UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

"DESARROLLO DE UN PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA DE CAFÉ SABORIZADA CON CÁSCARAS DE MANDARINA (*Citrus reticulata*) COMO FUENTE DE COMPONENTES Y ATRIBUTOS SENSORIALES"

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

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

AUTOR:

NIDIA MILENA CABEZAS RODRIGUEZ

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:	Cabezas Rodríguez Nidia Milena

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DESARROLLO DE UN PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA DE CAFÉ SABORIZADA CON CÁSCARAS DE MANDARINA (*Citrus reticulata*) COMO FUENTE DE COMPONENTES Y ATRIBUTOS SENSORIALES.
AUTOR:	Nidia Milena Cabezas Rodriguez
FECHA:	29/07/2026
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	[x] **PREGRADO** [ ] **POSGRADO**
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Agroindustrial
ASESOR /DIRECTOR:	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 29 días del mes de julio del 2026

EL AUTOR

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
NIDIA MILENA
CABEZAS RODRIGUEZ

Nidia Milena Cabezas Rodriguez
C.I: 1005164965

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTERGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 29 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.I: 1712640935

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificador del trabajo de Integración Curricular "Desarrollo de un procedimiento para la elaboración de una bebida de café saborizada con cáscaras de mandarina *(Citrus reticulata)* como fuente de componentes y atributos sensoriales" elaborado por Cabezas Rodríguez Nidia Milena 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.I: 171640935



Bioq. Valeria Olmedo Galarza MSc.

C.I: 1714505078

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la vida, la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar esta importante etapa.

A mis padres, por ser el pilar fundamental de mi vida, por su amor incondicional, su apoyo constante y el esfuerzo incansable, que han hecho posible cada uno de mis logros. Este triunfo también les pertenece.

A mis hermanos por su apoyo, compañía y motivación constante, por estar presentes y brindarme palabras de aliento en cada momento.

A mi abuelita Rosa María, por su cariño especial, su constante interés en mis estudios y su apoyo incondicional que ha sido fundamental en este proceso.

Nidia Cabezas

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte por ser el espacio donde adquirí mis conocimientos que han sido fundamentales en mi formación y en el desarrollo de esta investigación.

A mi familia por su comprensión y compañía durante este proceso, siendo un respaldo importante en cada etapa de este camino.

De manera especial agradezco al Ing. Nicolás Pinto MSc. director de esta tesis, por su guía, paciencia y acompañamiento durante este proceso académico. Su apoyo fue muy importante para culminar este proyecto con éxito.

Nidia Cabezas

RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo de esta investigación fue desarrollar un método para la obtención de una bebida de café saborizada con cáscara de mandarina (*Citrus reticulata*), para así aprovechar compuestos funcionales y atributos sensoriales. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo y un diseño experimental, en el que se evaluaron condiciones de secado de la cáscara de mandarina a 50°C y 65°C, con flujos de aire de 1, 3 y 5 m/s. Se analizaron parámetros fisicoquímicos y funcionales como pH, humedad, polifenoles totales y capacidad antioxidante. Los resultados mostraron que el tratamiento T6, correspondiente a 65°C y 5 m/s, presentó las mejores condiciones de secado, con menor humedad, mayor cantidad de polifenoles y mayor capacidad antioxidante. Luego, se formularon bebidas a partir de café tostado y cáscara de mandarina deshidratada en proporciones de 90:10 y 80:20, además de una muestra control con 100 % café. La evaluación sensorial fue realizada por 50 panelistas no entrenados, a quienes se les pidió valorar color, aroma, sabor y aceptación general. El análisis de la aceptación sensorial de las formulaciones demuestra que la formulación 90:10 fue la de mayor aceptación, con una media de 4.14, mientras que la formulación 80:20, que presentó valores de 27.34 mg AG/g de polifenoles y 444.16 µmol Trolox/g de capacidad antioxidante, demostró un mayor aporte funcional. Los resultados de esta investigación respaldan el potencial agroindustrial de las formulaciones analizadas para su utilización.

Palabras clave: café, cáscara de mandarina, bebida funcional, deshidratación, antioxidantes, análisis sensorial.

ABSTRACT

The objective of this research was to develop a method for producing a coffee beverage flavored with mandarin peel *(Citrus reticulata)*, aiming to take advantage of its functional compounds while enhancing the beverage's sensory characteristics. The study followed a quantitative approach with an experimental design, evaluating mandarin peel drying under two temperatures (50°C and 65°C) and three air velocities (1, 3, and 5 m/s). Physicochemical and functional properties, including pH, moisture content, total polyphenols, and antioxidant capacity, were assessed. The results showed that treatment T6 (65°C and 5 m/s) provided the most favorable drying conditions, achieving the lowest moisture content together with the highest levels of total polyphenols and antioxidant capacity. Based on these findings, coffee beverages were formulated by combining roasted coffee with dehydrated mandarin peel at ratios of 90:10 and 80:20, along with a control sample prepared with 100% coffee. The sensory evaluation involved 50 untrained panelists, who assessed the beverages based on color, aroma, flavor, and overall acceptability. The results indicated that the 90:10 formulation received the highest overall acceptance, with a mean score of 4.14. In contrast, the 80:20 formulation exhibited the greatest functional potential, reaching 27.34 mg GAE/g of total polyphenols and an antioxidant capacity of 444.16 µmol Trolox/g. Overall, these findings demonstrate the agro-industrial potential of incorporating dehydrated mandarin peel into coffee beverages, offering an alternative product with desirable sensory qualities and enhanced functional properties.

Keywords: coffee, mandarin peel, functional beverage, drying, antioxidant capacity, sensory evaluation.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I **1**

INTRODUCCIÓN **1**

1.1 Planteamiento del Problema **4**

1.1.1 Pregunta de investigación ***7***

1.2 Justificación **7**

1.3 Antecedentes **8**

1.4 Objetivos **11**

1.4.1 Objetivo General ***11***

1.4.2 Objetivos Específicos ***11***

1.5 Hipótesis **11**

1.5.1 Hipótesis Nula ***11***

1.5.2 Hipótesis Alternativa ***12***

CAPÍTULO II **13**

MARCO TEÓRICO **13**

2.1. Conceptualización de los principales elementos de la investigación **13**

2.1.1. Bebidas Funcionales ***13***

2.1.2. Bebidas funcionales a base de café y subproductos cítricos ***14***

2.1.3. Café ***16***

2.1.4. Propiedades saludables del café ***16***

2.1.5. Composición bioactiva y volátil de la cáscara cítrica ***18***

2.1.7. Análisis fisicoquímicos ***21***

2.1.8. Actividad antioxidante ***23***

2.1.9. Escala Hedónica para Análisis Sensorial 24

CAPÍTULO III 27

METODOLOGÍA 27

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 27

3.1.1. Enfoque de la investigación 27

3.1.2. Diseño de la investigación 27

3.2. Ubicación del Lugar 28

3.3. FASES DE LA INVESTIGACIÓN 29

3.3.1. Analizar las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la materia prima 29

3.3.2. Determinación de las condiciones de deshidratación de la cáscara de mandarina 30

3.3.2.2. Tratamientos 31

3.3.2.3. Procesos de deshidratación de la cáscara de mandarina 32

3.3.2.4. Modelo estadístico 33

3.3.3. Establecimiento de los parámetros de formulación de la bebida saborizada 34

3.3.4. Evaluación del perfil sensorial y funcional del producto obtenido 37

3.3.4.1. Formulación de la bebida 37

CAPÍTULO IV 41

RESULTADOS Y DISCUSIONES 41

4.1. Análisis de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la cáscara de mandarina 41

4.1.1. Propiedades fisicoquímicas de la cáscara de mandarina 41

4.1.2. Propiedades funcionales de la cáscara de mandarina 45

4.2. Determinación de las condiciones de deshidratación de la cáscara de mandarina 49

4.2.1. Análisis factorial de los resultados 49

4.2.2. Interacción entre la temperatura y el flujo de aire 58

4.2.3. Curvas de secado de la cáscara de mandarina 63

4.2.4. Efecto de las condiciones de secado sobre las propiedades fisicoquímicas y funcionales 65

4.3. Formulación de la bebida de café saborizada con cáscaras de mandarinas 67

4.3.1. Formulaciones evaluadas..... 67

4.4. Evaluación sensorial y funcional del producto final 67

4.4.1. Evaluación sensorial 67

4.4.2. Evaluación funcional 71

CAPÍTULO V.....74

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 74

5.1. Conclusiones.....74

5.2. Recomendaciones.....75

BIBLIOGRAFÍA.....76

ANEXOS 85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de bebidas funcionales 15
Tabla 2 Compuestos bioactivos del café 17
Tabla 3 Compuestos funcionales de la cáscara de mandarina *(Citrus reticulata)* 20
Tabla 4 Parámetros fisicoquímicos y funcionales para la caracterización de la bebida 23
Tabla 5 Rasgos sensoriales 26
Tabla 6 Métodos para el análisis de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la cáscara de mandarina 29
Tabla 7 Factores de estudio para la deshidratación de la cáscara de mandarina 30
Tabla 8 Tratamientos experimentales de la combinación de los factores: temperatura y flujo de aire 31
Tabla 9 Formulación de las mezclas para la elaboración de la bebida 34
Tabla 10 Escala hedónica para evaluación sensorial 40
Tabla 11 Variables de respuesta evaluadas en el estudio 41
Tabla 12 Valores de pH de la cáscara de mandarina deshidratada 41
Tabla 13 Valores de humedad de la cáscara de mandarina 44
Tabla 14 Valores de polifenoles totales de la cáscara de mandarina deshidratada 45
Tabla 15 Valores de Capacidad antioxidantes de la cáscara de mandarina deshidratada 47
Tabla 16 Resultados estadísticos pH 50
Tabla 17 Prueba de Tukey para el contenido de pH 51
Tabla 18 Análisis de varianza factorial para el contenido de humedad 52
Tabla 19 Prueba de Tukey para el contenido de humedad 53
Tabla 20 Análisis de varianza factorial para el contenido de polifenoles totales 55
Tabla 21 Comparación de medias mediante la prueba de Tukey para el contenido de polifenoles totales 55
Tabla 22 Análisis de varianza factorial para la capacidad antioxidante 56
Tabla 23 Comparación de medias mediante la prueba de Tukey para la capacidad antioxidante 57
Tabla 24 Valores de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la cáscara de mandarina deshidratada 65
Tabla 26 Formulación de la bebida de café saborizada con cáscaras de mandarina 67
Tabla 27 Propiedades funcionales de las formulaciones 71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del lugar.....28
Figura 2 Procesos de deshidratación de la cáscara de mandarina.....32
Figura 3 Proceso de la obtención de la bebida.....35
Figura 4 Proceso de molido.....36
Figura 5 Empacado del producto.....36
Figura 6 Comportamiento del pH de la cáscara de mandarina deshidratada en los diferentes tratamientos.....42
Figura 7 Comportamiento de humedad de la cáscara de mandarina deshidratada en los diferentes tratamientos.....44
Figura 8 Comportamiento de polifenoles de la cáscara de mandarina deshidratada en los diferentes tratamientos.....46
Figura 9 Comportamiento de antioxidantes de la cáscara de mandarina deshidratada en los diferentes tratamientos.....48
Figura 10 Interacción entre la temperatura de secado y el flujo de aire sobre el pH de la cáscara de mandarina deshidratada.....58
Figura 11 Interacción entre la temperatura de secado y el flujo de aire sobre el contenido de humedad de la cáscara de mandarina deshidratada.....59
Figura 12 Interacción entre la temperatura de secado y el flujo de aire sobre el contenido de polifenoles totales de la cáscara de mandarina deshidratada.....60
Figura 13 Interacción entre la temperatura de secado y el flujo de aire sobre la capacidad antioxidante de la cáscara de mandarina deshidratada.....62
Figura 14 Curvas de secado de la cáscara de mandarina sometida a diferentes condiciones de temperatura y flujo de aire.....63
Figura 15 Aceptabilidad sensorial del color.....68
Figura 16 Aceptabilidad sensorial del aroma.....68
Figura 17 Aceptabilidad sensorial del sabor.....69
Figura 18 Aceptabilidad general del producto.....70
Figura 20 Contenido de capacidad antioxidante de las muestras.....71
Figura 21 Contenido de polifenoles totales de las muestras.....72

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La inquietud por las bebidas funcionales ha ido en aumento durante los últimos años entre los consumidores que buscan un producto placentero, de origen vegetal y, por ende, con un atractivo natural. Se pueden considerar bebidas funcionales aquellas que se formulan con ingredientes capaces de aportar antioxidantes, vitaminas, minerales, fibra, compuestos fenólicos y otros compuestos presentes en las materias primas vegetales. También corresponden a esta categoría las formulaciones que combinan productos tradicionales con frutas, semillas, hierbas medicinales o subproductos de la agroindustria, lo que ha favorecido el desarrollo de nuevos productos. En este sentido, Mordor Intelligence (2026) sostiene que el mercado de bebidas funcionales está encaminado a alcanzar los 163,84 mil millones de dólares durante 2026 y podría ascender a 239,95 mil millones en 2031, con una tasa de crecimiento anual compuesta estimada de 7,93 %. Estas cifras dan cuenta de un entorno favorable para productos que mezclen características sensoriales, componentes funcionales y el aprovechamiento de las materias primas vegetales.

El café *(Coffea arabica L.)* ostenta una fuerte posición dentro del consumo mundial debido a su aroma, su sabor, su efecto estimulante y su valor en el mercado. La Organización Internacional del Café ha señalado que la producción mundial fue de 168,2 millones de sacos de café de 60 kg durante el año cafetero 2022/2023 y que el consumo mundial del período cafetero 2023/2024 se estimó en 177 millones de sacos, lo que pone de manifiesto la magnitud de su demanda internacional (International Coffee Organization, 2023). Estas estimaciones reflejan la importancia del desarrollo de productos derivados del café que respondan a nuevas preferencias de alimentación.

En Ecuador, la producción de café ocupa un lugar importante para muchas familias rurales y en varias zonas de agricultura tradicional. Según datos del Departamento de Agricultura de

Estados Unidos, Ecuador produjo unos 355.000 sacos de 60 kg durante el ciclo 2024/2025. Para el ciclo 2025/2026, la producción nacional se estimó en unos 350.000 sacos, cifra que representa un 0,20 % de la producción mundial, de acuerdo con la misma fuente. Estos datos muestran que el país mantiene una base productiva que permite fundamentar las propuestas asociadas con la agroindustria del café y su transformación (United States Department of Agriculture, 2026).

El consumo del café guarda relación con sus propiedades sensoriales y con la cafeína. Esta bebida también contiene ácidos clorogénicos y otros compuestos fenólicos relacionados con su capacidad antioxidante y con la protección frente al estrés oxidativo. Machado et al. (2024) advierten que la composición del café depende de factores como la variedad, el origen, el grado de tueste y la forma de preparación. Por ende, el desarrollo de una bebida saborizada requiere controlar su formulación para conservar sus propiedades y alcanzar una aceptación adecuada.

El café tiene propiedades de interés, pero también presenta un amargor y una acidez que pueden modificar la preferencia de un consumidor. Una posibilidad es asociarlo con diferentes ingredientes de origen natural que permitan armonizar aromas y sabores diferentes. La cáscara de la mandarina *(Citrus reticulata)* presenta un aroma cítrico que combina adecuadamente con las notas tostadas del café. Además, aporta flavonoides, compuestos fenólicos, aceites esenciales y fibra, lo que permite considerarla como una materia prima potencialmente aplicable en el campo de la alimentación (Liu et al., 2021). Se tendrá que controlar la adición de este ingrediente, ya que en niveles elevados puede potenciar el amargor, la acidez y la astringencia de la bebida.

La generación de subproductos se presenta como un problema relacionado con el aumento de la producción y el procesamiento industrial de los cítricos. La producción de cítricos a nivel global se encuentra entre 120 y 150 millones de toneladas anuales, de las cuales entre el 40 % y el 60 % puede convertirse en subproductos durante el procesamiento, principalmente

cáscaras, semillas y restos de pulpa (Panwar et al., 2022). Estos materiales contienen una proporción considerable de compuestos que pueden aprovecharse posteriormente; sin embargo, una eliminación inadecuada puede ocasionar problemas ambientales y elevar los costes asociados con su manejo.

En Ecuador también existe una producción de mandarina que genera cáscaras durante el consumo doméstico, la comercialización y la elaboración de productos finales. En 2023, la producción ecuatoriana de mandarinas, clementinas y tangerinas fue cercana a 27.138 toneladas, según cifras de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. De este modo, se demuestra la existencia nacional de una materia prima que puede aprovecharse más allá del consumo directo de la fruta (Tridge, 2023).

La cáscara de la mandarina es un residuo que se genera en gran medida después del consumo de la fruta o de su correspondiente transformación agroindustrial. Sin embargo, este residuo contiene flavonoides, aceites esenciales, fibra y otros compuestos relacionados con propiedades antioxidantes y características aromáticas. Entre los componentes presentes en esta cáscara se encuentran la hesperidina, la naringina, la narirutina y el limoneno, sustancias que han llegado a ser investigadas para su uso en alimentos, bebidas y productos de origen natural (Addi et al., 2021). Su aprovechamiento permite convertir un residuo habitual en un ingrediente con valor para la elaboración de nuevos productos.

La literatura más reciente sugiere que los residuos de las frutas cítricas pueden representar entre el 40 % y el 50 % del peso total de la fruta procesada. Esta fracción contiene cáscara, pulpa residual, membranas y semillas que pueden utilizarse para obtener aceites esenciales, pectina, fibra, carotenoides y polifenoles. Kumar et al. (2022) explican que el aprovechamiento de estos residuos permite producir artículos de mayor valor y reducir la cantidad de materia orgánica que se elimina. Por lo anterior, la cáscara de mandarina se puede utilizar como ingrediente alimentario después de someterla a procesos de limpieza, secado, triturado y

conservación adecuada.

La mezcla de café con cáscara de mandarina puede dar lugar a una bebida con propiedades sensoriales diferentes y con compuestos funcionales que pueden medirse experimentalmente. El café, por un lado, aporta cafeína, ácidos clorogénicos, compuestos volátiles y su sabor característico. La cáscara, por otra parte, puede ofrecer notas cítricas, flavonoides y aceites esenciales. Sin embargo, la presencia de estos componentes no permite afirmar por sí misma que la bebida presenta propiedades funcionales comprobadas. Esta valoración requiere análisis experimentales que determinen los polifenoles totales, la capacidad antioxidante, la humedad, el pH y la aceptación sensorial bajo condiciones controladas.

Por eso, el presente trabajo se enfoca en desarrollar una bebida de café *(Coffea arabica L.)* saborizada con cáscara de mandarina *(Citrus reticulata).* El trabajo estudia diversas condiciones de deshidratación y compara formulaciones con diferentes proporciones de los dos ingredientes, de acuerdo con la metodología y las variables descritas en la tesis. La justificación científica se basa en la necesidad de estudiar cómo la temperatura y el flujo de aire influyen en la conservación de los compuestos presentes en la cáscara, en su capacidad antioxidante y en la aceptación sensorial de la bebida. De este modo, se puede crear una propuesta que combine el aprovechamiento de un residuo cítrico, el desarrollo de un producto alimentario y la obtención de resultados medibles que permitan comprobar su viabilidad agroindustrial.

1.1 Planteamiento del Problema

La industria alimentaria ha empezado a mostrar un mayor interés por la tendencia de elaborar bebidas con ingredientes naturales y compuestos de posible aporte funcional. El café se encuentra dentro de este grupo, puesto que constituye una materia prima de gran consumo por su aroma, su sabor, su efecto estimulante y su contenido de compuestos fenólicos. Según lo mencionado por Machado et al. (2024), los ácidos clorogénicos presentes en el café están relacionados con su capacidad antioxidante, aunque la cantidad de estos puede variar en

función del origen del grano, el grado de tueste o el modo de preparación. Todo ello hace necesario controlar las condiciones del proceso cuando el café se mezcla con ingredientes vegetales.

Las cáscaras de mandarina representan un subproducto que suele acabar desechado después del consumo o el procesamiento de la fruta. No obstante, este material presenta un contenido de flavonoides, aceites esenciales, fibra y compuestos fenólicos que pueden aprovecharse para desarrollar nuevos productos alimentarios. Addi et al. (2021) identifican en los cítricos compuestos como la hesperidina, la naringina y la narirutina, mientras que Liu et al. (2021) relacionan estos componentes con propiedades antioxidantes y atributos aromáticos. A pesar de esta potencialidad, la cáscara fresca tiene un alto contenido de humedad, lo cual limita su capacidad de conservación, favorece su deterioro y dificulta su incorporación directa en una mezcla de café.

El problema tecnológico está ligado a la falta de definición de una condición adecuada para secar la cáscara de mandarina sin reducir de forma considerable sus compuestos fenólicos ni su capacidad antioxidante. Una temperatura insuficiente deriva en una humedad residual elevada; en contraposición, una aplicación inadecuada del calor puede modificar los compuestos sensibles y los atributos aromáticos del material. Kumar et al. (2022) indican que el método y las condiciones de secado afectan la recuperación de los compuestos presentes en los residuos cítricos. De ahí que no sea suficiente secar la cáscara de forma general, pues se deben determinar valores de temperatura y flujo de aire muy concretos.

También existe un inconveniente en la propia formulación de la bebida, ya que la cantidad de cáscara modifica al mismo tiempo su aporte funcional y su aceptación sensorial. Una cantidad pequeña puede generar un aporte limitado de compuestos fenólicos, mientras que una cantidad elevada hace que el aroma cítrico, el amargor, la acidez y la astringencia sean más pronunciados. Por lo tanto, la formulación tiene que respetar el carácter propio del café y,

al mismo tiempo, permitir el aporte de los compuestos de la cáscara sin provocar rechazo por parte del consumidor. Este equilibrio no se puede generar únicamente a partir de criterios teóricos, dado que necesita mediciones funcionales y una evaluación sensorial del producto resultante.

La revisión bibliográfica elaborada en la investigación permitió encontrar estudios sobre los compuestos bioactivos de la cáscara de mandarina, métodos de aprovechamiento de los residuos cítricos y formulaciones elaboradas con otros subproductos vegetales. No obstante, la búsqueda bibliográfica no permitió identificar un procedimiento que evaluara conjuntamente la deshidratación de cáscara de mandarina mediante temperaturas de 50 °C y 65 °C, flujos de aire de 1, 3 y 5 m/s, y su posterior incorporación en café tostado en proporciones de 90:10 y 80:20. La búsqueda tampoco permitió identificar una comparación global sobre el contenido de humedad, el pH, los polifenoles totales, la capacidad antioxidante y la aceptación sensorial para esta mezcla específica. Este vacío limita la selección de condiciones de proceso sustentadas en resultados experimentales.

Por este motivo, el problema concreto al que da solución este trabajo consiste en determinar qué condición de deshidratación permite obtener una cáscara de mandarina con baja humedad y conservación de las propiedades funcionales, y qué proporción de incorporación permite elaborar una bebida de café con aceptación sensorial y aporte antioxidante medible. Para ello, se necesita examinar el efecto de la temperatura y del flujo de aire sobre la materia prima, escoger el tratamiento que aporte mejores resultados y comparar formulaciones con diferentes cantidades de cáscara de mandarina.

El desarrollo de este procedimiento permite superar la aplicación empírica de la cáscara de mandarina como saborizante. La investigación establece parámetros medibles para su secado, molienda, formulación y preparación, y relaciona el aporte funcional con la respuesta de los consumidores. De este modo, el trabajo transforma un subproducto cítrico de

conservación limitada en un ingrediente para una bebida de café con condiciones de elaboración definidas y resultados que pueden orientar futuras aplicaciones agroindustriales. La metodología de la tesis contempla el estudio de la temperatura, el flujo de aire, la humedad, el pH, los polifenoles totales, la capacidad antioxidante y la aceptación de las formulaciones propuestas.

1.1.1 *Pregunta de investigación*

¿Cómo desarrollar un procedimiento para la elaboración de una bebida de café (*Coffea arabica* L.) saborizada con cáscaras de mandarina (*Citrus reticulata*) que aporte compuestos funcionales y presente atributos sensoriales aceptables para el consumidor?

1.2 Justificación

El desarrollo de alimentos funcionales y sostenibles se ha convertido en el desafío de la industria alimentaria impulsada por consumidores que demandan productos con beneficios para la salud, formulados a partir de ingredientes naturales y que, además, respondan a criterios de sostenibilidad ambiental (The Food Tech, 2023). En este contexto, la incorporación de subproductos agroindustriales en nuevas formulaciones no solo representa una estrategia para reducir el desperdicio, sino también una oportunidad para diversificar y mejorar el perfil nutricional y sensorial de los alimentos.

Las cáscaras de mandarina *(Citrus reticulata),* subproducto generado en grandes volúmenes por la agroindustria citrícola ecuatoriana es una fuente rica en compuestos funcionales con alto contenido en flavonoides, limonoides y aceites esenciales, conocidos por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y su contribución en la prevención de diversas enfermedades (Liu et al., 2021).

Por otro lado, el café es uno de los productos más comercializados a nivel mundial, con un consumo estimado entre el 70 y el 80 % de la población. Además de su popularidad, destaca por su contenido en compuestos bioactivos como la cafeína. (Gómez-Leyva et al., 2021). La

incorporación de extractos de cáscara de mandarina en una bebida a base de café permite combinar dos fuentes naturales de compuestos beneficiosos, lo que enriquece tanto el perfil nutricional como sensorial del producto.

