

Proceso de desamargado del albedo de toronja (*Citrus × paradisi*) para uso en la industria alimentaria*

Grapefruit (*Citrus × paradisi*) albedo debittering process for use in food industry

Jorge Ruperto Velásquez-Rivera¹, Raúl Díaz-Torres²

* Recepción: 2 de diciembre, 2025. Aceptación: 20 de marzo, 2026. Este trabajo formó parte del proyecto “Obtención de harina de albedo de toronja como fuente de fibra para jamón de pato”, financiado por la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador.

¹ Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. jorge.velasquez02@cu.ucsg.edu.ec (autor para correspondencia; <https://orcid.org/0000-0002-3500-8403>).

² Universidad de la Habana. La Habana, Cuba. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. rauldiaztor@yahoo.com (<https://orcid.org/0000-0001-9023-4481>).

Resumen

Introducción. El albedo de toronja es un residuo de la industria cítrica que contiene compuestos bioactivos con potencial de aprovechamiento para el desarrollo de alimentos. No obstante, requiere procedimientos para reducir su amargor. **Objetivo.** Seleccionar un método fisicoquímico de desamargado del albedo de toronja mediante la evaluación de su efecto sobre las propiedades fisicoquímicas (porcentaje de humedad, contenido de sólidos solubles y cenizas, pH y acidez valorable) y sensoriales (amargor). **Materiales y métodos.** El estudio se llevó a cabo en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador, entre agosto de 2022 y julio de 2023. Para obtener los albedos, se procesaron toronjas (*Citrus × paradisi* L., variedad blanca) adquiridas en el mercado local. Para el desamargado, se aplicaron once tratamientos combinando inmersión en agua o disolución salina (1,5 % de cloruro de sodio), temperaturas (65, 95, 100 o 121 °C) y tiempos (10 o 20 min), con o sin ajuste previo del pH a 7 mediante la adición de NaOH. La eficiencia del desamargado se evaluó a través de análisis sensoriales (mediante la media y el porcentaje de respuestas satisfactorias) y fisicoquímicos (porcentaje de humedad, contenido de cenizas, pH, contenido de sólidos solubles y acidez valorable). **Resultados.** Se identificaron tres tratamientos que cumplieron los parámetros sensoriales establecidos (media inferior a 4 y porcentaje de respuestas satisfactorias superior a 60 %) y se comprobó que el resultado dependió de la combinación entre temperatura y tiempo. El pretratamiento con ajuste de pH no influyó positivamente en los resultados sensoriales. **Conclusiones.** El tratamiento a 121 °C durante 10 min, seguido de un lavado con agua a temperatura ambiente, resultó ser el método más efectivo para lograr el desamargado del albedo de toronja.

Palabras clave: evaluación sensorial, tratamiento térmico, tratamiento postcosecha, valorización de subproductos.

Abstract

Introduction. Grapefruit albedo is a citrus industry byproduct containing bioactive compounds that can be used in food development; however, it requires procedures to reduce bitterness. **Objective.** To select a physicochemical method for debittering grapefruit albedo by evaluating its effect on physicochemical properties (moisture content,



Agronomía Mesoamericana es desarrollada en la Universidad de Costa Rica bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escriba a pccmca@ucr.ac.cr o pccmca@gmail.com

soluble solids content, ash content, pH, and titratable acidity) and sensory properties (bitterness). **Materials and methods.** The study was conducted at the Catholic University of Santiago de Guayaquil, Ecuador, between August 2022 and July 2023. Grapefruits (*Citrus × paradisi* L., white variety) from the local market were processed to obtain the albedos. Eleven debittering treatments were performed, combining immersion in water or saline solution (1.5 % NaCl), temperatures (65, 95, 100, or 121 °C), and times (10 or 20 min), with or without prior pH adjustment to 7 by adding NaOH. Debittering efficiency was evaluated through sensory analysis (using the mean and percentage of satisfactory responses) and physicochemical analysis (moisture content, ash content, pH, soluble solids content, and titratable acidity). **Results.** Three treatments were identified that met the established sensory parameters (mean lower than 4 and percentage of satisfactory responses greater than 60 %), and it was found that the result depended on the combination of temperature and time. The pH adjustment pretreatment did not positively influence the sensory results. **Conclusions.** The treatment at 121 °C for 10 min, followed by washing with water at room temperature, proved to be the most effective method for achieving grapefruit albedo debittering.

Keywords: sensory evaluation, thermal process, postharvest treatment, waste valorization.

Introducción

La industria citrícola genera grandes cantidades de subproductos que contribuyen a la contaminación ambiental (Zannini et al., 2021). Estos residuos cítricos son una fuente de sustancias fitoquímicas, principalmente flavonoides diglicosilados, con efectos positivos para la salud (Zapata et al., 2024). Las propiedades farmacológicas de los subproductos cítricos han sido reconocidas en la medicina tradicional, y estudios recientes corroboran su potencial como fuentes de compuestos bioactivos naturales con propiedades antioxidantes, antidiabéticas y antimicrobianas, así como su posible incorporación en alimentos funcionales (Batoöl, 2023).

Las frutas cítricas están compuestas por la cáscara (flavedo y albedo), pulpa y semillas (Ben Hsouna et al., 2023). La pulpa representa alrededor del 71 % del peso total del fruto; el flavedo o cáscara exterior, de color amarillo o naranja en muchas especies, representa alrededor del 10 %; el albedo, que es la cáscara interior blanca y esponjosa, corresponde a un aproximado del 17 %, y las semillas, alrededor del 2 % (Zhang et al., 2023). Estos valores y la composición de cada fracción dependen de la especie. No obstante, los subproductos generados durante la obtención de jugo son altamente fermentables y, cuando se desechan, representan un riesgo para el ambiente (Velásquez-Rivera & Díaz-Torres, 2024).

Los subproductos del procesamiento de la toronja (*Citrus × paradisi*) son ricos en compuestos de alto valor, como fibra dietética, polifenoles, pectina y aceites esenciales, por lo que se consideran valiosos para la industria alimentaria y otros sectores (Chaudhary & Singh, 2024). Tradicionalmente, el albedo se ha utilizado como fuente de fibra dietética en varios alimentos funcionales como productos de panadería, bebidas, productos cárnicos y pesqueros, debido a su contenido de sustancias antioxidantes (Pichaiyongvongdee & Rattanapun, 2015). Sin embargo, tanto la cáscara como el albedo suelen desecharse sin uso adicional, por lo que se recomienda su aprovechamiento mediante aplicaciones de valor agregado (Nieto et al., 2021).

