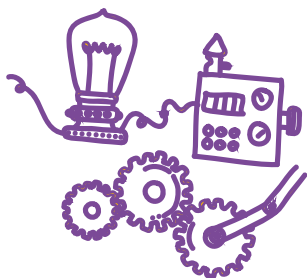


Procesos agroindustriales en **mora** de Castilla



Proyecto incremento de la competitividad
sostenible en la agricultura de ladera
en todo el departamento, Valle del Cauca,
Occidente



Financian



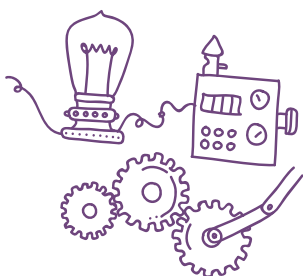
Apoyan



Organiza



Procesos agroindustriales en **mora** de Castilla



Alberto Díaz Ortiz
Claudia Isabel Ochoa Martínez
Carlos Vélez Pasos
Alfredo Adolfo Ayala Aponte
Alejandro Fernández Quintero
Diana María Delgado Solarte
Cindy Camila Plaza Cortés
Diana Milena Terán Llorente
Vanessa González Torres
Lina Vanessa González Hoyos
Juan Pablo Benítez Franco
Claudia Liliana Vargas Serna
Paula Andrea Escobar Espinal
Diego Alberto Castellanos Espinosa
Diana Cristina Moncayo Martínez
Omar Giovanni Barón Cangrejo
Nestor Camilo Posada Rubiano
Adriana Isabel Rada Bula
Lesley Andrea Cortés Jaimes
Alex Arbey Lopera Sepúlveda

Procesos agroindustriales en **mora** de Castilla

Financian



Apoyan



Organiza



Catalogación en la publicación Universidad Nacional de Colombia

Procesos agroindustriales en mora de Castilla /

Universidad Nacional de Colombia (Sede Palmira), coordinador ; [colaborador], Alberto Díaz Ortiz [y otros diecinueve]. — Primera edición. — Bogotá : Universidad Nacional de Colombia. Editorial Universidad Nacional de Colombia, 2022

212 páginas : ilustraciones (principalmente a color), diagramas, figuras
fotografías, mapas

Incluye referencias bibliográficas al final de cada capítulo

ISBN 978-958-794-755-7 (impreso). — ISBN 978-958-794-756-4 (e-book)

1. Mora — Comercialización — Valle del Cauca — Colombia — Proyectos 2. Morus 3. Agroindustria 4. Vigilancia tecnológica — Valle del Cauca — Colombia — Proyectos 5. Agricultura de montaña 6. Tecnología postcosecha 7. Fruticultura — Investigaciones — Valle del Cauca — Colombia — Proyectos I. Universidad Nacional de Colombia (Sede Palmira), organizador, coordinador II. Díaz Ortiz, Alberto, [colaborador]

CDD-23 664.804713 / 2022

© Universidad Nacional de Colombia

© Proyecto incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, Occidente

Primera edición, junio del 2022

ISBN impreso: 978-958-794-755-7

ISBN digital: 978-958-794-756-4

Preparación editorial

Editorial Universidad Nacional de Colombia

Av. El Dorado # 44A-40

Hemeroteca Nacional Universitaria

Bogotá D. C., Colombia

(+57 1) 316 5000 Ext. 20040

direditorial@unal.edu.co

Coordinación editorial

Angélica María Olaya Murillo

Corrección de estilo

Juliana Monroy Ortiz

Diseño de la colección

Andrea Kratzer

Diseño de cubierta y maquetación

Juan Carlos Villamil

Universidad del Valle Cl. 13 # 100-00, Cali, Valle del

Cauca Teléfono: (+57) 602 321 21 00 Punto focal:

Profesor Alberto Díaz Ortiz Correo:

alberto.diaz@correounivalle.edu.co

Proyecto Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, Occidente. Código BPIN 2014000100010, financiado por el Sistema General de Regalías (SGR) y coordinado por la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Cra 32 # 12-00 vía Candelaria Teléfono: (+57) 602 286 88 88 Punto focal: Profesor Herney Darío Vázquez Amariles Correo electrónico: ladera_pal@unal.edu.co Página web: <https://ladera.palmira.unal.edu>

Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA

Dirección Ac. 26 # 40-85 Edificio 500 C Bogotá D.C.,

Colombia Teléfono: (+57) 601 316 50 00 Ext.19205-19206

Punto focal: Diego Alberto Castellanos

Correo: dacastellanose@unal.edu.co

Fotografías de cubierta Pedro José Arango Dussan

Viñeta de cubierta diseñada por ikatod / rawpixel /

Freepik, tomada de: www.freepik.es

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Impreso y hecho en Bogotá, D. C., Colombia



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual

CC BY-NC-SA

CONTENIDO

1. Vigilancia tecnológica sobre procesos agroindustriales y productos de la mora de Castilla	9
1.1 Resumen	9
1.2 Introducción	10
1.3 Metodología	12
1.4 Resultados	14
1.4.1 Vigilancia en procesos agroindustriales y productos	17
1.4.2 Análisis comparativo y recomendaciones para minimizar brechas	87
1.5 Conclusiones	90
1.6 Referencias	91
2. Mora de Castilla mínimamente procesada	98
2.1 Diseño e implementación de procesos agroindustriales	98
2.1.1 Introducción	98
2.1.2 Materiales y métodos	100
2.1.3 Resultados	105
2.1.4 Conclusiones	124
2.1.5 Fichas técnicas de los productos	125
2.1.6 Referencias	127
2.1.7 Anexos	131
2.2 Empaque innovador desarrollado para mora de Castilla fresca	158
2.2.1 Generalidades del producto a empaçar	158
2.2.2 Propuesta de sistema de empaque innovador para el producto	160
2.2.3 Ficha técnica del producto	168
2.2.4 Referencias	171
3. Mora de Castilla procesada como polvo	173
3.1 Diseño e implementación de procesos agroindustriales	173
3.1.1 Resumen	173
3.1.2 Introducción	173
3.1.3 Objetivos	175
3.1.4 Metodología	175
3.1.5 Resultados y discusión	180
3.1.6 Conclusiones	191
3.1.7 Ficha técnica del producto	192
3.1.8 Agradecimientos	193
3.1.9 Referencias	193

3.2	Empaque innovador desarrollado	197
3.2.1	Generalidades del producto a empacar	197
3.2.2	Propuesta de sistema de empaque innovador para el producto	199
3.2.3	Ficha técnica del producto	206
3.2.4	Referencias	209

1. VIGILANCIA TECNOLÓGICA SOBRE PROCESOS AGROINDUSTRIALES Y PRODUCTOS DE LA MORA DE CASTILLA

1.1 Resumen

Dentro del proyecto BPIN 2014000100010 “Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, Occidente”, la Universidad del Valle propuso la actividad 2: diseñar e implementar procesos agroindustriales que generen, con base en estándares internacionales, valor agregado a los productos seleccionados, así como desarrollar y/o evaluar empaques innovadores apropiados para los productos seleccionados en fresco y procesados. Esta actividad incluye las siguientes acciones específicas: 1) vigilancia tecnológica sobre procesos agroindustriales y productos; 2) selección de productos procesados a desarrollar y 3) selección de los procesos, entre otras.

Este documento corresponde al entregable de las actividades específicas 1, 2 y 3. Se incluyen los resultados de los productos y los procesos seleccionados de acuerdo con las brechas identificadas en mora de Castilla, tanto en fresco como procesada, tras un análisis comparativo de los resultados. La vigilancia tecnológica se llevó a cabo incluyendo cuatro tipos de vigilancias (competitiva, comercial, científico-tecnológica y estratégica). Con base en estas, se seleccionaron los productos y procesos correspondientes a la fruta objeto de este estudio.

A partir de lo anterior, se evidenció que aumentar la vida útil del producto fresco es un reto para la exportación. En el caso de mora de Castilla, se presentan problemas como el carácter altamente perecedero de esta fruta, con altas pérdidas poscosecha a causa de la escasa tecnología de conservación y transformación en las zonas de producción. El transporte del producto fresco es difícil, debido a que las zonas de producción generalmente están en regiones de ladera con malas vías de comunicación.

Para responder a las situaciones presentadas, es necesario buscar alternativas de conservación y transformación que permitan aumentar la productividad y competitividad de los sectores mencionados. Se definieron los siguientes productos y procesos:

- Mora fresca: mora refrigerada y congelada.
- Mora procesada: mora en polvo obtenida por secado en bandejas.



1.2 Introducción

El presente documento se presenta en el marco del proyecto “Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento del Valle del Cauca, Occidente”, ejecutado por la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, la Universidad del Valle y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) con el apoyo económico del Sistema General de Regalías de Colombia. Este estudio se desarrolló mediante la metodología de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva, con el fin de establecer una herramienta que brinde información estratégica para la toma de decisiones de los actores involucrados en el proyecto. El objetivo principal fue identificar, a través de la información recopilada, procesada y analizada, los productos a desarrollar, tanto frescos como procesados, y seleccionar los procesos para mora de Castilla.

