aceptación de este tipo de productos cuando su intensidad es elevada. En la presente investigación, la formulación 728 mostró una mejor aceptación de este atributo, lo que sugiere que la modificación en la proporción de los ingredientes permitió disminuir la percepción del amargor sin eliminar completamente las características propias de la infusión.

Estos resultados son consistentes con lo señalado por Infante et al., quienes indican que el equilibrio de los atributos sensoriales resulta determinante para lograr una mayor aceptación del consumidor. De igual manera, Peixoto et al. (2023) mencionan que las infusiones elaboradas con plantas aromáticas pueden mantener propiedades

funcionales importantes sin comprometer su aceptación sensorial cuando existe una adecuada formulación.

4.9.6 Sabor residual (retrogusto)

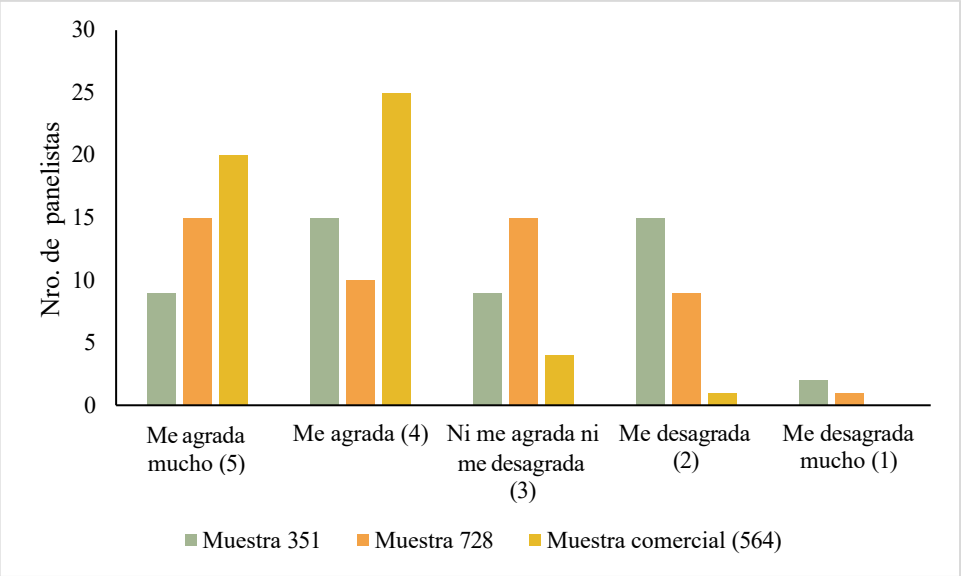
Resultado

La Ilustración 18 presenta la evaluación del atributo sabor residual. La muestra comercial obtuvo la mayor aceptación, con 20 panelistas que calificaron este atributo como "Me agrada mucho" y 25 panelistas como "Me agrada". Entre las formulaciones desarrolladas, la formulación 728 registró una mayor aceptación que la formulación 351, obteniendo 15 respuestas en la categoría "Me agrada mucho", mientras que la formulación 351 registró 9 respuestas.

Asimismo, la formulación 728 presentó una menor cantidad de respuestas en las categorías de desagrado respecto a la formulación 351, indicando un retrogusto más agradable para los consumidores.

Ilustración 22

Evaluación del atributo sabor residual de las formulaciones y de la muestra comercial mediante una escala hedónica de cinco puntos



Discusión

El sabor residual corresponde a la sensación que permanece en la boca después de consumir la bebida y constituye un atributo importante en la percepción global del consumidor. En la presente investigación, la formulación 728 obtuvo una mejor valoración que la formulación 351, lo que sugiere que el incremento de la proporción de hierba luisa permitió suavizar la persistencia del sabor amargo característico de la cáscara de toronja.

Según Aguilar et al. (2025), la permanencia de sabores agradables después de la degustación favorece la aceptación, mientras que un retrogusto intenso o desagradable puede disminuir la preferencia del consumidor. En concordancia con ello, (Peixoto et al., 2023) mencionan que las infusiones de hierba luisa poseen un perfil aromático y sensorial que contribuye positivamente a la percepción del producto.

4.9 Evaluación funcional del producto final.

Polifenoles totales

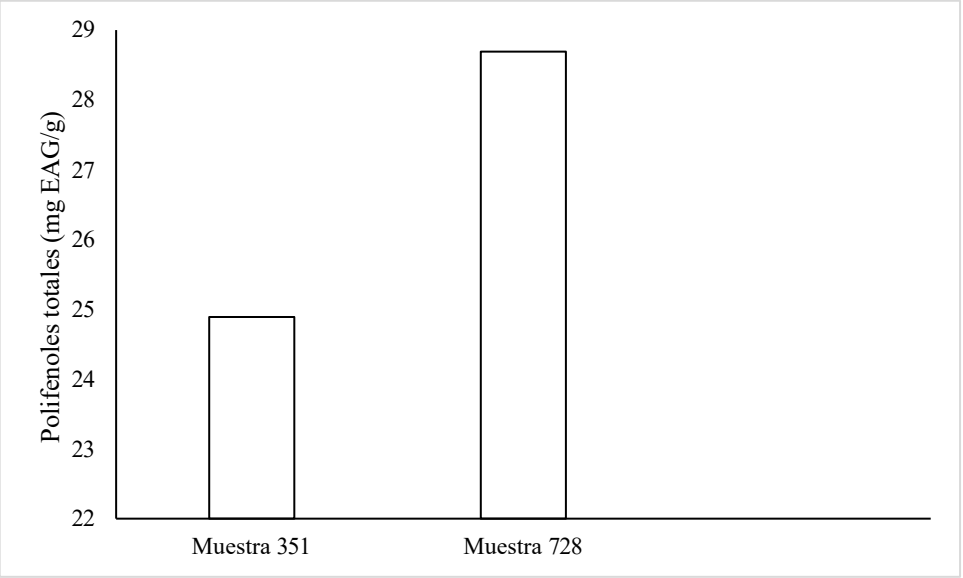
Resultado

La Ilustración 19 muestra el contenido de polifenoles totales determinado en las dos formulaciones desarrolladas. La formulación 728 presentó un contenido de 28,69 mg EAG/g, mientras que la formulación 351 registró 24,89 mg EAG/g.