El uso de la fibra proveniente del albedo está limitado por la presencia de componentes como flavonoides o limonoides que pueden introducir un sabor amargo (Zarate-Vilet et al., 2022). Los limonoides, conocidos por impartir amargor a las frutas cítricas, están presentes en diferentes cantidades en el albedo y los subproductos de los cítricos según las especies y variedades (Ellouze, 2022). Por su parte, los polifenoles, percibidos como amargos o astringentes, representan un desafío adicional para desarrollar nuevos alimentos ricos en ellos (Munekata et al., 2023).

El amargor generalmente se considera indeseable, ya que a menudo se asocia con venenos. Su percepción funciona como un mecanismo de defensa para humanos y animales, por lo que la presencia de compuestos amargos puede disminuir la aceptabilidad de los alimentos (Chu et al., 2024). Esta situación ha sido señalada en estudios con niños y adolescentes, a quienes generalmente les desagradan los alimentos con astringencia y amargor como principales descriptores sensoriales (Ventura et al., 2021). En consecuencia, resulta razonable considerar estos descriptores en el análisis sensorial de alimentos a los que se añadan productos ricos en polifenoles y comprobar su relación con la aceptación general durante el desarrollo de un nuevo alimento (Zarate-Vilet et al., 2022).

El desamargado requiere tecnologías económicas y de fácil aplicación para elevar el potencial de la industria cítrica (Mahawar et al., 2020). Con este fin se han desarrollado metodologías que incluyen principalmente procesos fisicoquímicos y biotecnológicos; no obstante, todas tienen limitaciones. La extracción o eliminación directa de compuestos amargos tiende a afectar negativamente las sustancias bioactivas, lo que reduce su valor nutricional, mientras que los gastos asociados con los materiales de encapsulación y la eficiencia subóptima de la digestión enzimática plantean limitaciones a la adopción generalizada de estas tecnologías (Chu et al., 2024).

Se han reportado tratamientos térmicos, químicos (Pichaiyongvongdee & Rattanapun, 2015), fermentativos (Deba-Rementeria, Estrada et al., 2023) y enzimáticos (Bodakowska-Boczniewicz & Garncarek, 2022; Singla, Panesar et al., 2021) para desamargar cáscaras de cítricos, pero aún se requiere definir un método de desamargado efectivo que afecte lo menos posible las propiedades nutricionales y tecnológicas benéficas de los subproductos cítricos, en específico para la harina de albedo de toronja. Pese a los métodos mencionados, no existe consenso sobre el procedimiento más adecuado (Minh, 2019; Sariçoban & Unal, 2022; Turgut et al., 2016). También se han empleado diferentes procedimientos para evaluar la disminución del amargor, tales como métodos cromatográficos (Salto et al., 2024; Suri et al., 2022), dispositivos electrónicos imitativos (Pardo et al., 2023) y evaluación sensorial (Singla, Singh et al., 2021).

Los métodos comunes de evaluación del sabor amargo incluyen la evaluación sensorial, el uso de lengua electrónica y la prueba gustativa en animales (Deng et al., 2022). La lengua y nariz electrónicas han sido ampliamente utilizadas para determinar los perfiles de gusto, aroma y sabor de los alimentos. Sin embargo, aunque los métodos sensoriales son más laboriosos y a menudo sesgados (Cho & Moazzem, 2022), continúan siendo los más empleados en productos como el té, donde el amargor es importante debido a su excepcional capacidad discriminativa (Deng et al., 2022).

El empleo de escalas en la evaluación sensorial permite determinar la intensidad del sabor de una muestra (Deng et al., 2022). Estas suelen estar compuestas por un número impar de puntos (Guiné, 2022). Una investigación con treinta jueces no entrenados demostró que era posible diferenciar la intensidad de amargor en una escala de 7 puntos al evaluar barras de chocolate (Nurhayati & Apriyanto, 2021), mientras que otro estudio empleó con éxito una de 9 puntos para valorar la intensidad de los atributos sensoriales de un pan al que añadieron albedo de naranja agria (*Citrus × aurantium* L.) y harina de papa morada (Taglieri et al., 2021).

Dado que persiste la necesidad de generar información que oriente la selección de estrategias adecuadas para el aprovechamiento del albedo de toronja, con el control de posibles efectos sensoriales adversos, el objetivo de esta investigación fue seleccionar un método fisicoquímico de desamargado del albedo de toronja mediante la evaluación de su efecto sobre las propiedades fisicoquímicas (porcentaje de humedad, contenido de sólidos solubles y cenizas, pH y acidez valorable) y sensoriales (amargor).

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló entre septiembre de 2022 y agosto de 2023. El procesamiento de las muestras y los análisis se realizaron en la Planta de Industrias Vegetales de la Facultad de Educación Técnica para el

Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG), Ecuador. En las pruebas sensoriales participaron docentes y estudiantes de la institución. El proceso general para el desamargado de albedo de toronja y su evaluación se muestra en la Figura 1.