- **Mora de Castilla**

El cultivo de la mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) se consideró prioritario en el desarrollo de este proyecto. Este fruto pertenece a la familia de las rosáceas, es una planta herbácea anual, de vegetación perenne, semi-erecta y de naturaleza trepadora. *Rubus glaucus* significa en latín “rojo” y “blanquecino”. Estos términos describen el color del fruto y el del envés de las hojas, respectivamente.

En la actualidad, los frutos de la mora tienen una buena aceptación por parte de los consumidores, debido a su poder antioxidante, contenido de vitaminas, minerales y polifenoles (Mertz *et al.* 2009). Los principales polifenoles presentes en la fruta son antocianinas, elagitaninos y flavanoles (flavan-3-oles), con contenidos de 31–326, 51–68, y 27 mg/100 g fruta fresca, respectivamente. Por esta razón, este fruto responde a diversas tendencias de consumo actuales como la de los alimentos saludables y funcionales (Coronado *et al.*, 2015). Los fitoquímicos presentes en la mora se relacionan con la prevención de enfermedades tales como el cáncer y la diabetes (Tumbas-Šaponjac *et al.* 2014). En los mercados internacionales, se la identifica como *blackberry*, se comercializa y consume principalmente a nivel industrial.

La mora, al igual que otros frutales de clima frío moderado, es un cultivo importante para los agricultores de estas zonas climáticas, por su capacidad de producir ingresos, ser fuente de empleo rural y constituirse en una alternativa agrícola rentable en relación con otros cultivos.

La mora de Castilla es considerada un fruto no climatérico (NTC 4106, 1997), frágil a la manipulación y al ataque de hongos. Las pérdidas poscosecha se relacionan con un manejo inadecuado de la fruta durante la cadena de producción (Iza, Rojas- Lema y Arguello, 2016). En condiciones de refrigeración (0-5 °C), la vida de anaquel oscila entre 2 y 5 días. Esto es una limitante tanto para la comercialización en fresco como para su manejo durante el



almacenamiento (Horvitz, Chanaguano y Arozarena, 2017). Los principales efectos de un deficiente almacenamiento son la pérdida de peso, cambios de color y ablandamiento, los cuales son acompañados por la aparición de la pudrición, debido principalmente a bacterias, como *erwina pseudomonas*, y a hongos como *Penicillium*, *Botrytis*, *Aspergillus* y *Fussarium* (Ellis *et al.* 1991; Reina, 1998), que pueden provocar importantes pérdidas económicas (Castillo, Navarro y Zapata, 2010; Tobón, 1995). En períodos largos de almacenamiento, los cambios en la firmeza incrementan la susceptibilidad al ataque y crecimiento de los microorganismos. La pérdida de calidad de frutas en poscosecha tiene una importancia significativa tanto comercial como económicamente (Giovannoni, 2001).

En el país aproximadamente el 55 % de la producción se ofrece en fresco en supermercados y plazas de mercado para el consumo de los hogares, en donde lo utilizan para preparar bebidas y dulces. Cerca del 10 % se vende a la agroindustria para la preparación de jugos, pulpas, mermeladas, conservas, confites y colorantes, y una mínima proporción de la producción se exporta procesada o congelada a causa de la alta perecibilidad de la fruta fresca. Para el mercado institucional se destina cerca del 5 % de la fruta y las pérdidas poscosecha se sitúan alrededor del 30 % (Iragorri, 2014).

Para disminuir las pérdidas poscosecha y aumentar la participación en el mercado internacional, se estudian alternativas de conservación, pues, como se mencionó previamente, esta es una de las brechas en la cadena productiva de la mora. Entre estas alternativas se encuentra la congelación rápida, que permite reducir las interacciones químicas que se presentan dentro de la fruta, al inmovilizar el agua libre, sin afectar su estructura física. Por otra parte, también en el producto congelado se establece un proceso de concentración de sólidos en la fracción de agua no congelable, lo que reduce significativamente la actividad de agua de la fruta, dando como resultado un producto procesado más estable. Otra alternativa de conservación es secar los frutos de la mora y transformarlos en polvo, con lo que se obtiene un producto con mayor estabilidad fisicoquímica, con gran aceptación en el mercado por su potencial para ser utilizado en innumerables aplicaciones en la industria de alimentos, como materia prima en vinos, esencias, helados, yogurt, lácteos saborizados, mermeladas y jugos (Vidal y Loaiza, 2008). Estas dos alternativas, una de conservación de la fruta y otra de procesamiento, generan un aumento significativo en el tiempo de vida útil del producto final.

Estados Unidos es uno de los principales países importadores de estos productos (mora mínimamente procesada y mora procesada). Estadísticas del Ministerio de Agricultura y del Plan Frutícola Nacional (PFN) registran para este fruto un permanente crecimiento en área cultivada y de producción, con proyecciones de incremento hasta del 94,1 % en área sembrada para 2026, lo que equivale a 20.631 hectáreas (ha). Este comportamiento evidencia las oportunidades del producto tanto para el abastecimiento del mercado interno como para la exportación. Actualmente, el departamento con mayor participación es Cundinamarca, y el Valle del Cauca se encuentra en el octavo puesto. En el Valle del Cauca el



municipio con mayor posibilidad de expansión en el cultivo y producción de esta fruta es Ginebra, seguido por Trujillo (Agronet, 2020).

El objetivo de esta actividad es establecer un producto mínimamente procesado y un producto procesado a partir de mora de Castilla junto con las tecnologías adecuadas para su ejecución. Para esto, se estableció una búsqueda de información sistemática en la que se alerta sobre cualquier innovación comercial, estratégica, científico-tecnológica y competitiva.

Los resultados más relevantes obtenidos muestran que este fruto tiene alta demanda a nivel mundial por sus características funcionales y organolépticas, sin embargo, por su carácter perecedero no es posible exportarlo sin un mínimo tratamiento de conservación, por lo tanto, la congelación es una alternativa para lograr que esta fruta pueda ser exportada. También, se encontró la posibilidad de procesar mora de Castilla para obtener un producto seco (polvo), estable y versátil, que sea un insumo para la elaboración de diversos productos alimentarios y que aporte las propiedades organolépticas características de este fruto, convirtiéndose en otra solución para disminuir las pérdidas poscosecha.

1.3 Metodología

Se utilizó la metodología de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva como herramienta de búsqueda y análisis de los resultados para la selección de productos y procesos teniendo en cuenta las brechas identificadas.

La vigilancia tecnológica (VT) es un proceso organizado, selectivo y permanente, en el que se capta información de diversa índole (comercial, competitiva, tecnológica, entre otras), tanto del exterior como de la propia organización, con el fin de seleccionarla, analizarla y difundirla, para convertirla en conocimiento que facilite la toma de decisiones con menor riesgo y anticipándose a futuros cambios (Norma UNE 166006, 2018). La inteligencia competitiva (IC) es un conjunto de acciones coordinadas de búsqueda, tratamiento (filtrado, clasificación, análisis), distribución, comprensión, explotación y protección de la información útil, obtenida de modo legal, para los actores económicos de una organización para el desarrollo de sus estrategias individuales y colectivas (definición según norma UNE 166006:2011 Ex Gestión de la I+D+i: sistema de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva). Esta disciplina provee insumos de información y conocimiento de frontera que permiten direccionar estratégicamente las decisiones.

Una descripción de los tipos de vigilancia realizados se esquematiza en la figura 1:



Figura 1. Esquema de tipos de vigilancia realizados

Fuente: adaptado de Palop y Vicente (1999).

Cada tipo de vigilancia se llevó a cabo en 6 fases, como se muestra a continuación.



Figura 2. Fases para el procedimiento de vigilancia

Fuente: adaptado de Palop y Vicente (1999).

- En la fase 1 (delimitación y alcance), se realizó la delimitación del campo de interés y el alcance de la información a conseguir.
- En la fase 2 (búsqueda), se realizó la recopilación de información a partir de la consulta de bases de datos especializadas, empleando una metodología y estrategia de búsqueda avanzada. Además de las búsquedas en las bases de datos, se hicieron entrevistas y reuniones. En esta etapa se definieron las palabras clave y las ecuaciones de búsqueda. Así mismo, se seleccionaron y delimitaron las fuentes de información y de acceso legales.
- En la fase 3 (almacenamiento), se estructuró la información identificada. Se creó una base de datos en formato Excel (para cada tipo de vigilancia) para la extracción y clasificación de la información consultada. Además, se crearon carpetas con la información asociada a las visitas que se realizaron (no se anexan en este informe).
- En la fase 4 (procesamiento), se organizaron las bases de datos y se convirtieron en fuentes de información precisa.