En comparación con la formulación 351, la formulación 728 presentó un incremento de 3,80 mg EAG/g, equivalente aproximadamente al 15,3 %.

Ilustración 23

Contenido de polifenoles totales de las formulaciones de infusión a base de cáscara de toronja



Discusión

Los compuestos fenólicos representan uno de los principales metabolitos secundarios presentes en los vegetales y son ampliamente reconocidos por su capacidad para actuar como antioxidantes naturales mediante la neutralización de

radicales libres. En las cáscaras de cítricos se encuentran flavanonas, ácidos fenólicos y flavonoides, entre los que destacan la naringina y la hesperidina, compuestos que contribuyen significativamente al valor funcional de estos subproductos agroindustriales. Singh et al. (2020) señalan que las cáscaras de cítricos constituyen una fuente importante de compuestos fenólicos con elevado potencial antioxidante, razón por la cual han despertado un creciente interés para el desarrollo de alimentos funcionales.

En la presente investigación, la formulación 728 presentó un contenido de polifenoles totales superior al de la formulación 351, a pesar de contener una menor proporción de cáscara de toronja. Este comportamiento sugiere que la concentración de compuestos fenólicos no dependió únicamente de la cantidad de cáscara incorporada, sino también del aporte fenólico de la hierba luisa y de la interacción entre los ingredientes durante la formulación de la infusión.

En este sentido, Peixoto et al. (2023) reportan que la hierba luisa (*Aloysia citrodora*) presenta una elevada concentración de compuestos fenólicos, los cuales contribuyen significativamente a sus propiedades funcionales. Por otra parte, Durmus et al. (2024) indican que el contenido fenólico de las cáscaras de cítricos puede variar en función de la especie, las condiciones de procesamiento y la eficiencia de extracción, por lo que una mayor cantidad de materia prima no necesariamente se traduce en una mayor concentración de compuestos bioactivos en el producto final.

Los resultados obtenidos permiten inferir que la combinación empleada en la formulación 728 favoreció la extracción y disponibilidad de compuestos fenólicos, obteniéndose una infusión con mayor potencial funcional que la formulación 351.

Capacidad antioxidante

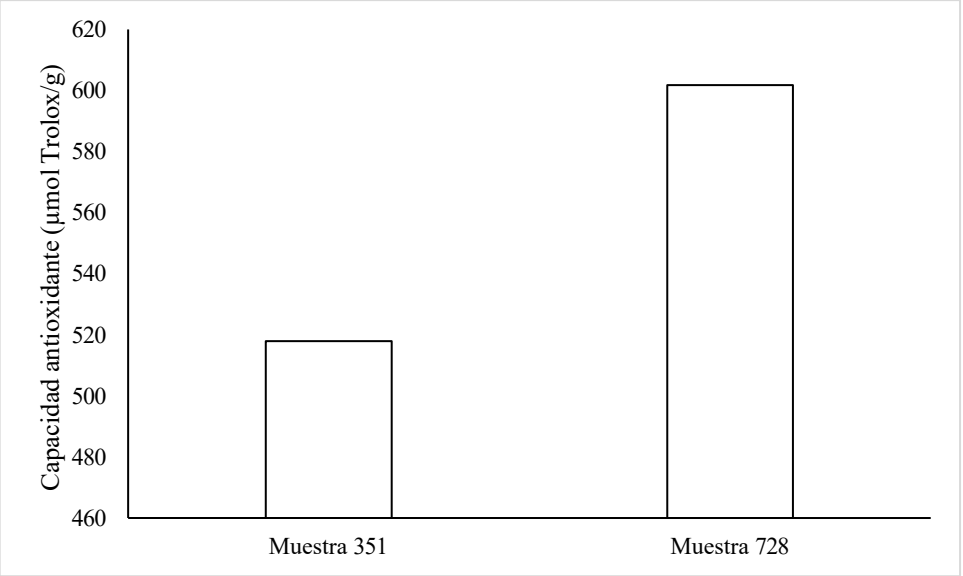
Resultado

La Ilustración 20 presenta la capacidad antioxidante de las formulaciones evaluadas mediante el método ABTS. La formulación 728 alcanzó un valor de 601,73 µmol Trolox/g, superior al registrado por la formulación 351, que presentó 517,90 µmol Trolox/g.

La diferencia entre ambas formulaciones fue de 83,83 µmol Trolox/g, lo que representa un incremento aproximado del 16,2 % en la formulación 728.

Ilustración 24

Capacidad antioxidante de las formulaciones de infusión a base de cáscara de toronja determinada mediante el método ABTS



Discusión

La capacidad antioxidante constituye uno de los principales indicadores de la funcionalidad de alimentos y bebidas de origen vegetal, ya que refleja la habilidad de sus compuestos bioactivos para neutralizar especies reactivas de oxígeno y disminuir el daño oxidativo. En las infusiones, esta propiedad se relaciona estrechamente con la

presencia de compuestos fenólicos, flavonoides y otros metabolitos secundarios con actividad antioxidante.

En el presente estudio, la formulación 728 presentó una mayor capacidad antioxidante que la formulación 351, resultado que coincidió con el mayor contenido de polifenoles determinado para esta formulación. Este comportamiento evidencia una relación directa entre ambas variables, indicando que el incremento de compuestos fenólicos favoreció el aumento de la actividad antioxidante de la infusión.

Singh et al. (2020) señalan que las cáscaras de cítricos poseen una elevada capacidad antioxidante debido a su riqueza en compuestos fenólicos y flavonoides, los cuales actúan como donadores de electrones e hidrógeno para estabilizar radicales libres. Asimismo, Durmus et al. (2024) destacan que los compuestos fenólicos presentes en las cáscaras de *Citrus paradisi* presentan importantes propiedades antioxidantes y pueden emplearse como ingredientes funcionales en el desarrollo de nuevos alimentos.