Por lo tanto, este proyecto, constituye una propuesta innovadora al vincular la valorización de residuos agroindustriales con la formulación de un producto que podría responder a las expectativas de consumidores entorno a ofrecer una alternativa funcional, natural y atractiva promoviendo prácticas productivas eficientes y responsables.

1.3 Antecedentes

Suri et al. (2022) en India, llevaron a cabo una investigación acerca del secado infrarrojo de cáscaras de mandarina Kinnow *(Citrus reticulata)* en India. El objetivo fue estudiar el efecto de distintas temperaturas sobre la cinética de secado y las propiedades de calidad del material. Para ello, los autores aplicaron tratamientos con temperaturas comprendidas entre 50 °C y 70 °C; posteriormente, evaluaron la humedad, la actividad de agua, los polifenoles totales, los flavonoides, los carotenoides, el color y la capacidad antioxidante mediante el ensayo DPPH. Los resultados mostraron que el aumento de la temperatura redujo el tiempo de secado y produjo diferencias significativas en los compuestos analizados. El tratamiento a 60 °C mantuvo la mayor proporción de fenoles y favoreció la actividad antioxidante; la retención de compuestos fenólicos se situó entre el 83 % y el 93 %. Este antecedente mantiene una estrecha relación con la presente investigación porque demuestra que la temperatura de secado afecta la humedad y la conservación de los compuestos funcionales de la cáscara de mandarina.

Gómez-Mejía et al. (2023) llevaron a cabo en España un estudio cuyo principal objetivo fue evaluar el efecto de las condiciones de secado y almacenamiento sobre la composición fenólica y la actividad antioxidante de las cáscaras de clementina y limón. La metodología utilizada consistió en comparar el secado en estufa y al vacío a 40 °C y 60 °C. Para el análisis

de los resultados se aplicaron métodos espectrofotométricos, cromatografía líquida y métodos estadísticos multivariantes. Los resultados mostraron que el secado al vacío a 60 °C durante seis horas fue el método que mejor conservó la hesperidina, los ácidos p-cumárico y trans-ferúlico, y además favoreció la actividad antioxidante de los extractos de clementina. Los autores consideraron que la conservación de los constituyentes fenólicos depende tanto de la matriz vegetal como de las condiciones térmicas aplicadas. Este antecedente respalda la selección de temperaturas controladas para deshidratar la cáscara utilizada en la bebida de café.

Anticona et al. (2021) analizaron en España el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante de cáscaras pertenecientes a las variedades híbridas de mandarina Clemenvilla, Nadorcott y Ortanique. El estudio tuvo como objetivo identificar y cuantificar los principales compuestos fenólicos de estos residuos. Los investigadores analizaron 33 muestras y elaboraron extractos mediante la aplicación de ultrasonido a 40 °C durante 30 minutos; posteriormente, aplicaron el método Folin-Ciocalteu, ensayos DPPH y TEAC, además de cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas. Los resultados mostraron diferencias entre las variedades y confirmaron que la hesperidina fue el compuesto fenólico más abundante. Las cáscaras de Clemenvilla presentaron un contenido de rutina superior al de las demás variedades; en cambio, las muestras de Clemenvilla y Ortanique mostraron una elevada capacidad antioxidante. Esta información respalda la elección de la variedad Clementina y la medición de polifenoles totales y capacidad antioxidante en el presente trabajo.

Callupe Loayza (2022) desarrolló en Perú una bebida a partir de pulpa de café y cáscara de naranja Valencia, con la finalidad de aprovechar ambos subproductos agroindustriales. La investigación evaluó las propiedades fisicoquímicas de las materias primas y formuló bebidas con 90 %, 70 %, 50 % y 30 % de pulpa de café, combinadas con 10 %, 30 %, 50 % y 70 % de cáscara de naranja. La pulpa de café fue sometida a temperaturas de tostado de 80 °C, 100 °C y 130 °C durante cuatro, seis y diez minutos. Luego, se llevaron a cabo análisis fisicoquímicos

y pruebas sensoriales con la finalidad de seleccionar la formulación de mayor aceptación. Los resultados mostraron que la mezcla que contenía 90 % de pulpa de café y 10 % de cáscara de naranja presentó la mejor respuesta sensorial. Este resultado sirvió como base para establecer las proporciones de 90:10 y 80:20 que se evaluaron en esta investigación.

Czarniecka-Skubina et al. (2021) llevaron a cabo en Polonia un estudio con el objetivo de comparar las bebidas de café obtenidas mediante diversos métodos de preparación. El procedimiento consideró extracciones en caliente y en frío con variaciones en la temperatura, el tiempo de contacto y el sistema de percolación. Las muestras fueron analizadas mediante técnicas cromatográficas y espectroscópicas, pruebas de capacidad antioxidante y evaluaciones sensoriales. Los resultados mostraron que el procedimiento de preparación produjo variaciones en la extracción de los ácidos clorogénicos, el ácido gálico, la cafeína, la trigonelina, los lípidos y los compuestos relacionados con el aroma. El sistema de extracción dinámica de café a 19,3 °C produjo una bebida fría con características sensoriales parecidas a las del café preparado en caliente. Estos resultados demostraron que el tiempo, la temperatura y el método de extracción inciden sobre las propiedades funcionales y sensoriales del café.

Lee et al. (2022) llevaron a cabo en Corea del Sur una investigación comparativa sobre la composición química y la actividad antioxidante de siete tipos de cáscaras de cítricos. El objetivo fue determinar qué especies contenían mayores cantidades de los compuestos estudiados y comprobar el efecto del tratamiento con vapor. Los autores determinaron la composición fitoquímica mediante análisis instrumental y evaluaron la actividad antioxidante antes y después del tratamiento térmico. Los resultados obtenidos indicaron que las cáscaras de mandarina Satsuma y yuzu presentaron una composición favorable, mientras que el tratamiento con vapor a 100 °C durante ocho horas aumentó la extracción de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante. Este estudio confirmó que el tratamiento térmico puede alterar la disponibilidad de los compuestos bioactivos, aunque su efecto depende del tipo de

cáscara y de las condiciones de tratamiento.

En conjunto, las investigaciones revisadas confirman que las cáscaras de mandarina contienen polifenoles y flavonoides con capacidad antioxidante, aunque la conservación de estos compuestos depende de las condiciones de secado. Otras investigaciones indican que las proporciones utilizadas y el método de preparación modifican las propiedades sensoriales de las bebidas elaboradas con café y subproductos cítricos. Sin embargo, los estudios consultados no analizaron una bebida elaborada con café tostado y cáscara de mandarina deshidratada mediante la combinación específica de 50 °C y 65 °C, flujos de aire de 1, 3 y 5 m/s, y proporciones de 90:10 y 80:20. Por esta razón, la presente investigación amplía el conocimiento disponible al relacionar las condiciones de secado con la humedad, el pH, los polifenoles totales, la capacidad antioxidante y la aceptación sensorial de una formulación concreta. Esta relación mantiene coherencia con los objetivos, los tratamientos y las variables planteadas en la metodología de la tesis.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo General*

Desarrollar un procedimiento para la elaboración de una bebida de café saborizada con cáscaras de mandarina (*Citrus reticulata*) como fuente de componentes y atributos sensoriales.

1.4.2 *Objetivos Específicos*

- Analizar las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la materia prima
- Determinar las condiciones de deshidratación de la cáscara de mandarina
- Establecer los parámetros de formulación de la bebida saborizada
- Evaluar el perfil sensorial y funcional del producto obtenido

1.5 Hipótesis

1.5.1 *Hipótesis Nula*

- **Ho:** La incorporación de cáscaras de mandarina (*Citrus reticulata*) en la bebida de café

no influye significativamente en el contenido de compuestos funcionales ni en los atributos sensoriales del producto final.

1.5.2 *Hipótesis Alternativa*

- **Ha:** La incorporación de cáscaras de mandarina (*Citrus reticulata*) en la bebida de café influye significativamente en el contenido de compuestos funcionales y mejora los atributos sensoriales del producto final.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

El marco teórico presenta los conceptos necesarios para comprender los componentes implicados en la elaboración de una bebida funcional a base de café y cáscara de mandarina. En este sentido, Gómez-Leyva et al. (2021) comentan que el café contiene cafeína y compuestos fenólicos asociados con su capacidad antioxidante. La cáscara de mandarina, según Liu et al. (2021), presenta flavonoides y compuestos volátiles aplicables en alimentos y bebidas. Los autores coinciden en que ambas materias poseen compuestos de interés funcional, si bien su aprovechamiento queda supeditado a las condiciones de procesamiento aplicadas. Por otro lado, Zema et al. (2020) analizan la cáscara de los cítricos como fuente de aceites esenciales y compuestos volátiles con posibles aplicaciones industriales. Satari y Karimi (2018) focalizan su estudio en la recuperación de los componentes presentes en los residuos cítricos y en la reducción del desperdicio agroindustrial. En síntesis, estas investigaciones permiten considerar la cáscara de mandarina como un componente que potencialmente aportaría compuestos funcionales y atributos sensoriales a una bebida de café.

Callupe Loayza (2022) estudió la combinación de pulpa de café y cáscara de naranja y alcanzó una mejor aceptación con la formulación que contenía una menor proporción de cáscara. Esta afirmación es consistente con lo expuesto por Skąpska et al. (2020), quienes también afirman que la incorporación de componentes de origen vegetal debe controlarse debido a su posible influencia sobre el amargor, la acidez y la astringencia de las bebidas.

A partir de estas aportaciones, en el presente estudio se analizan las propiedades funcionales junto con la aceptación sensorial de las formulaciones propuestas.

2.1. Conceptualización de los principales elementos de la investigación

2.1.1. Bebidas Funcionales

En esta investigación, el concepto de bebida funcional se aborda de manera específica

en formulaciones a base de café enriquecidas con ingredientes vegetales. Estas bebidas combinan el perfil sensorial y estimulante del café con compuestos fenólicos, flavonoides y sustancias aromáticas procedentes de frutas, hierbas o subproductos agroindustriales. Su carácter funcional debe sustentarse mediante mediciones analíticas, como polifenoles totales y capacidad antioxidante, y no únicamente por la presencia teórica de ingredientes bioactivos (Granato et al., 2020; Machado et al., 2024).

La valorización de subproductos cítricos constituye una tendencia de interés para el desarrollo de bebidas de mayor valor agregado. Las cáscaras pueden incorporarse como polvo, extracto o infusión, siempre que se controlen el secado, la concentración y el tamaño de partícula, debido a que sus aceites esenciales y flavonoides modifican simultáneamente la funcionalidad, el aroma, el amargor y la astringencia. En este contexto, la mezcla de café y cáscara de mandarina responde a la tendencia de aprovechar residuos vegetales y desarrollar formulaciones con identidad sensorial diferenciada (Liu et al., 2021; Kumar et al., 2022).

2.1.2. Bebidas funcionales a base de café y subproductos cítricos

Las bebidas funcionales a base de café pueden incorporar extractos, harinas o polvos de origen vegetal para incrementar el contenido de compuestos fenólicos o generar perfiles aromáticos novedosos. En estas formulaciones, el café aporta cafeína, ácidos clorogénicos y compuestos volátiles, mientras que los subproductos cítricos aportan flavonoides y aceites esenciales. El reto tecnológico consiste en equilibrar el aporte funcional con la aceptabilidad, porque concentraciones elevadas de cáscara pueden intensificar el amargor, la acidez y la astringencia (Skąpska et al., 2020; Liu et al., 2021).

Las formulaciones con cáscaras cítricas se relacionan además con la economía circular, ya que transforman un residuo de alta humedad y limitada estabilidad en un ingrediente deshidratado con potencial de aplicación alimentaria. La tendencia del mercado hacia productos naturales, sostenibles y con ingredientes reconocibles favorece este tipo de

innovaciones; sin embargo, su viabilidad depende de demostrar estabilidad, funcionalidad y aceptación sensorial mediante procedimientos experimentales controlados.

Por ello, la presente investigación no se limita a clasificar la bebida como funcional, sino que determina el efecto de las condiciones de secado y de la proporción de cáscara sobre el contenido de polifenoles, la capacidad antioxidante y la respuesta sensorial del consumidor.

Tabla 1

Tipos de bebidas funcionales

Tipo de bebida funcional	**Ingredientes comunes**	**Función principal**	**Ejemplos**
Bebidas energéticas	Cafeína, taurina, vitaminas del complejo B y azúcares o edulcorantes	Aumentar el estado de alerta y aportar energía	Bebidas energéticas comerciales, café frío funcional
Bebidas antioxidantes	Frutas, té verde, café, cacao, cáscaras cítricas y extractos vegetales	Ayudar a reducir el daño causado por radicales libres	Bebidas con frutos rojos, té verde, café con extractos naturales
Bebidas probióticas	Bacterias ácido-lácticas, levaduras y cultivos vivos	Mejorar la salud intestinal y favorecer la microbiota.	Yogur bebible, kéfir, kombucha
Bebidas bajas en calorías	Edulcorantes bajos en calorías, fibra y extractos naturales	Reducir el aporte calórico sin perder sabor	Bebidas light, aguas saborizadas funcionales
Bebidas hidratantes	Agua, sales minerales, sodio, potasio y	Reponer líquidos y electrolitos	Bebidas isotónicas, sueros orales, bebidas

Tipo de bebida funcional	Ingredientes comunes	Función principal	Ejemplos
	magnesio		deportivas
Bebidas con ingredientes naturales	Hierbas, frutas, cáscaras, semillas o extractos vegetales	Aportar compuestos bioactivos y mejorar el perfil sensorial	Infusiones, bebidas cítricas, café saborizado con cáscara de mandarina

Nota. Adaptado de López et al. (2020).

2.1.3. Café

El café es una de las bebidas de mayor consumo a nivel mundial y destaca por sus características sensoriales, especialmente su aroma, sabor y efecto estimulante. Su composición incluye cafeína, compuestos fenólicos, ácidos orgánicos, diterpenos y compuestos volátiles, los cuales participan en la formación de las propiedades físicas, químicas y sensoriales de la bebida (Machado et al., 2024). Por su parte, Heck y de Mejia (2020) señalan que la cafeína es uno de los compuestos más representativos del café debido a su acción sobre el sistema nervioso central; sin embargo, sus características no dependen únicamente de este alcaloide, sino de la interacción entre los diferentes componentes presentes en el grano.

Las características del café también están influenciadas por el origen, la variedad y el proceso de tostado. Durante el tueste se desarrollan los compuestos responsables del aroma y del sabor característicos de la bebida, generándose notas dulces, tostadas y amargas que definen su perfil sensorial (Illy & Viani, 2005). En la presente investigación se utilizó café arábica con tueste medio, debido a que esta condición proporciona un equilibrio entre aroma, acidez, cuerpo y amargor, favoreciendo su combinación con las notas cítricas aportadas por la cáscara de mandarina.

2.1.4. Propiedades saludables del café

Además de sus características sensoriales, el café es reconocido por aportar compuestos bioactivos asociados con diversos efectos beneficiosos para la salud. Entre ellos destacan los ácidos clorogénicos y otros compuestos fenólicos, los cuales contribuyen a la capacidad antioxidante de la bebida y participan en la neutralización de radicales libres (Machado et al., 2024).

Barrea et al. (2023) señalan que el potencial antioxidante del café puede variar según la variedad del grano, el grado de tostado y el método de preparación, factores que influyen en la cantidad de compuestos bioactivos disponibles en la bebida. Estas características adquieren especial importancia en la presente investigación, ya que la incorporación de cáscara de mandarina busca complementar el aporte de compuestos funcionales sin modificar las propiedades sensoriales propias del café.

Tabla 2

Compuestos bioactivos del café

Compuesto del café	**Característica principal**	**Posible aporte funcional**
Cafeína	Alcaloide natural con efecto estimulante	Puede mejorar el estado de alerta y disminuir la sensación de cansancio
Ácidos clorogénicos	Compuestos fenólicos con capacidad antioxidante	Pueden ayudar a reducir el estrés oxidativo
Compuestos fenólicos	Sustancias antioxidantes presentes en el grano de café	Se relacionan con la protección celular
Diterpenos	Compuestos como cafestol y kahweol	Se han relacionado con efectos biológicos en el organismo
Compuestos volátiles	Sustancias responsables del aroma del café	Mejoran la percepción sensorial del producto

Compuesto del café	Característica principal	Posible aporte funcional
Ácidos orgánicos	Sustancias que influyen en la acidez del café	Participan en el sabor y estabilidad de la bebida

Nota. Adaptado de Heck y de Mejia (2020) y Machado et al. (2024).

2.1.5. Composición bioactiva y volátil de la cáscara cítrica

Las cáscaras de mandarina (*Citrus reticulata*) constituyen un subproducto agroindustrial generado durante el consumo y procesamiento de la fruta. Aunque tradicionalmente han sido consideradas residuos, actualmente representan una fuente de compuestos de interés alimentario debido a su contenido de compuestos fenólicos, flavonoides, aceites esenciales, fibra dietética, pectina y vitamina C (Satari & Karimi, 2018; Liu et al., 2021). Estos componentes permiten considerar a la cáscara como una materia prima con potencial para el desarrollo de ingredientes funcionales y productos con valor agregado.

Entre los compuestos bioactivos presentes destacan los flavonoides, grupo de metabolitos fenólicos al que pertenecen compuestos como la hesperidina, naringina y narirutina. Estos compuestos han despertado interés debido a su capacidad antioxidante y a su posible aplicación en alimentos funcionales (Liu et al., 2021). Satari y Karimi (2018) señalan que la recuperación de estos compuestos representa una alternativa para aprovechar los residuos cítricos y transformarlos en ingredientes de mayor valor.

Además de los compuestos fenólicos, las cáscaras de mandarina contienen aceites esenciales responsables de gran parte del aroma característico de los cítricos. Dentro de estos compuestos destaca el limoneno, cuya presencia contribuye al perfil aromático y favorece su aplicación como fuente de aromas naturales (Zema et al., 2020). Sin embargo, su incorporación en alimentos debe evaluarse cuidadosamente, ya que concentraciones elevadas pueden modificar las características sensoriales y afectar la aceptación del consumidor (Skąpska et al.,

2020).

La actividad antioxidante de las cáscaras de mandarina está relacionada principalmente con la presencia de compuestos fenólicos y otros metabolitos secundarios capaces de actuar frente a especies reactivas. No obstante, estos compuestos pueden verse modificados por factores como la temperatura y el tiempo de procesamiento. Estudios realizados en cáscaras cítricas han demostrado que las condiciones de secado influyen en la conservación y disponibilidad de compuestos bioactivos, por lo que la selección adecuada del tratamiento térmico resulta fundamental para mantener su potencial funcional (Suri et al., 2022; Gómez-Mejía et al., 2023).

2.1.6. Aplicaciones de las cáscaras de mandarina en la industria alimentaria y sus beneficios

Las cáscaras de mandarina pueden emplearse como materia prima para la obtención de aromas, extractos y compuestos funcionales. Liu et al. (2021) apuntan su posible uso como aromatizante natural, mientras que Satari y Karimi (2018) hacen alusión al aprovechamiento de los compuestos de mayor valor. Ambos estudios enfatizan que el uso alimentario necesita tratamientos que reduzcan la humedad y permitan conservar el material.

Zema et al. (2020) amplían el planteamiento de Liu et al. (2021), porque relacionan la composición química de la cáscara con su utilización en la agroindustria. En relación con estas aportaciones, la deshidratación, la molienda y la formulación aplicadas en el presente estudio permiten transformar el residuo en un ingrediente para preparar una bebida de café.

2.1.6.1. Saborizantes naturales

Los aceites esenciales que pueden extraerse de las cáscaras de mandarina pueden ser utilizados como saborizantes naturales. En este sentido, Liu et al. (2021) mencionan que el aroma cítrico puede mejorar las características sensoriales de los alimentos y bebidas. Zema et al. (2020) también coinciden en que este aroma se debe a compuestos volátiles como el

limoneno.

Por su parte, Skąpska et al. (2020) indican que un aumento de la proporción de ingredientes vegetales puede producir sabores amargos, astringentes o demasiado intensos. Esta diferencia permite entender que el aroma de la cáscara de mandarina puede favorecer la aceptación hasta cierto límite, mientras que una cantidad demasiado elevada puede generar una respuesta negativa.

2.1.6.2. Bebidas funcionales

Las cáscaras de mandarina representan una alternativa para el desarrollo de bebidas funcionales, debido a que pueden incorporarse como ingrediente en formulaciones alimentarias después de un procesamiento adecuado. Satari y Karimi (2018) señalan que los residuos cítricos poseen potencial para ser aprovechados en la elaboración de productos con valor agregado, contribuyendo además a la valorización de subproductos agroindustriales.

No obstante, la incorporación de este ingrediente no es suficiente para considerar que una bebida posee propiedades funcionales. La funcionalidad debe demostrarse mediante la cuantificación de compuestos bioactivos y la evaluación de su capacidad antioxidante, ya que estas propiedades dependen de la composición del ingrediente y de las condiciones de procesamiento (Shahidi & Ambigaipalan, 2015).

Con base en este criterio, en la presente investigación se determinaron los polifenoles totales y la capacidad antioxidante de la cáscara de mandarina y de las formulaciones desarrolladas, con el propósito de establecer su aporte funcional y respaldar científicamente su utilización en la elaboración de una bebida de café saborizada.

Tabla 3

Compuestos funcionales de la cáscara de mandarina (Citrus reticulata)

Componente	Característica	Relación con la investigación	Aporte a la bebida de café
Flavonoides	Compuestos fenólicos como hesperidina, naringina y narirutina	Se relacionan con la capacidad antioxidante	Contribuyen al contenido de compuestos funcionales
Aceites esenciales	Compuestos aromáticos como limoneno y terpinenos	Influyen en el aroma característico de la cáscara	Aportan notas cítricas al perfil sensorial
Compuestos fenólicos	Sustancias bioactivas presentes en la cáscara	Se determinan mediante el método Folin-Ciocalteu	Contribuyen al contenido de polifenoles totales
Compuestos amargos	Sustancias propias de la cáscara cítrica	Pueden modificar la aceptación sensorial	Deben controlarse para evitar amargor o astringencia

Nota. Elaboración propia con base en Liu et al. (2021), Addi et al. (2021) y Zema et al. (2020).

2.1.7. Análisis fisicoquímicos

La evaluación fisicoquímica permite conocer las propiedades de las materias primas y de los productos elaborados. Granato et al. (2020) comentan que el pH, la acidez y otros parámetros ayudan a describir la calidad y la estabilidad de una bebida. AOAC (2023), desde un punto de vista metodológico, establece procedimientos normalizados para medir estos parámetros. Ambos aportes evidencian que es necesario utilizar métodos definidos y equipos calibrados.

La medición del pH permite establecer el carácter ácido de la muestra. AOAC (2023) considera la potenciometría como uno de los métodos más utilizados para alimentos y bebidas. Liu et al. (2012) añaden que las variaciones de acidez pueden afectar la estabilidad de los compuestos presentes en matrices que contienen café y extractos vegetales. De esta forma, la

medición del pH proporciona información acerca de la materia prima y de las variaciones producidas en la muestra durante el secado.

El contenido de humedad es otro de los parámetros importantes para evaluar la cáscara de mandarina. Granato et al. (2020) presentan un análisis más enfocado en las bebidas, pero los principios de estabilidad indicados por estos autores también permiten comprender la importancia de la conservación de los ingredientes secos. En este sentido, el presente trabajo compara el comportamiento de las cáscaras deshidratadas bajo distintas temperaturas y flujos de aire mediante la reducción de su contenido de humedad.

Machado et al. (2024) señalan que el método Folin-Ciocalteu puede usarse para estimar el contenido de compuestos fenólicos presentes en matrices alimentarias. Shahidi y Ambigaipalan (2015) coinciden en la utilidad de este procedimiento, aunque advierten que representa una estimación global de los compuestos fenólicos y no permite identificarlos de manera individual. Ambos planteamientos justifican el uso del método para comparar los tratamientos de deshidratación evaluados.

La determinación de la capacidad antioxidante puede realizarse mediante ensayos DPPH, ABTS y FRAP. Shahidi y Ambigaipalan (2015) explican que estos métodos permiten evaluar la respuesta antioxidante de extractos de origen vegetal. Prior et al. (2005) advierten que cada ensayo responde a un principio químico diferente y que sus resultados no deben compararse directamente. Por esta razón, las comparaciones deben realizarse con muestras analizadas mediante el mismo procedimiento. En esta investigación se empleó el método ABTS.

La selección de pH, humedad, polifenoles totales y capacidad antioxidante responde a cuatro criterios complementarios. El pH permite describir la acidez y anticipar cambios de estabilidad; la humedad evidencia la eficiencia del secado y la susceptibilidad al deterioro; los polifenoles totales estiman la conservación y extractabilidad de compuestos bioactivos; y la

capacidad antioxidante permite valorar la respuesta funcional global del ingrediente. En conjunto, estos parámetros permiten evaluar la calidad, estabilidad y potencial funcional de la cáscara deshidratada y de las formulaciones obtenidas.