- En la fase 5 (análisis), se realizó el análisis de la información. Para ello, se efectuó un proceso de categorización y contextualización para cada tipo de vigilancia. Y luego se configuró el conocimiento bajo argumentos, recomendaciones y estrategias propias del sector.
- En la fase 6 (depuración y validación), se depuró y validó la información para cada tipo de vigilancia. De igual manera, se identificaron tendencias y perspectivas.

A partir de la información obtenida en las vigilancias comercial, estratégica y competitiva, se realizó la selección del producto; y con los datos de las vigilancias científico-tecnológica y competitiva, la selección del proceso.

Finalmente, se organizó la información acerca de las brechas identificadas en las visitas a los sectores productivos de mora de Castilla ubicados en el Valle del Cauca. A partir de la cual se realizó un análisis comparativo siguiendo los resultados obtenidos en este proceso.

1.4 Resultados

En la fase 1 (delimitación y alcance), se realizó la delimitación del campo de interés y el alcance de la información a conseguir, como se observa a continuación en la tabla 1.

Tabla 1. Delimitación y alcance del estudio

Objetivo general	Identificar productos en fresco y procesados de mora de Castilla y los procesos agroindustriales necesarios para su desarrollo.	
Objetivos específicos	<p>Recopilar información estructurada y sistemática bajo la metodología de vigilancia tecnológica.</p> <p>Evaluar la información obtenida a partir de la vigilancia tecnológica que ofrezca un panorama comercial, estratégico científico-tecnológico y competitivo de las tres frutas estudiadas.</p> <p>Identificar brechas para la selección de un producto fresco y un producto procesado a partir de mora de Castilla y realizar un análisis comparativo de los procesos de elaboración.</p>	<p>Vigilancia comercial: reseñar diferentes organizaciones (productoras, procesadoras y exportadoras) que tienen potencial en el mercado de mora de Castilla.</p> <p>Vigilancia estratégica: identificar tendencias del mercado, teniendo en cuenta aspectos económicos, ambientales, normativos y culturales.</p> <p>Vigilancia científico-tecnológica: identificar avances científicos y tecnológicos para los productos y procesos.</p> <p>Vigilancia competitiva: identificar competidores actuales y potenciales nacionales e internacionales.</p>
Equipo de trabajo	Unidad de Vigilancia tecnológica e Inteligencia competitiva de la OTRI. Grupo de profesionales vinculados al proyecto Univalle.	
Profesional	Expertos en Ingeniería de Alimentos.	

Fuente: elaboración propia.



En la fase 2 (búsqueda), se describen las fuentes de información, las palabras clave y las ecuaciones de búsqueda empleadas para cada tipo de vigilancia, tal como se presenta en la tabla a continuación.

Tabla 2. Descripción de la fase 2 para las vigilancias comercial, estratégica, científico-tecnológica y competitiva

Búsqueda de mora de Castilla			
Comercial	Fuentes de información: Minagricultura, Agronet, Asohofrucol, Trade Map, Veritrade, DANE, Mintel, FONA, Alibaba, Amazon, Google.		
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #d9c9b8; text-align: center; vertical-align: middle;">Palabras clave</td> <td> <p>Español: mora desde Colombia, mora congelada, fruta fresca congelada, arándanos, fresas, frambuesas, estadísticas mundiales de mora, aranceles mora, mora congelada, mora procesada, mora deshidratada, polvo de mora, producción de mora, bayas, alimentos que contengan mora, consumo de mora, frutas en polvo, frutas deshidratadas.</p> <p>Inglés: blackberry from Colombia, frozen blackberry, frozen fresh fruit, blueberries, strawberries, raspberries, global blackberry statistics, tariffs blackberry, frozen blackberry, blackberry processed, dehydrated blackberry, blackberry powder, blackberry production, blackberry consumption, powdered fruit, berries, dehydrated fruits, exports, imports.</p> </td> </tr> </table>	Palabras clave	<p>Español: mora desde Colombia, mora congelada, fruta fresca congelada, arándanos, fresas, frambuesas, estadísticas mundiales de mora, aranceles mora, mora congelada, mora procesada, mora deshidratada, polvo de mora, producción de mora, bayas, alimentos que contengan mora, consumo de mora, frutas en polvo, frutas deshidratadas.</p> <p>Inglés: blackberry from Colombia, frozen blackberry, frozen fresh fruit, blueberries, strawberries, raspberries, global blackberry statistics, tariffs blackberry, frozen blackberry, blackberry processed, dehydrated blackberry, blackberry powder, blackberry production, blackberry consumption, powdered fruit, berries, dehydrated fruits, exports, imports.</p>
	Palabras clave	<p>Español: mora desde Colombia, mora congelada, fruta fresca congelada, arándanos, fresas, frambuesas, estadísticas mundiales de mora, aranceles mora, mora congelada, mora procesada, mora deshidratada, polvo de mora, producción de mora, bayas, alimentos que contengan mora, consumo de mora, frutas en polvo, frutas deshidratadas.</p> <p>Inglés: blackberry from Colombia, frozen blackberry, frozen fresh fruit, blueberries, strawberries, raspberries, global blackberry statistics, tariffs blackberry, frozen blackberry, blackberry processed, dehydrated blackberry, blackberry powder, blackberry production, blackberry consumption, powdered fruit, berries, dehydrated fruits, exports, imports.</p>	
<p>Ecuaciones de búsqueda:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mora + exportación + Colombia • Blackberry AND Export AND statistics AND Colombia • Mora + congelada • Frozen AND blackberry • Frozen AND fruit • Mora AND blackberry AND deshidratada AND dehydrated • Blackberry AND powder • Blackberry powder OR dehydrated blackberry AND import • Import AND export AND berries • Producción + mora + procesada + Colombia • Consumo + mora + procesada + Colombia <p>Códigos arancelarios: 081020 - 081120 – 110630</p>			
Estratégica	Fuentes de información: ProColombia, Usaid, Mintel, FONA, Nielsen, Fresh Plaza, RaboResearch, Google, Agronegocios, BBC News.		
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #d9c9b8; text-align: center; vertical-align: middle;">Palabras claves</td> <td> <p>Español: mora, frambuesas, bayas, noticias moras, noticia frutas procesadas, tendencias de consumo de frutas, frutas frescas, la salud y las frutas, salud y bienestar en Europa y Estados Unidos, antioxidantes.</p> <p>Inglés: news processed fruits, fruit consumption trends, blackberries in the world, blackberry AND trends Europe, antioxidants.</p> </td> </tr> </table>	Palabras claves	<p>Español: mora, frambuesas, bayas, noticias moras, noticia frutas procesadas, tendencias de consumo de frutas, frutas frescas, la salud y las frutas, salud y bienestar en Europa y Estados Unidos, antioxidantes.</p> <p>Inglés: news processed fruits, fruit consumption trends, blackberries in the world, blackberry AND trends Europe, antioxidants.</p>
	Palabras claves	<p>Español: mora, frambuesas, bayas, noticias moras, noticia frutas procesadas, tendencias de consumo de frutas, frutas frescas, la salud y las frutas, salud y bienestar en Europa y Estados Unidos, antioxidantes.</p> <p>Inglés: news processed fruits, fruit consumption trends, blackberries in the world, blackberry AND trends Europe, antioxidants.</p>	
<p>Ecuaciones de búsqueda:</p> <p>Salud + bienestar + Estados Unidos + Europa</p> <p>Noticias + mora</p> <p>Noticias + fruta + fresca</p> <p>Tendencias + mora</p> <p>Blackberry AND trends Europe</p> <p>Blackberry AND rabobank</p> <p>BlackBerry fresh trends</p> <p>Alimentos + mora + procesada + estados unidos</p>			



Científico - tecnológica	Fuentes de información: Scopus, Espacenet, Google Patents, OLX, Alibaba, Science Direct, Web of science, Scielo, Google Academic, Cenicafé.	
	Palabras clave	Español: procesos mínimos, mora de Castilla, fruta fresca, Recubrimientos, refrigeración congelación, mora procesada, aire caliente, polvo, procesos de deshidratación, harina.
		Inglés: minimum processes, blackberry from Castilla, fresh fruit, Coatings, refrigeration, freezing, blackberry processed, hot air, powder, berries, dehydration processes, flour.
Ecuaciones de búsqueda: <ul style="list-style-type: none"> • Recubrimiento + mora • Refrigeración + fruta + fresca • Refrigeración + mora • (Blackberry OR Fruit Fresh) AND (coatings) • (Blackberry OR Fruit Fresh) AND (coatings) • (Frozen)AND (blackberry) • (Refrigerated) AND (blackberry) • (Blackberry OR mora) AND (powder OR polvo) AND (production OR producción). • (Blackberry) AND (powder) AND (hot air) • (Berries AND processed) • Berries OR blackberry OR mora OR “rubus glaucus benth” AND powder OR flour AND forced-convection OR dryer-trays OR convection-drying • Berries OR blackberry OR mora OR “rubus glaucus benth” AND powder OR flour • Berries OR blackberry OR mora OR “rubus glaucus benth” AND powder OR flour AND convection AND drying • Berries OR blackberry OR mora OR “rubus glaucus benth • (berries) AND (powder) AND (CONVECTIVE heat transfer) 		
Competitiva	Fuentes de información: Deloitte, Nielsen, Passport, DANE, Google Fitness, USA, ProColombia, Amazone.	
	Palabras clave	Español: empresas de mora, productos de mora, mora en Colombia, mora en el mundo, alimentos con mora, mora en polvo, mora deshidratada.
		Inglés: blackberry companies, blackberry products, blackberry in Colombia, blackberry worldwide, blackberry food, blackberry powder, dehydrated blackberry.
<ul style="list-style-type: none"> • Ecuaciones de búsqueda: • Empresas + mora + Colombia • Empresas + mora + estados Unidos+ Europa • (Blackberry) AND (companies), (Fruit AND Fresh) AND (compañies) • Alimentos + mora + procesada +estados unidos • Alimentos + mora + procesada +estados unidos 		
Visita a centros de innovación y/o agricultores, reuniones en CIAT	<ul style="list-style-type: none"> • Reunión agricultor del corregimiento de Moravia (Ginebra) • Umata Ginebra – Asofrounidos • Nutrium (Asohofrucol, Agrocolombia) • CIAT 	

Fuente: elaboración propia.