De manera complementaria, Peixoto et al. (2023) reportan que las infusiones de hierba luisa presentan una elevada actividad antioxidante asociada a su composición fenólica, lo que coincide con los resultados obtenidos en la presente investigación. En consecuencia, la formulación 728 no solo presentó mejores características funcionales, sino que también fue la formulación con mayor aceptación sensorial, demostrando que es posible desarrollar una infusión con propiedades bioactivas sin comprometer su aceptación por parte del consumidor.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La cáscara de toronja *Citrus × paradisi* presentó un elevado contenido inicial de humedad (77,51 %), así como una concentración importante de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante, confirmando que constituye un residuo agroindustrial con alto potencial para el desarrollo de ingredientes funcionales. Estos resultados respaldan su aprovechamiento como materia prima de valor agregado, contribuyendo a estrategias de sostenibilidad y economía circular.
- Las condiciones de deshidratación influyeron significativamente sobre las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la cáscara de toronja ($p < 0,05$). Aunque todos los tratamientos redujeron la humedad a valores inferiores al 7 %, el tratamiento T2 (50 °C y 3 m/s) permitió conservar en mayor proporción los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante, constituyéndose como la condición tecnológica más adecuada para obtener un ingrediente estable sin comprometer sus propiedades bioactivas.
- La incorporación de la cáscara de toronja deshidratada en las formulaciones de infusión demostró la viabilidad tecnológica de desarrollar una bebida funcional a partir de un subproducto agroindustrial. La combinación de toronja, hierbaluisa y stevia permitió obtener formulaciones con características sensoriales aceptables y un elevado contenido de compuestos antioxidantes, evidenciando que es posible transformar un residuo en un producto con potencial de aprovechamiento comercial.
- La formulación identificada con el código 728 presentó la mejor aceptación sensorial en los atributos de color, aroma, sabor, amargor, sabor residual y aceptabilidad global, además de registrar el mayor contenido de polifenoles totales (28,69 mg EAG/g) y la mayor capacidad antioxidante (601,73 µmol Trolox/g). Estos resultados demuestran que la preservación de los compuestos funcionales no afectó negativamente la aceptación del consumidor, sino que permitió obtener una infusión con adecuada calidad sensorial y alto valor funcional.

- En función de las diferencias estadísticas encontradas entre los tratamientos evaluados, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, confirmando que las condiciones de temperatura y velocidad del flujo de aire durante el proceso de deshidratación modifican significativamente las propiedades funcionales de la cáscara de toronja. En consecuencia, la investigación demuestra que la optimización del proceso de secado constituye un factor determinante para el desarrollo de infusiones funcionales obtenidas mediante la valorización de residuos agroindustriales.

5.2 Recomendaciones

- Evaluar otras temperaturas en el proceso de deshidratación para la elaboración de la infusión, que permitan conservar una mayor concentración de compuestos fenólicos y una elevada capacidad antioxidante, manteniendo al mismo tiempo un contenido de humedad inferior al 7 %.
- Realizar análisis complementarios de actividad de agua, calidad microbiológica, vida útil, estabilidad de los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante durante el almacenamiento, debido a que el contenido de humedad por sí solo no garantiza completamente la inocuidad ni la estabilidad del producto.
- Desarrollar estudios posteriores orientados a evaluar la factibilidad técnica, económica y comercial de la infusión, incluyendo costos de producción, diseño de envase, condiciones de almacenamiento, aceptación del mercado y cumplimiento de la normativa alimentaria vigente, con el propósito de determinar su posible escalamiento y comercialización.

REFERENCIAS

Aguilar, M., González, E., & Solís, M. U. (2025). Evaluación sensorial de cuatro tipos de infusiones, utilizando Flor de Jamaica (Hibiscos sabdariffa), combinadas con otras especias naturales. Revista Colegiada de Ciencia, 6(2), 94–103. https://doi.org/10.48204/J.COLEGIADA.V6N2.A7206

Ahmad, J., Khan, I., Blundell, R., Azzopardi, J., & Mahomoodally, M. F. (2020). Stevia rebaudiana Bertoni.: an updated review of its health benefits, industrial applications and safety. Trends in Food Science & Technology, 100, 177–189. https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2020.04.030

Albuja Villafuerte. (2023). UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL "Aprovechamiento de las cáscaras de la naranja y limón para la elaboración de.

Ángel Enríquez-Estrella, M., Sonia, §, Poveda-Díaz, E., & Alvarado-Huatatoca, G. I. (2023). Bioactivos de la hierba luisa utilizados en la industria. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 14(1), 1–11. https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V14I1.3249

Aumeeruddy, M. Z., & Mahomoodally, M. F. (2021). Traditional herbal medicines used in obesity management: A systematic review of ethnomedicinal surveys. Journal of Herbal Medicine, 28, 100435. https://doi.org/10.1016/J.HERMED.2021.100435

Babaoğlu, A. S., Ainiwaer, T., Özkan, H., & Karakaya, M. (2022). Grapefruit and pomelo peel extracts as natural antioxidants for improved storage stability of Turkey patties during refrigerated storage. Journal of Food Science and Technology 2022 59:10, 59(10), 4067–4074. https://doi.org/10.1007/S13197-022-05458-5

Befa, A., Gebre, A., & Bekele, T. (2020). Evaluation of Dried Stevia (Stevia rebaudiana bertoni) Leaf and its Infusion Nutritional Profile. Medicinal & Aromatic Plants, 9(6), 1–5. https://doi.org/10.35248/2167-0412.20.9.360

Carballido Elisenda. (2025, November 16). Variedades de pomelo – Botanical online. https://www.botanical-online.com/en/food/grapefruit-varieties

Carranza, J. D. C., Rodríguez, L. R. V., Palacios, C. A. C., & Rivadeneira, A. A. D. (2020). Bebida funcional a base de pitahaya (Hylocereus undatus) y extractos de hierba luisa (Cymbopogon citratus) y albahaca (Ocimum tenuiflorum). Rev. Téc. Fac. Ing. Univ. Zulia, 43(2), 90–95. https://doi.org/10.22209/rt.ve2020n2a13

Chaves, N., Santiago, A., & Alías, J. C. (2020). Quantification of the antioxidant activity of plant extracts: Analysis of sensitivity and hierarchization based on the method used. Antioxidants, 9(1), 76. https://doi.org/10.3390/antiox9010076

Cusenza, M. A., Longo, S., Cellura, M., Guarino, F., Messineo, A., Mistretta, M., & Volpe, M. (2021). Environmental assessment of a waste-to-energy practice: The pyrolysis of agro-industrial biomass residues. Sustainable Production and Consumption, 28, 866–876. https://doi.org/10.1016/J.SPC.2021.07.015

Czech, A., Malik, A., Sosnowska, B., & Domaradzki, P. (2021). Bioactive Substances, Heavy Metals, and Antioxidant Activity in Whole Fruit, Peel, and Pulp of Citrus Fruits. International Journal of Food Science, 2021, 6662259. https://doi.org/10.1155/2021/6662259