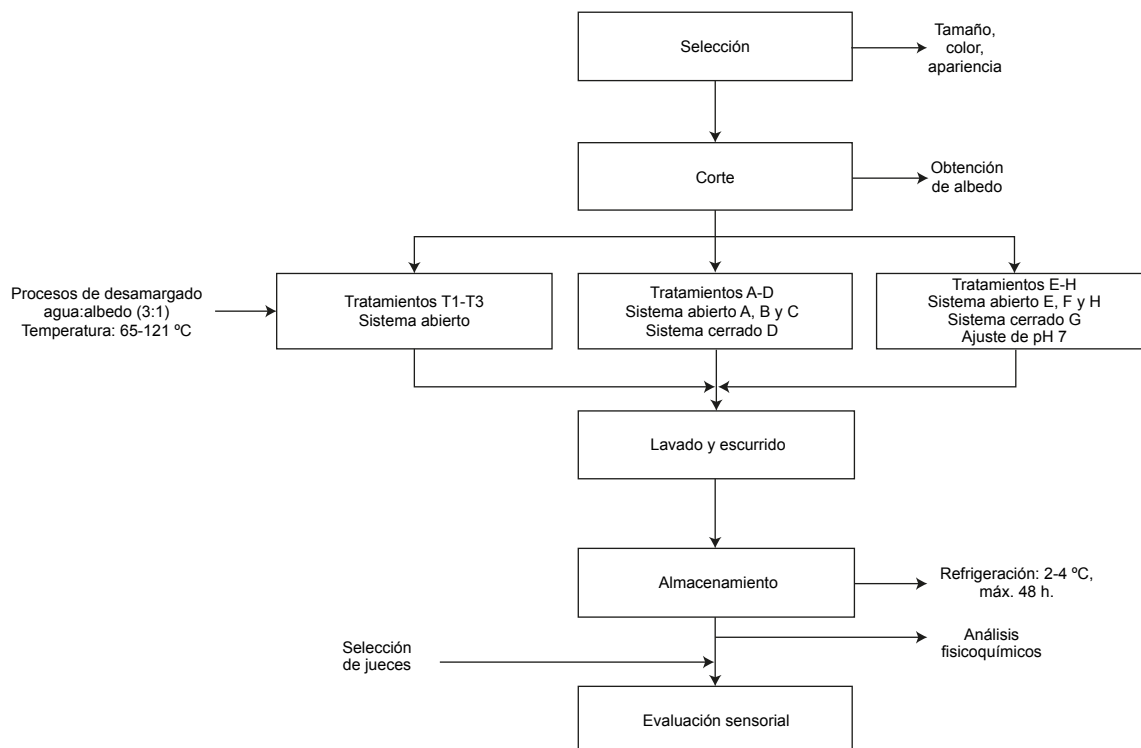


Figura 1. Diagrama de flujo general del proceso de desamargado de albedo de toronja y su evaluación. Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 2023.

Figure 1. General flow diagram of the grapefruit albedo debittering process and its evaluation. Faculty of Technical Education for Development, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 2023.

Materia prima

Las toronjas (*Citrus × paradisi* L. variedad blanca) se adquirieron en el mercado local de Guayaquil, considerando el cumplimiento de los siguientes parámetros: apariencia esférica, uniformidad en la textura de la cáscara y color amarillo como indicador de madurez, de acuerdo con lo propuesto por Ghani et al. (2021), así como diámetro mayor aproximado de 10 cm y ausencia de lesiones o infestaciones visibles. Las frutas se lavaron y desinfectaron; una vez secas, el albedo se extrajo manualmente con un cuchillo de acero inoxidable. Posteriormente, cada fruta se pesó y se determinó el peso correspondiente del albedo.

Tratamientos de desamargado

Los tratamientos se aplicaron según se describe en el Cuadro 1 y se realizaron en tres grupos (de T1 a T3; de A a D y de E a H) en días diferentes. Todos los tratamientos y sus respectivas evaluaciones se efectuaron por triplicado. Se empleó una proporción agua:albedo de 3:1 bajo presión atmosférica, excepto en los tratamientos a

121 °C, en los cuales se utilizó un sistema cerrado. El ajuste de pH (grupo III) se efectuó mediante la inmersión de los albedos en una disolución a pH 7. El pH se ajustó tres veces con NaOH para compensar el descenso ocasionado por la acidez natural de la muestra. Después de los tratamientos, las muestras se conservaron en refrigeración entre 2 y 4 °C durante un máximo de 48 h hasta su utilización.

Cuadro 1. Tratamientos utilizados para el desamargado de albedo de toronja (*Citrus × paradisi*). Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 2023.

Table 1. Treatments used for grapefruit (*Citrus × paradisi*) albedo debittering. Faculty of Technical Education for Development, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 2023.

Código	T (°C)	t (min)	Disolución salina (1,5 % NaCl)	Ajuste a pH 7	Ejecuciones del proceso	Escurreido y lavado (repeticiones)	T agua de lavado (°C)
T1	65	20	No	No	1	Sí (1)	Ambiente
T2	95	20	No	No	1	Sí (1)	Ambiente
T3	95	20	Sí	No	1	Sí (2)	Ambiente
A	95	20	Sí	No	1	Sí (2)	95
B	100	5	No	No	3	Sí (1 cada vez)	Ambiente
C	100	10	No	No	3	Sí (1 cada vez)	Ambiente
D	121	10	No	No	1	Sí (1)	Ambiente
E	95	20	Sí	Sí	1	Sí (1)	95
F	100	10	No	Sí	3	Sí (1 cada vez)	95
G	121	10	No	Sí	1	Sí (1)	95
H	100	10	No	Sí	1	Sí (1)	95

T: Temperatura. t: Tiempo. / T: Temperature. t: Time.

Selección de los jueces

Para evaluar la eficiencia del desamargado mediante pruebas sensoriales, se recurrió a un panel integrado por estudiantes de los últimos ciclos de la Carrera de Agroindustria, así como personal docente y administrativo de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG. Para su conformación, se aplicó la metodología propuesta por Espinosa Manfugás (2007), la cual incluyó una convocatoria dirigida a personas consumidoras de cítricos o sus derivados, sin alergias ni intolerancias (Deba-Rementeria, Paz et al., 2023), entrevistas personales y pruebas de identificación y ordenamiento por concentración de sabores básicos. Como criterios de aceptación se utilizaron la disponibilidad, la puntualidad y el porcentaje de aciertos en las pruebas. Este proceso se llevó a cabo durante un mes.

Evaluación de la eficiencia del desamargado mediante pruebas sensoriales

Con el fin de familiarizar a los jueces con el procedimiento, inicialmente se les explicó la ficha de evaluación a emplear. Posteriormente, se ejecutaron tres pruebas de ordenamiento por intensidad de amargor con muestras de chocolate amargo con diferentes porcentajes de cacao (56, 70 y 85 %). Las muestras se ofrecieron identificadas mediante un código de tres cifras generado aleatoriamente y con variación en el orden de presentación entre

panelistas. A los jueces se les instruyó para limpiar el paladar con agua potable antes y después de cada degustación y a esperar 1 min entre muestras. Esta familiarización se realizó durante tres días consecutivos y solo se aceptaron los jueces con más de 80 % de aciertos.

Para la evaluación, las muestras de albedo desamargado se presentaron en tres grupos: grupo I (T1-T3), grupo II (A-D) y grupo III (E-H), en días diferentes y con tres repeticiones por grupo. Los jueces degustaron las muestras de izquierda a derecha ordenándolas de más a menos amargas. Asimismo, evaluaron la intensidad del amargor, mediante una escala del 1 al 10 (1 = “nada amarga”; 10 = “extremadamente amarga”). Las muestras se identificaron mediante un código aleatorio de tres cifras, con la variación en el orden de presentación entre panelistas. Durante esta etapa, se les solicitó a los jueces limpiar el paladar antes de cada muestra con galleta de sal y agua potable y esperar 1 min.