A continuación se presentan las fases 3, 4, 5 y 6 del ciclo de vigilancia.

- **1.4.1 Vigilancia en procesos agroindustriales y productos**

- **1.4.1.1 Vigilancia comercial**

Para el desarrollo de esta vigilancia, se seguirá la estructura mencionada en la sección de metodología. El objetivo es reseñar diferentes organizaciones tanto productoras como procesadoras y exportadoras de mora fresca, mínimamente procesada y procesada, que tienen potencial como futuros clientes junto con su oferta de productos actual. A continuación, se presenta el procesamiento, análisis, depuración y validación de la información, procedimiento que corresponde a las fases 4, 5 y 6 de la metodología establecida, con sus respectivos análisis comparativos.

Producción nacional

En Colombia, según el ministerio de agricultura y desarrollo rural, durante el período 2012-2015, la mora presentó un crecimiento de 18.4 % del área sembrada y del 38 % en producción, el incremento en los rendimientos es de, aproximadamente, 9.4 %, gracias a los avances en la transferencia de tecnología. En relación con las áreas sembradas, la producción de mora entre 2014-2018 fue de 9.1 %, equivalentes a 15.700 hectáreas (ha). Adicionalmente, la producción de mora a nivel nacional aumentó en un 22.85 %, debido al incremento generalizado de las siembras, como se observa en la tabla 3.

Tabla 3. Área y producción de mora a nivel nacional (2014-2018)

Mora nacional	2014	2015	2016	2017	2018
Área sembrada (ha)	14.416	15.145	14.554	14.625	15.737
Área cosechada (ha)	12.529	13.073	12.469	13.199	13.620
Producción (t)	105.825	108.846	110.464	123.194	130.004

Fuente: Minagricultura (2019).

Teniendo presente la información anterior, y tras realizar un estudio entre 2014 y 2018, se observa que los principales departamentos productores de mora en Colombia son Cundinamarca, Santander y Huila, el Valle del Cauca se encuentra en el octavo puesto, como se muestra en la figura 3.

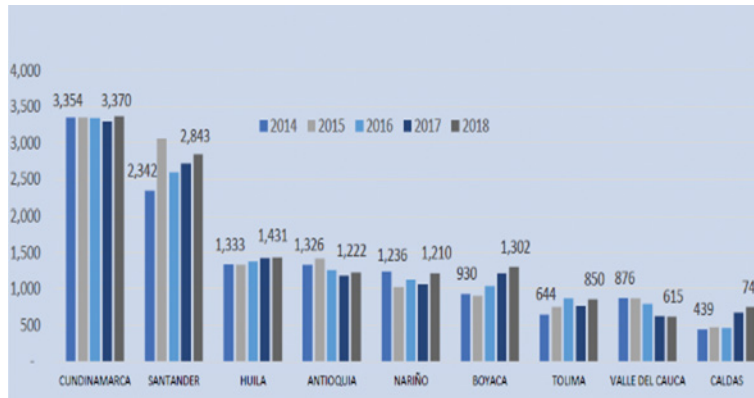


Figura 3. Áreas sembradas de mora (ha) por departamento

Fuente: Minagricultura (2019).

Según información del ministerio de agricultura y desarrollo rural, se han desarrollado actividades con el Centro Internacional Tropical (CIAT) en alianza y con el liderazgo de la Secretaría de Ambiente Agricultura y Pesca, en los que se ha evidenciado que el departamento del Valle del Cauca es un núcleo productivo que, desde 2019, adelanta labores orientadas a consolidar la cadena productiva de la mora (Minagricultura, 2019). Datos de Agronet (2020) muestran que en el Valle del Cauca el área municipal con mayor siembra y cosecha entre 2017 y 2018 es el municipio de Tuluá (aproximadamente 100 ha), pero, a pesar de tener una mayor área de siembra y cosecha, no llega aún a ser comparable con el municipio de Ginebra, que entre 2013 y 2016 superó las 200 ha.

En las figuras 4 a 7 se muestra una estadística de la siembra, cosecha, producción y rendimiento de los municipios con mayor producción de mora en el Valle del Cauca.

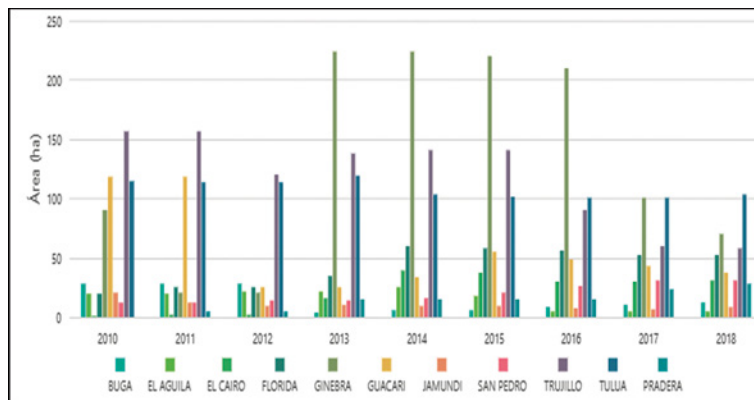


Figura 4. Área de siembra de mora (ha) por municipio en el Valle del Cauca

Fuente: Agronet (2020).

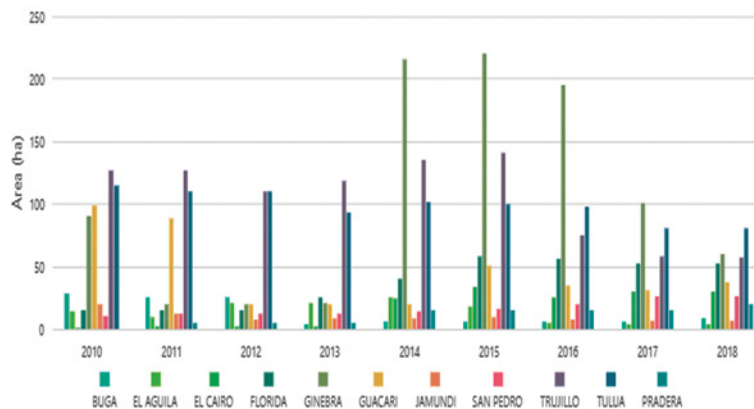


Figura 5. Área cosechada de mora (ha) por municipio en el Valle del Cauca

Fuente: Agronet (2020).

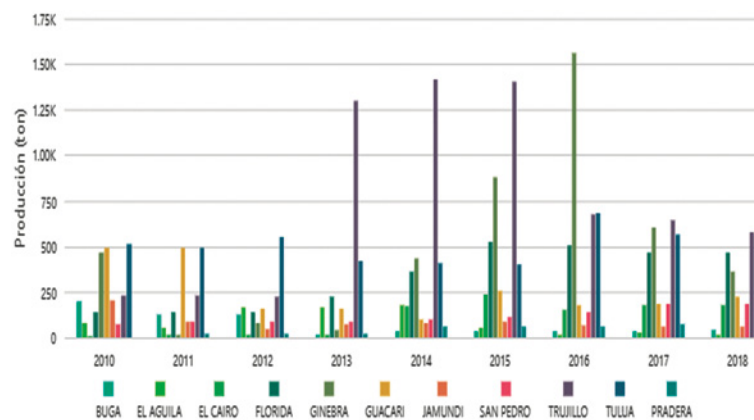


Figura 6. Producción de mora (t) por municipio en el Valle del Cauca

Fuente: Agronet (2020).