Deng, M., et al. (2024). Composition, structural, physicochemical and functional properties of dietary fiber from different tissue parts of Citrus grandis. LWT, 191, 115642. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002364382301160X

Dorado, C., Cameron, R. G., Manthey, J. A., & Ferguson, K. L. (2021). Analysis and potential value of compounds extracted from Star Ruby, Rio Red, and Ruby Red grapefruit processing residues. Frontiers in Nutrition, 8, 691663. https://doi.org/10.3389/fnut.2021.691663

Duggal, M., Singh, D. P., Singh, S., Khubber, S., Garg, M., & Krishania, M. (2024). Microwave-assisted acid extraction of high-methoxyl kinnow (Citrus reticulata) peels pectin: Process, techno-functionality, characterization and life cycle assessment. Food Chemistry: Molecular Sciences, 9, 100213. https://doi.org/10.1016/J.FOCHMS.2024.100213

Durmus, N., Gulsunoglu-Konuskan, Z., & Kilic-Akyilmaz, M. (2024a). Recovery, Bioactivity, and Utilization of Bioactive Phenolic Compounds in Citrus Peel. In Food Science and Nutrition (Vol. 12, Number 12, pp. 9974–9997). John Wiley and Sons Inc. https://doi.org/10.1002/fsn3.4570

EcoSiente. (2021). Toronja. https://www.ecosiente.com/toronja

Frosi, I., Balduzzi, A., Moretto, G., Colombo, R., & Papetti, A. (2023). Towards Valorization of Food-Waste-Derived Pectin: Recent Advances on Their Characterization and Application. In Molecules (Vol. 28, Number 17). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/molecules28176390

Gámez Jarreño, R. (2023, 14 de septiembre). Para qué sirve la hierbaluisa: propiedades y beneficios. EL PAÍS. https://elpais.com/escaparate/estilo-de-vida/2023-09-14/para-que-sirve-la-hierbaluisa.html

García Saavedra, E., Quispe, P., Flores, M. M., Leandro Laguna, C., Moreno, E., Camborda Palacios, G., Saavedra, E. G., Quispe, D. P., Laguna, C. L., Errol, C., & Ríos, M. (2025). Caracterización fisicoquímica y fitoquímica de la harina de cáscara de naranja (Citrus sinensis) variedad Valencia. Industrial Data, 28(1), 241–263. https://doi.org/10.15381/IDATA.V28I1.27801

Hazra, S., et al. (2024). Analysis of the influence of different drying processes on physicochemical and bioactive properties of orange peel. Journal of Agriculture

and Food Research. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878818124004134

Hidar, N., Ouhammou, M., Mghazli, S., Idlimam, A., Hajjaj, A., Bouchdoug, M., Jaouad, A., & Mahrouz, M. (2020). The impact of solar convective drying on kinetics, bioactive compounds and microstructure of stevia leaves. Renewable Energy, 161, 1176–1183. https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2020.07.124

Jaumbocus, W. B., et al. (2024). Novel infusions from underutilized exotic fruits: Physicochemical and sensory characterization. Journal of Agriculture and Food Research. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878450X24001471

Ko, H. C., Jang, M. G., Oh, J. M., Park, J. Y., Kim, J. E., Kim, J. W., Baek, S., Han, S. H., & Kim, S. J. (2020). Changes in chemical composition and antioxidant activity of dried Citrus unshiu peel after roasting. LWT, 131, 109612. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2020.109612

Kuc, J., Moreno, M. T., Miguel, J., & Mellado, R. (2022). Spectrophotometric and Electrochemical Assessment of the Antioxidant Capacity of Aqueous and Ethanolic Extracts of Citrus Flavedos. Oxygen 2022, Vol. 2, Pages 99-108, 2(2), 99–108. https://doi.org/10.3390/OXYGEN2020009

Kumar, D., et al. (2022). Impact of drying methods on natural antioxidants, phenols and antioxidant activity of citrus peel. Scientific Reports, 12. https://doi.org/10.1038/s41598-022-10661-7

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. (s. f.). Laboratorio de análisis sensorial. Recuperado el 3 de febrero de 2026, de https://www.incap.int/index.php/es/lab-asensorial

Lai, C., Liang, Y., Zhang, L., Huang, J., Kaliaperumal, K., Jiang, Y., & Zhang, J. (2022). Variations of Bioactive Phytochemicals and Antioxidant Capacity of Navel Orange Peel in Response to Different Drying Methods. Antioxidants, 11(8), 1543. https://doi.org/10.3390/ANTIOX11081543/S1

Lee, G. J., Lee, S. Y., Kang, N. G., & Jin, M. H. (2022). A multi-faceted comparison of phytochemicals in seven citrus peels and improvement of chemical composition and antioxidant activity by steaming. LWT, 160, 113297. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2022.113297

Lemus-Mondaca, R., Zura-Bravo, L., Ah-Hen, K., & Di Scala, K. (2021). Effect of drying methods on drying kinetics, energy features, thermophysical and microstructural properties of Stevia rebaudiana leaves. Journal of the Science of Food and Agriculture, 101(15), 6484–6495. https://doi.org/10.1002/JSFA.11320;REQUESTEDJOURNAL:JOURNAL:10970010;WGROUP:STRING:PUBLICATION

Louzada, E. S., Ramadugu, C., Louzada, E. S., & Ramadugu, C. (2021). Grapefruit: History, Use, and Breeding. HortTechnology, 31(3), 243–258. https://doi.org/10.21273/HORTTECH04679-20

Molole, G. J., Gure, A., & Abdissa, N. (2022). Determination of total phenolic content and antioxidant activity of Commiphora mollis resin. Chemistry Central Journal, 16. https://doi.org/10.1186/s13065-022-00841-x

Negrea, M., Cocan, I., Jianu, C., Alexa, E., Berbecea, A., Poiana, M. A., & Silivasan, M. (2025). Valorization of citrus peel byproducts: A sustainable approach to nutrient-rich jam production. Foods, 14(8), 1339. https://doi.org/10.3390/foods14081339