Tabla 4

Parámetros fisicoquímicos y funcionales para la caracterización de la bebida

Parámetro	**Método o técnica**	**Equipo o material**	**Unidad de medida**	**Importancia en la investigación**
pH	Medición directa	Potenciómetro o pH-metro	Unidad de pH	Permite conocer el carácter ácido de la muestra
Humedad	Secado y pérdida de peso	Estufa	%	Permite conocer la cantidad de agua presente en la cáscara
Polifenoles totales	Método Folin-Ciocalteu	Espectrofotómetro	mg AG/g	Permite estimar el contenido total de compuestos fenólicos
Capacidad antioxidante	Método ABTS	Espectrofotómetro	µmol Trolox/g	Permite comparar la capacidad antioxidante de las muestras

Nota. Elaboración propia con base en AOAC (2023), Shahidi y Ambigaipalan (2015).

2.1.8. Actividad antioxidante

La actividad antioxidante se define como la capacidad que tienen algunos compuestos para neutralizar radicales libres o disminuir los procesos oxidativos. En otras palabras, esta propiedad se relaciona con los compuestos fenólicos, los flavonoides, las vitaminas y otros metabolitos de origen vegetal (Shahidi & Ambigaipalan, 2015). Barrea et al. (2023) aplican este enfoque al café y describen los ácidos clorogénicos presentes en el grano como parte de la capacidad antioxidante de la bebida.

Si bien ambos autores reconocen que la actividad antioxidante del café se relaciona con la presencia de compuestos fenólicos, Barrea et al. (2023) señalan que esta capacidad cambia en función del tipo de grano, del tostado y de la preparación. Esta observación coincide con Machado et al. (2024), quienes proponen que las condiciones del proceso pueden modificar la extracción de los compuestos presentes en el café. Por tal motivo, el aporte antioxidante no debe entenderse como un valor constante e invariable.

La cáscara de mandarina también puede aportar actividad antioxidante por su contenido de flavonoides. Addi et al. (2021) hacen mención de la hesperidina, la naringina y la narirutina entre los compuestos que se encuentran en este residuo. Liu et al. (2021) coinciden con esta identificación y relacionan los compuestos mencionados con la posible utilización alimentaria de la cáscara.

A diferencia de las investigaciones enfocadas en la composición, Chen et al. (2011) establecen que la actividad antioxidante depende de la concentración de los compuestos extraídos y de las condiciones de análisis. Esta postura muestra que la mera presencia de café y cáscara de mandarina no demuestra una mayor capacidad antioxidante. Por ello, resulta necesario analizar las muestras y comparar los valores obtenidos en cada tratamiento y formulación.

Los métodos ABTS, DPPH y FRAP permiten comparar la capacidad antioxidante de muestras diferentes. Prior et al. (2005) afirman que cada uno de los métodos responde a un mecanismo químico concreto, mientras que Shahidi y Ambigaipalan (2015) comentan la conveniencia de mantener condiciones constantes para efectuar las comparaciones. En esta investigación se utiliza el método ABTS para evaluar la cáscara deshidratada y las formulaciones elaboradas.

2.1.9. Escala Hedónica para Análisis Sensorial

El análisis sensorial aplica los sentidos humanos para determinar las características de

los productos alimenticios y las bebidas. Palczak et al. (2019) señalan que este tipo de análisis permite conocer la respuesta del consumidor con respecto a ciertos atributos de un producto. Por su parte, Skąpska et al. (2020) añaden que los ingredientes incorporados pueden modificar la aceptación por efecto del amargor, la acidez o la astringencia. Por lo tanto, ambos autores consideran que las formulaciones no deben valorarse solamente por su composición química.

Los resultados funcionales deben relacionarse con la percepción del consumidor, porque una mayor concentración de compuestos puede generar sabores menos agradables. Esta relación adquiere especial importancia en la bebida de café con cáscara de mandarina.

La escala hedónica permite cuantificar el grado de agrado o desagrado ante una muestra. Palczak et al. (2019) mencionan que este instrumento puede ser aplicado a consumidores no entrenados. Kim y Kwak (2015) indican que una escala de cinco puntos permite facilitar la comprensión de las categorías y el registro de las respuestas.

Las aportaciones de estos autores justifican la utilización de las categorías “me agrada mucho”, “me agrada”, “ni me agrada ni me desagrada”, “me desagrada” y “me desagrada mucho”. En esta investigación, esta escala permite comparar las formulaciones y la muestra control a partir de los atributos de color, aroma, sabor y aceptación general.

Pinto et al. (2022) señalan que el aroma participa en la primera percepción del producto y puede condicionar la valoración posterior del sabor. En referencia a la bebida estudiada, las notas tostadas del café se relacionan con la presencia de compuestos volátiles cítricos de la mandarina. Skąpska et al. (2020) advierten que esta relación debe mantenerse equilibrada para evitar una intensidad aromática o gustativa que provoque rechazo.

La aceptación general es la valoración conjunta de los atributos sensoriales considerados. Kim y Kwak (2015) la consideran una medida apropiada para identificar la formulación preferida por los consumidores. Skąpska et al. (2020) se suman a esta afirmación, pero añaden que la preferencia puede reducirse cuando los ingredientes funcionales provocan

sabores o notas demasiado intensas. Estos planteamientos sustentan la comparación entre la aceptación sensorial y el aporte funcional de las formulaciones.

Tabla 5

Rasgos sensoriales

Rasgo sensorial	**Descripción**	**Importancia en la bebida**
Color	Apariencia visual de la bebida	Influye en la primera impresión del consumidor
Aroma	Olor característico del café y de la mandarina	Permite evaluar la relación entre las notas tostadas y cítricas
Sabor	Percepción producida al consumir la bebida	Determina una parte importante de la aceptación del producto
Aceptación general	Valoración global expresada por el consumidor	Permite identificar la formulación con mayor aceptación

Nota. Elaboración propia con base en Kim y Kwak (2015), Pinto et al. (2022).

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio se centró en la utilización de cáscara de mandarina *(Citrus reticulata)* como materia prima para el desarrollo de una bebida de café saborizada. Se analizaron diversas condiciones de deshidratación 50°C y 65°C con un flujo de aire de 1, 3 y 5 m/s y su efecto sobre las características fisicoquímicas y funcionales de la cáscara, así como su incorporación en formulaciones de 10 % y 20 % de cáscara de mandarina destinadas a la evaluación de la calidad sensorial y funcional del producto final.

3.1.1. Enfoque de la investigación

El enfoque de la presente investigación fue cuantitativo, ya que se basó en la medición y análisis de variables fisicoquímicas, funcionales y sensoriales relacionadas con la elaboración de una bebida de café saborizada con cáscara de mandarina *(Citrus reticulata).* Para ello, se obtuvieron datos experimentales mediante análisis de laboratorio y evaluaciones sensoriales, los cuales fueron procesados estadísticamente para determinar el efecto de las condiciones de deshidratación y formulación sobre las características del producto. Según Neill y Cortez (2018), este enfoque se fundamenta en la recolección y análisis de datos numéricos para contrastar hipótesis y establecer relaciones entre variables, lo que respalda la metodología empleada en el presente estudio.

3.1.2. Diseño de la investigación

La primera fase de la investigación se desarrolló mediante un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial 2 × 3, en el que se evaluaron dos niveles de temperatura de deshidratación (50 y 65 °C) y tres velocidades de flujo de aire (1, 3 y 5 m/s). La combinación de estos factores dio lugar a seis tratamientos, cada uno con tres repeticiones con un total de 18 unidades experimentales. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza

(ANOVA) para determinar el efecto de los factores evaluados y, cuando se evidenciaron diferencias significativas ($p < 0,05$), se aplicó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey.

La segunda fase experimental se realizó bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), en el que se evaluaron tres tratamientos correspondientes a las formulaciones M1 (80 % café : 20 % cáscara de mandarina), M2 (90 % café : 10 % cáscara de mandarina) y un tratamiento testigo (100 % café). La unidad experimental correspondió a cada formulación de la bebida elaborada. Los datos obtenidos en las evaluaciones funcionales y sensoriales fueron analizados mediante estadística descriptiva y un análisis de varianza (ANOVA). Cuando se identificaron diferencias significativas ($p < 0,05$), se aplicó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey.

3.2. Ubicación del Lugar

La investigación se llevó a cabo en los laboratorios de la Carrera de Agroindustria de la Universidad Técnica del Norte, de la ciudad de Ibarra, Imbabura, Ecuador. Donde se realizó todas las actividades necesarias, como recibir la materia prima, preparar las muestras, deshidratar la cáscara de mandarina, elaborar la bebida de café y análisis fisicoquímicos.

Figura 1

Ubicación del lugar



3.3. FASES DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología se estructuró en las siguientes fases de investigación.

3.3.1. Analizar las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la materia prima

3.3.1.1. Materia Prima

Los frutos de mandarina (*Citrus reticulata*) variedad Clementina fueron obtenidos de una finca ubicada en el cantón Pimampiro, provincia de Imbabura, Ecuador, a una altitud aproximada de 2163 m s. n. m. La selección de la materia prima se realizó considerando frutos en estado de madurez comercial, caracterizados por una coloración externa predominantemente anaranjada con ligera presencia de tonalidades verdes, condición utilizada como indicador de madurez en cítricos (Lado et al., 2014). Además, se seleccionaron frutos sanos, de tamaño uniforme y libres de daños mecánicos, pudriciones, plagas o enfermedades, criterios asociados con la calidad de frutas destinadas al procesamiento (Kader, 2002).

Posteriormente, los frutos fueron transportados al laboratorio en recipientes limpios y almacenados temporalmente en condiciones frescas, secas y protegidas hasta el inicio del proceso de deshidratación. A partir de las cáscaras obtenidas se determinaron las propiedades fisicoquímicas de la materia prima mediante los análisis de pH y humedad, mientras que las propiedades funcionales, correspondientes al contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante, fueron evaluadas mediante análisis especializados. Los métodos empleados para cada determinación se describen en los apartados siguientes.

Tabla 6.

Métodos para el análisis de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la cáscara de mandarina

Parámetro	Método	Equipo
pH	Medición directa	pH-metro
Humedad	Secado y pérdida de peso	Estufa

Parámetro	Método	Equipo
Polifenoles	Folin-Ciocalteu	Espectrofotómetro
Capacidad antioxidante	ABTS	Espectrofotómetro

3.3.2. Determinación de las condiciones de deshidratación de la cáscara de mandarina

3.3.2.1. Diseño experimental

Para el desarrollo de este objetivo se empleó un diseño experimental con arreglo factorial 2×3, con el propósito de evaluar el efecto de la temperatura de deshidratado y el flujo del aire sobre las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la cáscara de mandarina. Los factores estudiados se presentan en la tabla 7.

Tabla 7

Factores de estudio para la deshidratación de la cáscara de mandarina

	Factor	Variable	Valores propuestos	Unidad de medida
FACTOR A	Temperatura	Temperatura	50, 65	Grados Celsius (°C)
FACTOR B	Flujo de aire	Flujo de aire	1, 3, 5	Metros por segundo (m/s)

Los niveles de temperatura de 50 y 65 °C se seleccionaron con base en estudios que indican que el secado a temperaturas moderadas favorece la reducción del contenido de humedad, al tiempo que contribuye a preservar compuestos bioactivos sensibles al calor, como los polifenoles y otros antioxidantes presentes en matrices vegetales (Vega-Gálvez et al., 2012; Mujumdar, 2014).

Las velocidades de flujo de aire de 1, 3 y 5 m/s se establecieron considerando que este

parámetro influye directamente en la transferencia de calor y masa durante el proceso de secado, afectando la velocidad de eliminación de humedad y, en consecuencia, la calidad final del material deshidratado. La evaluación de diferentes velocidades de aire permite determinar las condiciones de secado más adecuadas para conservar las propiedades fisicoquímicas y funcionales del producto (Mujumdar, 2014; Fellows, 2017).

3.3.2.2. Tratamientos

En la Tabla 8 se presentan los tratamientos derivados de todas las combinaciones entre niveles y factores.

Tabla 8

Tratamientos experimentales de la combinación de los factores: temperatura y flujo de aire

Tratamientos	Temperatura (°C)	Flujo de aire (m/s)
T1	50	1
T2	50	3
T3	50	5
T4	65	1
T5	65	3
T6	65	5

La unidad experimental estuvo conformada por 400 g de cáscara de mandarina fresca que se distribuyó en bandejas individuales que fueron sometidos a los distintos tratamientos de temperatura y flujo de aire en el equipo de secado.

Las variables independientes fueron la temperatura y velocidad de aire, mientras que las variables dependientes son el contenido de humedad, pH, polifenoles totales y capacidad antioxidante. El mejor tratamiento que presente el mayor contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante, junto con valores adecuados de humedad y pH, fue seleccionado como

la condición de deshidratación más favorables para la posterior formulación de la bebida de café saborizada.

3.3.2.3. Procesos de deshidratación de la cáscara de mandarina

A continuación, se detalla el procedimiento para la obtención de cáscara de mandarina deshidratada, desde la recepción de la materia prima hasta su almacenado, con el fin de conservar sus propiedades para la elaboración de la bebida.

- **Recepción:** Se seleccionaron mandarinas de descarte comercial con un estado de madurez intermedio (amarillo-verde). Durante la recepción se realizó una inspección visual para verificar su estado físico y descartar frutos con daños o deterioro.
- **Lavado:** Posteriormente, las mandarinas fueron lavadas con agua potable para eliminar residuos de pesticidas y suciedad, garantizando la limpieza del fruto.
- **Pelado:** Una vez lavada, las mandarinas fueron sometidas al pelado para obtener la cáscara destinada al procesamiento posterior.
- **Deshidratado:** Las cáscaras fueron pesadas y distribuidas uniformemente en bandejas de acero inoxidable, formando una sola capa favorecer una deshidratación homogénea.

Figura 2

Procesos de deshidratación de la cáscara de mandarina



El tiempo de deshidratación fue establecido mediante pruebas preliminares.

Inicialmente se evaluó un periodo de 7 horas, el cual fue ajustado progresivamente a 5 y finalmente a 4 horas, considerando el comportamiento de pérdida de humedad observado

durante el proceso. El tiempo final de 4 horas fue seleccionado para la etapa experimental al permitir obtener una reducción adecuada de humedad bajo las condiciones evaluadas.

- **Molido:** Una vez finalizada la deshidratación, las cáscaras fueron molidas en un molino de discos manual con el fin de reducir el tamaño de partícula y obtener un material homogéneo.

- **Tamizado:** Posteriormente, el material molido fue tamizado para uniformar el tamaño de partícula, obteniendo una granulometría de entre 0.5 y 0.6 mm, rango adecuado para métodos de filtrado (Illy & Viani, 2005).

3.3.2.4. Modelo estadístico

Para evaluar el efecto de la temperatura de secado y la velocidad de aire sobre las variables de respuesta, se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta

μ = Media general

A_i = Efecto de la temperatura de secado

B_j = Efecto del flujo de aire

$(AB)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre la temperatura y flujo de aire

ε_{ij} = Error experimental

Antes de aplicar el análisis de varianza 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. Para la fase de deshidratación se aplicó un ANOVA factorial 2 × 3, considerando dos temperaturas y tres velocidades de aire, seguido de la prueba de Tukey para la comparación de medias con un nivel de significancia de $p < 0,05$. En la fase de formulación,

las variables funcionales de M1 y M2 se compararon mediante una prueba t para muestras independientes cuando se cumplieron los supuestos paramétricos; de no cumplirse, se consideró una prueba no paramétrica equivalente.

3.3.2.5. Análisis de datos

Para el análisis de los datos se utilizó el software estadístico InfoStat, donde se aplicó un análisis de varianza (ANOVA). Posteriormente, se empleó la prueba comparación múltiple de Tukey al 5 % de significancia para comparar las medias y determinar las diferencias estadísticas entre tratamientos.

3.3.3. Establecimiento de los parámetros de formulación de la bebida saborizada.

Para el establecimiento de los parámetros de formulación se tomó como referencia el estudio realizado por Callupe Loayza (2022), en el cual se determinó que la mezcla con mayor aceptación corresponde a 90 % de pulpa de café y 10 % de cáscara de naranja. A partir de ello, se definieron las formulaciones evaluadas en el presente estudio, las cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 9

Formulación de las mezclas para la elaboración de la bebida

Mezcla	Café tostado (%)	Cáscara de mandarina (%)
M1	90	10
M2	80	20

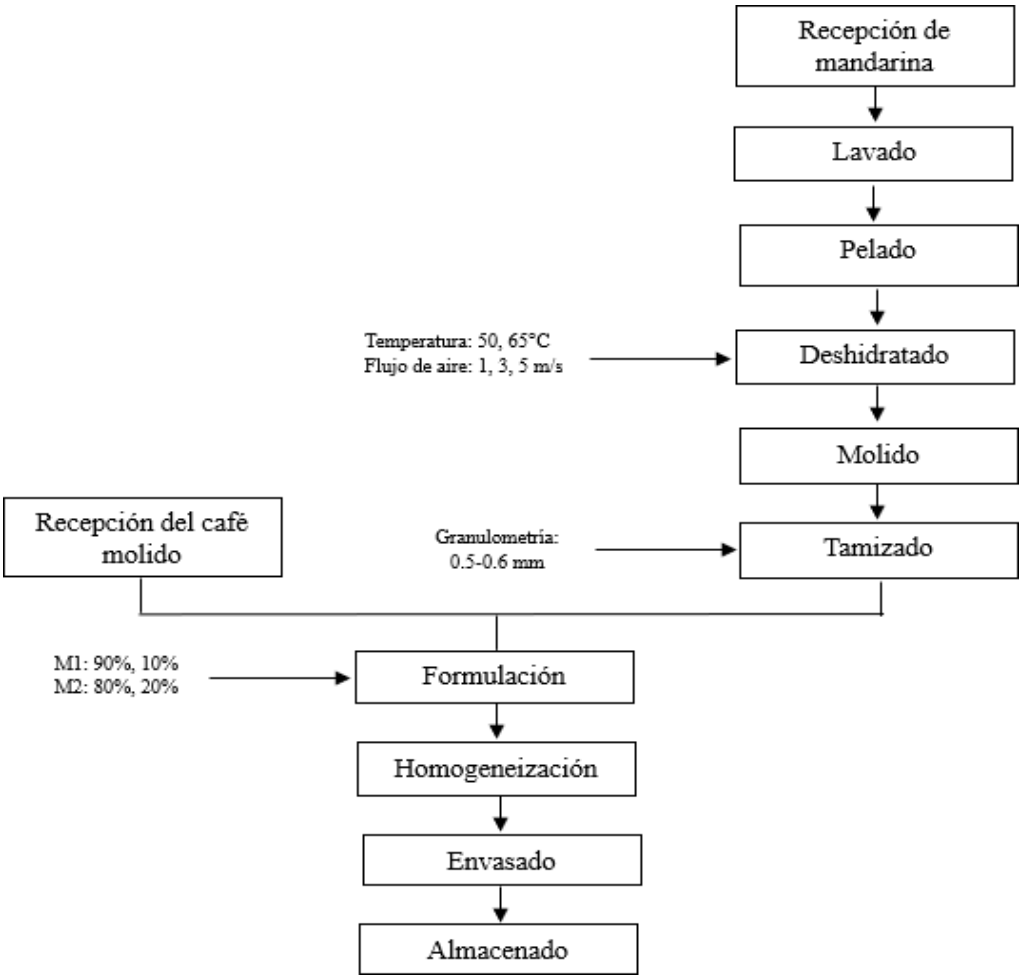
Con el fin de establecer una proporción adecuada entre el café tostado y la cáscara de mandarina en la formulación de la bebida, se diseñó dos mezclas experimentales. La primera mezcla (M1) estuvo compuesta de un 90 % de café tostado y un 10 % de cáscara de mandarina deshidratada, mientras que la segunda mezcla (M2) estuvo compuesta por un 80 % de café tostado y un 20 % de cáscara de mandarina. Adicionalmente se utilizó como tratamiento testigo una bebida elaborada con 100% café tostado esto con el propósito de comparar el efecto de la

incorporación de la cáscara de mandarina sobre las características sensoriales y funcionales del producto final.

3.3.3.1. Proceso de la obtención de la bebida

Figura 3

Proceso de la obtención de la bebida



- **Recepción:** En esta etapa se receptó el café molido de la variedad Arábica con un nivel de tostado medio. Ambos ingredientes fueron sometidos a una inspección visual para verificar su calidad y estado higiénico antes de ser procesados.

- **Formulación:** Se pesaron las cantidades correspondientes de cada ingrediente por separado de acuerdo con las proporciones establecidas: M1: 90% café 10% cáscara de

mandarina, M2: 20% cáscara de mandarina y 80% café. Los ingredientes fueron incorporados dentro de recipientes limpios y secos.

- **Homogeneización:** Una vez establecida la formulación, los ingredientes fueron homogeneizados con el propósito de garantizar una distribución uniforme de sus componentes.

Figura 4

Proceso de molido



Envasado: El producto molido fue envasado en bolsas herméticas doypack con una capacidad de 150g con el propósito de proteger de la humedad, el oxígeno y la luz contribuyendo a la conservación de sus propiedades fisicoquímicas, funcionales y sensoriales hasta su consumo.

Figura 5

Empacado del producto



- **Almacenado:** El producto envasado se almacenó en un ambiente fresco, seco y protegido de la luz hasta su posterior uso.

3.3.4. Evaluación del perfil sensorial y funcional del producto obtenido

3.3.4.1. Formulación de la bebida

Para la elaboración de la bebida las concentraciones de café y cáscara de mandarina se expresaron en porcentaje peso/peso (%p/p), tomando como base una mezcla total de 50 g.

Estas mezclas fueron utilizadas para la preparación de la bebida mediante infusión en agua caliente (85-92 °C), la relación agua-mezcla se estableció utilizando 12 g de café por cada 250 ml de agua, lo que corresponde a una concentración de 4,8g/100 ml. A partir de esta formulación se definieron los tratamientos experimentales, variando las concentraciones de los ingredientes con el fin de evaluar su efecto en las propiedades sensoriales del producto.

La extracción de la bebida se realizó mediante el método de prensa francesa, utilizando un tiempo de 7 minutos de contacto entre el café y el agua caliente con el objetivo de asegurar una adecuada extracción de los compuestos solubles responsable del aroma y sabor de producto.

3.3.4.2. Análisis Sensorial

La evaluación de la aceptación sensorial se realizó mediante una prueba afectiva de aceptación con un panel de 50 consumidores no entrenados, los cuales fueron estudiantes de la carrera de Agroindustria de la Universidad Técnica del Norte, con un rango de edad entre

22-25 años que son consumidores habituales de café, así como participantes voluntarios de la investigación. La elección de consumidores habituales de café permitió obtener respuestas genuinas y basadas en experiencias reales de consumo, sin requerir entrenamientos previos para reconocer o describir atributos técnicos.

La cantidad de 50 panelistas se determinó porque las pruebas afectivas requieren la participación de un grupo de consumidores que permita reunir diferentes percepciones sobre el producto. De hecho, esta cantidad facilitó obtener suficientes valoraciones para comparar las formulaciones M1, M2 y la muestra testigo, además de reducir el efecto que las respuestas individuales podrían tener sobre los resultados del grupo. La cantidad seleccionada también estuvo de acuerdo con la disponibilidad de participantes que cumplían con el criterio de consumir café y aceptaron participar de forma voluntaria en la evaluación. La prueba afectiva con consumidores no entrenados fue adecuada porque el objetivo de la evaluación no consistió en identificar diferencias técnicas entre las muestras, sino en conocer el nivel de agrado que pudieran manifestar los consumidores potenciales (Palczak et al., 2019).

La prueba sensorial se realizó en condiciones controladas, considerando un ambiente tranquilo y con iluminación adecuada para evitar factores externos que pudieran afectar la percepción de los atributos evaluados. Las formulaciones fueron preparadas mediante extracción con agua a una temperatura de 90–96 °C y posteriormente servidas a una temperatura de 60–65 °C, en vasos plásticos con una porción de 25 g por muestra. Cada formulación fue identificada mediante códigos aleatorios de tres dígitos y presentada en un orden aleatorizado para reducir posibles sesgos durante la evaluación. Entre la degustación de cada muestra, los panelistas dispusieron de agua potable para limpiar el paladar y favorecer una valoración independiente de las formulaciones M1, M2 y testigo, las cuales fueron evaluadas bajo las mismas condiciones de preparación y presentación.

La aceptación de las formulaciones se determinó a partir de una prueba hedónica de

cinco puntos, tal y como se detalla en la Tabla 10. Los atributos evaluados fueron el color, el aroma, el sabor y la aceptación general. En el primero se valoró la apariencia inicial de la bebida; en el segundo se conoció la percepción de las notas tostadas y cítricas; en el tercero se evaluó la respuesta producida por la combinación de café y cáscara de mandarina; y en la aceptación general se registró la valoración total de cada formulación. La selección de estos cuatro atributos se justificó porque corresponden con las propiedades sensoriales analizadas en la investigación y permiten comparar la respuesta del consumidor ante los diferentes porcentajes de cáscara.

La escala de respuesta estuvo estructurada en cinco categorías: “me agrada mucho”, “me agrada”, “ni me agrada ni me desagrada”, “me desagrada” y “me desagrada mucho”. La selección de cinco categorías facilitó la tarea de los panelistas no entrenados y permitió diferenciar entre respuestas favorables, neutrales y desfavorables, sin presentar demasiadas opciones. Se asignó un número a cada respuesta, comprendido entre 1 y 5, donde 5 representó una mayor aceptación (Kim & Kwak, 2015).