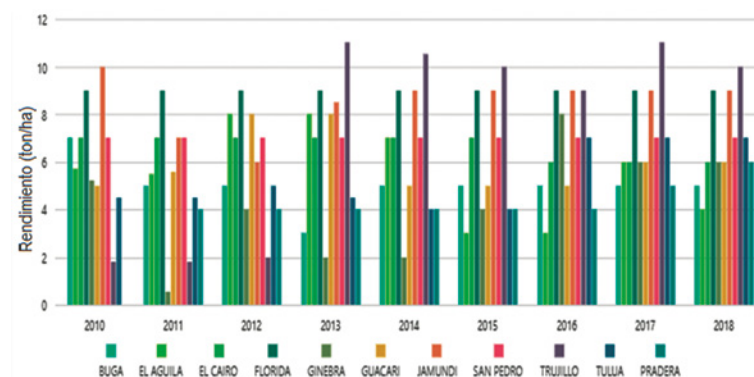


Figura 7. Rendimiento de cosecha de mora (t/ha) por municipio en el Valle del Cauca

Fuente: Agronet (2020).

También se muestra que Ginebra es el municipio con mayor producción en 2016 (150.000 t), por lo que, actualmente, se muestra como un municipio atractivo para el mejoramiento de su producto.



A pesar de que en el Valle del Cauca no hay una cantidad significativa de asociaciones de agricultores de mora, por los fluctuantes cambios del precio de la fruta en esta región, se es consiente de que los principales productores de mora en Colombia están representados por *asociaciones de agricultores de fruta*, entre las cuales se encuentran las mencionadas en la tabla 4 (Minagricultura, 2014).

Tabla 4. Asociaciones de productores colombianos de frutas (incluye mora)

Nombre de la empresa	Lugar	Descripción	Algunas marcas, clientes o aliados	Información de contacto
 Agrofrut	La Estrella, Antioquia	Agroindustria líder en el procesamiento de frutas tropicales y exóticas. El principal producto es pulpa de fruta en formato de empaque dirigido al canal <i>retail</i> y <i>food service</i> para el mercado nacional e internacional, con marcas como Canoa, Canoa Fit y Casa Loma, además de 15 marcas privadas.	Canoa Casa loma Canoa fit	Página web: https://www.agrofrut.com/inicio.html
 Asofrutas	La Ceja, Antioquia	Es una asociación de productores dedicada a promover el desarrollo del sector agrícola del oriente antioqueño a partir de la producción, transformación y comercialización de frutas y hortalizas (mora, tomate, lulo, aguacate).	Agrofrut S. A.	Cel. 3123141516 – 313 7357022 E-mail: info@asofrutas.com Página web: http://asofrutas.com/
 Asofrumon	Riosucio, Caldas	Es una asociación con más de 56 productores asociados. Su objetivo es concentrar los esfuerzos de los productores de la región para lograr producir mora de alta calidad para el mercado en fresco.	Meals de Colombia (Crem Helado y Country Hill) Alpina (Lácteos colombianos) Casa Luker (Chocolates, café y dulces)	Cel. 3153950412 Página web: http://asofrumon.mystrikingly.com/
Asoamar	Roncesvalles, Tolima	Es una organización productora de mora conformada por mujeres, en su mayoría agricultoras. Entre sus socias se encuentran veinte personas víctimas del conflicto armado de las veredas El Coco, Cucuanita, San Miguel, El Paraiso, Dinamarca, La Laguna, Agua de Dios, Ayacucho, San Marcos y El Diamante, municipio de Roncesvalles, Tolima.	Gobierno Colombiano	https://twitter.com/asoamar?lang=es



Asofrounidos	Ginebra, Valle del Cauca	Está comprometida con las frutas, principalmente mora de Castilla, provenientes de agricultura limpia, buscando cumplir los requisitos necesarios para obtener un registro de producción de mora orgánica.	SENA (Buga) Alcaldía de Ginebra	Jhon Jairo Biscue, Representante legal Cel. 3135495243
 Asofamora	Ginebra, Valle del Cauca	Es una asociación de familias productoras de mora del Valle del Cauca.	Alcaldía de Ginebra	-
Cooperativa de Trabajo Asociado Moras	Páez, Cauca	Está constituida como una organización de economía solidaria y la actividad a la que se dedica es la comercialización de mora.	Asohofrucol	Tel. 3147378904
Frusan de Colombia – EE.UU.	Bogotá, Cundinamarca	Es una empresa de comercio al por menor de productos agrícolas para el consumo en establecimientos especializados.	-	Tel. (601)8048760
Yomosaque	Cundinamarca	Es una asociación de productores de mora del departamento de Cundinamarca.	-	-
Asocomore	Buga, Valle del Cauca	Asociación comunitaria de productores de mora y demás cultivos de Buga.	-	Cel. 3154366899
 Frutipaz	Fusagasugá, Cundinamarca	Es una organización sin ánimo de lucro encaminada a desarrollar proyectos productivos de alimentos, en general, en el territorio nacional colombiano para el fortalecimiento del sector agropecuario.	-	Cel. 3103174215 3108109160 Página web: http://www.frutipaz.es.tl/ E-mail: frutipaz@yahoo.com

Fuente: elaboración propia con base en Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Minagricultura, 2014).

Se pueden encontrar cooperativas u otras organizaciones con diversas clases de razón social, principalmente formadas por un grupo de agricultores que, generalmente, desea mejorar la rentabilidad de su producto, por ejemplo cuando se presenta una alta cosecha. Por otro lado, para proporcionar valor agregado a la mora los agricultores fabrican, de manera artesanal, mermelada, vino y otros productos.

Los agricultores de fruta, en general, reconocen las facilidades para entrar al mercado, nacional o internacional, que provee ser parte de una organización avalada por el Gobierno. Esta clase de organizaciones se muestran como una oportunidad de expansión para el agricultor que pertenece a ellas, principalmente por el apoyo del Gobierno, que favorece su reconocimiento a nivel internacional. La tabla anterior muestra tres asociaciones principales del Valle del Cauca (Asofrounidos, Asofamora y Asocomore). De estas asociaciones, Asofrounidos



es nuestra principal población objetivo, debido a que su cultivo se encuentra en Ginebra, Valle del Cauca, y a que se enfocan en obtener un producto orgánico.

Industrialización

La mora procesada tiene gran aceptación en el mercado. Los polvos de deshidratados de frutas, con humedad entre el 3 % y el 4 % (bh¹), son utilizados como materia prima en vinos y esencias, también para helados, yogurt, lácteos, mermeladas y jugos (Vidal y Loaiza, 2008), dulces, caramelos blandos, repostería, alimentos para niños, industria de saborizantes de alimentos, entre otros usos (Ceballos, 2008).

Las moras contienen abundantes antocianinas, que son pigmentos naturales aceptados como colorante alimentario, por lo tanto, pueden ser utilizadas como materia prima en la fabricación industrial de un colorante natural alimentario (Iragorri *et al.*, 2014). En la tabla 5 se muestran algunos productos procesados en Colombia en los que la mora en polvo puede ser parte de las materias primas para su fabricación; de esta manera, las empresas procesadoras de alimentos pueden ser clientes potenciales de este producto.

Tabla 5. Empresas procesadoras de productos a base de mora en Colombia

Nombre de la empresa	Ciudad	Principales productos	Precio (año 2020)	Información de contacto
 Colanta	Armenia, Quindío Medellín, Antioquia Funza, Cundinamarca	Yogurt mora vaso (200 g) 	1950 COP	Dir: Cl. 74 No.64 A-51. Medellín Tel: +57 (604) 445 55 55 Página web: http://www.colanta.com.co
 Colombina	Zarzal, Valle del Cauca	Mermelada de mora(200 g) 	2990 COP	Tel: +57 (602) 2034002 Página web: www.colombina.com
 Jaibel	Cota Cundinamarca	Aromática yerbabuena- Mora (20 g) 	6990 COP	Tel: +57 (601) 410 6300 e-mail: info@congrupo.com .

1 Hbh: (humedad en base húmeda) porcentaje de agua presente en 100g de muestra fresca.



Nombre de la empresa	Ciudad	Principales productos	Precio (año 2020)	Información de contacto
 Quala S. A.	Bogotá, Cundinamarca	Mezcla Suntea té mora polvo (532 g) 	13.990 COP	Tel: +57 (601) 410 6300 Página web: http://www.quala.com.co
 Alpina	Sopó, Cundinamarca	Alpinette con trozos y sabor a mora (140 g).  Yogurt con tozos y sabor a mora de (180 g) 	2990 COP 2100 COP	Tel: +57 (601) 4238600 / 5718600 / 018000529999 Página web: https://www.alpina.com/productos e-mail: contacenter@alpina.com
 Konfyt	Medellín, Antioquia	Gelatina sabor a mora (10 g) 	1690 COP	Tel: +57 (604) 4485067 Página web: https://konfyt.com/
 Parmalat	Bogotá, Cundinamarca.	Yogourt con trozos y sabor a mora (150 g) 	1490 COP	Tel: +57 (601) 4893621 Dir: diagonal 182 #20-84 e-mail: servicioalcliente@parmalat.com.co
 Alimentos del Valle S.A. Alival, Alimentos del Valle S.A.S.	Caloto, Cauca	Yogurt entero con dulce y mermelada de fruta (mora) (1000 g) 	5900 COP	Tel: 018000913369 +57 (310) 2106379 Página web: https://www.alival.com.co/




Fuente: elaboración propia con base en empresas de alimentos Colanta, Colombina, Jiabel, Quala s. a., Alpina, Konfyt, Parmalat y Alival (2020).