Olmedo-Galarza, V., Pinto-Mosquera, N., Pineda-Flores, H., & Manosalvas-Quiroz, L. (2025). Citrus Waste Valorization: Unconventional Pathways for Sustainable Biomaterials and Bioactive Products. Sustainability 2025, Vol. 17, Page 10887, 17(24), 10887. https://doi.org/10.3390/SU172410887

Ordoñez, E., López, A., & Reátegui, ; Darlym. (2020). Infusiones de plantas medicinales: Actividad antioxidante y fenoles totales. Agroindustrial Science, 10(3), 259–266. https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2020.03.06

Özcan, M. M., Ghafoor, K., Al Juhaimi, F., Uslu, N., Babiker, E. E., Mohamed Ahmed, I. A., & Almusallam, I. A. (2020). Influence of drying techniques on bioactive properties, phenolic compounds and fatty acid compositions of dried lemon and orange peel powders. Journal of Food Science and Technology 2020 58:1, 58(1), 147–158. https://doi.org/10.1007/S13197-020-04524-0

Parlamento Europeo. (2023, May 24). Economía circular: definición, importancia y beneficios | Temas | Parlamento Europeo. https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios

Patin, B. , & & Patin, J. (2023). UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE.

Peixoto, J. A. B., Álvarez-Rivera, G., Costa, A. S. G., Machado, S., Cifuentes, A., Ibáñez, E., Oliveira, M. B. P. P., & Alves, R. C. (2023). Contribution of Phenolics and Free Amino Acids on the Antioxidant Profile of Commercial Lemon Verbena Infusions. Antioxidants 2023, Vol. 12, Page 251, 12(2), 251. https://doi.org/10.3390/ANTIOX12020251

Putnik, P., Bezuk, I., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Polunić, I., & Kovačević Bursać, D. (2020). Sugar reduction: Stevia rebaudiana Bertoni as a natural sweetener. Agri-Food Industry Strategies for Healthy Diets and Sustainability: New Challenges in Nutrition and Public Health, 123–152. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817226-1.00005-9

Qin, X., et al. (2023). Comparative analysis of dietary fibers from grapefruit peel obtained by different treatments. Food Bioscience. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212429223008143

Reyes Jaydee. (2024, December 21). ¿Qué es la sostenibilidad empresarial? Genchi Genbutsu I SafetyCulture. https://safetyculture.com/es/temas/sostenibilidad-empresarial

Saini, R. K., Ranjit, A., Sharma, K., Prasad, P., Shang, X., Gowda, K. G. M., & Keum, Y. S. (2022). Bioactive Compounds of Citrus Fruits: A Review of Composition and Health Benefits of Carotenoids, Flavonoids, Limonoids, and Terpenes. In Antioxidants (Vol. 11, Number 2). MDPI. https://doi.org/10.3390/antiox11020239

Šelo, G., Planinić, M., Tišma, M., Tomas, S., Koceva Komlenić, D., & Bucić-Kojić, A. (2021). A Comprehensive Review on Valorization of Agro-Food Industrial Residues by Solid-State Fermentation. Foods 2021, Vol. 10, Page 927, 10(5), 927. https://doi.org/10.3390/FOODS10050927

Shu, B., Wu, G., Wang, Z., Wang, J., Huang, F., Dong, L., Zhang, R., Wang, Y., & Su, D. (2020). The effect of microwave vacuum drying process on citrus: drying kinetics, physicochemical composition and antioxidant activity of dried citrus (Citrus reticulata Blanco) peel. Journal of Food Measurement & Characterization, 14(5), 2443–2452. https://doi.org/10.1007/S11694-020-00492-3

Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A., & Singh, N. (2020a). Phenolic composition, antioxidant potential and health benefits of citrus peel. Food Research International, 132, 109114. https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2020.109114

Suleria, H. A. R., Barrow, C. J., & Dunshea, F. R. (2020). Screening and Characterization of Phenolic Compounds and Their Antioxidant Capacity in Different Fruit Peels. Foods 2020, Vol. 9, Page 1206, 9(9), 1206. https://doi.org/10.3390/FOODS9091206

Suri, S., Singh, A., & Nema, P. K. (2021a). Recent advances in valorization of citrus fruits processing waste: a way forward towards environmental sustainability. Food Science and Biotechnology, 30(13), 1601. https://doi.org/10.1007/S10068-021-00984-Y

UNICEF. (2025, February 25). Sostenibilidad: qué es, objetivos y planes | UNICEF. https://www.unicef.es/blog/sostenibilidad/sostenibilidad-que-es-objetivos-planes

Universidad Europea. (2024, April 18). ¿Qué es la sostenibilidad ambiental? | UE Ecuador. https://ecuador.universidadeuropea.com/blog/sostenibilidad-ambiental/

Universitat Carlemany. (2023, June 14). Sostenibilidad social: qué es, características y ejemplos | Universitat Carlemany. https://www.universitatcarlemany.com/actualidad/blog/sostenibilidad-social-que-es

Velasco López. (2023). UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR.

Yu, X., Chen, X., Li, Y., & Li, L. (2022). Effect of Drying Methods on Volatile Compounds of Citrus reticulata Ponkan and Chachi Peels as Characterized by GC-MS and GC-IMS. Foods, 11(17), 2662. https://doi.org/10.3390/FOODS11172662/S1

Zhang, Z., Zhao, Y., Chen, X., Li, W., Li, W., Du, J., & Wang, L. (2022). Effects of Cinnamon Essential Oil on Oxidative Damage and Outer Membrane Protein Genes of Salmonella enteritidis Cells. Foods, 11(15), 2234. https://doi.org/10.3390/FOODS11152234/S1

ANEXOS

Anexo 1

Análisis de la varianza de pH en cáscara de toronja deshidratada.

FV	SC	gl	CM	Fcal	P
Total	0,28	17			
Tratamiento	0,16	5	0,03	3,48	0,0355
Error	0,11	12	0,01		

Anexo 2

Análisis de la varianza del contenido de humedad en cáscara de toronja deshidratada.

FV	SC	gl	CM	Fcal	P
Total	9,60	17			
Tratamiento	7,36	5	1,47	7,87	0,0017
Error	2,24	12	0,19		

Anexo 3

Análisis de la varianza de contenido de fenoles totales en cáscara de toronja deshidratada.

FV	SC	gl	CM	Fcal	P
Total	223,20	17			
Tratamiento	210,50	5	42,10	39,78	<0,0001
Error	12,70	12	1,06		

Anexo 4

Análisis de la varianza de la capacidad antioxidante en cáscara de toronja deshidratada.