El registro de las respuestas se realizó mediante un formulario elaborado en Microsoft Forms, lo que facilitó la recopilación y el almacenamiento de la información para el posterior análisis estadístico. Después de realizar la prueba, las respuestas fueron codificadas de acuerdo con la puntuación asignada a cada descriptor de la escala hedónica. Los datos se organizaron según la formulación y los atributos, y el análisis se llevó a cabo mediante estadística descriptiva. Se calcularon las frecuencias, los porcentajes, la media y la desviación estándar por muestra. Las medias permitieron comparar la aceptación de M1, M2 y la muestra testigo, mientras que la desviación estándar permitió observar la variación existente entre las respuestas proporcionadas por los 50 panelistas. La formulación con la media más elevada en aceptación general se consideró la que obtuvo mayor grado de preferencia sensorial. Este procedimiento fue el mismo que se utilizó para presentar los resultados de la tesis, en la cual

se compararon las puntuaciones medias de color, aroma, sabor y aceptación general de las tres muestras.

Tabla 10

Escala hedónica para evaluación sensorial

Descriptor	**Puntuación**
Me agrada mucho	5
Me agrada	4
Ni me agrada ni me desagrada	3
Me desagrada	2
Me desagrada mucho	1

Nota. Escala de cinco categorías utilizada para medir el grado de aceptación de las formulaciones por parte de los panelistas no entrenados. Adaptado de Kim y Kwak (2015).

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Análisis de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la cáscara de mandarina

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los diferentes procesos aplicados durante la elaboración de la bebida, con la finalidad de evaluar sus características y determinar su aporte potencial para el consumo de las personas.

4.1.1. Propiedades fisicoquímicas de la cáscara de mandarina

En el presente estudio se establecieron las variables de respuesta correspondientes a las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la cáscara de mandarina. En la Tabla *11*, se describen las variables evaluadas.

Tabla 11

Variables de respuesta evaluadas en el estudio

Variable	Descripción	Unidad
pH	Acidez de la muestra	Unidad de pH
Humedad	Contenido de agua	%
Polifenoles totales	Compuestos fenólicos	mg AG/g
Actividad antioxidante	Capacidad antioxidante	µmol Trolox/g

4.1.1.1. pH

En la siguiente tabla se presentan los valores de pH obtenidos para la cáscara de mandarina deshidratada bajo las diferentes condiciones de deshidratación.

Tabla 12

Valores de pH de la cáscara de mandarina deshidratada

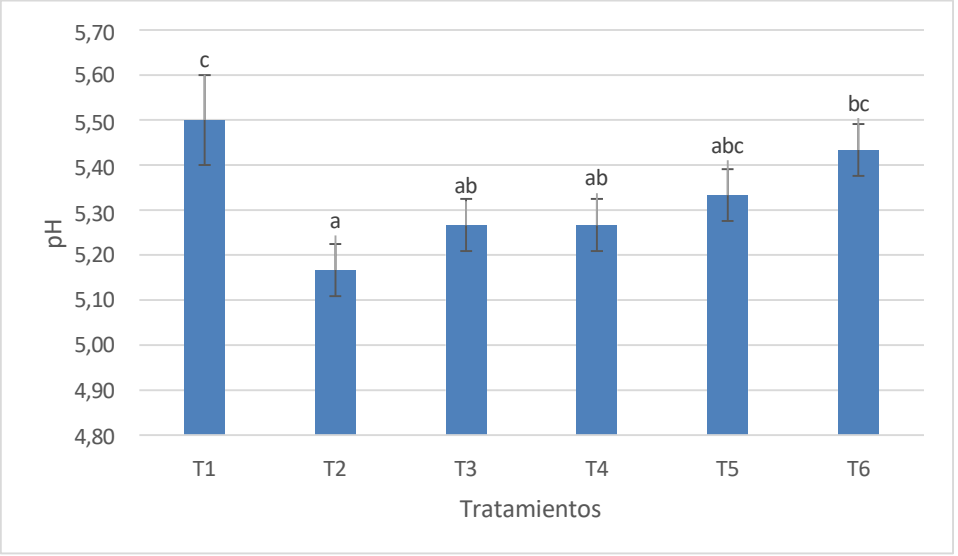
Tratamiento	Temperatura (°C)	Flujo de aire (m/s)	pH (media ± DE)	Grupo de Tukey

T1	50	1	5,50 ± 0,10	c
T2	50	3	5,17 ± 0,06	a
T3	50	5	5,27 ± 0,06	ab
T4	65	1	5,27 ± 0,06	ab
T5	65	3	5,33 ± 0,06	abc
T6	65	5	5,43 ± 0,06	bc

Nota. DE = desviación estándar. Las medias acompañadas por letras distintas presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey, con $p \leq 0,05$.

Figura 6

Comportamiento del pH de la cáscara de mandarina deshidratada en los diferentes tratamientos.



La materia prima fresca registró un valor de 4,60. Estos resultados indican que el proceso de secado estuvo asociado con un incremento moderado del pH y, en consecuencia, con una ligera reducción de la acidez de la cáscara. El tratamiento T1 presentó el mayor valor de pH, mientras que T2 registró el menor. De acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0,05$), ambos tratamientos mostraron diferencias significativas, mientras que los tratamientos intermedios compartieron grupos estadísticos, lo que evidencia que la combinación de

temperatura y flujo de aire no produjo una respuesta uniforme sobre esta variable.

El incremento observado en el pH podría estar relacionado con las transformaciones fisicoquímicas que ocurren durante la deshidratación. La exposición al calor favorece la pérdida de agua y puede modificar la disponibilidad de algunos ácidos orgánicos presentes en los tejidos vegetales, además de provocar la degradación térmica o volatilización de compuestos sensibles a la temperatura. Estos cambios alteran el equilibrio químico de la matriz y pueden generar una disminución parcial de la acidez, reflejada en un incremento del pH (Sellami et al., 2026; Zhang et al., 2023).

Los resultados obtenidos son consistentes con lo reportado por Suri et al. (2022), quienes señalaron que las condiciones de secado influyen en las propiedades fisicoquímicas de la cáscara de mandarina y que la magnitud de estos cambios depende de la temperatura aplicada. De igual manera, Gómez-Mejía et al. (2023) indicaron que el tratamiento térmico modifica la composición química de las cáscaras de cítricos, mientras que Lee et al. (2022) evidenciaron que la aplicación de calor produce cambios en la matriz vegetal que afectan la disponibilidad de sus compuestos. En conjunto, estos antecedentes respaldan que las variaciones observadas en el presente estudio son consecuencia de las condiciones de secado aplicadas.

En todos los tratamientos evaluados, el pH se mantuvo dentro de un rango ligeramente ácido, lo que indica que el proceso de deshidratación no ocasionó cambios drásticos en esta propiedad. Aunque el pH no determina por sí solo la estabilidad microbiológica del material, constituye un parámetro relevante para evaluar los efectos del secado sobre la calidad de la materia prima y fue considerado como un criterio complementario para la selección del tratamiento destinado a la formulación de la bebida de café saborizada.

4.1.1.2. Humedad

Los valores de humedad obtenidos en la cáscara de mandarina deshidratada bajo las

diferentes condiciones de secado se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 13

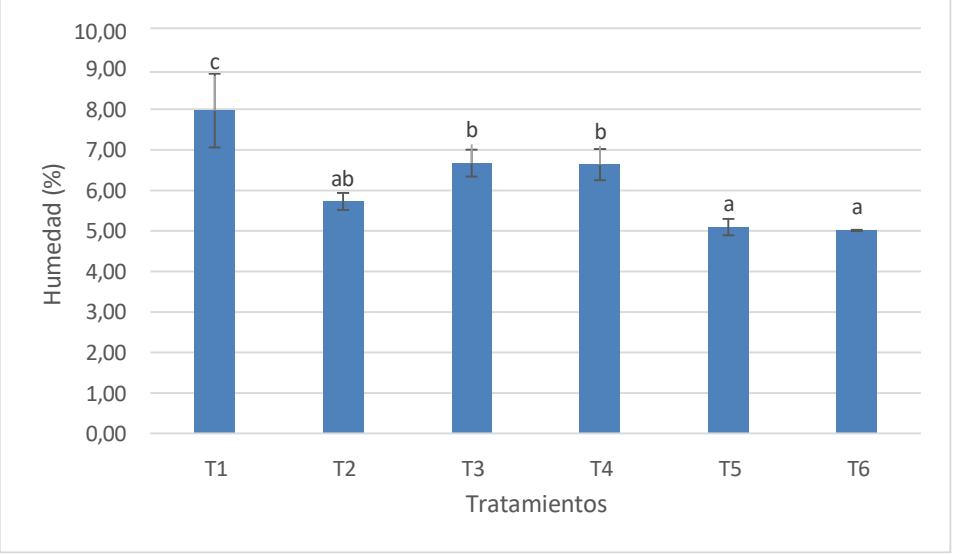
Valores de humedad de la cáscara de mandarina

Tratamiento	Temperatura (°C)	Flujo de aire (m/s)	Humedad (%) (Media ± DE)	Grupo de Tukey
T1	50	1	7,97 ± 0,91	c
T2	50	3	5,73 ± 0,21	ab
T3	50	5	6,68 ± 0,33	b
T4	65	1	6,64 ± 0,39	b
T5	65	3	5,10 ± 0,20	a
T6	65	5	5,02 ± 0,02	a

Nota. DE = desviación estándar. Las medias acompañadas por letras distintas presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey, con $p \leq 0,05$.

Figura 7

Comportamiento de humedad de la cáscara de mandarina deshidratada en los diferentes tratamientos.



La cáscara de mandarina fresca presentó una humedad inicial de 76,83 %. El

tratamiento T6 alcanzó el menor contenido de humedad, mientras que T1 registró el mayor valor. De acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0,05$), T5 y T6 conformaron el grupo con menor humedad, lo que indica que las condiciones de secado aplicadas favorecieron una mayor eliminación de agua respecto a los demás tratamientos.

La reducción del contenido de humedad puede atribuirse a que una mayor temperatura incrementa la velocidad de evaporación del agua, mientras que un mayor flujo de aire facilita la remoción del vapor generado en la superficie del material, favoreciendo la transferencia de humedad durante el secado. No obstante, el comportamiento observado en T3, que presentó una humedad ligeramente superior a T2, sugiere que la respuesta también pudo estar influenciada por la variabilidad propia de la materia prima y por la resistencia interna del agua para desplazarse hacia la superficie (Wang et al., 2022; Suri et al., 2022).

Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Suri et al. (2022), quienes señalaron que el incremento de la temperatura favorece la reducción del contenido de humedad en cáscaras de mandarina. Asimismo, Gómez-Mejía et al. (2023) indicaron que las condiciones de secado influyen significativamente en la eliminación de agua y en la calidad final de las cáscaras cítricas, resultados que respaldan el comportamiento observado en esta investigación.

La baja humedad alcanzada en el tratamiento T6 constituye una condición favorable para la conservación del material deshidratado y justificó su selección para las etapas posteriores de molienda y formulación de la bebida, al proporcionar un ingrediente con menor contenido de agua y una respuesta uniforme entre las repeticiones.

4.1.2. Propiedades funcionales de la cáscara de mandarina

4.1.2.1. Polifenoles totales

En la Tabla 14 se da a conocer los contenidos de polifenoles totales determinados en las cáscaras de mandarina deshidratada.

Tabla 14

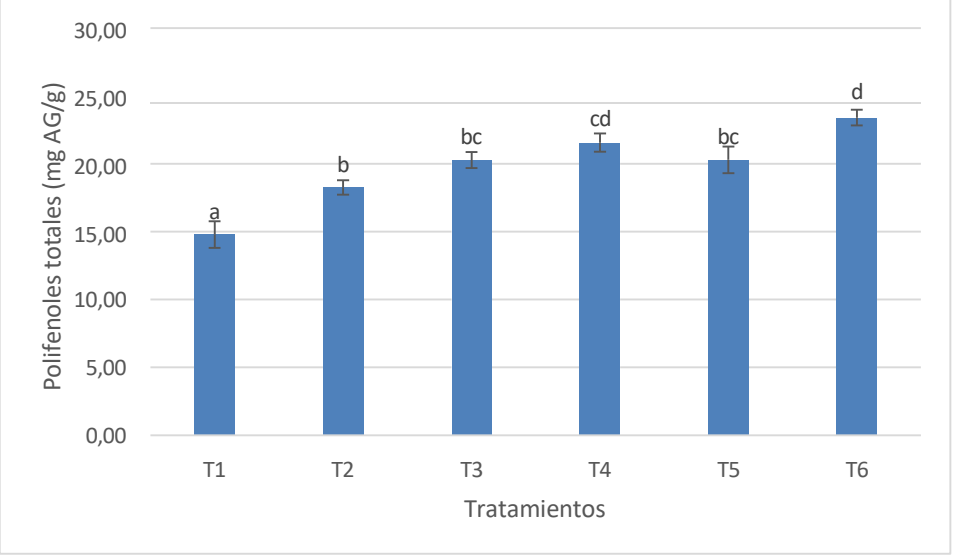
Valores de polifenoles totales de la cáscara de mandarina deshidratada

Tratamiento	Temperatura (°C)	Flujo de aire (m/s)	Polifenoles totales (mg AG/g) (media ± DE)	Grupo de Tukey
T1	50	1	14,81 ± 0,98	a
T2	50	3	18,27 ± 0,52	b
T3	50	5	20,29 ± 0,58	bc
T4	65	1	21,57 ± 0,67	cd
T5	65	3	20,31 ± 0,98	bc
T6	65	5	23,41 ± 0,58	d

Nota. AG = ácido gálico; DE = desviación estándar. Las medias acompañadas por letras distintas presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey, con $p \leq 0,05$.

Figura 8

Comportamiento de polifenoles de la cáscara de mandarina deshidratada en los diferentes tratamientos.



La cáscara fresca de mandarina presentó un contenido de polifenoles de 4,64 mg AG/g. El tratamiento T6 registró la mayor concentración de polifenoles, mientras que T1 presentó el

menor contenido. Estos resultados indican que las condiciones de secado influyeron en la cantidad de compuestos fenólicos recuperados durante el análisis.

El incremento observado no implica la formación de nuevos polifenoles, sino que puede atribuirse a la reducción del contenido de agua y a una mayor extractabilidad de estos compuestos durante el análisis. El calentamiento favorece la liberación de polifenoles asociados a la pared celular, lo que incrementa su recuperación mediante el método de Folin-Ciocalteu (Suri et al., 2022).

Estos resultados coinciden con lo reportado por Suri et al. (2022), quienes observaron que las condiciones de secado modifican el contenido de compuestos fenólicos en cáscaras de mandarina. De igual manera, Gómez-Mejía et al. (2023) señalaron que la temperatura de secado influye en la conservación de compuestos fenólicos en cáscaras cítricas. Aunque el incremento de temperatura favoreció, en términos generales, una mayor concentración de polifenoles, el tratamiento T5 presentó un contenido ligeramente inferior al de T4, lo que evidencia que esta respuesta también puede estar influenciada por la variabilidad de la materia prima y las condiciones propias del proceso.

En conjunto, el tratamiento T6 presentó el mayor contenido de polifenoles, por lo que fue seleccionado como la condición de secado más adecuada para preservar el potencial funcional de la cáscara destinada a la formulación de la bebida.

4.1.2.2. Capacidad antioxidante

Los resultados experimentales de capacidad antioxidante evaluados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 15

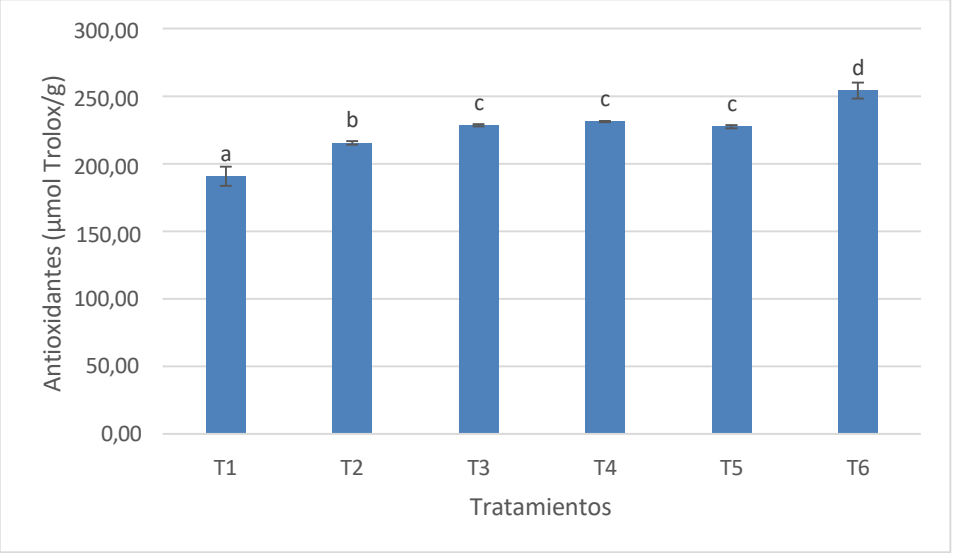
Valores de Capacidad antioxidantes de la cáscara de mandarina deshidratada

Tratamiento	Temperatura (°C)	Flujo de aire (m/s)	Capacidad antioxidante (µmol Trolox/g) (media ± DE)	Grupo de Tukey
T1	50	1	190,70 ± 7,15	a
T2	50	3	215,38 ± 1,30	b
T3	50	5	228,40 ± 0,82	c
T4	65	1	231,20 ± 0,53	c
T5	65	3	227,40 ± 1,17	c
T6	65	5	254,10 ± 5,88	d

Nota. DE = desviación estándar. Las medias acompañadas por letras distintas presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey, con $p \leq 0,05$.

Figura 9

Comportamiento de antioxidantes de la cáscara de mandarina deshidratada en los diferentes tratamientos.



La cáscara fresca de mandarina presentó una capacidad antioxidante de 74,18 µmol Trolox/g. El tratamiento T6 presentó la mayor capacidad antioxidante, mientras que T1 registró el menor valor. Estos resultados evidencian que las condiciones de secado influyeron en la

respuesta antioxidante de la cáscara de mandarina.

La diferencia entre tratamientos demuestra que la capacidad antioxidante no fue igual bajo todas las condiciones de secado. El tratamiento T6 presentó una respuesta superior, lo que indica una mayor presencia o disponibilidad de compuestos capaces de neutralizar radicales libres durante el ensayo ABTS. Sin embargo, esta actividad no depende de un único grupo de compuestos, ya que puede estar influenciada por la interacción entre polifenoles, flavonoides y otros metabolitos presentes en la cáscara cítrica (Anticona et al., 2021).

La tendencia observada fue similar a la obtenida en los polifenoles totales, debido a que T6 presentó los mayores valores en ambas variables. Esto sugiere una relación entre la concentración de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de la cáscara. Suri et al. (2022) reportaron que las condiciones de secado modifican la actividad antioxidante de la cáscara de mandarina, mientras que Gómez-Mejía et al. (2023) señalaron que la conservación de compuestos bioactivos durante el procesamiento influye directamente en la respuesta funcional del material vegetal.

Aunque T6 presentó la mayor capacidad antioxidante, su selección no se basó únicamente en esta variable, sino en el conjunto de resultados obtenidos durante la caracterización de la cáscara deshidratada. La combinación de una elevada actividad antioxidante, mayor contenido de polifenoles y baja humedad permitió considerarlo como el tratamiento más adecuado para su incorporación en la formulación de la bebida de café saborizada.

4.2. Determinación de las condiciones de deshidratación de la cáscara de mandarina

4.2.1. Análisis factorial de los resultados

El análisis de varianza (ANOVA) permitió evaluar el efecto de la temperatura y el flujo de aire sobre las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la cáscara de mandarina deshidratada. Para aquellas variables en las que se identificaron diferencias significativas entre

tratamientos ($p < 0,05$), se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey con el fin de establecer las diferencias entre las medias. Asimismo, se presentan los gráficos de interacción, los cuales facilitan la interpretación del efecto conjunto de ambos factores sobre cada una de las variables evaluadas.

4.2.1.1. Resultados del análisis factorial para el pH

Los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 16

Resultados estadísticos pH

Fuente de variación	gl	CM	F	p-valor
Temperatura	1	0,0041	0,92	0,3563
Flujo de aire	2	0,0294	6,69	0,0112
Temperatura × flujo de aire	2	0,0761	17,28	0,0003
Error	12	0,0044		
Total	17			

Nota. $R^2 = 0.81$; R^2 ajustado = 0.73; CV = 1,25 %.

El análisis de varianza del pH indicó que la temperatura, analizada por separado, no provocó una modificación significativa en esta variable, pues el valor de p fue de 0,3563, superior al nivel de significancia establecido. Este resultado indica que el cambio de 50 °C a 65 °C no conllevó por sí solo una modificación del pH homogénea en todas las condiciones de flujo de aire. Por el contrario, el efecto del flujo de aire sobre el pH resultó significativo, pues el valor de p fue de 0,0112. La significancia de este factor indica que las medias de pH no fueron iguales cuando el flujo cambió de 1 a 3 y 5 m/s. No obstante, este efecto no puede interpretarse de forma aislada, ya que también se encontró una interacción entre la temperatura y el flujo de aire.

El efecto de la interacción temperatura × flujo de aire presentó un valor de p = 0,0003,

por lo que fue altamente significativo. Esto indica que el efecto del flujo de aire sobre el pH dependió de la temperatura aplicada. Es decir, a 50 °C, el pH pasó de 5,50 a 5,17 cuando el flujo aumentó de 1 a 3 m/s; posteriormente, aumentó a 5,27 cuando la velocidad de flujo alcanzó 5 m/s. En cambio, a 65 °C, el pH aumentó de 5,27 a 5,43 conforme el flujo se incrementó.

Este comportamiento permite interpretar por qué la temperatura no mostró un efecto independiente significativo, pero la interacción sí lo hizo. Los efectos opuestos observados en los niveles de flujo pudieron compensarse, de tal forma que, al calcular la media general para cada temperatura, algunas diferencias perdieran significancia. Por lo tanto, el pH depende en su mayor parte de la combinación específica de los dos factores, más que únicamente de la temperatura aplicada.

En cuanto a las cáscaras de cítricos, Gómez-Mejía et al. (2023) establecieron que las modificaciones químicas dependen de la matriz vegetal y de las condiciones aplicadas durante el tratamiento. Suri et al. (2022) también comprobaron que la respuesta de calidad de la cáscara de mandarina varía en función de la temperatura. Lee et al. (2022) corroboraron, mediante un tratamiento térmico diferente, que se producen modificaciones en la disponibilidad de los componentes de distintas cáscaras cítricas. Esta información respalda los resultados del presente estudio, porque demuestra que la respuesta de la matriz vegetal depende de la combinación y de la intensidad de las condiciones térmicas aplicadas.

Posteriormente, en la Tabla *17* se muestra la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0.05$). El tratamiento T1 presentó el mayor valor de pH, mientras que T2 registró el menor valor. Los tratamientos T3, T4, T5 y T6 mostraron valores intermedios y compartieron grupos estadísticos, indicando similitud entre ellos.

Tabla 17

Prueba de Tukey para el contenido de pH.

Tratamiento	pH	Grupo
T2	5,17	a
T4	5,27	ab
T3	5,27	ab
T5	5,33	abc
T6	5,43	bc
T1	5,50	c

4.2.1.2. Resultados del análisis factorial para la humedad

Los resultados del análisis factorial se presentan a continuación.

Tabla 18

Análisis de varianza factorial para el contenido de humedad

Nota. R^2 = 0,89; R^2 ajustado = 0,84; CV = 7,22 %.

Fuente de variación	gl	CM	F	p-valor
Temperatura	1	6,5522	32,76	0,0001
Flujo de aire	2	5,8784	29,39	< 0,0001
Temperatura × flujo de aire	2	0,4150	2,07	0,1683
Error	12	0,2000		
Total	17			

El análisis factorial mostró que la temperatura tuvo un efecto significativo en el contenido de humedad, con un valor de p = 0,0001. Las muestras expuestas a 65 °C mostraron, de manera general, un contenido de humedad inferior al de las muestras expuestas a 50 °C. Este comportamiento indica que el incremento de la temperatura favoreció la evaporación del agua presente en la cáscara.

El flujo de aire también presentó un efecto altamente significativo, con p < 0,0001, lo

que demuestra que el movimiento del aire modificó la capacidad del sistema para retirar el vapor de agua acumulado sobre la superficie del material. Un mayor flujo mantuvo una diferencia entre la humedad de la cáscara y la del aire de secado, lo que favoreció la transferencia de masa. La interacción temperatura × flujo de aire no fue significativa, con un valor de p = 0,1683, y, por lo tanto, no se encontró evidencia estadística suficiente para afirmar que el efecto del flujo de aire sobre la humedad dependiera de la temperatura aplicada. Algunas de las combinaciones presentaron variaciones numéricas, pero la disminución de la humedad fue explicada, en su mayor parte, por los efectos de la temperatura y del flujo de aire aplicados de manera individual.