En la tabla 6 se observa que existen diversos productos en los cuales la mora deshidratada en polvo puede ser parte de sus materias primas, aportándole valor agregado al producto si se elabora de manera natural sin ningún tipo de aditivo o conservante artificial, cien por ciento mora. Por lo tanto, se encuentran en el mercado nacional industrias de alimentos que pueden ser clientes potenciales para el polvo de mora.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, se hizo necesario consultar la disponibilidad de mora deshidratada en polvo a nivel nacional. Por esta razón, se realizó una búsqueda de empresas colombianas que fabriquen o importen este tipo de producto, así mismo se investigó si estas empresas tienen presencia en el mercado internacional. Los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 6. Empresas colombianas productoras, comercializadoras, importadoras o exportadoras de polvo de mora

Nombre de la empresa	Departamento	Valor (USD) últimos 5 años		Actividad comercial	Información de contacto
		Exportación	Importación		
 Tropical Harvest S.A.S.	Antioquia	No reporta valores		Productor	Tel: +57 (322) 888 8329 Dir: Cl 100 C SurA # 50 117, La Estrella. Página web: https://tropicalharvest.co/productos
 Duas Rodas Colombia S.A.S	Antioquia	1.508.243	3.247.150	Productor Importador Exportador	Tel: +57 (604) 448-1412 Dir: Carrera 48 N.º100 Sur-72 Centro Empresarial la Tablaza – Bodega 2 y 3 Página web: https://www.duasrodas.com/es/
 La Tour S.A.	Valle del Cauca	3.768.624	1.573.820	Productor Importador Exportador	Tel: +57 (602) 8879009 Dirección: El Mameyal, Via a Cristo Rey, Cali, Valle del Cauca Página web: https://www.la-tour.com/



Nombre de la empresa	Departamento	Valor (USD) últimos 5 años		Actividad comercial	Información de contacto
		Exportación	Importación		
 Connplants	Valle del Cauca	No reporta valores	1.553.311	Importador	Tel: +57 (602) 335 46 97 Dir: Carrera 16 # 13-50 Barrio Guayaquil, Cali, Colombia e-mail: servicioalcliente@connplants.com Página web: https://connplants.com/contacto/
 B-Altman	Valle del Cauca	2.236.073	1.568.926	Productor Importador Exportador	Tel: +57 (602) 6959520 Dir: Cra. 21 #921, Arroyo Hondo, Valle del Cauca Página web: http://b-altman.com/productos/
 Inali zona Franca	Cauca	34.970	3.810.866	Importador Exportador	Tel: +57 (315) 568 4394-(2) 320 8484 Dir: Industrial y Comercial de Cauca-Km 1 via-Etapa IV Lote 17F Bodega 1. Puerto Tejada, Cauca Página web: https://www.inali.co/home.php

Fuente: elaboración propia con base en Tropical Harvest s.a.s., Duas Rodas Colombia s.a.s, La Tour s.a., Connplants, b-Altman e Inali (2020).

La tabla 6 muestra que actualmente hay disponibilidad de polvo de mora en Colombia, tanto de fabricación nacional como de importación. Por ejemplo, en el Valle del Cauca, se encuentran tres importantes compañías como lo son La Tour S. A., Connplants y B-Altman, las cuales, principalmente, atienden la demanda de frutas deshidratadas, lo cual indica que este producto tiene un mercado al cual se le puede apuntar. Como estrategia comercial, es posible pensar en el desarrollo de un polvo de mora que presente unas características de calidad que sean atractivas y sobresalgan en el mercado que ya existe para este producto. Un enfoque hacia un producto natural, sin aditivos ni conservantes, puede ser una alternativa de estudio.



Exportaciones de mora fresca

El mayor porcentaje de mora producida en Colombia es para consumo interno. En el presente documento, se establecerá un análisis actualizado principalmente de las exportaciones y de los países destino de este producto, así como de algunas empresas relacionadas con la rama.

Por investigaciones anteriores, referentes a la conservación de productos frescos, principalmente frutas y verduras, se ha considerado evaluar mora mínimamente procesada, que, industrialmente hablando, se denomina fruta congelada. Para el caso de la mora, se centra en el arancel 081120000, que hace referencia a algunas frutas como frambuesas, zarzamoras, moras y moras-frambuesa, y grosellas, con y sin escaldado, congeladas, incluso con adición de azúcar u otro edulcorante. De hecho, este arancel incluye productos que, por lo general, aparte de la congelación han sido sometidos a otro proceso. Por lo cual, para evaluar las empresas, países y demás referentes relacionados con el producto de interés de este proyecto, este se utilizará en conjunto con el arancel 0810200000, correspondiente a frambuesas, zarzamoras, moras y moras-frambuesa, frescas. En la vigilancia científico-tecnológica, se plantea el desarrollo de la selección del proceso de conservación para mora de Castilla mínimamente procesada, en la que el método de congelación resulta ser el más adecuado.

Los cambios de las importaciones para el 2019 no fueron significativos. En 2019, Estados Unidos y España se encuentran entre los primeros cinco importadores de productos con el arancel 0810200000, en el que se encuentra mora fresca, tanto de Colombia como de otras regiones del mundo. En el mundo, Estados Unidos se presenta como el país con mayor participación en la importación, con el 42.2 %. Adicionalmente, en los últimos años (2015-2019), se ha mantenido entre los tres principales países que importan productos relacionados con el arancel 0811200000, asociado a mora congelada (Trade Map, 2020).

Bajo el arancel 081020000 (frambuesas, zarzamoras, moras y moras-frambuesa, frescas), Colombia posee un porcentaje significativamente bajo de exportación respecto al resto del mundo (aproximadamente 0.01 %). La posición de los principales países importadores de este producto desde Colombia ha cambiado considerablemente. En el período entre 2016 y 2018, Curazao se presenta como el país de mayor exportación, seguido por España y Aruba, como se muestra en la figura 8.

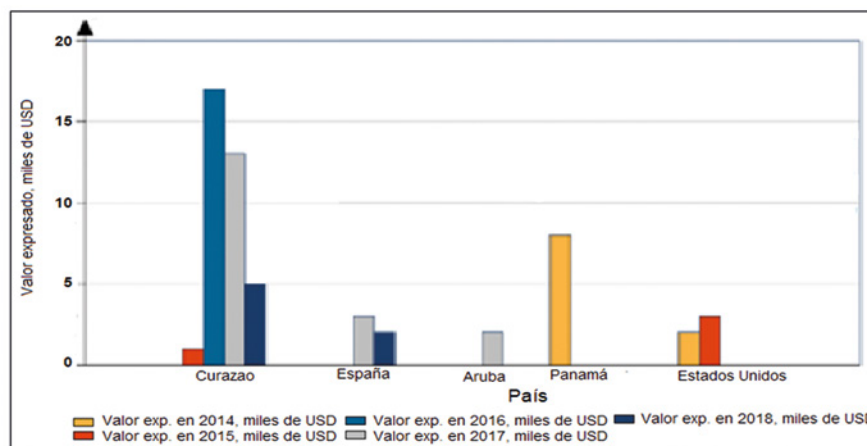


Figura 8. Países importadores de frambuesas, zarzamoras, moras y moras-frambuesa frescas exportadas por Colombia entre 2014-2016

Fuente: Trade Map (2019).

Actualmente, según los últimos reportes, que se basan en el 2019, Estados Unidos se ha posicionado como el principal país importador de frambuesas, zarzamoras, moras y moras-frambuesa frescas exportadas desde Colombia (ver figura 9).

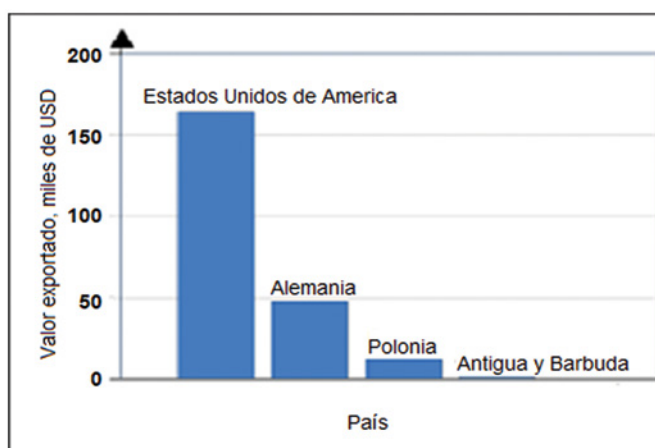


Figura 9. Países importadores de frambuesas, zarzamoras, moras y moras-frambuesa frescas exportadas por Colombia en el 2019

Fuente: Trade Map (2020).