En el procesamiento de la prueba de ordenamiento, para el grupo I se asignó el valor 1 a la muestra menos amarga, 2 a la intermedia y 3 a la más amarga. Para los grupos II y III, se asignó desde 1, la menos amarga, hasta 4, la más amarga. Para discriminar los resultados de la evaluación de la intensidad del amargor, las respuestas de 1 a 3 se clasificaron como satisfactorias, de 4 a 5 como parcialmente satisfactorias, y superiores a 5 como insatisfactorias. Adicionalmente, se estableció que no se aceptaría ningún tratamiento con menos del 40 % de respuestas satisfactorias.

Análisis fisicoquímicos de los albedos desamargados

En los albedos sometidos a los tratamientos de los grupos II y III, el porcentaje de humedad inicial por gravimetría se determinó mediante el procedimiento descrito en AOAC 950.46 (Association of Official Analytical Chemists, 2023), y el contenido de cenizas, a través de la combustión en una mufla a 550 °C durante 12 h (Pérez Chabela & Ponce Alquicira, 2013). El pH se midió con un pHmetro de mesa de acuerdo con la norma ISO 2917:1999 (International Organization for Standardization, 1999). También se evaluaron el contenido de sólidos solubles por medio del método refractométrico, y la acidez valorable, expresada como ácido láctico, mediante titulación potenciométrica (Pérez Chabela & Ponce Alquicira, 2013), en la que se empleó como titulante una solución patrón de NaOH 0,0500 mol L⁻¹. Todos los análisis se realizaron por triplicado.

Análisis estadístico

Los resultados de las pruebas sensoriales se presentan como la media y moda de tres observaciones independientes, y las diferencias entre tratamientos se determinaron por comparación con la sumatoria ordinal crítica. Los resultados de los análisis fisicoquímicos se presentaron como la media del triplicado de tres observaciones independientes. Las diferencias entre los grupos se consideraron significativas a $p < 0,05$. Los datos seleccionados se analizaron mediante un análisis de varianza unidireccional seguido de la prueba post hoc de Tukey HSD para comparación múltiple. El análisis estadístico se realizó utilizando el programa Statgraphics Centurion versión 5.

Resultados

Validación de los jueces

A la convocatoria para formar parte del panel acudieron 67 personas, de las cuales 54 cumplieron los requisitos establecidos. De este grupo, se seleccionaron 42 participantes por alcanzar al menos el 80 % de aciertos en las pruebas de identificación y ordenamiento de sabores, así como en la prueba de ordenamiento por intensidad del amargor (Cuadro 2).

Cuadro 2. Resultados del ordenamiento de las muestras de chocolate amargo desde la menos amarga hasta la más amarga. Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 2023.

Table 2. Ranking results of dark chocolate samples from the least bitter to the most bitter. Faculty of Technical Education for Development, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 2023.

Porcentaje de cacao en las muestras	56	70	85
Suma de rangos (Prueba 1)	59	81	112
Suma de rangos (Prueba 2)	57	82	113
Suma de rangos (Prueba 3)	54	81	117

Para tres muestras y 42 juicios, el valor de la diferencia de sumatoria ordinal absoluta crítica de todos los tratamientos para un nivel de significancia del 5 % fue 22. En las tres repeticiones se detectaron valores iguales o mayores a 22 al comparar individualmente dos muestras, por tanto, los jueces como grupo fueron capaces de detectar las diferencias en intensidad de amargor entre las muestras de chocolate evaluadas. Estos resultados indicaron que la etapa de familiarización fue exitosa y comprobó la habilidad discriminatoria del panel. Además, el sentido de la diferencia coincidió con lo esperado, pues el mayor puntaje correspondió a la muestra de mayor contenido de cacao, la cual se esperaba que fuera la más amarga.

Evaluación de la eficiencia del desamargado mediante pruebas sensoriales

Se aplicaron los tratamientos según los grupos planificados. En el grupo I se evaluaron los tratamientos T1-T3. Para tres muestras y 42 juicios, se requirió una diferencia mínima de 22. En ninguna de las repeticiones se obtuvieron valores iguales o mayores a este criterio al comparar dos muestras de forma individual, lo que implica que los jueces no hallaron diferencias significativas entre ellas (Cuadro 3). Con respecto a la intensidad del amargor, las medias (T1 = 6,80; T2 = 6,75 y T3 = 6,70) no presentaron diferencia significativa entre los tratamientos y fueron consideradas insatisfactorias de acuerdo con el criterio establecido (solo se consideraron satisfactorias las respuestas con valor de 1 a 2).

Cuadro 3. Resultados del ordenamiento de las muestras del grupo I desde la menos amarga hasta la más amarga. Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 2023.

Table 3. Ranking results of group I samples from the least bitter to the most bitter. Faculty of Technical Education for Development, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 2023.

	Muestras		
	T1	T2	T3
Suma de rangos (Prueba 1)	80	88	84
Suma de rangos (Prueba 2)	81	84	87
Suma de rangos (Prueba 3)	82	86	84

En el segundo grupo se evaluaron los tratamientos de A-D. Para cuatro muestras y 42 juicios, se requirió una diferencia mínima en la sumatoria ordinal absoluta entre tratamientos de 31. La prueba de ordenamiento indicó que la muestra B (más amarga) y la muestra D (menos amarga) difirieron significativamente del resto, mientras que las muestras A y C (igualmente amargas) no presentaron diferencias entre sí (Cuadro 4).

Cuadro 4. Resultados del ordenamiento de las muestras del grupo II desde la menos amarga hasta la más amarga. Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 2023.

Table 4. Ranking results of group II samples from the least bitter to the most bitter. Faculty of Technical Education for Development, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 2023.

	Muestras			
	A	B	C	D
Suma de rangos (Prueba 1)	108	138	112	62
Suma de rangos (Prueba 2)	106	137	111	66
Suma de rangos (Prueba 3)	109	137	112	62

En el tercer grupo se evaluaron los tratamientos de E-H. Para 42 juicios y cuatro muestras, se requirió una diferencia mínima en la sumatoria ordinal absoluta entre tratamientos de 31. La prueba de ordenamiento demostró que la muestra H fue la más amarga y difirió significativamente del resto del grupo III. Las muestras F y G no mostraron diferencias significativas entre sí y fueron las menos amargas. Por su parte, la muestra E difirió significativamente de todas, con un valor intermedio de amargor (Cuadro 5).