Suri et al. (2022) mostraron que el aumento de la temperatura disminuyó el tiempo de secado y, con ello, modificó la humedad y la actividad de agua de la cáscara de mandarina Kinnow. Gómez-Mejía et al. (2023) también reportaron que la temperatura y el método de secado afectaron la eliminación de agua de las cáscaras de clementina y limón. Lee et al. (2022) reportaron que la intensidad del tratamiento térmico modifica las características de las cáscaras cítricas. En conjunto, estas investigaciones coinciden con el efecto significativo de la temperatura obtenido en este estudio.

Aun así, la significancia del flujo de aire se justifica científicamente, puesto que el movimiento del aire retira el vapor de agua de la superficie de la cáscara y permite mantener el gradiente necesario para que el agua continúe desplazándose desde el interior del material. Por lo tanto, la energía térmica y la velocidad del aire intervinieron en la disminución de la humedad final.

Een la Tabla 19 se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey para identificar cuáles tratamientos presentaron diferencias estadísticas en el contenido de humedad

Tabla 19

Prueba de Tukey para el contenido de humedad

Tratamiento	Humedad (%)	Grupo
T6	5,02	a
T5	5,10	a
T2	5,73	ab
T4	6,64	b
T3	6,68	b
T1	7,97	c

Los tratamientos T6 y T5 presentaron los menores porcentajes de humedad, conformando el mismo grupo estadístico (a), lo que indica que no existieron diferencias significativas entre ellos. Por el contrario, T1 registró el mayor contenido de humedad y se ubicó en un grupo independiente (c), evidenciando una menor eficiencia del proceso de secado bajo las condiciones evaluadas.

Los tratamientos T2, T3 y T4 mostraron valores intermedios, siendo T2 estadísticamente similar tanto a T6–T5 como a T4–T3, mientras que T3 y T4 no difirieron significativamente entre sí. Estos resultados sugieren que el incremento de la temperatura y del flujo de aire favoreció la reducción de la humedad residual del material, permitiendo obtener un producto con mayor estabilidad. En este contexto, el bajo contenido de humedad alcanzado por T6 representa una característica deseable, ya que contribuye a limitar el crecimiento microbiano y a disminuir las reacciones de deterioro durante el almacenamiento, aspectos fundamentales para la conservación y el aprovechamiento de la cáscara de mandarina deshidratada.

4.2.1.3. Resultados del análisis factorial para los polifenoles totales

En la siguiente tabla se presentan los resultados del análisis de varianza factorial obtenidos por el contenido de polifenoles totales, como parte del análisis entre los tratamientos evaluados.

Tabla 20

Análisis de varianza factorial para el contenido de polifenoles totales

Nota. R^2 = 0,95; R^2 ajustado = 0,93; CV = 3,75 %.

Fuente de variación	gl	CM	F	p-valor
Temperatura	1	71,0432	129,17	< 0,0001
Flujo de aire	2	21,1592	38,47	< 0,0001
Temperatura × flujo de aire	2	9,1736	16,68	0,0003
Error	12	0,5500		
Total	17			

En la siguiente tabla se muestra donde se aplicó la prueba de Tukey para determinar los grupos estadísticamente homogéneos.

Tabla 21

Comparación de medias mediante la prueba de Tukey para el contenido de polifenoles totales.

Tratamiento	Polifenoles (mg AG/g)	Grupo
T1	14,81	a
T2	18,27	b
T3	20,29	bc
T5	20,31	bc
T4	21,57	cd
T6	23,41	d

Tras la deshidratación se observó un incremento significativo ($p < 0,0001$), obteniéndose valores entre 14.81 y 23.41 mg AG/g. El tratamiento T6 presentó la mayor concentración de polifenoles totales, mientras que T1 registró el menor valor. Esto representa

un incremento de aproximadamente cinco veces respecto a la materia prima fresca.

4.2.1.4. Resultados del análisis factorial para la capacidad antioxidante

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla *22.*

Tabla 22

Análisis de varianza factorial para la capacidad antioxidante

Nota. R^2 = 0,97; R^2 ajustado = 0,96; CV = 1,72 %.

Fuente de variación	gl	CM	F	p-valor
Temperatura	1	3.059,1842	204,35	< 0,0001
Flujo de aire	2	1.421,5032	94,96	< 0,0001
Temperatura × flujo de aire	2	304,3232	20,33	0,0001
Error	12	14,9700		
Total	17			

La temperatura presentó un efecto significativo, con un valor de p < 0,0001, debido a que las muestras procesadas a 65 °C tuvieron, en general, valores más elevados que las procesadas a 50 °C.

El flujo de aire también presentó un efecto altamente significativo, con un valor de p < 0,0001. A 50 °C, la capacidad antioxidante pasó de 190,70 a 228,40 µmol Trolox/g cuando el flujo aumentó de 1 a 5 m/s, lo que demuestra que el movimiento del aire modificó las condiciones de secado y la recuperación posterior de los compuestos capaces de reaccionar con el radical ABTS. La interacción temperatura × flujo de aire mostró un efecto significativo, con un valor de p = 0,0001. Este resultado indica que el efecto del flujo de aire sobre la capacidad antioxidante dependió de la temperatura aplicada. A 50 °C se observó un incremento progresivo, mientras que a 65 °C se registró una leve disminución entre 1 y 3 m/s, seguida de un aumento a 5 m/s.

Suri et al. (2022) indicaron que la temperatura de secado modificó la actividad

antioxidante de las cáscaras de mandarina Kinnow, mientras que Gómez-Mejía et al. (2023) relacionaron la conservación de la hesperidina y de los ácidos fenólicos con la actividad antioxidante de los extractos de clementina. Anticona et al. (2021) reportaron una elevada capacidad antioxidante en cáscaras de las variedades Clemenvilla, Nadorcott y Ortanique, en tanto que Lee et al. (2022) comprobaron, en cáscaras de cítricos, que un tratamiento térmico controlado puede incrementar la extracción de compuestos fenólicos, así como la respuesta antioxidante. La concordancia con estas investigaciones permite explicar que el aumento de la capacidad antioxidante no dependió únicamente de la temperatura, sino que la reducción de humedad, la liberación de compuestos de la matriz y la acción conjunta de los factores modificaron la cantidad de sustancias recuperadas mediante el método ABTS.

Por lo tanto, en la Tabla 23 se presentan los resultados de la prueba de Tukey, la cual permitió identificar los tratamientos que difirieron significativamente en su capacidad antioxidante.

Tabla 23

Comparación de medias mediante la prueba de Tukey para la capacidad antioxidante.

Tratamiento	**Capacidad antioxidante (µmol Trolox/g)**	**Grupo**
T1	190,70	a
T2	215,38	b
T3	227,40	c
T5	228,40	c
T4	231,20	c
T6	254,10	d

El tratamiento T6 presentó el mayor valor de capacidad antioxidante, conformando un grupo estadístico independiente (d), lo que indica un desempeño superior respecto a los demás tratamientos. Por el contrario, T1 registró la menor capacidad antioxidante y se ubicó en el

grupo a, evidenciando una menor disponibilidad de compuestos con actividad antioxidante.

Los tratamientos T3, T4 y T5 integraron el mismo grupo estadístico (c), por lo que no mostraron diferencias significativas entre sí, a pesar de presentar valores numéricamente distintos. Asimismo, T2 constituyó un grupo independiente (b), con una capacidad antioxidante intermedia. Estos resultados sugieren que las condiciones de secado aplicadas influyeron en la conservación y recuperación de los compuestos antioxidantes presentes en la cáscara de mandarina. En particular, la combinación de 65 °C y 5 m/s empleada en T6 favoreció la obtención de un material con mayor potencial antioxidante, lo que respaldó su selección como el tratamiento más adecuado para su incorporación en la formulación de la bebida funcional.

4.2.2. Interacción entre la temperatura y el flujo de aire

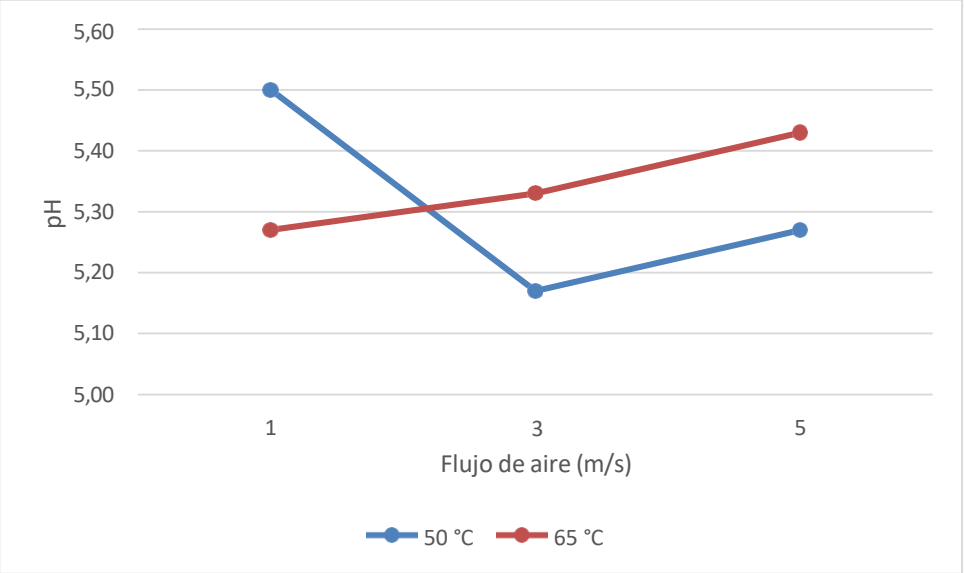
Una interacción significativa indica que el efecto de la velocidad del aire no se mantiene constante entre las temperaturas evaluadas. En consecuencia, cuando la interacción resulta significativa, ambos factores deben interpretarse conjuntamente y no de manera independiente, porque la respuesta de una variable depende de la combinación específica de temperatura y flujo de aire.

Con el propósito de analizar la interacción entre la temperatura de deshidratado y flujo de aire, se presentan las gráficas de las variables, las cuales permitieron identificar las condiciones óptimas de secado.

4.2.2.1. Interacción sobre el pH

Figura 10

Interacción entre la temperatura de secado y el flujo de aire sobre el pH de la cáscara de mandarina deshidratada.



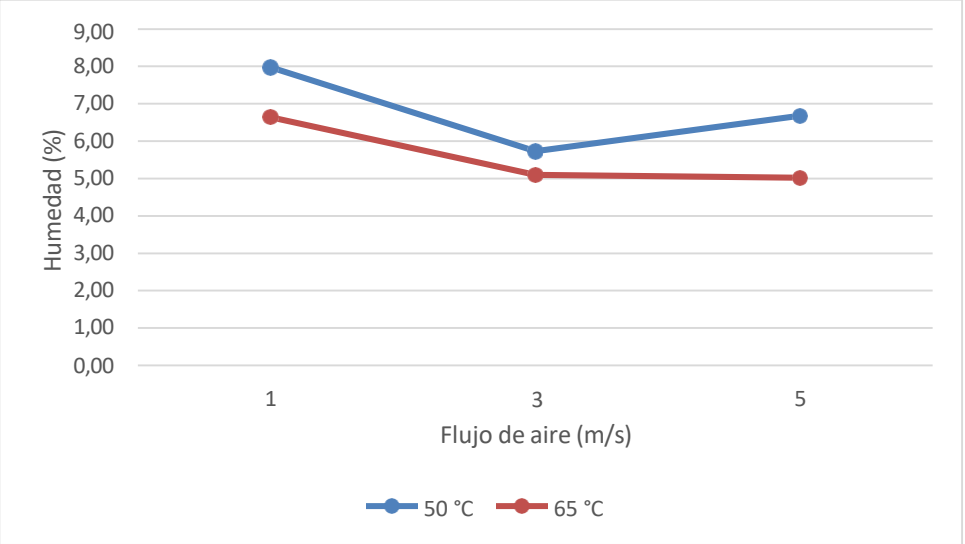
En la Figura 10 se muestra el comportamiento del pH bajo las combinaciones aplicadas durante el secado. A 50 °C se observó una disminución del pH al incrementar el flujo de aire de 1 a 3 m/s, seguida de un ligero aumento a 5 m/s. Por su parte, a 65 °C el pH presentó una tendencia creciente conforme aumentó el flujo de aire, evidenciando diferencias en la respuesta de esta variable según las condiciones de secado empleadas.

La interacción puede relacionarse con modificaciones en la concentración y disponibilidad de los ácidos orgánicos, con la pérdida de algunos compuestos volátiles y con la variación de la humedad residual. La respuesta observada coincide con lo señalado por Gómez-Mejía et al. (2023), Suri et al. (2022) y Lee et al. (2022), quienes determinaron que las características químicas de las cáscaras cítricas dependen de las condiciones específicas del tratamiento.

4.2.2.2. Interacción sobre la humedad

Figura 11

Interacción entre la temperatura de secado y el flujo de aire sobre el contenido de humedad de la cáscara de mandarina deshidratada.



La Figura *11* muestra que el contenido de humedad presentó una tendencia decreciente conforme aumentó el flujo de aire en las temperaturas evaluadas. No obstante, a 50 °C se registró un ligero incremento a 5 m/s, mientras que a 65 °C la humedad exhibió un comportamiento más uniforme. Estos hallazgos sugieren que la combinación de los factores de secado incidió en la respuesta de esta variable.

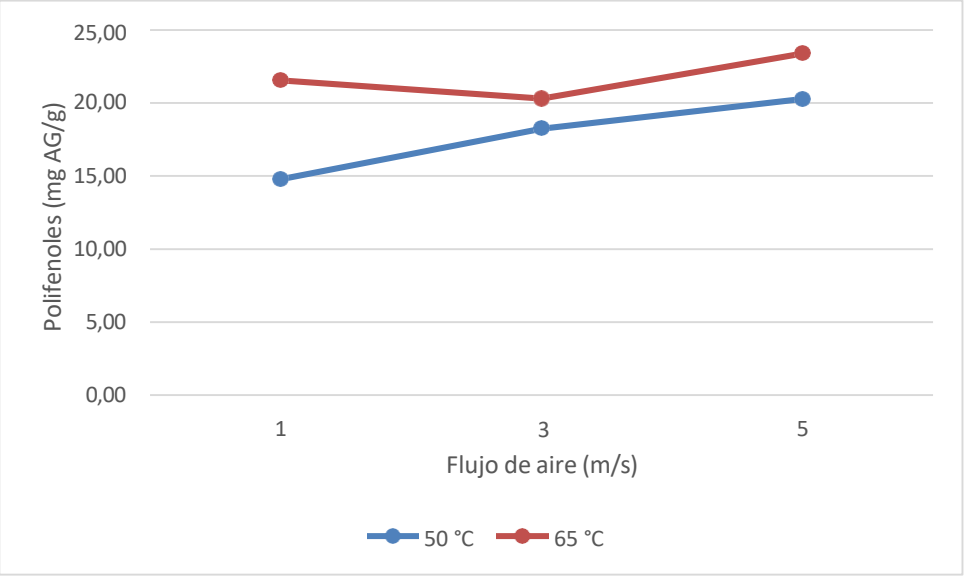
A 65 °C, la humedad se redujo de 6,64 % con 1 m/s a 5,02 % con 5 m/s. A 50 °C, T2 presentó una menor humedad que T3, a pesar de que este último tratamiento tuvo una mayor velocidad de flujo. Este comportamiento puede explicarse por la distribución de la cáscara sobre las bandejas, el grosor de las partículas, la variabilidad natural del material y la resistencia interna al desplazamiento del agua.

Suri et al. (2022) sustentaron que la temperatura afecta la velocidad de eliminación de agua de la cáscara de mandarina. Gómez-Mejía et al. (2023) también señalaron que las condiciones de secado deben adecuarse a la matriz vegetal. Ambos resultados son coherentes con el efecto significativo que presentaron la temperatura y el flujo de aire cuando fueron analizados de manera individual en esta investigación.

4.2.2.3. Interacción sobre los polifenoles totales

Figura 12

Interacción entre la temperatura de secado y el flujo de aire sobre el contenido de polifenoles totales de la cáscara de mandarina deshidratada.



La Figura 12. muestra el comportamiento del contenido de polifenoles totales en función de la interacción entre la temperatura de secado y el flujo de aire. Se observó que, a 50 °C, el contenido de polifenoles tendió a incrementarse conforme aumentó el flujo de aire, mientras que a 65 °C los valores se mantuvieron superiores durante todas las condiciones evaluadas, alcanzando su máximo a 5 m/s. La curva correspondiente a 65 °C no se presentó completamente ascendente, toda vez que la concentración disminuyó de 21,57 mg AG/g en T4 a 20,31 mg AG/g en T5 y, posteriormente, aumentó hasta 23,41 mg AG/g en T6. La diferencia entre las curvas coincide con la significancia obtenida en el ANOVA factorial. La respuesta registrada en cada temperatura pone de manifiesto que el flujo de aire no tuvo el mismo impacto sobre el contenido de polifenoles en ambas condiciones térmicas.

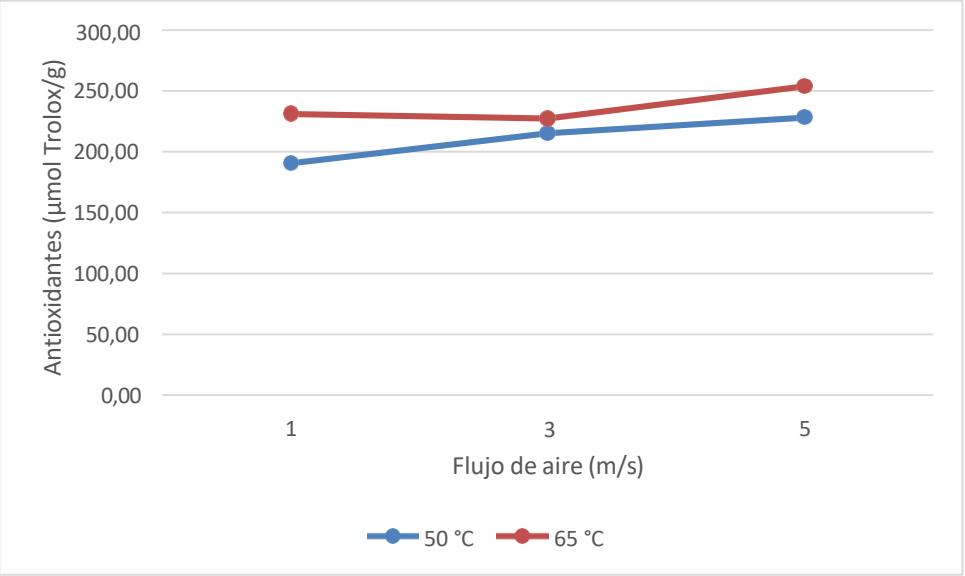
Con respecto a esto, la mayor respuesta de T6 puede deberse a un menor contenido de humedad y a una mayor disponibilidad de los compuestos durante la extracción. Los trabajos de Suri et al. (2022), Gómez-Mejía et al. (2023), Lee et al. (2022) y Anticona et al. (2021) pusieron de manifiesto que la temperatura, el procedimiento aplicado y las características de la variedad modifican la recuperación de compuestos fenólicos en las cáscaras. La interacción

encontrada coincide con estas investigaciones, ya que confirma que la respuesta no depende de un solo factor.

4.2.2.4. Interacción sobre la capacidad antioxidante

Figura 13

Interacción entre la temperatura de secado y el flujo de aire sobre la capacidad antioxidante de la cáscara de mandarina deshidratada.



En la Figura 13 se evidencia que la capacidad antioxidante presentó variaciones según las condiciones de secado empleadas. A 50 °C se observó un incremento progresivo de la actividad antioxidante con el aumento del flujo de aire, tendencia que también se presentó a 65 °C, donde se registraron los valores más elevados a un flujo de 5 m/s. Estos resultados indican que la combinación de los factores evaluados influyó en la conservación de los compuestos con actividad antioxidante presentes en la cáscara de mandarina.

La diferencia entre las tendencias coincide con la interacción significativa observada en el análisis factorial. Así, a 50 °C, el flujo mostró un aumento continuo, desde 190,70 hasta 228,40 µmol Trolox/g, mientras que, a 65 °C, la respuesta mostró una disminución leve, desde 231,20 hasta 227,40 µmol Trolox/g, y posteriormente un aumento que alcanzó 254,10 µmol Trolox/g.

La similitud observada entre las curvas de polifenoles totales y capacidad antioxidante sugiere una relación entre ambas variables. Así, T6 mostró los valores más altos en las dos determinaciones analíticas, mientras que T1 mostró las respuestas más bajas.

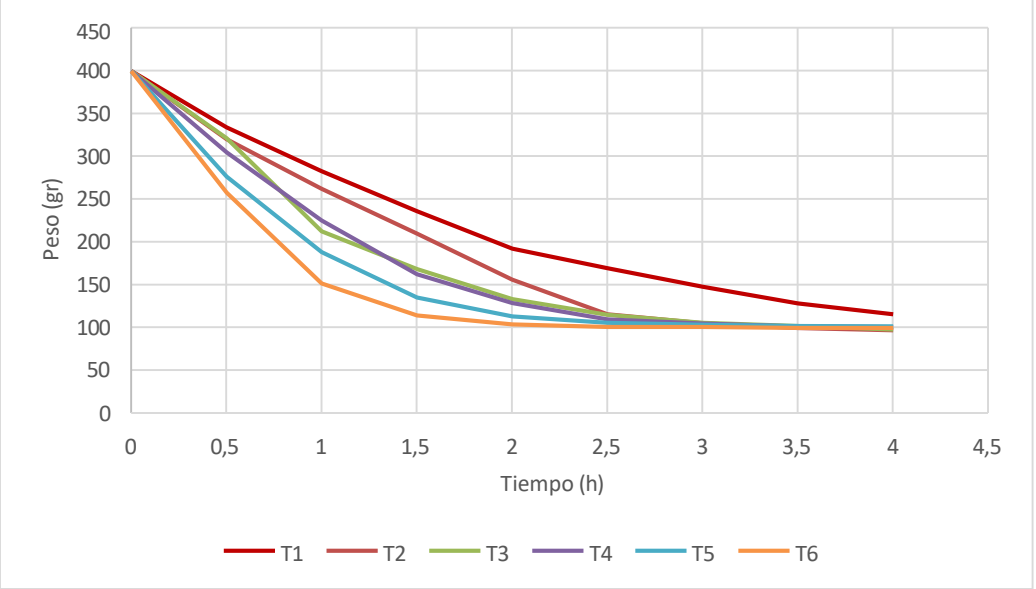
Suri et al. (2022), Gómez-Mejía et al. (2023), Anticona et al. (2021) y Lee et al. (2022) relacionaron la presencia o disponibilidad de los componentes fenólicos con la capacidad antioxidante de las cáscaras de cítricos. Por esta razón, la interacción observada puede explicarse a partir de los cambios en la concentración y en la extractabilidad de dichos compuestos.

4.2.3. Curvas de secado de la cáscara de mandarina

Con el objetivo de caracterizar el comportamiento de la cáscara de mandarina durante el proceso de deshidratación, se registraron datos de peso en diferentes intervalos de tiempo. Estos valores permiten evaluar la cinética de secado y el comportamiento del material frente a la pérdida de agua bajo las condiciones experimentales aplicadas. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

Figura 14

Curvas de secado de la cáscara de mandarina sometida a diferentes condiciones de temperatura y flujo de aire.



La Figura 14 presenta las curvas de secado correspondientes a los seis tratamientos evaluados durante un período de cuatro horas. En todos los casos se evidenció una disminución progresiva del peso de la cáscara de mandarina, atribuida a la pérdida de agua durante la deshidratación.

La mayor reducción de peso se registró durante la primera hora, lo que indica una elevada velocidad de secado asociada principalmente a la eliminación del agua libre presente en el material. Posteriormente, la velocidad de pérdida de humedad disminuyó gradualmente hasta aproximarse a una condición de equilibrio hacia el final del proceso.

En las etapas iniciales de secado, el agua que se encontraba cerca de la superficie se transfirió al aire de secado con mayor rapidez. A medida que avanzó el proceso, la pérdida de peso dependió en mayor medida del desplazamiento del agua desde el interior del tejido hacia la superficie, lo que provocó que la velocidad de secado disminuyera con el tiempo.

Los tratamientos a 65 °C, correspondientes a T4, T5 y T6, también se secaron con mayor rapidez en comparación con los tratamientos a 50 °C. De la misma forma, el aumento del flujo de aire favoreció la transferencia de masa, y se puede observar que T6 fue uno de los tratamientos que obtuvo uno de los menores pesos finales.

Suri et al. (2022) observaron que, al aumentar la temperatura, el tiempo de secado de la cáscara de mandarina Kinnow disminuyó. Este comportamiento concuerda con la mayor pérdida de peso observada como resultado de los tratamientos aplicados a 65 °C. Gómez-Mejía et al. (2023) también comprobaron que la temperatura y el método de secado afectan la eliminación de agua en las cáscaras de cítricos.

Al finalizar las cuatro horas de deshidratación, los tratamientos T4, T5 y T6 presentaron pesos en torno a 100 g, mientras que T1 presentó el mayor peso residual, con un valor medio aproximado de 115,67 g, lo cual demuestra una menor remoción de humedad bajo estas condiciones.

El mayor peso final de T1 coincidió con su contenido de humedad de 7,97 %. Por otro lado, T6 presentó pesos finales de entre 99 y 100 g, y una humedad de 5,02 %. Esta concordancia demuestra que las curvas de pérdida de peso y el análisis final de humedad presentaron un comportamiento relacionado.