FV	SC	gl	CM	Fcal	P
Total	14064,17	17			
Tratamiento	13965,40	5	2793,08	339,34	<0,0001
Error	98,77	12	8,23		

Anexo 5

Ficha técnica de Stevia

EXPROALIM	FICHA TÉCNICA DE MATERIA PRIMA	Código: CC02-R01
		Versión: 01
	STEVIA	Aprobación: 06 – enero - 2025
		Página: 01

1. INFORMACIÓN DEL PROVEEDOR	
Razón Social:	EXPROALIM
Dirección:	Manuela Espejo 5-48 y Teresa de Jesús Cepeda
Teléfono:	0997785745 – 0991242171

2. INFORMACIÓN DEL PRODUCTO	
Nombre:	STEVIA
Nombre Científico:	Stevia rebaudiana Bertoni
Origen:	Colombia
Parte utilizada de la planta	Hojas
Composición cualitativa:	Producto en hojas; no contiene preservantes, colorantes ni saborizantes
Vida útil:	24 meses, respetando las condiciones de almacenamiento
Norma reguladora:	NTE INEN 2 392:2007 (referencial)

3. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO
Son hojas sanas, limpias y desecadas de intenso sabor y aroma, es un edulcorante que no aporta calorías, por ello, no afecta los niveles de azúcar en la sangre o de insulina, siendo un producto seguro para las personas con diabetes.

4. CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO 4.1 ORGANOLÉPTICAS	
Color:	Verde, debido a la naturaleza del producto el color puede presentar variaciones de acuerdo a las condiciones climáticas o de cosecha.
Olor:	Aromático
Sabor:	Dulce. Exento de sabores atípicos
Textura:	Granulo fino
Impurezas:	Únicamente tallos propios del producto. Exento de materias extrañas

4.2 FÍSICO - QUÍMICO NORMA REGULADORA: NTE INEN 2 392:2007			
REQUISITO	**UNIDAD**	**Máximo**	**MÉTODO DE ENSAYO**
Humedad	% Máximo	12,0	NTE INEN 1114
Cenizas insolubles en HCl al 10%	% m/m Máximo	2,0	NTE INEN 1118

4.3 MICROBIOLÓGICAS NORMA REGULADORA: NTE INEN 2 392:2007			
REQUISITO	**UNIDAD**	**Máximo**	**MÉTODO DE ENSAYO**
Aerobios totales	ufc/g	1 x 10 7	NTE INEN 1529-5
Escherichia coli	ufc/g	1 x 10	NTE INEN 1529-7
Enterobacteriaceas	ufc/g	1 x 10^3	NTE INEN 1529-13
Mohos y levaduras	upc/g	1 x 10 4	NTE INEN 1529-10
Clostridium	ufc/g	ausencia	NTE INEN 1529-18
Salmonella	EN 1 g	ausencia	NTE INEN 1529-15
Shigella	EN 1 g	ausencia	NTE INEN 1529-16

Anexo 6

Ficha técnica de Stevia parte 2.

EXPROALIM	FICHA TÉCNICA DE MATERIA PRIMA	Código: CC02-R01
		Versión: 01
	STEVIA	Aprobación: 06 – enero - 2025
		Página: 01

4.4 LÍMITES MÁXIMOS DE CONTAMINANTES	
NORMA REGULADORA: NTE INEN 2 392:2007	
REQUISITO	**LÍMITE MÁXIMO mg/kg**
Arsénico, As	1,0
Plomo, Pb	0,5

5. CONDICIONES DE EMPAQUE, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO	
Empaque primario:	Funda transparente de polietileno
Empaque secundario:	Saco tejido de polipropileno o caja de cartón, depende de la cantidad requerida
Presentación:	1 a 25 kilogramos, dependiendo del requerimiento del cliente
Transporte:	Transportar en condiciones que impidan la contaminación cruzada con agentes exógenos al producto; evitando polvo, humedad.
Almacenamiento:	Almacenar en empaques que sean resistentes a roturas y otros daños que puedan ocasionar escapes. Apilar sobre estibas en bodegas frescas con un ambiente seco de fácil acceso y limpieza. El almacenamiento se debe realizar a una temperatura promedio y el producto no debe ser expuesto a la luz directa. Se debe prevenir el acceso de insectos y roedores.

6. DECLARACIÓN DE ALÉRGENOS
Bodega alérgena, éste producto está almacenado en una planta que hace uso de materias primas como apio, trigo, maní, nueces y mostaza

EXPROALIM
Ing Estefanía Alvarez
ESPECIAS • CONDIMENTOS • FRUTOS SECOS

Anexo 7

Análisis sensorial en la Universidad Técnica del Norte



Anexo 8

Análisis sensorial en la Unidad Educativa Fiscomisional "Juan Pablo II".



Anexo 9

Procedimiento de molienda de la cáscara de toronja deshidratada.



Anexo 10

Laboratorio INIAP capacidad antioxidante y fenoles totales en cáscara de toronja fresca y deshidratada

INIAP	ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS Panamericana Sur Km. 1. CutuglaguaTlfs. 2690691-3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340	LSAIA/DNC/EESC	MC-LSAIA-2201 Rev. 10

INFORME DE ENSAYO N°: 26-0057

**NOMBRE DEL PETICIONARIO:	Srta. JOSELIN CABRERA	**INSTITUCION:	PARTICULAR
**DIRECCIÓN:	LORETO / ORELLANA	**ATENCION:	Srta. JOSELIN CABRERA
FECHA DE EMISIÓN:	2026-05-12	FECHA DE RECEPCIÓN:	2026-05-05
FECHA DE ANÁLISIS:	Del 05 al 12 de mayo del 2026	HORA DE RECEPCIÓN:	8:55
ANÁLISIS SOLICITADOS	Capacidad Antioxidante (ABTS) Polifenoles		