Cuadro 5. Resultados del ordenamiento de las muestras del grupo III desde la menos amarga hasta la más amarga. Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 2023.

Table 5. Ranking results of group III samples from the least bitter to the most bitter. Faculty of Technical Education for Development, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 2023.

	Muestras			
	E	F	G	H
Suma de rangos (Prueba 1)	118	72	74	156
Suma de rangos (Prueba 2)	116	74	73	157
Suma de rangos (Prueba 3)	117	74	75	154

Los resultados de la aplicación de la escala de intensidad del amargor para los once tratamientos mostraron que los tratamientos D, F y G presentaron medias inferiores a 4, una moda de valor 1 y un porcentaje de respuestas satisfactorias superior a 40 %. Esto los posiciona como los tratamientos con mayor disminución del amargor (Cuadro 6).

En los resultados de los análisis fisicoquímicos de los albedos desamargados (Cuadro 7), solo se consideraron los grupos II y III, debido al rechazo sensorial del grupo I. Las muestras evaluadas presentaron alta humedad, bajo contenido de sólidos y ligera acidez. Por estas características, se recomienda un proceso de conservación para su uso industrial, como la obtención de harina mediante secado.

Las muestras se mantuvieron refrigeradas entre 2 y 4 °C por un máximo de 48 h para garantizar la inocuidad al momento de la degustación. En los tratamientos con ajuste previo de pH de los albedos (E, F, G y H), se observó que, después del desamargado, las muestras tendieron a presentar valores significativamente más altos de pH, mientras que los contenidos de ceniza se estuvieron influidos por el tratamiento con disolución salina.

Cuadro 6. Resultados de la valoración de la intensidad del amargor para los once tratamientos estudiados. Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 2023.

Table 6. Results of the bitterness intensity assessment for the eleven treatments studied. Faculty of Technical Education for Development, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 2023.

Tratamientos	Muestra	Media*	Moda	Porcentaje de respuestas		
				Satisfactorias	Parcialmente satisfactorias	Insatisfactorias
Sin ajuste de pH	T1	6,5 ^{de}	8	9,5	19,1	71,4
	T2	6,6 ^{de}	8	14,3	14,3	71,4
	T3	6,5 ^{de}	8	9,5	23,8	66,7
	A	5,0 ^{bc}	3	38,1	21,4	40,5
	B	6,2 ^d	7	16,7	19,0	64,3
	C	4,9 ^b	5	23,8	42,9	33,3
	D	3,8 ^{ab}	1	54,8	19,0	26,2
Con ajuste de pH	E	5,8 ^{bc}	7	21,4	23,8	54,8
	F	3,5 ^a	1	61,9	14,3	23,8
	G	3,8 ^{ab}	1	45,2	31,0	23,8
	H	7,9 ^e	10	4,8	14,3	80,9

* Valores promedios de tres pruebas, 42 jueces cada una. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). / * Mean values of three determinations, 42 judges each. Different letters in the same column indicate significant differences ($p \leq 0,05$).

Cuadro 7. Resultados de los análisis fisicoquímicos de los albedos desamargados (grupos II y III). Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 2023.

Table 7. Results of the physicochemical analyses of debittered albedos (groups II and III). Faculty of Technical Education for Development, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 2023.

Tratamientos	Humedad inicial (%)*	Ceniza (%)*	pH*	°Bx*	Acidez valorable (%)*
A	87,6 (0,69) ^a	1,18 (0,06) ^d	3,9 (0,05) ^a	5,43 (0,35) ^e	0,09370 (0,002) ^e
B	91,4 (0,35) ^{bc}	0,21 (0,06) ^a	4,7 (0,11) ^c	2,73 (0,46) ^d	0,04036 (0,004) ^d
C	90,6 (0,69) ^b	0,17 (0,01) ^a	4,0 (0,05) ^a	2,40 (0,56) ^d	0,03748 (0,002) ^{cd}
D	93,5 (0,46) ^{ef}	0,17 (0,01) ^a	4,3 (0,10) ^b	1,17 (0,06) ^{abc}	0,01988 (0,002) ^a
E	94,5 (1,47) ^f	1,04 (0,01) ^c	4,9 (0,05) ^c	1,33 (0,23) ^{bc}	0,02519 (0,002) ^b
F	93,1 (0,92) ^{de}	0,33 (0,03) ^b	5,5 (0,10) ^f	0,63 (0,15) ^a	0,01719 (0,001) ^a
G	94,8 (0,80) ^f	0,24 (0,05) ^a	5,1 (0,10) ^d	0,87 (0,06) ^{ab}	0,01547 (0,002) ^a
H	92,1 (0,30) ^{cd}	0,22 (0,03) ^a	5,3 (0,10) ^e	1,60 (0,26) ^c	0,03527 (0,002) ^c

* Valores promedio de tres pruebas, tres repeticiones cada una. Los números entre paréntesis indican desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$). / * Mean values of three determinations, three repetitions each. Numbers in parentheses indicate standard deviation. Different letters in the same column indicate significant differences ($p \leq 0,05$).

Discusión

Las frutas utilizadas cumplieron los requisitos de selección establecidos con un rendimiento promedio en albedo del 29,83 %, muy superior a lo reportado —entre 10 y 15,6 %— por Victor et al. (2018) para toronja (*Citrus × paradisi* L.), mayor que lo descrito por Mahato et al. (2018) para cítricos en general, pero similar al valor de 26 % indicado por Russo et al. (2021) para cultivares cítricos. Estas diferencias podrían atribuirse a la variedad evaluada y factores culturales, entre otros aspectos. Además, la fase fenológica seleccionada, que influye sobre el diámetro ecuatorial de la toronja, incide significativamente en el rendimiento de albedo (Marrero Suárez et al., 2007), por lo que resulta importante la selección de frutos con un diámetro adecuado.

Después de las etapas de selección y familiarización, se conformó un grupo de 42 evaluadores capaces de diferenciar la intensidad del amargor en las muestras estudiadas, aun cuando esta diferenciación pueda estar asociada a un factor hedónico (Wagner et al., 2023). Dado que la percepción de la intensidad del amargor varía de una persona a otra (Keefer et al., 2023), los resultados deben ser vistos en conjunto y no como datos individuales. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por otros investigadores al evaluar la intensidad del amargor en alimentos (Deba-Rementeria, Estrada et al., 2023; Spinelli et al., 2021; Taglieri et al., 2021) con el uso de métodos similares a los empleados en esta investigación.