4.2.4. Efecto de las condiciones de secado sobre las propiedades fisicoquímicas y funcionales

Tabla 24

Valores de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la cáscara de mandarina deshidratada

Tratamiento	Temperatura (°C)	Velocidad (m/s)	Humedad (%)	pH	Polifenoles (mg AG/g)	Capacidad antioxidante (µmol Trolox/g)
T1	50	1	7,97 c	5,50 c	14,81 a	190,70 a
T2	50	3	5,73 ab	5,17 a	18,27 b	215,38 b
T3	50	5	6,68 b	5,27 ab	20,29 bc	228,40 c
T4	65	1	6,64 b	5,27 ab	21,57 cd	231,20 c
T5	65	3	5,10 a	5,33 abc	20,31 bc	227,40 c
T6	65	5	5,02 a	5,43 bc	23,41 d	254,10 d

Nota. Las letras corresponden a los grupos establecidos mediante la prueba de Tukey para cada

variable. Las medias que comparten una letra no presentan diferencias significativas, con $p \leq 0,05$.

Los resultados resumidos en la Tabla 24 muestran que las condiciones de secado influyeron directamente sobre las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la cáscara de mandarina. Los tratamientos realizados a 65 °C presentaron menores contenidos de humedad y mayores concentraciones de compuestos bioactivos en comparación con aquellos secados a 50 °C. El tratamiento T6 destacó por presentar un elevado contenido de polifenoles (23,41 mg AG/g) y capacidad antioxidante (254,10 µmol Trolox/g), manteniendo además bajos niveles de humedad.

La comparación de los resultados indica que las condiciones más intensas evaluadas dentro del rango de tratamientos permitieron eliminar, de forma más efectiva, una mayor cantidad de agua y obtener las respuestas funcionales más elevadas. Sin embargo, ello no permite asegurar que una temperatura o un flujo de aire superiores vayan a producir un comportamiento más favorable, ya que un tratamiento más intenso podría provocar un mayor deterioro de los componentes sensibles.

Suri et al. (2022) confirmaron que, para seleccionar una condición adecuada de secado, debía relacionarse la disminución de la humedad con la conservación de los compuestos presentes en la cáscara. Gómez-Mejía et al. (2023) también corroboraron que la elección del tratamiento más adecuado debía considerar la pérdida de agua, así como la conservación de la composición fenólica. Lee et al. (2022) y Anticona et al. (2021) también confirmaron la presencia y la respuesta antioxidante de los compuestos de distintas cáscaras cítricas.

Los resultados coinciden con estas investigaciones, ya que T6 no se eligió en función de una sola variable. Este tratamiento presentó baja humedad, un pH ligeramente ácido y el mayor contenido de polifenoles y capacidad antioxidante, lo que justificó su uso posterior en la bebida de café.

4.3. Formulación de la bebida de café saborizada con cáscaras de mandarinas

En este apartado se presentan las formulaciones desarrolladas a partir de las condiciones de deshidratación seleccionadas, así como los criterios considerados para su posterior evaluación sensorial.

4.3.1. Formulaciones evaluadas

Las formulaciones desarrolladas se presentan en la Tabla *25*

Tabla 25

Formulación de la bebida de café saborizada con cáscaras de mandarina.

Materia prima	**Proporción (%)**
Café tostado	90, 80
Cascara de mandarina (T6)	10, 20

La selección de las formulaciones se fundamentó en las condiciones de deshidratación que presentaron resultados favorables en las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la cáscara de mandarina, particularmente en el contenido de polifenoles, actividad antioxidante, humedad y pH. Con base en estos resultados, se establecieron las formulaciones que posteriormente fueron sometidas a evaluación sensorial para determinar su aceptabilidad.

4.4. Evaluación sensorial y funcional del producto final

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la evaluación sensorial y funcional de las formulaciones desarrolladas, con el propósito de seleccionar la bebida con mejores características y mayor aceptación por parte de los consumidores.

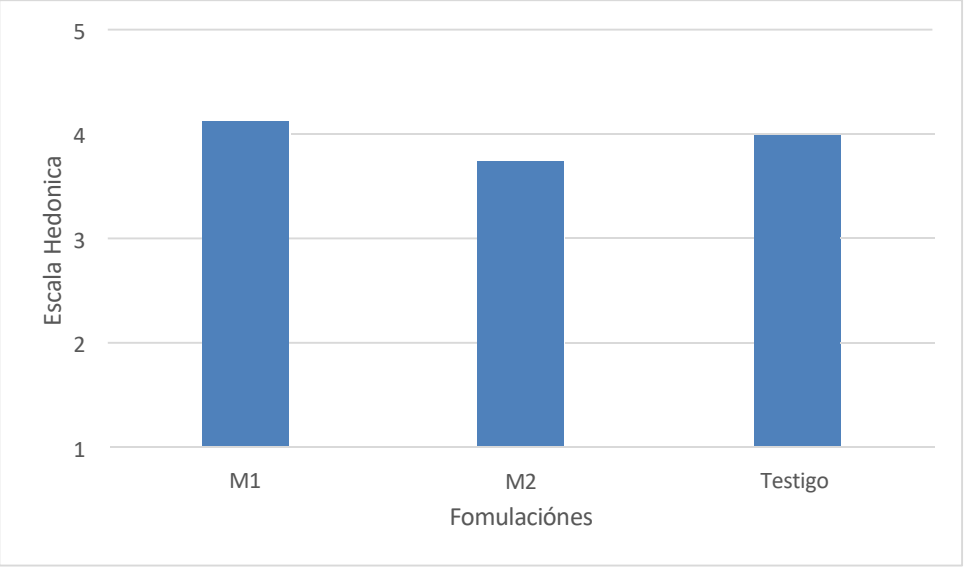
4.4.1. Evaluación sensorial

En esta sección se presentan los resultados de las formulaciones M1, M2 y el testigo, donde se evaluaron los atributos color, aroma, sabor y aceptabilidad general, el cual fue determinado mediante una escala hedónica de 5 puntos aplicada a un panel de consumidores no entrenado, cuyos resultados se presentan a continuación.

4.4.1.1. Color

Figura 15

Aceptabilidad sensorial del color

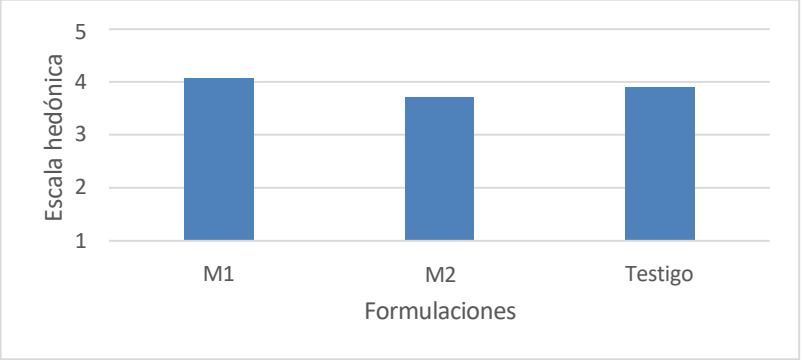


La evaluación del atributo color mostró que la formulación M1 alcanzó la mayor valoración por parte de los panelistas, con una puntuación cercana a 4 en la escala hedónica. Por su parte, el testigo obtuvo una aceptación similar, mientras que la formulación M2 registró la menor calificación entre las muestras analizadas. A pesar de estas diferencias en las puntuaciones medias, todas las formulaciones presentaron valores superiores a 3, lo que indica una percepción favorable del color por parte de los evaluadores. Estos resultados sugieren que la incorporación de cáscara de mandarina en la formulación M1 no afectó negativamente las características visuales de la bebida, manteniendo una apariencia agradable para los consumidores.

4.4.1.2. Aroma

Figura 16

Aceptabilidad sensorial del aroma

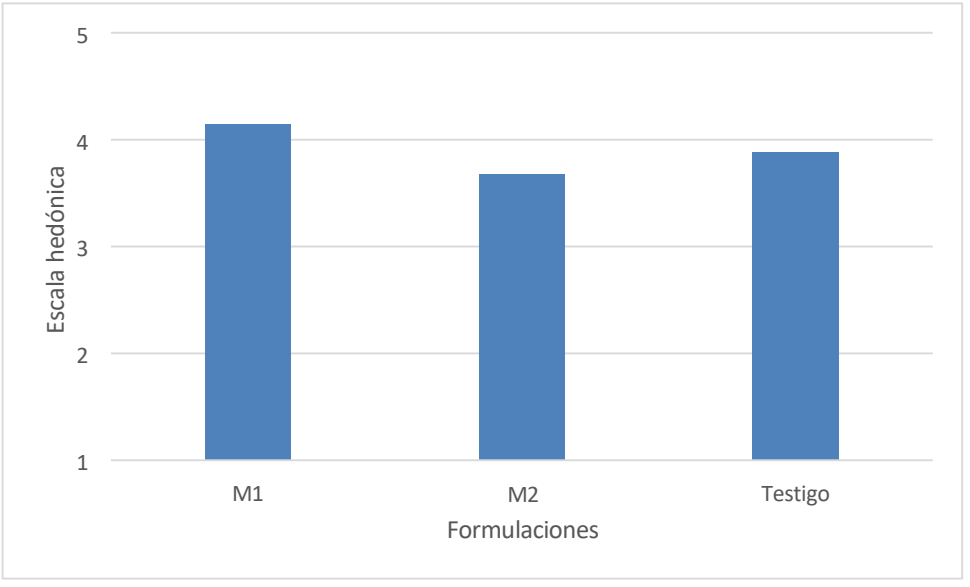


La Figura 16 muestra los resultados obtenidos para el atributo aroma. Las puntuaciones medias reflejan una aceptación favorable de las tres formulaciones evaluadas, con valores próximos entre sí. No obstante, la formulación M1 presentó la mayor valoración media, seguida del testigo, mientras que M2 obtuvo la puntuación más baja. Estos resultados indican que la formulación M1 conservó características aromáticas agradables para los panelistas, favoreciendo su percepción durante la evaluación sensorial. De igual manera, los valores registrados por las tres muestras se ubicaron por encima del punto medio de la escala hedónica, lo que demuestra una apreciación positiva del aroma por parte de los consumidores.

4.4.1.3. Sabor

Figura 17

Aceptabilidad sensorial del sabor



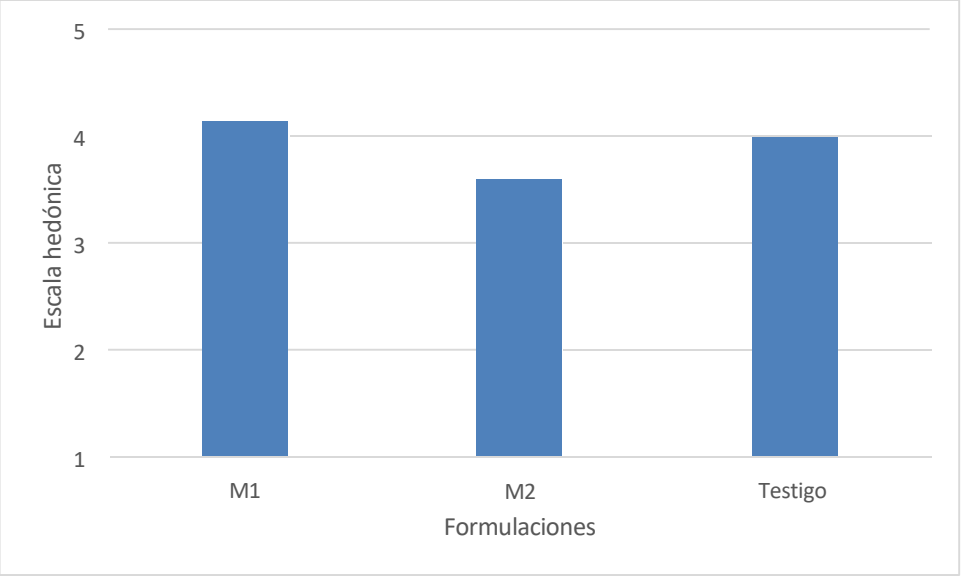
En la Figura 17 se evidencia las puntuaciones medias correspondientes al atributo

sabor. Se observa que la formulación M1 presentó la mayor aceptación entre los panelistas, alcanzando una valoración superior a las obtenidas por M2 y el testigo. La formulación M2 registró la menor puntuación media, mientras que el testigo presentó una aceptación intermedia. La tendencia observada sugiere que la proporción de cáscara de mandarina utilizada en M1 contribuyó positivamente a las características gustativas de la bebida, favoreciendo su aceptación por parte de los consumidores. Asimismo, todas las muestras evaluadas obtuvieron valores superiores a 3 en la escala hedónica, evidenciando una respuesta favorable hacia el sabor de las bebidas analizadas.

4.4.1.4. Aceptación general

Figura 18

Aceptabilidad general del producto



La Figura 18 presenta las puntuaciones medias correspondientes a la aceptabilidad general de las formulaciones estudiadas. Los resultados evidencian que la formulación M1 alcanzó la mayor valoración por parte de los panelistas, seguida del testigo y, finalmente, de la formulación M2. Esta tendencia coincide con el comportamiento observado en los atributos individuales de color, sabor y aroma, donde M1 también obtuvo las puntuaciones más elevadas. La mayor aceptación general de esta formulación sugiere que logró un equilibrio

adecuado entre las características sensoriales evaluadas, generando una percepción favorable en los consumidores. Además, todas las muestras presentaron puntuaciones superiores a 3, indicando una aceptación positiva de las bebidas desarrolladas.

En términos generales, las formulaciones evaluadas mostraron una aceptación favorable por parte de los 50 panelistas no entrenados, al registrar puntuaciones superiores a 3 en todos los atributos analizados. Sin embargo, la formulación M1 destacó por presentar las mayores valoraciones en color, sabor, aroma y aceptabilidad general, lo que presentó la mayor media aceptación general en comparación con la formulación M2 y el testigo. Estos resultados permitieron identificar a M1 como la formulación con mayor preferencia entre las muestras evaluadas.

4.4.2. Evaluación funcional

Con el fin de determinar el potencial funcional de las formulaciones desarrolladas, se evaluaron el contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de la bebida. Los resultados obtenidos para las mezclas seleccionadas se presentan en la Tabla 27.

Tabla 26

Propiedades funcionales de las formulaciones

Formulación	**Capacidad antioxidante (µmol Trolox/g)**	**Polifenoles totales (mg AG/g)**
M1	405.68	25.60
M2	444.16	27.34

Para una mejor visualización de las diferencias observadas entre las formulaciones, los resultados de polifenoles totales y capacidad antioxidante se representan gráficamente en las siguientes figurase, respectivamente.

Figura 19

Contenido de capacidad antioxidante de las muestras.

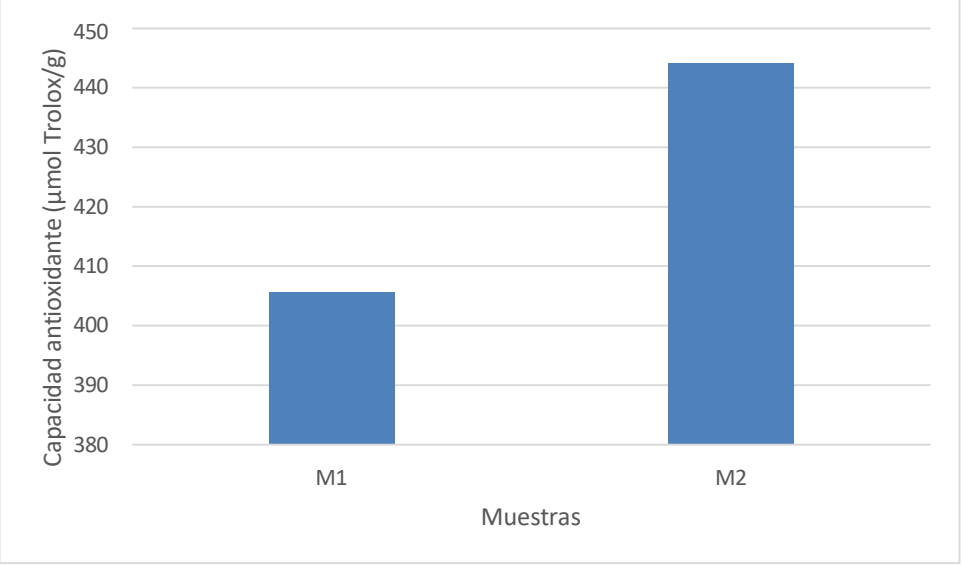
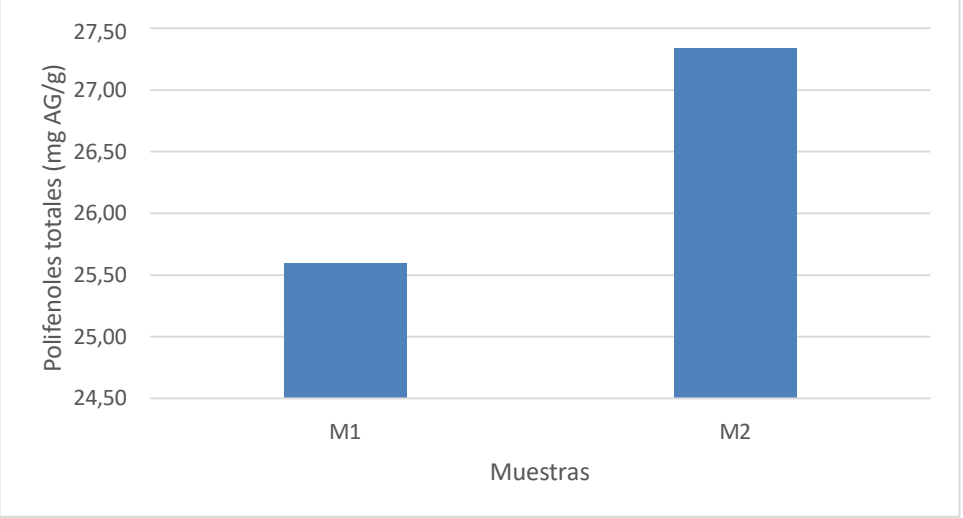


Figura 20

Contenido de polifenoles totales de las muestras



Los datos presentados en las Figuras 20 y 21 muestran que tanto la capacidad antioxidante como el contenido de polifenoles totales alcanzaron sus valores más elevados en la formulación M2, con 444,16 µmol Trolox/g y 27,34 mg AG/g, respectivamente. La formulación M1 presentó valores de 405,68 µmol Trolox/g de capacidad antioxidante y 25,60 mg AG/g de polifenoles totales.

Estos resultados evidencian un compromiso entre funcionalidad y aceptabilidad: M2 presentó la mayor capacidad antioxidante y el mayor contenido de polifenoles, mientras que

M1 alcanzó la mayor aceptación sensorial. Esta relación constituye una contribución central del estudio, porque demuestra que la formulación óptima no depende únicamente de maximizar los compuestos funcionales, sino de alcanzar un equilibrio tecnológicamente viable entre aporte bioactivo y preferencia del consumidor.

El mayor aporte funcional de M2 se relaciona con su mayor proporción de cáscara, que incrementó la cantidad de flavonoides y ácidos fenólicos disponibles en la bebida. Entre los compuestos asociados con esta respuesta se encuentran la hesperidina, la naringina y otros derivados fenólicos presentes en la matriz cítrica; el limoneno contribuye principalmente al aroma y puede participar de manera secundaria en la respuesta antioxidante global. No obstante, el incremento de la fracción cítrica también intensificó atributos sensoriales que redujeron la aceptación.

La diferencia entre ambas formulaciones fue de 38,48 µmol Trolox/g para la capacidad antioxidante y de 1,74 mg AG/g para los polifenoles totales. Sin embargo, no puede afirmarse que estas diferencias sean estadísticamente significativas, debido a que no se aplicó una prueba inferencial entre las dos formulaciones.

De acuerdo con Anticona et al. (2021), las cáscaras de mandarina contienen cantidades importantes de polifenoles y pueden presentar capacidad antioxidante. Esto permite explicar la mayor respuesta funcional de la formulación M2, ya que contuvo una mayor proporción de cáscara de mandarina.

Por último, Suri et al. (2022) y Gómez-Mejía et al. (2023) identificaron que la conservación de estos componentes depende de la intensidad térmica utilizada antes de su incorporación en el producto. Lee et al. (2022) indicaron que el procesamiento puede aumentar la disponibilidad de algunas sustancias fenólicas. Estos antecedentes respaldan la interpretación de que la mayor respuesta funcional de M2 estuvo relacionada con la mayor cantidad de cáscara incorporada y con la conservación de sus compuestos durante el secado.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La caracterización fisicoquímica y funcional de la cáscara de mandarina confirmó su potencial como materia prima para el desarrollo de bebidas funcionales. El proceso de deshidratación redujo significativamente el contenido de humedad y favoreció la concentración y disponibilidad analítica de compuestos fenólicos, incrementando la capacidad antioxidante del material y demostrando que este subproducto agroindustrial puede transformarse en un ingrediente de alto valor agregado.
- Las condiciones de deshidratación ejercieron un efecto significativo sobre la calidad de la cáscara de mandarina. El tratamiento correspondiente a 65 °C y 5 m/s (T6) proporcionó el mejor equilibrio entre reducción de humedad y conservación de compuestos bioactivos, constituyéndose en la condición tecnológica más adecuada para obtener un ingrediente estable, con elevado potencial funcional y apto para su incorporación en formulaciones alimentarias.
- La incorporación de cáscara de mandarina modificó tanto las propiedades funcionales como las características sensoriales de la bebida de café. Se evidenció una relación inversa entre funcionalidad y aceptabilidad sensorial, ya que el incremento de la proporción de cáscara aumentó el contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante, pero también intensificó las notas cítricas, amargas y astringentes que influyeron en la preferencia de los consumidores.
- La formulación 90 % café y 10 % cáscara de mandarina (M1) representó la mejor alternativa tecnológica, al combinar una elevada aceptación sensorial con un importante aporte de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante. En consecuencia, esta formulación constituye la opción más viable para una futura

aplicación agroindustrial, al satisfacer simultáneamente criterios de calidad funcional y aceptación por parte del consumidor.

- Debido a que la incorporación de cáscaras de mandarina, modificó significativamente el contenido de compuestos funcionales y los atributos sensoriales en el producto final, se acepta de esta manera, la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula planteada en esta investigación.

5.2. Recomendaciones

- Se sugiere realizar estudios en otras variedades de mandarina para determinar su influencia sobre el contenido de compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y características sensoriales de la bebida.
- Es recomendable analizar el perfil de compuestos bioactivos específicos presentes en la cáscara de mandarina para ampliar el conocimiento de sus propiedades funcionales y su contribución en el producto final.
- Se recomienda evaluar valores intermedios de incorporación de cáscara de mandarina en la fórmula de café, con el propósito de identificar proporciones que optimicen simultáneamente la aceptación sensorial y aporte funcional.
- Evaluar la vida útil, estabilidad fisicoquímica y comportamiento de los compuestos bioactivos durante el almacenamiento de la bebida, con el propósito de determinar su viabilidad para una futura aplicación comercial.

BIBLIOGRAFÍA

Addi, M., Elbouzidi, A., Abid, M., y Hano, C. (2021). An overview of bioactive flavonoids from citrus fruits. *Applied Sciences*. https://doi.org/10.3390/app12010029

Anticona, M., Lopez-Malo, D., Frigola, A., Esteve, M., & Blesa, J. (2021). Analysis of Polyphenol Content and Antioxidant Capacity of Hybrid Mandarin Peel. *Biology and Life Sciences Forum, 6*(1), 25. https://doi.org/10.3390/Foods2021-11100

AOAC. (2023). *Official methods of analysis (22nd ed.).* . AOAC International.