En 2019, entre los 10 principales países importadores no se muestra a Curacao o Aruba, igualmente, la participación por parte de España no es significativa; no se tiene conocimiento de la razón de este resultado (Trade Map, 2020). De acuerdo con el análisis del valor exportado en 2019 a Estados Unidos, se exportaron 164 mil USD, que representan el 72.9 % de la participación de las exportaciones de este producto desde Colombia (62 t), posteriormente se encuentra Alemania (21.3 %) y Polonia (5.3 %).





De acuerdo con información encontrada en Trade Maps (2020) para el arancel 0810200000, en 2019 las empresas colombianas exportadoras de la categoría de frutas y verdura frescas fueron seis: Ambrosia de Colombia Ltda, Asociación De Algodoneros del Valle Del Cauca – Asalgodon, El Tesoro Fruit Ltda, ELIM Distribuciones EU, Exportabaco de Colombia S. A. – Exportacol S. A., Frutierrez S. A.; sin embargo, estas empresas no hacen ninguna mención específica sobre la mora. Por lo tanto, para mejorar el resultado de la búsqueda con este arancel, se modifica el rango de tiempo de análisis obteniendo que, entre las principales empresas exportadoras de agosto a octubre del 2019 (último estudio realizado), se encuentran: Reyes Carrillo Daniela, Frutisimal Ltda y Pulpafruit (Veritrade, 2020).

Al realizar un pequeño recorrido sobre las empresas mencionadas, principalmente Frutisimal Ltda y Pulpafruit, ubicadas en Bogotá, se identificó que exportan, en mayor medida, pulpa de frutas (entre las cuales se encuentra la mora) y no fruta entera. A partir de esta información, fue necesario introducir y analizar un código arancelario que identificara datos asociados y, adicionalmente, posibilitara una mayor cobertura respecto a la exportación, sin perder el objetivo sobre la mora fresca asociada a este proyecto, que corresponde a una mora mínimamente procesada que mantendrá su integridad física. Bajo esta directriz, se encontró el arancel 0811200000, que relaciona frutas congeladas, incluyendo mora (frutas como frambuesas, zarzamoras, moras y moras-frambuesa y grosellas, sin cocer o cocidos en agua o vapor, *congelados*, incluso con adición de azúcar u otro edulcorante), pero debido a que este arancel posee otros procesos es necesario investigar las prácticas de las empresas para entender qué procesos se aplican a los productos derivados de mora relacionados con este arancel.

Para esto, en la tabla 7 se menciona algunas empresas que comercializan fruta congelada (entre las que se encuentra la mora como fruta completa y congelada) y que operan en Colombia.

Tabla 7. Empresas colombianas exportadoras asociadas con frutas y verduras congeladas, incluida la mora

Nombre	Ciudad y Departamento	Descripción actividad	Contacto
 A.S. J. Frupacol	Cali, Valle del Cauca	Empresa exportadora y comercializadora de frutas, hortalizas y verduras, especialmente zumos, pulpas y congelados.	Tel. +57 (602) 342 67 39 Cel. 321 576 23 96 Página web: http://frupacol.com/
 Frugy	Manizales, Caldas	Empresa que procesa y comercializa pulpas de fruta congeladas, frutas congeladas, bocadillo, conservas, barras de fruta, entre otros.	Tel. + 57 (606) 874 39 00 Página web: https://www.frugy.com/index.html E-mail: info@frugy.com



Nombre	Ciudad y Departamento	Descripción actividad	Contacto
 Listo & fresco	Cali, Valle del Cauca	Esta empresa tiene por objetivo proveer productos tales como frutas congeladas, pulpas de frutas congeladas y verduras congeladas, que responden a las necesidades del mercado y, al mismo tiempo, aseguran buenas prácticas comerciales con sus proveedores.	Tel. (+57) 602 337 1920 (+57) 2 374 9249 (+57) 2 334 5835 Página web: http://listoyfresco.com/es/ E-mail: servicliente@listoyfresco.com listoyfresco@listoyfresco.com
C. I. Emprofruex S.A.S	Bogotá, Cundinamarca	Es una empresa productora y comercializadora de frutas procesadas y congeladas. Su marca Fruttifresh comprende principalmente la producción de pulpas, preparados de fruta para yogurt, salsas, trozos de fruta fresca congelada, jugos y néctares.	Tel. (601)3044076 Cel 3006051296- 3143735274 E-mail: emprofruex@gmail.com .
 Ecoser group	Medellín, Antioquia	Empresa de consultoría especializada en el sector agroindustrial y conformada por varias empresas como Frozent Fruti.	Dir: Carrera 42 # 5 sur – 141 Cel: 3013523166 – 3184722920 E-mail: coordinadorcomercial@ecosergroup.com info@ecosergroup.com
 Frozent Fruti	Medellín, Antioquia	Comercializa frutas congeladas empacadas al vacío, a grandes superficies, almacenes de cadena y puerta a puerta. Úsalas para preparar deliciosos jugos, frapeados o malteadas, o como snacks para llevar a la universidad y al lugar de trabajo.	Por medio de Ecoser group

Fuente: elaboración propia con base en Trade Map (2020) y Veritrade (2020).

Las empresas nombradas en la tabla anterior poseen una visión de comercialización de sus productos principalmente en el mercado interno, pero también desean expandirse al mercado internacional, por lo cual es necesario conocer los principales países importadores de este producto a nivel mundial.

De forma general, Estados Unidos fue el principal país importador de mora fresca en 2018 y 2019, bajo el arancel que relaciona frambuesas, zarzamoras, moras y moras-frambuesa frescas (0810200000), con una participación en el mercado mundial de 40 % en 2018 y



42 % en 2019. Este país está dentro de los 10 principales países importadores. En conjunto los países de Europa representan un 48 % de participación de la demanda mundial de mora en fresco.


Con el objetivo de extender el panorama de exportación de esta fruta como mora mínimamente procesada desde Colombia, se analiza el comportamiento del arancel relacionado con mora congelada: 0811200000.

En el último estudio realizado, Trade Mape, (2020) señala que los tres principales países importadores de los productos bajo el arancel 0811200000 son Alemania, Francia y Estados Unidos, y que entre los 10 primeros países la mayoría son europeos. En la plataforma de Trade Mape, limitando el criterio de búsqueda a todo el 2019, se encuentra que las exportaciones desde Colombia fueron a Estados Unidos, Ecuador y España. En todos los estudios realizados, Estados Unidos siempre sobresale entre los países con mayor importación de mora colombiana, no siempre se mantiene en el primer puesto, pero, generalmente, sí entre los primeros 5 puestos, por lo cual, según la plataforma de Trade Mape, Estados Unidos es un buen país objetivo.



Para confirmar esta conclusión, se utiliza otras plataformas que contengan datos comerciales. Estas muestran un comportamiento similar, por lo que se concluye que Estados Unidos es un buen candidato como país destino, sin descartar algunos países europeos, como España o Alemania.

En el período de agosto a octubre de 2019 se observó que hay nueve empresas exportadoras de este producto. Las exportaciones se realizan por vía marítima y aérea. En la tabla 8 se describen las de mayor participación de exportación para mora congelada.

Tabla 8. Empresas exportadoras colombianas bajo el arancel 081120000

Exportadores	Lugar	Porcentaje exportado	País destino	Información adicional	Información contacto
 Compañía Internacional Agrofrut S. A.	La Estrella, Antioquia	35.7	Estados Unidos	Entre las actividades desarrolladas se encuentra la producción y exportación de fruta congelada, pulpa y otras actividades relacionadas con zumos y jugos.	Dir: Cra. 54 # 75ab Sur 220 Página web: https://www.agrofrut.com/inicio.html
CF International Trade S. A. S-CI Mipymes	Bogotá, Cundinamarca	23.38	Estados Unidos	Entre los aranceles que maneja, en segundo lugar se encuentra el relacionado con mora congelada. La actividad de esta empresa se enfoca en exportar.	Dir: Cra 18 C 123 74 ap 501, Bogotá. Cel. 3134041110



Exportadores	Lugar	Porcentaje exportado	País destino	Información adicional	Información contacto
Enelagro S. A. S.	Pereira, Risaralda	21.3	España	Hasta el momento solo registra un país de exportación: España.	Dir: Cl 23 7 69 oficina 305, edificio Monterrey Cel. 317515079
 Frugy S. A.	Manizales, Caldas	10.86	España	Entre sus principales países exportadores se encuentra Estados Unidos, seguido por Panamá y España. El arancel relacionado con mora congelada se ubica en el séptimo lugar.	Tel. + 57 (606) 874 39 00 Página web: https://www.frugy.com/index.html E-mail: info@frugy.com
 C. I. Fruticol Industrial S. A. S	Candelaria, Valle del Cauca	7.81	Estados Unidos	Su actividad de exportación de mora se enfoca, principalmente, a pulpa de mora en presentaciones de 90, 100, 250, 397 y 400 g.	Dir: km 1.5 vía Cavasa Condominio Industrial La Nubia 2, Bodega 79 Página web: https://www.fruticol.com/

Fuente: Veritrade (2020).