Los tratamientos del grupo I presentaron resultados sensoriales insatisfactorios y no existió diferencia estadística significativa entre ellos. Las respuestas satisfactorias o parcialmente satisfactorias encontradas pueden explicarse por la variación de la percepción de la intensidad del amargor entre personas (Keefer et al., 2023), influida por factores fisiológicos, conductuales y hedónicos (Tokat & Yilmaz, 2023).

Los tratamientos de los grupos II y III se diferenciaron principalmente por el ajuste de pH. En ellos destacaron las muestras D (grupo II), F y G (grupo III), con medias inferiores a 4 y moda 1, además de presentar menos de un 40 % de respuestas insatisfactorias. Para la muestra F se empleó una temperatura más baja (100 °C), pero requirió de varias repeticiones y su intensidad de amargor y el porcentaje de respuestas insatisfactorias fueron los mismos que los de las muestras D y G. Por otra parte, en el tratamiento D se realizó el lavado con agua a temperatura ambiente, lo cual representa una ventaja desde el punto de vista económico y operativo.

El pretratamiento que ajustó el pH no influyó positivamente en la reducción del amargor, lo cual difiere de lo encontrado en la literatura (Pichaiyongvongdee & Rattanapun, 2015), pues los tratamientos E y H obtuvieron los resultados sensoriales menos favorables. El tratamiento E fue similar al A, excepto por el ajuste de pH y una repetición menos, es decir, menos tiempo de exposición. Esto indica que el tiempo de proceso posee más relevancia práctica que el pH del medio, ya que la acción de este se manifiesta mediante una reacción química que requiere tiempo para ocurrir. Un comportamiento similar sucedió con el tratamiento H (el de menor eliminación del amargor), que se diferenció del tratamiento B, principalmente por el ajuste de pH y una sola repetición.

Debido a que los resultados sensoriales no cumplieron con los requisitos estipulados para la aceptación del procedimiento, se descartaron los tratamientos del grupo I. Por este motivo, no se les realizaron los análisis fisicoquímicos planteados. Para el resto, los albedos desamargados presentaron alta humedad, bajo contenido de sólidos y ligera acidez, lo cual era esperable debido a su naturaleza y al escaldado en medio acuoso (Wuttipalakorn et al., 2009).

Los valores de humedad fueron superiores a los reportados por Alcantara Marte (2018) en estado fresco. Este resultado coincidió con lo hallado por Fernández-Ginés et al. (2004), quienes indicaron que el albedo de limón incrementa su contenido de humedad después del tratamiento térmico. Se ha señalado que, después del blanqueo, se observan cambios en las composiciones proximales de estos materiales debido a las pérdidas de sustancias de bajo peso molecular, como minerales, vitaminas y azúcares en el agua de escaldado, lo que altera la proporción de cada componente (Wuttipalakorn et al., 2009).

Cambios similares en la composición química de los albedos desamargados han si-do reportados para otros cítricos (Fernández-Ginés et al., 2004; Peerajit et al., 2012; Zema et al., 2018). El mayor contenido de cenizas correspondió a las muestras A y E, en las cuales se utilizó una disolución salina para el desamargado. Un estudio que evaluó los al-bedos de limón, naranja y toronja como posibles sustitutos de la harina de trigo (Bilgiçli et al., 2014) demostró que el de toronja presentó el mayor valor ($5,01 \pm 0,03$) entre los tres cítricos estudiados, aunque inferior al de la harina de trigo que se pretendía sustituir. Los albedos desamargados correspondientes a los tratamientos del grupo III mostraron tam-bién un pH más elevado debido al ajuste inicial.

Conclusiones

El análisis conjunto de los resultados fisicoquímicos y sensoriales permitió identificar el tratamiento a 121 °C durante 10 minutos, seguido de un lavado con agua a temperatura ambiente, como el método más adecuado para desamargar el albedo de toronja. El ajuste de pH a un valor 7 y el uso de cloruro de sodio al 1,5 % no mejoraron los resultados sensoriales. Se recomiendan estudios complementarios que evalúen el empleo de otras sales y valores más altos de pH.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil por el apoyo brindado durante el desarrollo de esta investigación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Referencias

- Alcantara Marte, Y. Y. (2018). *Evaluación de la funcionalidad tecnológica y nutricional del zumo de lima (Citrus latifolia tanaka) encapsulado en pulverizado de mesocarpio de pomelos (Citrus paradisi macf)* [Tesis de doctorado]. Universidad de Murcia, Repositorio Institucional de la Universidad de Murcia. <https://digitum.um.es/entities/publication/29b47cc5-f856-49cb-8b46-b29c4cac8d59>
- Association of Official Analytical Chemists. (2023). Official method 950.46. Loss on drying (moisture) in meat. En G. W. Latimer, Jr. (Ed.), *Official methods of analysis of AOAC International* (Capítulo 39.1.02, 22.a ed.). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/9780197610145.003.3431>
- Batool, F. (2023). Structural characterization, antioxidant, antidiabetic and antimicrobial activities of *Citrus limettarisso*, *Citrus nobilis* × *Citrus deliciosa* and *Citrus maxima*. *Journal of Health and Rehabilitation Research*, 3(2), 607-611. <https://doi.org/10.61919/jhrr.v3i2.187>
- Ben Hsouna, A., Sadaka, C., Generalić Mekinić, I., Garzoli, S., Švarc-Gajić, J., Rodrigues, F., Morais, S., Moreira, M. M., Ferreira, E., Spigno, G., Brezo-Borjan, T., Ben Akacha, B., Ben Saad, R., Delerue-Matos, C., & Mnif, W. (2023). The chemical variability, nutraceutical value, and food-industry and cosmetic applications of citrus plants: a critical review. *Antioxidants*, 12(2), Artículo 481. <https://doi.org/10.3390/antiox12020481>