Barrea, L., Pugliese, G., Frias, E., Castellucci, B., y Chapela, S. (2023). Coffee consumption, health benefits and side effects: a narrative review and update for dietitians and nutritionists. *Critical reviews in food science and nutrition*, 1238-1261. https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1963207

Bernal Torres, C. A. (2010). *Metodología de la investigación: Administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (3a. ed.). Bogotá: Pearson Educación. https://books.google.com/books?id=ySmOZwEACAAJ

Callupe Loayza, M. R. (2022). *Elaboración de una bebida a base de pulpa de café (Coffea spp) y cáscara de naranja valencia (Citrus sinensis)*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS: https://repositorio.unas.edu.pe/items/09dd2d8d-3731-4fb6-ba3f-6a5774b0c9b1

Carrera, S., y Michael, A. (12 de agosto de 2024). *Desarrollo de una galleta a partir de trigo (Triticun aestivum L.) sustituido parcialmente con una mezcla de harina de chocho tierno (Lupinus mutabilis Sweet) y almidón de achira (Canna edulis Ker Gawl)*. Repositorio UTA: https://repositorio.uta.edu.ec/items/950d09aa-a774-4010-b6d7-6ae32113b80c?utm.com

Carvajal, F., Linnermann, A., y Nout, M. (23 de julio de 2016). *Lupinus mutabilis: Composition, Uses, Toxicology, and Debittering*. Wageningen:

https://research.wur.nl/en/publications/lupinus-mutabilis-composition-uses-toxicology-and-debittering/?utm.com

Chen, M.-L., Yang, D.-J., & Liu, S.-C. (2011). Effects of drying temperature on the flavonoid, phenolic acid and antioxidative capacities of the methanol extract of citrus fruit (Citrus sinensis (L.) Osbeck) peels. *International Journal of Food Science & Technology, 46*(6), 1179-1185. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02605.x

Cubas, I. (4 de Julio de 2024). *Innova Market Insights presenta las áreas de oportunidad para el desarrollo de bebidas funcionales en LATAM*. The Food Tech: https://thefoodtech.com/tendencias-de-consumo/innova-market-insights-presenta-las-areas-de-oportunidad-para-el-desarrollo-de-bebidas-funcionales-en-latam/

Cui, Y., Yang, F., & Zhao, Y. (2021). Probiotics and gut health: A review of their benefits and applications. *Frontiers in Microbiology, 12*, 634724. https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.634724

Czarniecka-Skubina, E., Pielak, M., Salek, P., Korzeniowska-Ginter, R., & Owczarek, T. (2021). Consumer Choices and Habits Related to Coffee Consumption by Poles. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*(8), 3948. https://doi.org/10.3390/ijerph18083948

Drewnowski, A., & Gomez-Carneros, C. (2000). Bitter taste, phytonutrients, and the consumer: A review. *The American Journal of Clinical Nutrition, 72*(6), 1424-1435. https://doi.org/10.1093/ajcn/72.6.1424

Farah, A., & Donangelo, C. M. (2006). Phenolic compounds in coffee. *Brazilian Journal of Plant Physiology, 18*(1), 23-36. https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000100003

Fellows, P. J. (2017). *Food Processing Technology: Principles and Practice* (4th ed.). Duxford: Woodhead Publishing. https://www.sciencedirect.com/book/9780081019078/food-processing-technology

Fitriyah, D., Ayu, D., y Puspita, S. (2021). Functional analysis of the bioactive compound contents and antioxidant activity of extract red rice beverage. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* . https://doi.org/10.1088/1755-1315/672/1/012075

Frontiers in Nutrition. (2022). *Sensory analysis and consumer preference in functional foods: A review.* Frontiers in Nutrition.

Gómez-Leyva, B., Díaz-Armas, M., Valdés-Cabodevilla, R., & Miguel-Cruz, M. (2021). Efectos del consumo de café sobre la salud. *Medisur, 19*(3), 490-492. http://www.medisur.sld.cu/index.php/medisur/article/view/4951

Gomez-Mejia, E., Sacristan, I., Rosales-Conrado, N., Leon-Gonzalez, M., & Madrid, Y. (2023). Effect of Storage and Drying Treatments on Antioxidant Activity and Phenolic Composition of Lemon and Clementine Peel Extracts. *Molecules*, *28*(4), 1624. https://doi.org/10.3390/molecules28041624

Gorinstein, S., Martín-Belloso, O., Park, Y.-S., Haruenkit, R., Lojek, A., Číž, M., . . . Trakhtenberg, S. (2001). Comparison of some biochemical characteristics of different citrus fruits. *Food Chemistry*, *74*(3), 309-315. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00157-1

Granato, D., Barba, F., Kovačević, D., Lorenzo, J., Cruz, A., y Putnik, P. (2020). Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety. . *Annual Review of Food Science and Technology*, 93–118. https://doi.org/10.1146/annurev-food-032519-051708

Granato, D., Branco, G. F., Nazzaro, F., Cruz, A. G., & Faria, J. A. (2010). Functional foods and nondairy probiotic food development: Trends, concepts, and products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *9*(3), 292-302. https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00110.x

Gulisano, A., Alves, S., Neves, J., & Trinsdade, L. (2019, octubre 29). *Genetics and Breeding of Lupinus mutabilis: An Emerging Protein Crop*. Frontiers: https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2019.01385/full?utm.com

Heck, C. I., & de Mejia, E. G. (2020). Caffeine and other stimulants in energy drinks: Review of potential risks and health benefits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 60*(9), 1556-1572. https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1663017

Ignat, I., Volf, I., & Popa, V. I. (2011). A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Food Chemistry, 126*(4), 1821-1835. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.12.026

Illy, A., & Viani, R. (Edits.). (2005). *Espresso Coffee: The Science of Quality* (2nd ed.). Amsterdam: Academic Press. https://books.google.com/books?id=AJdlfSFCmVIC

International Coffee Organization. (11 de 2023). *Coffee Market Report: November 2023.* International Coffee Organization. Retrieved 20 de 7 de 2026, from https://www.ico.org/documents/cy2023-24/cmr-1123-e.pdf

Kademi, H., y Garba, U. (2017). Citrus peel essential oils: a review on composition and antimicrobial activities. . *International Journal of Food Safety, Nutrition, Public Health and Technology*. https://doi.org/ISSN: 0975 – 8712

Kim, M., y Kwak, H. (2015). Influence of functional information on consumer liking and consumer perception related to health claims for blueberry functional beverages. *International Journal of Food Science and Technology*, 70-76. https://doi.org/10.1111/ijfs.12627

Lee, G., Lee, S., Kang, N.-G., & Jin, M. (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

Liu, N., Li, X., Zhao, P., Zhang, X., Qiao, O., Huang, L., . . . Gao, W. (2021). Bioactive components and health benefits of citrus peel: Progress in development of functional food. *Food Chemistry, 135*, 129692. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129692

Liu, Y., Heying, E., y Tanumihardjo, S. (2012). History, global distribution, and nutritional importance of citrus fruits. *Comprehensive reviews in Food Science and Food safety*, 530-545. https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2012.00201.x

López, M., García-Sánchez, R., y Hernández, J. (2020). Low-calorie functional beverages: Impact on weight control and metabolic health. *Food & Function, 11*(2), 983-993. https://doi.org/10.1039/C9FO02964H

Machado, F., Coimbra, M., Castillo, D., y Coreta, F. (2024). Mechanisms of action of coffee bioactive compounds–a key to unveil the coffee paradox. . *Critical reviews in food science and nutrition*. https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2221734

Makiso, M., Tola, Y., Ogah, O., y Endale, F. (2024). Bioactive compounds in coffee and their role in lowering the risk of major public health consequences: A review. . *Food science & nutrition*, 734-764. https://doi.org/10.1002/fsn3.3848

Maughan, R. J., & Shirreffs, S. M. (2017). Hydration and performance in sport: The role of beverages. *European Journal of Sport Science, 17*(8), 1007-1016. https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1356989

Mordor Intelligence. (2024). *Mercado de bebidas funcionales*. Crecimiento, tendencias, impacto y pronóstico (2024 - 2029): https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/functional-beverage-market

Mordor Intelligence. (2026). *Functional Beverages Market Size, Share and Industry Report, 2031*. Retrieved 20 de 7 de 2026, from Mordor Intelligence: https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/functional-beverage-market

Mujumdar, A. S. (Ed.). (2014). *Handbook of Industrial Drying* (4th ed.). Boca Raton: CRC Press. https://doi.org/10.1201/b17208

Narwal, J., Yadav, R. B., y Yadav, B. S. (2023 de julio de 21). *Characterization of selected wheat (Triticum aestivum) cultivars for their physicochemical and cookies making quality characteristics*. Springer Nature Link: https://link.springer.com/article/10.1007/s42976-023-00420-3?utm.com

Neill, D. A., & Cortez Suárez, L. (Edits.). (2018). *Procesos y fundamentos de la investigación científica.* Machala: Editorial UTMACH. https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/12498

Nila, I., Moran, V., Khan, Z., y Hong, Y. (2023). Effect of daily coffee consumption on the risk of Alzheimer's disease: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Lifestyle Medicine*. https://doi.org/10.15280/jlm.2023.13.2.83

Palczak, J., Blumenthal, D., Rogeaux, M., y Delarue, J. (2019). Sensory complexity and its influence on hedonic responses: A systematic review of applications in food and beverages. *Food Quality and Preference,* 66-75. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.06.002

Panwar, D., Saini, A., Panesar, P., & Chopra, H. (2021). Unraveling the scientific perspectives of citrus by-products utilization: Progress towards circular economy. *Trends in Food Science & Technology, 111*, 549-562. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.018

Pathare, P., Opara, U., y Al-Said, F. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A revie. *Food and bioprocess technology*, 36-60. https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9

Pinto, T., Vilela, A., y Cosme, F. (2022). Chemical and sensory characteristics of fruit juice and fruit fermented beverages and their consumer acceptance. . *Beverages,* 33.

https://doi.org/10.3390/beverages8020033

Prior, R. L., Wu, X., & Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53*(10), 4290-4302. https://doi.org/10.1021/jf0502698

Rafiq, S., Singh, B., & Gat, Y. (2019). Effect of different drying techniques on chemical composition, color and antioxidant properties of kinnow (Citrus reticulata) peel. *Journal of Food Science and Technology, 56*(5), 2458-2466. https://doi.org/10.1007/s13197-019-03722-9

Satari, B., & Karimi, K. (2018). Citrus processing wastes: Environmental impacts, recent advances, and future perspectives in total valorization. *Resources, Conservation and Recycling, 129*, 153-167. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.032

Shahidi, F., y Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects–A review. *Journal of functional foods*, 820-897. https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018

Skąpska, S., Marszałek,, K., Woźniak, Ł., y Zawada, K. (2020). The development and consumer acceptance of functional fruit-herbal beverages. *Foods*. https://doi.org/10.3390/foods9121819

Stanek, N., Zarebska, M., Bilos, L., Barabosz, K., Nowakowska-Bogdan, E., Semeniuk, I., . . . Szkutnik, K. (2021). Influence of coffee brewing methods on the chromatographic and spectroscopic profiles, antioxidant and sensory properties. *Scientific Reports, 11*, 21377. https://doi.org/10.1038/s41598-021-01001-2

Suri, S., Singh, A., & Nema, P. (2022). Infrared drying of Kinnow (Citrus reticulata) peel waste: Kinetics and quality characterization. *Biomass Conversion and Biorefinery, 14*, 7579-7590. https://doi.org/10.1007/s13399-022-02844-z

Suriya, M., Rajput, R., y Reddy, C. K. (02 de mayo de 2017). *Functional and physicochemical characteristics of cookies prepared from Amorphophallus paeoniifolius flour*. National Library of Medicine: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5495745/?utm.com

Tridge. (2023). *Ecuador Fresh Mandarin: Suppliers and Market Trends*. Retrieved 20 de 7 de 2026, from Tridge: https://www.tridge.com/tridge-woods/fresh-mandarin/EC

United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. (2026). *Production: Ecuador*. Retrieved 20 de 7 de 2026, from USDA Foreign Agricultural Service: https://www.fas.usda.gov/data/production/ec

Vega-Gálvez, A., Scala, K. D., Rodríguez, K., Lemus-Mondaca, R., Miranda, M., López, J., & Perez-Won, M. (2009). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (Capsicum annuum L. var. Hungarian). *Food Chemistry, 117*(4), 647-653. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.066

Wang, J., Wang, H., Xiao, H.-W., Fang, X.-M., Zhang, W.-P., & Ma, C.-L. (2022). Effects of drying temperature on the drying characteristics and volatile profiles of Citrus reticulata Blanco peels under two stages of maturity. *Drying Technology, 40*(12), 2456-2469. https://doi.org/10.1080/07373937.2021.1928604

Wedamulla, N., Fan, M., Choi, Y.-J., & Kim, E.-K. (2022). Citrus peel as a renewable bioresource: Transforming waste to food additives. *Journal of Functional Foods, 95*, 105163. https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105163

Zema, D., Calabrò, P., Folino, A., y Tamburino, V. (2020). Valorisation of citrus processing waste: A review. *Waste Management,* 252–273. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.09.024

Zhang, A.-A., Ni, J.-B., Martynenko, A., Chen, C., Fang, X.-M., Ding, C.-J., . . . Xiao, H.-W.

(2023). Electrohydrodynamic drying of citrus (Citrus sinensis L.) peel: Comparative evaluation on the physiochemical quality and volatile profiles. *Food Chemistry, 429*, 136832. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136832

Kader, A. A. (Ed.). (2002). *Postharvest technology of horticultural crops* (3rd ed.). University of California, Agriculture and Natural Resources.

Lado, J., Rodrigo, M. J., & Zacarías, L. (2014). Maturity indicators and citrus fruit quality. *Stewart Postharvest Review*, *10*(2), 1–6.

Fellows, P. J. (2017). Food Processing Technology: Principles and Practice (4th ed.). Woodhead Publishing.

Mujumdar, A. S. (2014). Handbook of Industrial Drying (4th ed.). CRC Press.

Vega-Gálvez, A., Di Scala, K., Rodríguez, K., Lemus-Mondaca, R., Miranda, M., López, J., & Perez-Won, M. (2012). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper. Todo Chemistry, 135(3), 1760–1769. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.062

ANEXOS

Anexo 1

Resultados de los análisis de las propiedades funcionales de la cáscara de mandarina 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°: 26-0036

**NOMBRE DEL PETICIONARIO:	Srta. NIDIA CABEZAS	**INSTITUCIÓN:	PARTICULAR
**DIRECCIÓN:	IBARRA / IMBABURA	**ATENCIÓN:	Srta. NIDIA CABEZAS
FECHA DE EMISIÓN:	2026-04-01	FECHA DE RECEPCIÓN:	2026-03-26
FECHA DE ANÁLISIS:	Del 26 de marzo al 01 de abril del 2026	HORA DE RECEPCIÓN:	13:50
ANÁLISIS SOLICITADOS	Polifenoles,Capacidad Antioxidante (ABTS)		

RESULTADOS DE ANÁLISIS

ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
HUMEDAD	Cascara de mandarina T1 R1	26-0351	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	23,56	%
POLIFENOLES	Cascara de mandarina T1 R1	26-0351	MO-LSAIA-31	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	14,40	mg Ác. Gálico/g
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Cascara de mandarina T1 R1	26-0351	ZAMBRANO et al (2020)	ABTS	184,16	µm Trolox/g
HUMEDAD	Cascara de mandarina T1 R2	26-0352	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	17,12	%
POLIFENOLES	Cascara de mandarina T1 R2	26-0352	MO-LSAIA-31	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	15,92	mg Ác. Gálico/g
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Cascara de mandarina T1 R2	26-0352	ZAMBRANO et al (2020)	ABTS	198,34	µm Trolox/g
HUMEDAD	Cascara de mandarina T1 R3	26-0353	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	22,56	%
POLIFENOLES	Cascara de mandarina T1 R3	26-0353	MO-LSAIA-31	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	14,10	mg Ác. Gálico/g
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Cascara de mandarina T1 R3	26-0353	ZAMBRANO et al (2020)	ABTS	189,59	µm Trolox/g
HUMEDAD	Cascara de mandarina T2 R1	26-0354	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	15,33	%
POLIFENOLES	Cascara de mandarina T2 R1	26-0354	MO-LSAIA-31	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	18,57	mg Ác. Gálico/g
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Cascara de mandarina T2 R1	26-0354	ZAMBRANO et al (2020)	ABTS	215,64	µm Trolox/g
HUMEDAD	Cascara de mandarina T2 R2	26-0355	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	15,19	%
POLIFENOLES	Cascara de mandarina T2 R2	26-0355	MO-LSAIA-31	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	18,58	mg Ác. Gálico/g
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Cascara de mandarina T2 R2	26-0355	ZAMBRANO et al (2020)	ABTS	216,54	µm Trolox/g
HUMEDAD	Cascara de mandarina T2 R3	26-0356	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	14,63	%
POLIFENOLES	Cascara de mandarina T2 R3	26-0356	MO-LSAIA-31	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	17,67	mg Ác. Gálico/g
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Cascara de mandarina T2 R3	26-0356	ZAMBRANO et al (2020)	ABTS	213,97	µm Trolox/g
HUMEDAD	Cascara de mandarina T3 R1	26-0357	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	14,35	%
POLIFENOLES	Cascara de mandarina T3 R1	26-0357	MO-LSAIA-31	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	20,36	mg Ác. Gálico/g
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Cascara de mandarina T3 R1	26-0357	ZAMBRANO et al (2020)	ABTS	227,53	µm Trolox/g

Página 1 de 3

ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
HUMEDAD	Cascara de mandarina T3 R2	26-0358	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	13,37	%
POLIFENOLES	Cascara de mandarina T3 R2	26-0358	MO-LSAIA-31	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	19,68	mg Ác. Gálico/g
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Cascara de mandarina T3 R2	26-0358	ZAMBRANO et al (2020)	ABTS	229,15	µm Trolox/g
HUMEDAD	Cascara de mandarina T3 R3	26-0359	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	13,77	%
POLIFENOLES	Cascara de mandarina T3 R3	26-0359	MO-LSAIA-31	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	20,84	mg Ác. Gálico/g
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Cascara de mandarina T3 R3	26-0359	ZAMBRANO et al (2020)	ABTS	228,51	µm Trolox/g
HUMEDAD	Cascara de mandarina T4 R1	26-0360	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	12,65	%
POLIFENOLES	Cascara de mandarina T4 R1	26-0360	MO-LSAIA-31	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	21,21	mg Ác. Gálico/g
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Cascara de mandarina T4 R1	26-0360	ZAMBRANO et al (2020)	ABTS	231,08	µm Trolox/g
HUMEDAD	Cascara de mandarina T4 R2	26-0361	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	11,54	%
POLIFENOLES	Cascara de mandarina T4 R2	26-0361	MO-LSAIA-31	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	21,16	mg Ác. Gálico/g
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Cascara de mandarina T4 R2	26-0361	ZAMBRANO et al (2020)	ABTS	230,74	µm Trolox/g
HUMEDAD	Cascara de mandarina T4 R3	26-0362	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	11,66	%
POLIFENOLES	Cascara de mandarina T4 R3	26-0362	MO-LSAIA-31	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	22,34	mg Ác. Gálico/g
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Cascara de mandarina T4 R3	26-0362	ZAMBRANO et al (2020)	ABTS	231,78	µm Trolox/g
HUMEDAD	Cascara de mandarina T5 R1	26-0363	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	11,91	%
POLIFENOLES	Cascara de mandarina T5 R1	26-0363	MO-LSAIA-31	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	20,14	mg Ác. Gálico/g
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Cascara de mandarina T5 R1	26-0363	ZAMBRANO et al (2020)	ABTS	227,65	µm Trolox/g
HUMEDAD	Cascara de mandarina T5 R2	26-0364	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	12,54	%
POLIFENOLES	Cascara de mandarina T5 R2	26-0364	MO-LSAIA-31	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	19,42	mg Ác. Gálico/g
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Cascara de mandarina T5 R2	26-0364	ZAMBRANO et al (2020)	ABTS	226,12	µm Trolox/g
HUMEDAD	Cascara de mandarina T5 R3	26-0365	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	11,57	%
POLIFENOLES	Cascara de mandarina T5 R3	26-0365	MO-LSAIA-31	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	21,36	mg Ác. Gálico/g
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Cascara de mandarina T5 R3	26-0365	ZAMBRANO et al (2020)	ABTS	228,42	µm Trolox/g
HUMEDAD	Cascara de mandarina T6 R1	26-0366	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	10,96	%
POLIFENOLES	Cascara de mandarina T6 R1	26-0366	MO-LSAIA-31	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	23,43	mg Ác. Gálico/g
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Cascara de mandarina T6 R1	26-0366	ZAMBRANO et al (2020)	ABTS	257,38	µm Trolox/g
HUMEDAD	Cascara de mandarina T6 R2	26-0367	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	11,55	%
POLIFENOLES	Cascara de mandarina T6 R2	26-0367	MO-LSAIA-31	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	23,98	mg Ác. Gálico/g
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Cascara de mandarina T6 R2	26-0367	ZAMBRANO et al (2020)	ABTS	257,62	µm Trolox/g

ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
HUMEDAD	Cascara de mandarina T6 R3	26-0368	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	12,49	%
POLIFENOLES	Cascara de mandarina T6 R3	26-0368	MO-LSAIA-31	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	22,82	mg Ác. Gálico/g
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Cascara de mandarina T6 R3	26-0368	ZAMBRANO et al (2020)	ABTS	247,31	µm Trolox/g
HUMEDAD	Cascara de mandarina Fresca	26-0369	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	11,28	%
POLIFENOLES	Cascara de mandarina Fresca	26-0369	MO-LSAIA-31	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	4,64	mg Ác. Gálico/g
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Cascara de mandarina Fresca	26-0369	ZAMBRANO et al (2020)	ABTS	74,18	µm Trolox/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	*Dr. Iván Samaniego, PhD.*
Cargo	*RESPONSABLE TÉCNICO*
Firma	
Fecha	*2026-04-01*

Anexo 2

Resultados de los análisis de pH de la cáscara de mandarina deshidratada.

TRATAMIENTO	RÉPLICA 1	RÉPLICA 2	RÉPLICA 3
T1	5.4	5.5	5.6
T2	5.1	5.2	5.2
T3	5.2	5.3	5.3
T4	5.2	5.3	5.3
T5	5.3	5.4	5.4
T6	5.4	5.5	5.4

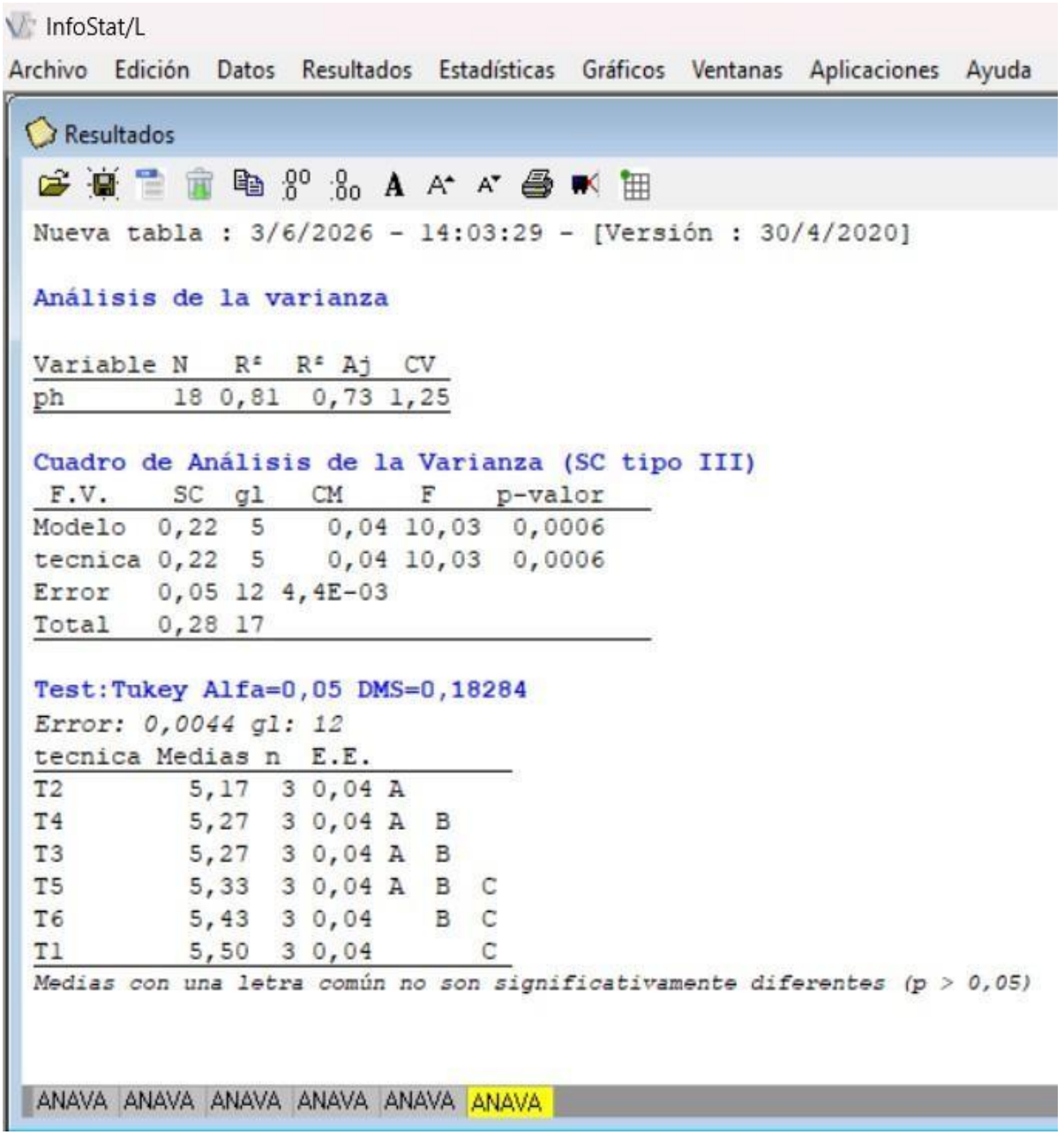
Anexo 3

Resultados de los análisis de humedad de la cáscara de mandarina deshidratada.

TRATAMIENTO	RÉPLICA 1	RÉPLICA 2	RÉPLICA 3
T1	8.83	7.00	8.10
T2	5.80	5.90	5.50
T3	6.77	6.95	6.31
T4	6.80	6.92	6.20
T5	4.90	5.10	5.30
T6	5.03	5.02	5.00

Anexo 4

Resultado del análisis de varianza ANOVA en InfoStat para pH.