RESULTADO DE ANÁLISIS

ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
HUMEDAD	Cáscara deshidratada 50°C-1m/s T1 R1	26-0535	MO-LSAIA-01.01	**U. FLORIDA 1970**	5,70	%
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Ω	Cáscara deshidratada 50°C-1m/s T1 R1	26-0535	-	ABTS	304,19	µmol Trolox/ g
POLIFENOLES Ω	Cáscara deshidratada 50°C-1m/s T1 R1	26-0535	MO-LSAIA-15	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	27,22	mg Ac. Gálico/g
HUMEDAD	Cáscara deshidratada 50°C-1m/s T1 R2	26-0536	MO-LSAIA-01.01	**U. FLORIDA 1970**	6,17	%
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Ω	Cáscara deshidratada 50°C-1m/s T1 R2	26-0536	-	ABTS	302,52	µmol Trolox/ g
POLIFENOLES Ω	Cáscara deshidratada 50°C-1m/s T1 R2	26-0536	MO-LSAIA-15	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	28,72	mg Ac. Gálico/g
HUMEDAD	Cáscara deshidratada 50°C-1m/s T1 R3	26-0537	MO-LSAIA-01.01	**U. FLORIDA 1970**	5,63	%
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Ω	Cáscara deshidratada 50°C-1m/s T1 R3	26-0537	-	ABTS	297,41	µmol Trolox/ g
POLIFENOLES Ω	Cáscara deshidratada 50°C-1m/s T1 R3	26-0537	MO-LSAIA-15	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	26,96	mg Ac. Gálico/g
HUMEDAD	Cáscara deshidratada 50°C-3m/s T2 R1	26-0538	MO-LSAIA-01.01	**U. FLORIDA 1970**	6,17	%
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Ω	Cáscara deshidratada 50°C-3m/s T2 R1	26-0538	-	ABTS	370,93	µmol Trolox/ g
POLIFENOLES Ω	Cáscara deshidratada 50°C-3m/s T2 R1	26-0538	MO-LSAIA-15	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	34,65	mg Ac. Gálico/g
HUMEDAD	Cáscara deshidratada 50°C-3m/s T2 R2	26-0539	MO-LSAIA-01.01	**U. FLORIDA 1970**	6,94	%
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Ω	Cáscara deshidratada 50°C-3m/s T2 R2	26-0539	-	ABTS	374,49	µmol Trolox/ g
POLIFENOLES Ω	Cáscara deshidratada 50°C-3m/s T2 R2	26-0539	MO-LSAIA-15	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	36,22	mg Ac. Gálico/g
HUMEDAD	Cáscara deshidratada 50°C-3m/s T2 R3	26-0540	MO-LSAIA-01.01	**U. FLORIDA 1970**	5,88	%
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Ω	Cáscara deshidratada 50°C-3m/s T2 R3	26-0540	-	ABTS	373,42	µmol Trolox/ g
POLIFENOLES Ω	Cáscara deshidratada 50°C-3m/s T2 R3	26-0540	MO-LSAIA-15	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	35,25	mg Ac. Gálico/g
HUMEDAD	Cáscara deshidratada 50°C-5m/s T3 R1	26-0541	MO-LSAIA-01.01	**U. FLORIDA 1970**	5,90	%
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Ω	Cáscara deshidratada 50°C-5m/s T3 R1	26-0541	-	ABTS	327,73	µmol Trolox/ g
POLIFENOLES Ω	Cáscara deshidratada 50°C-5m/s T3 R1	26-0541	MO-LSAIA-15	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	31,71	mg Ac. Gálico/g

ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
HUMEDAD	Cáscara deshidratada 50°C-5m/s T3 R2	26-0542	MO-LSAIA-01.01	**U. FLORIDA 1970**	6,25	%
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Ω	Cáscara deshidratada 50°C-5m/s T3 R2	26-0542	-	ABTS	326,05	µmol Trolox/ g
POLIFENOLES Ω	Cáscara deshidratada 50°C-5m/s T3 R2	26-0542	MO-LSAIA-15	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	31,55	mg Ac. Gálico/g
HUMEDAD	Cáscara deshidratada 50°C-5m/s T3 R3	26-0543	MO-LSAIA-01.01	**U. FLORIDA 1970**	6,26	%
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Ω	Cáscara deshidratada 50°C-5m/s T3 R3	26-0543	-	ABTS	325,28	µmol Trolox/ g
POLIFENOLES Ω	Cáscara deshidratada 50°C-5m/s T3 R3	26-0543	MO-LSAIA-15	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	33,64	mg Ac. Gálico/g
HUMEDAD	Cáscara deshidratada 65°C-1m/s T4 R1	26-0544	MO-LSAIA-01.01	**U. FLORIDA 1970**	4,98	%
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Ω	Cáscara deshidratada 65°C-1m/s T4 R1	26-0544	-	ABTS	290,53	µmol Trolox/ g
POLIFENOLES Ω	Cáscara deshidratada 65°C-1m/s T4 R1	26-0544	MO-LSAIA-15	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	27,43	mg Ac. Gálico/g
HUMEDAD	Cáscara deshidratada 65°C-1m/s T4 R2	26-0545	MO-LSAIA-01.01	**U. FLORIDA 1970**	5,07	%
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Ω	Cáscara deshidratada 65°C-1m/s T4 R2	26-0545	-	ABTS	292,16	µmol Trolox/ g
POLIFENOLES Ω	Cáscara deshidratada 65°C-1m/s T4 R2	26-0545	MO-LSAIA-15	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	24,00	mg Ac. Gálico/g
HUMEDAD	Cáscara deshidratada 65°C-1m/s T4 R3	26-0546	MO-LSAIA-01.01	**U. FLORIDA 1970**	5,26	%
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Ω	Cáscara deshidratada 65°C-1m/s T4 R3	26-0546	-	ABTS	291,62	µmol Trolox/ g
POLIFENOLES Ω	Cáscara deshidratada 65°C-1m/s T4 R3	26-0546	MO-LSAIA-15	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	25,07	mg Ac. Gálico/g
HUMEDAD	Cáscara deshidratada 65°C-3m/s T5 R1	26-0547	MO-LSAIA-01.01	**U. FLORIDA 1970**	5,30	%
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Ω	Cáscara deshidratada 65°C-3m/s T5 R1	26-0547	-	ABTS	323,39	µmol Trolox/ g
POLIFENOLES Ω	Cáscara deshidratada 65°C-3m/s T5 R1	26-0547	MO-LSAIA-15	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	31,57	mg Ac. Gálico/g
HUMEDAD	Cáscara deshidratada 65°C-3m/s T5 R2	26-0548	MO-LSAIA-01.01	**U. FLORIDA 1970**	4,07	%
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Ω	Cáscara deshidratada 65°C-3m/s T5 R2	26-0548	-	ABTS	316,90	µmol Trolox/ g
POLIFENOLES Ω	Cáscara deshidratada 65°C-3m/s T5 R2	26-0548	MO-LSAIA-15	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	31,12	mg Ac. Gálico/g
HUMEDAD	Cáscara deshidratada 65°C-3m/s T5 R3	26-0549	MO-LSAIA-01.01	**U. FLORIDA 1970**	5,54	%
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Ω	Cáscara deshidratada 65°C-3m/s T5 R3	26-0549	-	ABTS	327,31	µmol Trolox/ g
POLIFENOLES Ω	Cáscara deshidratada 65°C-3m/s T5 R3	26-0549	MO-LSAIA-15	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	31,24	mg Ac. Gálico/g
HUMEDAD	Cáscara deshidratada 65°C-5m/s T6 R1	26-0550	MO-LSAIA-01.01	**U. FLORIDA 1970**	4,41	%
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Ω	Cáscara deshidratada 65°C-5m/s T6 R1	26-0550	-	ABTS	295,13	µmol Trolox/ g
POLIFENOLES Ω	Cáscara deshidratada 65°C-5m/s T6 R1	26-0550	MO-LSAIA-15	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	26,86	mg Ac. Gálico/g

ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
HUMEDAD	Cáscara deshidratada 65°C-5m/s T6 R2	26-0551	MO-LSAIA-01.01	**U. FLORIDA 1970**	4,85	%
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Ω	Cáscara deshidratada 65°C-5m/s T6 R2	26-0551	-	ABTS	295,58	µmol Trolox/ g
POLIFENOLES Ω	Cáscara deshidratada 65°C-5m/s T6 R2	26-0551	MO-LSAIA-15	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	26,64	mg Ac. Gálico/g
HUMEDAD	Cáscara deshidratada 65°C-5m/s T6 R3	26-0552	MO-LSAIA-01.01	**U. FLORIDA 1970**	4,54	%
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Ω	Cáscara deshidratada 65°C-5m/s T6 R3	26-0552	-	ABTS	292,06	µmol Trolox/ g
POLIFENOLES Ω	Cáscara deshidratada 65°C-5m/s T6 R3	26-0552	MO-LSAIA-15	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	27,73	mg Ac. Gálico/g
HUMEDAD	Cáscara fresca de toronja	26-0553	MO-LSAIA-01.01	**U. FLORIDA 1970**	77,51	%
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Ω	Cáscara fresca de toronja	26-0553	-	ABTS	355,89	µmol Trolox/ g
POLIFENOLES Ω	Cáscara fresca de toronja	26-0553	MO-LSAIA-15	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	40,13	mg Ac. Gálico/g

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente. La toma de muestra no es responsabilidad del laboratorio, le corresponde al cliente. Los ensayos marcados con (Ω) se reportan en base seca. Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados solo están relacionados con la muestra sometida a ensayo que se detalla en éste documento tal como se recibió. El laboratorio se responsabiliza de toda la información suministrada en el informe, excepto cuando la información la suministre el cliente. NOTA DE DESCARGO: Si el lector de este correo electrónico no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. De igual manera, la información entregada por el cliente, generada durante las actividades del laboratorio e información contenida en éste informe es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por éste. Los datos marcados con ** son suministrados por cliente, el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

	RESPONSABLES DEL INFORME
Nombre	PhD. Iván Samaniego. MSc.
Cargo	RESPONSABLE DNC
Firma	IVAN RODRIGO SAMANIEGO MAIGUA
Fecha	12/05/2026

Anexo 11

Laboratorio INIAP análisis de capacidad antioxidante y fenoles totales en el producto final

INIAP

ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD
LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS
Panamericana Sur Km. 1. CutuglaguaTlfs. 2690691.3007134. Fax 3007134
Casilla postal 17-01-340

LSAIA/DNC/EESC

MC-LSAIA-2201
Rev. 10

INFORME DE ENSAYO N°: 26-0085

**NOMBRE DEL PETICIONARIO:	Srta. JOSELIN CABRERA	**INSTITUCION:	PARTICULAR
**DIRECCIÓN:	LORETO / ORELLANA	**ATENCION:	Srta. JOSELIN CABRERA
FECHA DE EMISIÓN:	16/06/2026	FECHA DE RECEPCIÓN:	2026-06-11
FECHA DE ANÁLISIS:	Del 11 al 16 de junio del 2026	HORA DE RECEPCIÓN:	16:28
ANÁLISIS SOLICITADOS	Capacidad Antioxidante (ABTS) Polifenoles		

RESULTADO DE ANÁLISIS

ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
HUMEDAD	Muestra 351 C1	26-0700	MO-LSAIA-01.01	**U. FLORIDA 1970**	9,61	%
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Ω	Muestra 351 C1	26-0700	-	ABTS	517,90	µmol Trolox/ g
POLIFENOLES Ω	Muestra 351 C1	26-0700	MO-LSAIA-15	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	24,89	mg Ac. Gálico/g
HUMEDAD	Muestra 728 C2	26-0701	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	9,63	%
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Ω	Muestra 728 C2	26-0701	-	ABTS	601,73	µmol Trolox/ g
POLIFENOLES Ω	Muestra 728 C2	26-0701	MO-LSAIA-15	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	28,69	mg Ac. Gálico/g

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente. La toma de muestra no es responsabilidad del laboratorio, le corresponde al cliente. Los ensayos marcados con (Ω) se reportan en base seca. Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados solo están relacionados con la muestra sometida a ensayo que se detalla en éste documento tal como se recibió. El laboratorio se responsabiliza de toda la información suministrada en el informe, excepto cuando la información la suministre el cliente. NOTA DE DESCARGO: Si el lector de este correo electrónico no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. De igual manera, la información entregada por el cliente, generada durante las actividades del laboratorio e información contenida en éste informe es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por éste. los datos marcados con ** son suministrados por cliente, el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

	RESPONSABLES DEL INFORME
Nombre	PhD. Iván Samaniego. MSc.
Cargo	RESPONSABLE DNC
Firma	IVAN RODRIGO SAMANIEGO MAIGUA — Firmado digitalmente por IVAN RODRIGO SAMANIEGO MAIGUA Fecha: 2026.06.16 13:05:21 -05'00'
Fecha	2026-06-16