- Bilgiçli, N., Aktaş, K., & Levent, H. (2014). Utilization of citrus albedo in Tarhana production. *Journal of Food and Nutrition Research*, 53(2), 162-170. <https://www.vup.sk/en/index.php?mainID=2&navID=34&version=2&volume=53&article=1922>
- Bodakowska-Boczniewicz, J., & Garncarek, Z. (2022). Naringinase biosynthesis by *Aspergillus niger* on an optimized medium containing red grapefruit albedo. *Molecules*, 27(24), Artículo 8763. <https://doi.org/10.3390/molecules27248763>
- Chaudhary, S., & Singh, B. (2024). From bin to benefit: Sustainable valorization of grapefruit (*Citrus paradisi*) byproducts towards the circular economy. *Current Food Science and Technology Reports*, 2(3), 271-296. <https://doi.org/10.1007/s43555-024-00033-9>
- Cho, S., & Moazzem, M. S. (2022). Recent applications of potentiometric electronic tongue and electronic nose in sensory evaluation. *Preventive Nutrition and Food Science*, 27(4), Artículo 354. <https://doi.org/10.3746/pnf.2022.27.4.354>
- Chu, X., Zhu, W., Li, X., Su, E., & Wang, J. (2024). Bitter flavors and bitter compounds in foods: identification, perception, and reduction techniques. *Food Research International*, 183, Artículo 114234. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114234>
- Deba-Rementería, S., Estrada, O., Goñi-de-Cerio, F., & Vázquez-Araújo, L. (2023). Assessment of different debittering techniques to valorize orange peel. *International Journal of Food Science and Technology*, 58(6), 3040-3049. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16430>
- Deba-Rementería, S., Paz, A., Estrada, O., & Vázquez-Araújo, L. (2023). Consumer perception and physicochemical characterization of a new product made from lactic acid fermented orange peels. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 31, Artículo 100647. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100647>
- Deng, S., Zhang, G., Aluko, O. O., Mo, Z., Mao, J., Zhang, H., Liu, X., Ma, M., Wang, Q., & Liu, H. (2022). Bitter and astringent substances in green tea: Composition, human perception mechanisms, evaluation methods and factors influencing their formation. *Food Research International*, 157, Artículo 111262. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111262>
- Ellouze, I. (2022). Citrus bio-wastes: A source of bioactive, functional products and non-food uses. En M. F. Ramadan, & M. A. Farag (Eds.), *Mediterranean fruits bio-wastes: Chemistry, functionality and technological applications* (pp. 221-260). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-84436-3_9
- Espinosa Manfugás, J. (2007). *Evaluación sensorial de los alimentos*. Editorial Universitaria.
- Fernández-Ginés, J. M., Fernández-López, J., Sayas-Barberá, E., Sendra, E., & Pérez-Álvarez, J. A. (2004). Lemon albedo as a new source of dietary fiber: Application to bologna sausages. *Meat Science*, 67(1), 7-13. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2003.08.017>
- Ghani, A., Mohtashami, S., & Jamalian, S. (2021). Peel essential oil content and constituent variations and antioxidant activity of grapefruit (*Citrus × paradisi* var. red blush) during color change stages. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(6), 4917-4928. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-01051-0>
- Guiné, R. P. (2022). Textural properties of bakery products: A review of instrumental and sensory evaluation studies. *Applied Sciences*, 12(17), Artículo 8628. <https://doi.org/10.3390/app12178628>
- International Organization for Standardization. (1999). *Meat and meat products — Measurement of pH — Reference method (ISO Standard No. 2917:1999)*. <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/24785/9861ea639264453ea88995b72d9c4ba5/ISO-2917-1999.pdf>

- Keefer, H. R., Rovai, D., & Drake, M. (2023). A timely application—Temporal methods, past, present, and future. *Journal of Food Science*, 88(S1), A21-A52. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16491>
- Mahato, N., Sharma, K., Sinha, M., & Cho, M. H. (2018). Citrus waste derived nutra-/pharmaceuticals for health benefits: Current trends and future perspectives. *Journal of Functional Foods*, 40, 307-316. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.11.015>
- Mahawar, M. K., Jalgaonkar, K., Bibwe, B., Bhushan, B., Meena, V. S., & Sonkar, R. K. (2020). Post-harvest processing and valorization of Kinnow mandarin (*Citrus reticulata* L.): A review. *Journal of Food Science and Technology*, 57, 799-815. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04083-z>
- Marrero Suárez, P., Pérez Luis, S., Santos Quesada, E., & Franco Flores, F. (2007). Estudio pomológico de la toronja (*Citrus paradisi* Macf. cv. Marsh) relacionado con la abscisión de los frutos. *Centro Agrícola*, 34(1), 63-68. <http://cagricola.uclv.edu.cu/index.php/es/volumen-34-2007/numero-1-2007/561-estudio-pomologico-de-la-toronja-citrus-paradisi-macf-cv-marsh-relacionado-con-la-abscision-de-los-frutos>
- Minh, N. P. (2019). Effectiveness of pre-treatment and osmotic dehydration on acceptability of dried osmotic dehydrated grapefruit albedo. *Research on Crops*, 20(3), 537-541. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2019.077>
- Munekata, P. E., Pateiro, M., Domínguez, R., Nieto, G., Kumar, M., Dhama, K., & Lorenzo, J. M. (2023). Bioactive Compounds from Fruits as Preservatives. *Foods*, 12(2), Artículo 343. <https://doi.org/10.3390/foods12020343>
- Nieto, G., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A., Peñalver, R., Ros-Berrueto, G., & Viuda-Martos, M. (2021). Valorization of citrus co-products: Recovery of bioactive compounds and application in meat and meat products. *Plants*, 10(6), Artículo 1069. <https://doi.org/10.3390/plants10061069>
- Nurhayati, N., & Apriyanto, M. (2021). Sensory evaluation of chocolate bar production materials of dry cocoa seeds in various fermentation treatments. *Czech Journal of Food Sciences*, 39(1), 58-62. <https://doi.org/10.17221/272/2020-CJFS>
- Pardo, H., Owoyemi, A., Goldenberg, L., Yaniv, Y., Benjamin, O., Doron-Faigenboim, A., Porat, R., & Carmi, N. (2023). Quality and flavor of ‘Aliza’fruit: A unique pomelo × mandarin hybrid. *Horticulturae*, 9(4), Artículo 420. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9040420>
- Peerajit, P., Chiewchan, N., & Devahastin, S. (2012). Effects of pretreatment methods on health-related functional properties of high dietary fibre powder from lime residues. *Food Chemistry*, 132(4), 1891-1898. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.12.022>
- Pérez Chabela, M., & Ponce Alquicira, E. (2013). *Manual de prácticas de laboratorio. Tecnología de carnes*. Universidad Autónoma Metropolitana. http://148.206.53.210/omp_cbs/index.php/cbs/catalog/book/39
- Pichaiyongvongdee, S., & Rattanapun, B. (2015). Effect of chemical treatments to reduce the bitterness and drying on chemical physical and functional properties of dietary fiber pomelo powder from *Citrus grandis* (L.) Osbeck Albedo. *Agriculture and Natural Resources*, 49(1), 122-132. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/anres/article/view/243524>
- Russo, C., Maugeri, A., Lombardo, G. E., Musumeci, L., Barreca, D., Rapisarda, A., Cirmi, S., & Navarra, M. (2021). The second life of Citrus fruit waste: A valuable source of bioactive compounds. *Molecules*, 26(19), Artículo 5991. <https://doi.org/10.3390/molecules26195991>
- Salto, L., Muniyandi, K., Porat, R., Goldenberg, L., Carmi, N., & Maoz, I. (2024). Bitterness and flavanone composition of ‘Redson’fruit: A new red-fleshed pomelo × grapefruit hybrid. *Journal of Food Composition and Analysis*, 133, Artículo 106366. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106366>