InfoStat/L

Archivo Edición Datos Resultados Estadísticas Gráficos Ventanas Aplicaciones Ayuda

Resultados

Nueva tabla : 3/6/2026 - 14:03:29 - [Versión : 30/4/2020]

Análisis de la varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
ph	18	0,81	0,73	1,25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,22	5	0,04	10,03	0,0006
tecnica	0,22	5	0,04	10,03	0,0006
Error	0,05	12	4,4E-03		
Total	0,28	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,18284

Error: 0,0044 gl: 12

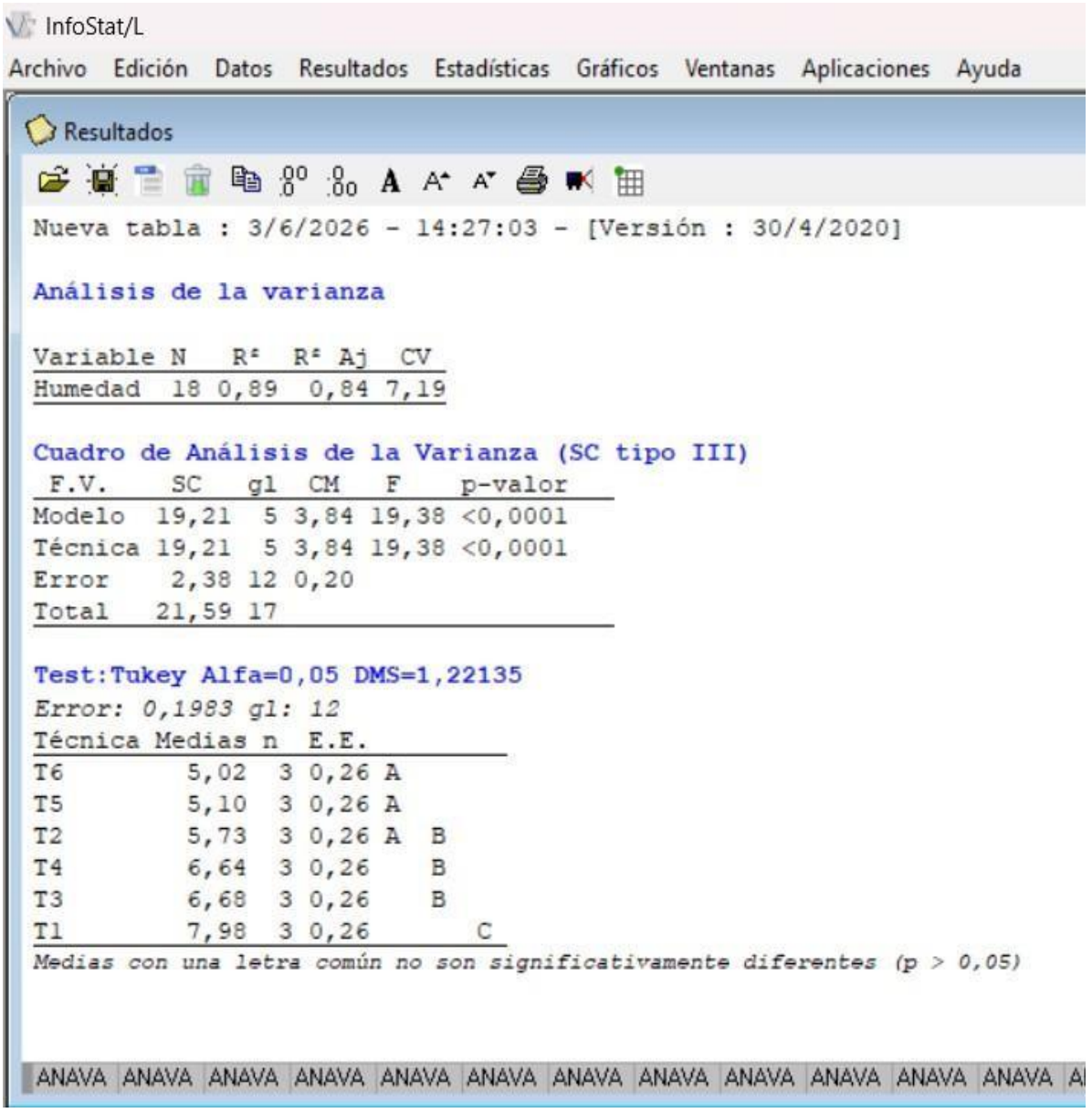
tecnica	Medias	n	E.E.			
T2	5,17	3	0,04	A		
T4	5,27	3	0,04	A	B	
T3	5,27	3	0,04	A	B	
T5	5,33	3	0,04	A	B	C
T6	5,43	3	0,04		B	C
T1	5,50	3	0,04			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

ANAVA ANAVA ANAVA ANAVA ANAVA ANAVA

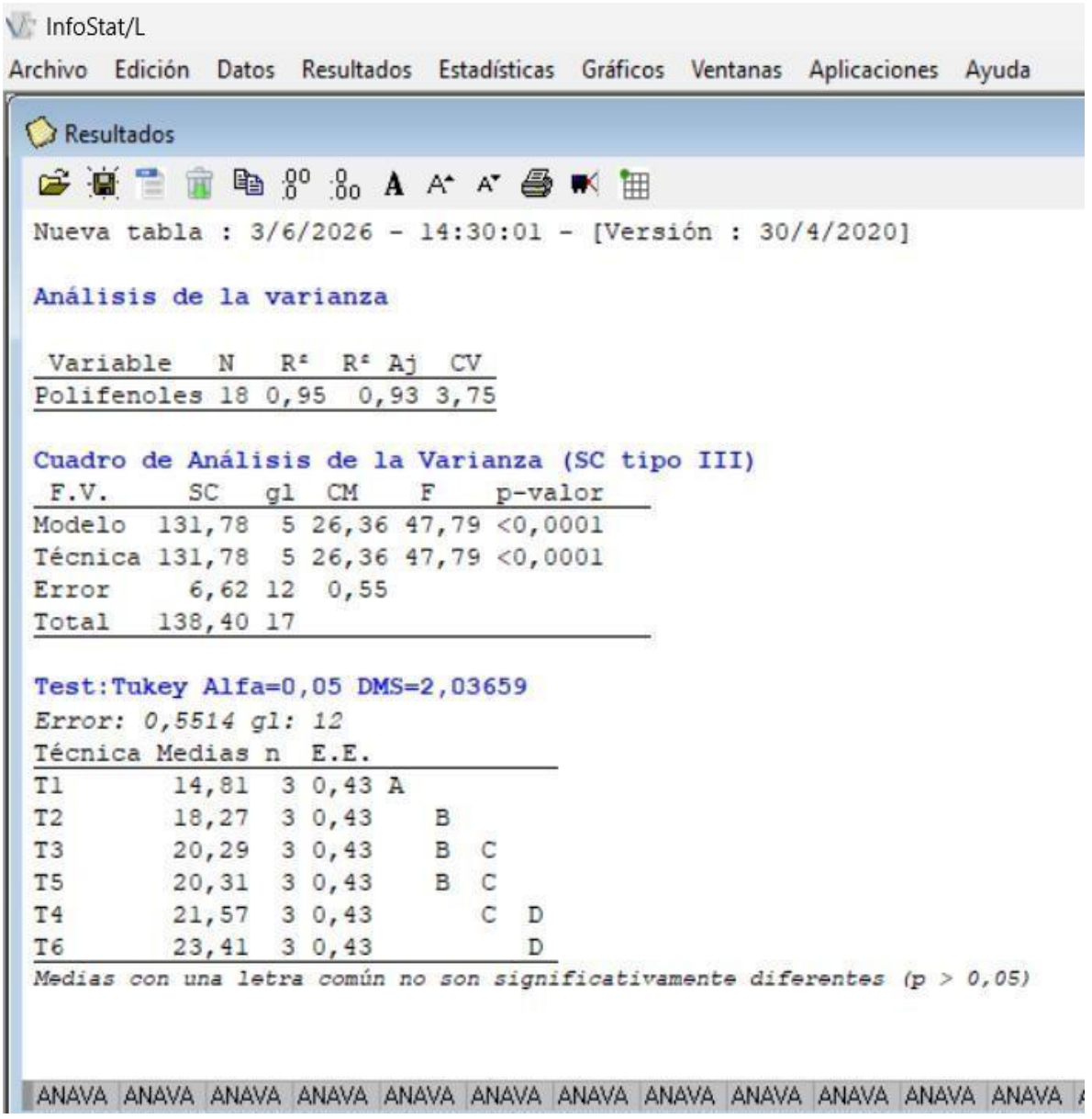
Anexo 5

Resultado del análisis de varianza ANOVA en InfoStat para humedad.


InfoStat/L
Archivo Edición Datos Resultados Estadísticas Gráficos Ventanas Aplicaciones Ayuda
Resultados
Nueva tabla : 3/6/2026 - 14:27:03 - [Versión : 30/4/2020]
Análisis de la varianza
Variable N R² R² Aj CV
Humedad 18 0,89 0,84 7,19
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
F.V. SC gl CM F p-valor
Modelo 19,21 5 3,84 19,38 <0,0001
Técnica 19,21 5 3,84 19,38 <0,0001
Error 2,38 12 0,20
Total 21,59 17
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,22135
Error: 0,1983 gl: 12
Técnica Medias n E.E.
T6 5,02 3 0,26 A
T5 5,10 3 0,26 A
T2 5,73 3 0,26 A B
T4 6,64 3 0,26 B
T3 6,68 3 0,26 B
T1 7,98 3 0,26 C
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)
ANAVA ANAVA ANAVA ANAVA ANAVA ANAVA ANAVA ANAVA ANAVA ANAVA ANAVA ANAVA

Anexo 6

Resultado del análisis de varianza ANOVA en InfoStat para Polifenoles



InfoStat/L

Archivo Edición Datos Resultados Estadísticas Gráficos Ventanas Aplicaciones Ayuda

Resultados

Nueva tabla : 3/6/2026 - 14:30:01 - [Versión : 30/4/2020]

Análisis de la varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Polifenoles	18	0,95	0,93	3,75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	131,78	5	26,36	47,79	<0,0001
Técnica	131,78	5	26,36	47,79	<0,0001
Error	6,62	12	0,55		
Total	138,40	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,03659

Error: 0,5514 gl: 12

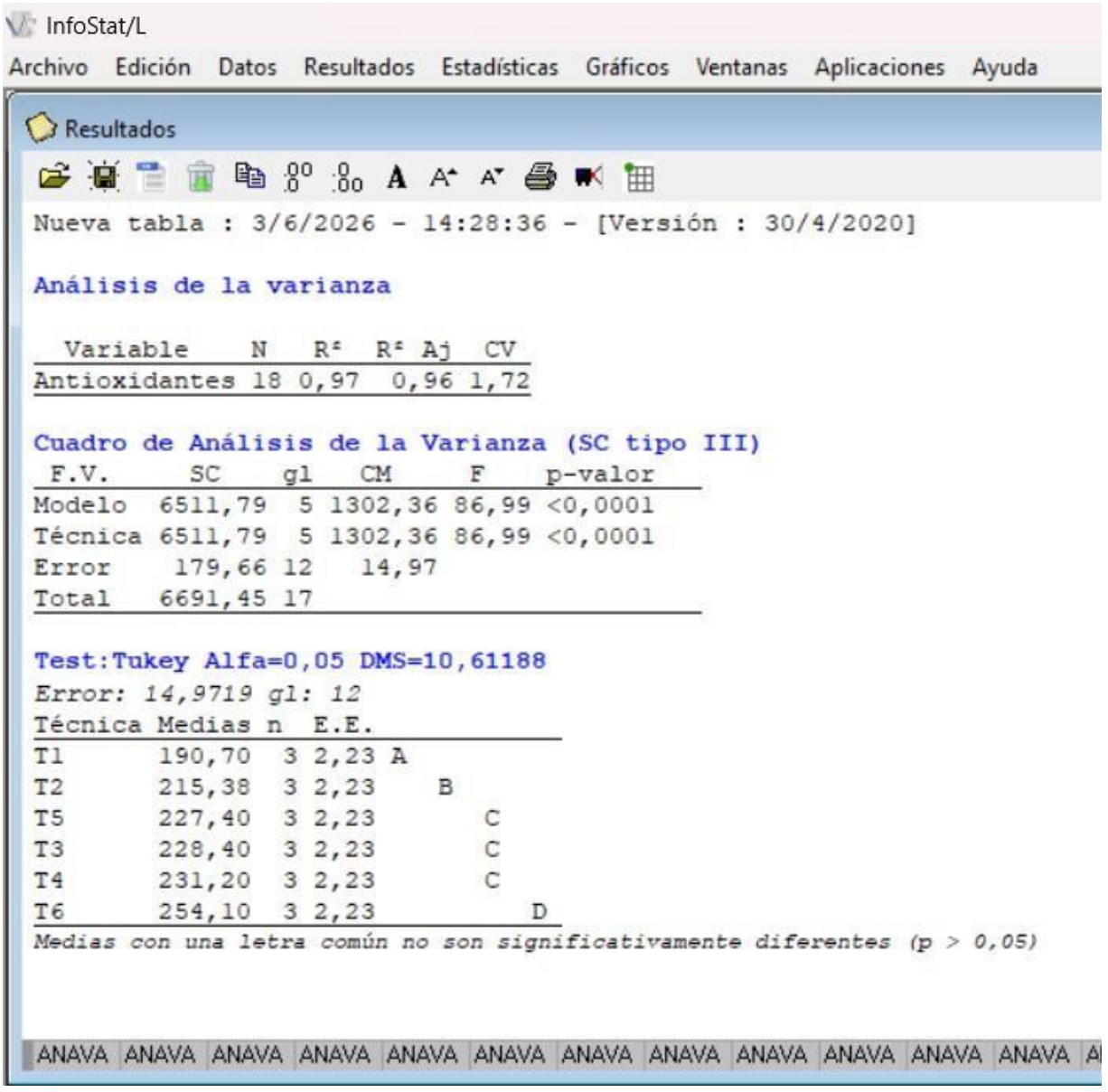
Técnica	Medias	n	E.E.			
T1	14,81	3	0,43	A		
T2	18,27	3	0,43		B	
T3	20,29	3	0,43		B	C
T5	20,31	3	0,43		B	C
T4	21,57	3	0,43			C D
T6	23,41	3	0,43			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

ANAVA ANAVA ANAVA ANAVA ANAVA ANAVA ANAVA ANAVA ANAVA ANAVA ANAVA ANAVA

Anexo 7

Resultado del análisis de varianza ANOVA en InfoStat para Capacidad antioxidante



Anexo 8

Datos del comportamiento durante el deshidratado del tratamiento 1

	50 °C y 1 m/s		
TIEMPO	R1	R2	R3
0	400	400	400
0.5	340	320	342

1	286	267	295
1.5	240	220	248
2	198	176	203
2.5	175	154	179
3	154	134	155
3.5	135	117	133
4	122	107	118

Anexo 9

Datos del comportamiento durante el deshidratado del tratamiento 2

	50 °C y 3 m/s		
TIEMPO	R1	R2	R3
0	400	400	400
0.5	326	323	311
1	270	268	249
1.5	216	217	197
2	159	167	142
2.5	117	123	107
3	104	110	101
3.5	97	102	99
4	95	99	97

Anexo 10

Datos del comportamiento durante el deshidratado del tratamiento 3

50 °C y 5 m/s

TIEMPO	R1	R2	R3
0	400	400	400
0.5	281	297	386
1	204	222	211
1.5	159	176	170
2	126	137	136
2.5	110	116	118
3	104	105	107
3.5	101	100	104
4	100	91	102

Anexo 11

Datos del comportamiento de secado del Tratamiento 4

	50 °C y 5 m/s		
TIEMPO	R1	R2	R3
0	400	400	400
0.5	312	310	293
1	228	235	212
1.5	160	173	154
2	126	136	124
2.5	109	110	110
3	103	105	106
3.5	100	100	104
4	100	99	103

Anexo 12

Datos del comportamiento de secado del Tratamiento 5

	65 °C y 3 m/s		
TIEMPO	R1	R2	R3
0	400	400	400
0.5	269	294	266
1	178	213	173
1.5	127	154	124
2	108	121	110
2.5	103	107	107
3	102	103	105
3.5	100	100	105
4	100	99	105

Anexo 13

Datos del comportamiento de secado del Tratamiento 6

	65 °C y 5 m/s		
TIEMPO	R1	R2	R3
0	400	400	400
0.5	260	269	244
1	151	160	143
1.5	115	116	111
2	103	105	103
2.5	101	100	101
3	101	100	101

3.5	100	99	100

Anexo 14

Medias de la interacción temperatura x flujo de aire del pH.

Flujo de aire	**50 °C**	**65 °C**
1	5.50	5.27
3	5.17	5.33
5	5.27	5.43

Anexo 15

Medias de la interacción temperatura x flujo de aire de humedad.

Flujo de aire	**50 °C**	**65 °C**
1	7.97	6.64
3	5.73	5.10
5	6.68	5.02

Anexo 16

Medias de la interacción temperatura x flujo de aire de polifenoles.

Flujo de aire	**50 °C**	**65 °C**
1	14.81	21.57
3	18.27	20.31
5	20.29	23.41

Anexo 17

Medias de la interacción temperatura x flujo de aire de capacidad antioxidante.

Flujo de aire	50 °C	65 °C
1	190.70	231.2
3	215.38	227.40
5	228.4	254.1

Anexo 18

Encuesta sensorial del producto final de la muestra testigo.

Panelista	Color	Aroma	Sabor	Aceptabilidad general
1	4	3	3	3
2	3	4	5	3
3	4	3	4	4
4	4	3	2	2
5	4	3	4	4
6	4	5	3	4
7	3	3	5	4
8	5	4	3	3
9	4	5	4	3
10	3	4	4	5
11	2	5	2	4
12	5	4	4	3
13	3	2	4	5
14	4	4	5	4
15	4	4	5	4
16	4	4	4	3
17	4	4	4	4
18	4	3	4	4

19	4	3	4	5
20	4	4	4	3
21	5	3	4	4
22	5	5	4	4
23	4	4	3	4
24	5	4	3	5
25	5	2	5	4
26	3	5	4	4
27	4	4	4	4
28	4	4	3	2
29	5	4	3	3
30	3	5	5	4
31	4	3	3	4
32	5	5	5	5
33	3	4	4	3
34	5	4	4	3
35	3	4	4	4
36	5	4	4	5
37	4	4	3	4
38	4	5	4	4
39	4	4	5	4
40	3	4	4	5
41	3	3	4	4
42	5	5	3	4
43	4	4	5	4
44	4	4	4	4
45	4	3	4	5

46	4	4	3	5
47	4	4	4	4
48	2	4	4	4
49	4	5	5	5
50	4	4	3	5

Anexo 19

Encuesta sensorial del producto final de la muestra M1

Panelista	Color	Aroma	Sabor	Aceptabilidad general
1	5	4	4	5
2	5	3	4	4
3	5	4	4	3
4	5	4	4	4
5	4	4	4	4
6	3	4	5	3
7	4	5	5	5
8	4	4	4	4
9	3	5	4	4
10	4	3	3	3
11	4	4	4	4
12	4	5	5	4
13	4	5	5	4
14	4	5	4	5
15	4	4	5	4
16	5	4	5	2
17	3	5	4	5
18	4	5	3	4

19	4	4	4	4
20	3	3	4	5
21	3	3	4	4
22	5	4	4	4
23	4	4	5	5
24	3	5	5	5
25	4	4	3	5
26	5	4	4	4
27	5	5	5	3
28	4	4	3	4
29	2	4	4	5
30	5	5	5	4
31	4	3	2	4
32	4	4	3	4
33	5	4	4	4
34	4	3	4	5
35	4	4	3	4
36	4	3	5	5
37	3	4	5	5
38	5	4	4	4
39	4	3	4	5
40	4	5	5	4
41	5	4	4	5
42	5	5	4	3
43	5	4	4	4
44	5	4	4	4
45	4	2	5	5

46	4	4	5	3
47	4	4	4	4
48	4	5	3	4
49	4	5	4	4
50	4	4	5	4

Anexo 20

Encuesta sensorial del producto final de la muestra M2.

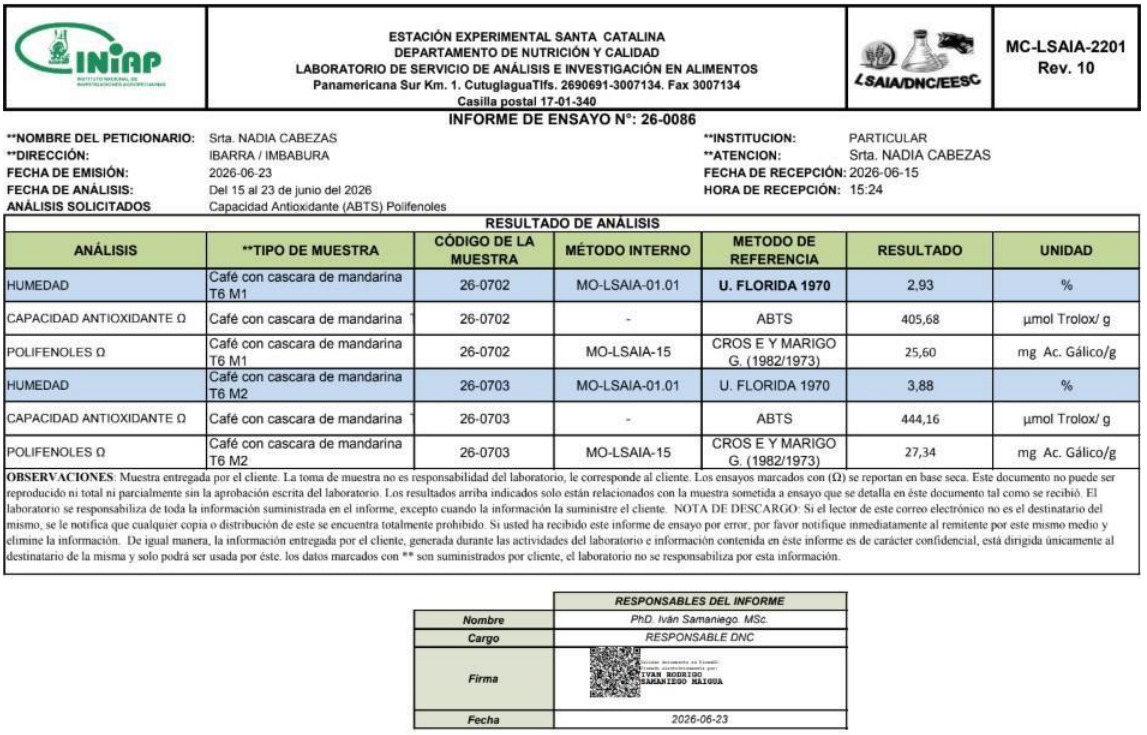
Panelista	Color	Aroma	Sabor	Aceptabilidad general
1	4	2	3	3
2	5	4	4	4
3	4	3	4	4
4	3	4	4	4
5	3	3	4	3
6	3	3	3	3
7	4	4	4	4
8	5	5	3	5
9	4	4	4	3
10	3	4	4	5
11	5	4	5	3
12	4	3	4	3
13	4	4	4	3
14	3	5	4	3
15	4	3	3	3
16	2	4	3	4
17	3	4	3	2
18	4	5	4	5

19	5	4	3	4
20	3	3	5	4
21	4	3	4	3
22	4	3	2	4
23	4	5	3	4
24	4	5	3	4
25	5	3	4	3
26	5	4	4	5
27	5	3	4	3
28	3	2	4	4
29	4	4	3	4
30	3	3	2	3
31	3	3	3	3
32	4	3	5	4
33	3	5	3	4
34	4	3	4	3
35	4	4	5	4
36	4	4	4	4
37	4	4	3	4
38	4	4	4	4
39	4	4	3	3
40	4	4	4	4
41	4	4	5	4
42	3	4	3	3
43	3	4	4	4
44	2	4	3	2
45	4	4	4	5

46	4	4	4	2
47	3	5	3	4
48	4	3	3	3
49	3	3	5	4
50	3	3	4	3

Anexo 21

Análisis funcional del producto final



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°: 26-0086

****NOMBRE DEL PETICIONARIO:**	Srta. NADIA CABEZAS	****INSTITUCION:**	PARTICULAR
****DIRECCIÓN:**	IBARRA / IMBABURA	****ATENCION:**	Srta. NADIA CABEZAS
FECHA DE EMISIÓN:	2026-06-23	**FECHA DE RECEPCIÓN:**	2026-06-15
FECHA DE ANÁLISIS:	Del 15 al 23 de junio del 2026	**HORA DE RECEPCIÓN:**	15:24
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	Café con cascara de mandarina T6 M1	26-0702	MO-LSAIA-01.01	**U. FLORIDA 1970**	2,93	%
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Ω	Café con cascara de mandarina T6 M1	26-0702	-	ABTS	405,68	µmol Trolox/ g
POLIFENOLES Ω	Café con cascara de mandarina T6 M1	26-0702	MO-LSAIA-15	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	25,60	mg Ac. Gálico/g
HUMEDAD	Café con cascara de mandarina T6 M2	26-0703	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	3,88	%
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Ω	Café con cascara de mandarina T6 M2	26-0703	-	ABTS	444,16	µmol Trolox/ g
POLIFENOLES Ω	Café con cascara de mandarina T6 M2	26-0703	MO-LSAIA-15	CROS E Y MARIGO G. (1982/1973)	27,34	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	*2026-06-23*

Página 1 de 1