- Sarıçoban, C., & Unal, K. (2022). Influence of pre-treated bitter orange albedo on the physicochemical, textural and sensory properties of fermented sausages (sucuk). *Journal of Food Science and Technology*, 59(4), 1478-1486. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05158-6>
- Singla, G., Panesar, P. S., Sangwan, R. S., & Krishania, M. (2021). Enzymatic debittering of *Citrus reticulata* (Kinnow) pulp residue and its utilization for the preparation of vermicelli. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(2), Artículo e15135. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15135>
- Singla, G., Singh, U., Sangwan, R. S., Panesar, P. S., & Krishania, M. (2021). Comparative study of various processes used for removal of bitterness from kinnow pomace and kinnow pulp residue. *Food Chemistry*, 335, Artículo 127643. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127643>
- Spinelli, S., Prescott, J., Pierguidi, L., Dinnella, C., Arena, E., Braghieri, A., Di Monaco, R., Toschi, T. G., Endrizzi, I., Proserpio, C., Torri, L., & Monteleone, E. (2021). Phenol-rich food acceptability: The influence of variations in sweetness optima and sensory-liking patterns. *Nutrients*, 13(3), Artículo 866. <https://doi.org/10.3390/nu13030866>
- Suri, S., Singh, A., Nema, P. K., & Taneja, N. K. (2022). A comparative study on the debittering of Kinnow (*Citrus reticulata* L.) peels: microbial, chemical, and ultrasound-assisted microbial treatment. *Fermentation*, 8(8), Artículo 389. <https://doi.org/10.3390/fermentation8080389>
- Taglieri, I., Sanmartin, C., Venturi, F., Macaluso, M., Bianchi, A., Sgherri, C., Quartacci, M. F., De Leo, M., Pistelli, L., Palla, F., Flamini, G., & Zinnai, A. (2021). Bread fortified with cooked purple potato flour and citrus albedo: An evaluation of its compositional and sensorial properties. *Foods*, 10(5), Artículo 942. <https://doi.org/10.3390/foods10050942>
- Tokat, P., & Yilmaz, I. (2023). Neurogastronomy: factors affecting the taste perception of food. *International Journal of Gastronomy Research*, 2(1), 1-10. <https://doi.org/10.56479/ayed.2022.10261>
- Turgut, D. Y., Tokgöz, H., Gölükcü, M., Toker, R., & Yeğin, A. B. (2016). The effects of different debittering methods on total phenolic matter and flavonoid content in traditional bitter orange peel jam. *GIDA-Journal of Food*, 41(3), 155-162. <https://doi.org/10.15237/gida.GD15060>
- Velásquez-Rivera, J. R., & Díaz-Torres, R. (2024). Citrus peel flour as an ingredient for the meat industry. *Agronomía Mesoamericana*, 35(1), Artículo 58857. <https://doi.org/10.15517/am.2024.58857>
- Ventura, A. K., Phelan, S., & Silva Garcia, K. (2021). Maternal diet during pregnancy and lactation and child food preferences, dietary patterns, and weight outcomes: a review of recent research. *Current Nutrition Reports*, 10(4), 413-426. <https://doi.org/10.1007/s13668-021-00366-0>
- Victor, M. M., David, J. M., Sakukuma, M. C., França, E. L., & Nunes, A. V. (2018). A simple and efficient process for the extraction of naringin from grapefruit peel waste. *Green Processing and Synthesis*, 7(6), 524-529. <https://doi.org/10.1515/gps-2017-0112>
- Wagner, J., Wilkin, J. D., Szymkowiak, A., & Grigor, J. (2023). Sensory and affective response to chocolate differing in cocoa content: A TDS and facial electromyography approach. *Physiology & Behavior*, 270, Artículo 114308. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2023.114308>
- Wuttipalakorn, P., Srichumpuang, W., & Chiewchan, N. (2009). Effects of pretreatment and drying on composition and bitterness of high-dietary-fiber powder from lime residues. *Drying Technology*, 27(1), 133-142. <https://doi.org/10.1080/07373930802566036>

- Zannini, D., Dal Poggetto, G., Malinconico, M., Santagata, G., & Immirzi, B. (2021). Citrus pomace biomass as a source of pectin and lignocellulose fibers: From waste to upgraded biocomposites for mulching applications. *Polymers*, 13(8), Artículo 1280. <https://doi.org/10.3390/polym13081280>
- Zapata, R., Martínez-Zamora, L., & Artés-Hernández, F. (2024). Diversity of color, infrared spectra, and phenolic profile correlation in citrus fruit peels. *Biology and Life Sciences Forum*, 40(1), Artículo 26. <https://doi.org/10.3390/blsf2024040026>
- Zarate-Vilet, N., Gué, E., Delalonde, M., & Wisniewski, C. (2022). Valorization of grapefruit (*Citrus × paradisi*) processing wastes. En M. F. Ramadan, & M. A. Farag (Eds.), *Mediterranean fruits bio-wastes: chemistry, functionality and technological applications* (pp. 179-220). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-84436-3_8
- Zema, D. A., Calabrò, P. S., Folino, A., Tamburino, V., Zappia, G., & Zimbone, S. M. (2018). Valorisation of citrus processing waste: A review. *Waste Management*, 80, 252-273. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.09.024>
- Zhang, M., Wang, Z., Wu, J., Lu, J., Liu, D., Huang, Y., & Lv, G. (2023). Effects of adding citrus fiber with different chemical compositions and physicochemical properties on the cooking yield of spiced beef. *LWT*, 176, Artículo 114486. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114486>