Al realizar la investigación sobre las principales empresas exportadoras colombianas, Veritrade (2020) reporta que en 2017 Listo & Fresco Ltda, empresa vallecaucana de exportación y otras actividades, se encuentra con un único país destino: Estados Unidos, por vía de transporte marítima.

Esta empresa se reporta, en 2017, entre las tres primeras empresas exportadoras de este producto en Colombia y, posiblemente, la primera en el Valle del Cauca. Sin embargo, es la compañía internacional Agrofrut S.A.S. la principal exportadora del producto, bajo el arancel 0811200000 (asociado a mora mínimamente procesada (congelada)), a nivel nacional (Veritrade, 2020).

Lo anterior se debe a varios motivos, entre los cuales se encuentra la alta perecibilidad de esta fruta, por lo cual se crea la alternativa de congelar el producto, y el apoyo limitado por parte del Gobierno a los agricultores de mora cuando no hacen parte de una organización. Si se desea aumentar la exportación de mora, se debe considerar que las empresas exportadoras de mora congelada, entre otras frutas, formen alianzas con asociaciones de agricultores y, en lo posible, que tengan apoyo del Gobierno y un deseo de expandir su producto, a pesar de los retos en el mercado, buscando establecer un canal de distribución al por mayor que involucre tiendas reconocidas en el país destino, con el objetivo de tener una participación porcentual significativa ante el mundo o, por lo menos, ser uno de los 10 principales exportadores de este producto.



Exportaciones de productos procesados a partir de mora

Respecto a los productos procesados a partir de mora, sobresalen los segmentos de confitería, con el arancel 17041010; bebidas, con los aranceles 22011000 y 22021000; saborizantes y extractos, con los aranceles 33011200 y 13021110. A partir de estos, se realizó una búsqueda de valores de importación y exportación, en la que se encontró que el mejor segmento comercial para el procesamiento de mora son las bebidas. Sin embargo, se propone aprovechar los tres mercados mencionados, procesando la mora por medio de deshidratación y molienda, hasta obtener polvo que se pueda utilizar como saborizante para bebidas, extracto para productos sustitutos y/o como aditivo para el segmento de confitería, por lo tanto, en la siguiente vigilancia comercial se complementa la búsqueda con el arancel 110630, para Harina, sémola y polvo de los productos del capítulo 8 “frutos comestibles; cortezas de agrios ‘cítricos’ de melones o de sandías”, con el propósito de conocer la actividad comercial, en cuanto a importaciones y exportaciones, de un producto seco en polvo.

Exportaciones e importaciones en Colombia

En la figura 10 se observan los mercados que han sido proveedores de importaciones para Colombia entre 2014 y 2018 para el arancel 110630: Harina, sémola y polvo de los productos del capítulo 8 “frutos comestibles; corteza de agrios ‘cítricos’, de melones o de sandías”, el cual puede contener polvo de mora, ya que, como su nombre lo indica abarca polvo de frutos comestibles. Otros aranceles para frutos procesados incluyen conservas, mermeladas, purés, confituras, jaleas, obtenidos por cocción, jugos y pastas, entre otros. El comportamiento de las importaciones difiere de cada país. Por ejemplo, para Estados Unidos, se han aumentado los valores año tras año, a partir de 2015, llegando a valores superiores a los 150.000 USD en 2018. En el mismo período, Chile tuvo una importante participación, superior a los 50.000 USD, pero su comportamiento ha sido variable, no constituyendo una tendencia, pues tan solo en 2015 superó los 100.000 USD en sus importaciones.

En la figura 11 se muestran los mercados que han sido destino de las exportaciones realizadas desde Colombia para este tipo de producto. Estados Unidos y Alemania son los principales compradores. Estados Unidos por presentar una tendencia de crecimiento y Alemania porque es el país con los mayores valores (en dólares) de importaciones para un producto colombiano con el arancel 110630, su participación en las importaciones desde 2014 presentó valores mínimos alrededor de los 50.000 USD y alcanzó valores superiores a los 160.000 USD, ubicándose por encima de Estados Unidos.

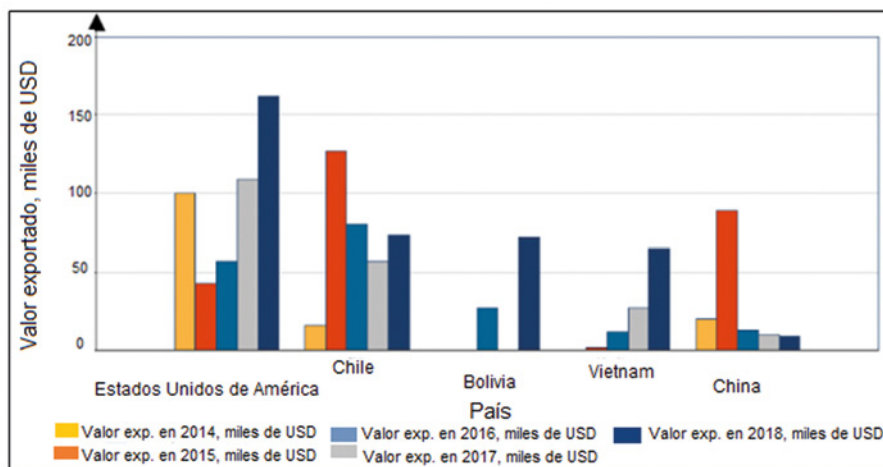


Figura 10. Países proveedores para un producto importado por Colombia. Producto: harina, sémola y polvo de los productos del capítulo 8 “frutos comestibles; corteza de agrios ‘cítricos’, de melones o de sandías”. Cifras 2014-2018

Fuente: Trade Map (2020).

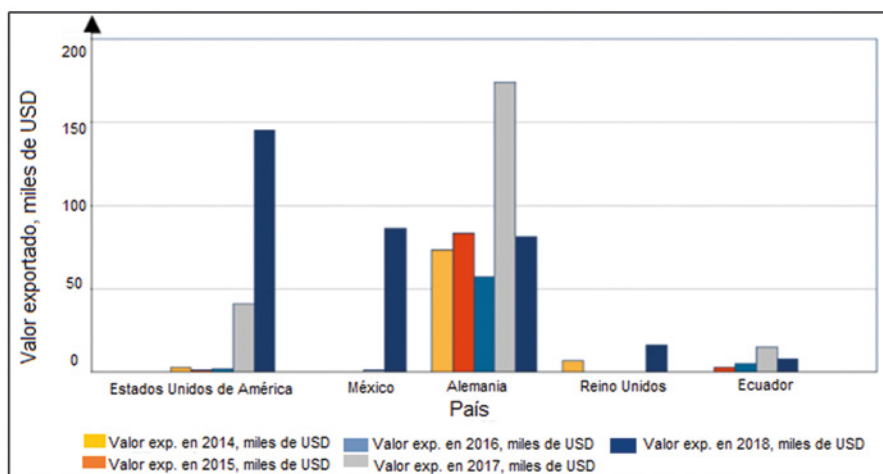


Figura 11. Países importadores para un producto exportado por Colombia. Producto: harina, sémola y polvo de los productos del capítulo 8 “frutos comestibles; corteza de agrios ‘cítricos’, de melones o de sandías”. Cifras 2014-2018

Fuente: Trade Map (2020).

Estados Unidos es un país que figura en las estadísticas, tanto de exportaciones como importaciones relacionadas con Colombia, de productos bajo el arancel 110630: Harina, sémola y polvo de los productos del capítulo 8 “frutos comestibles; corteza de agrios ‘cítricos’, de melones o de sandías”, el cual puede contener polvo de mora. En cuanto a las importaciones de Colombia, en la figura 10 se observa una gran actividad en negociaciones con este país. Sin embargo, para el caso de las exportaciones desde Colombia hacia el mundo, la mayor actividad comercial se encuentra con Alemania durante 2014, 2015, 2016 y 2017. No obstante, en 2018 Estados Unidos generó transacciones mayores en las importaciones para este arancel superando a Alemania, por lo que se posiciona en la



figura 11 como el principal país importador de un producto de este tipo exportado desde Colombia.

Exportaciones de Colombia en 2019

Para 2019, se observa en la figura 12 que Alemania y Estados Unidos continúan siendo países líderes en la compra del producto colombiano para este arancel, sin embargo, ese año también aparece Reino Unido con una participación que los supera en, aproximadamente, 50 % de las importaciones. Es importante mencionar que también se presenta demanda para este producto en otros países de la Unión Europea (Países bajos y Bélgica). Dichos mercados muestran interés de compra de frutos comestibles secos en polvo, por lo tanto, se consideran mercados potenciales para comercializar este producto.

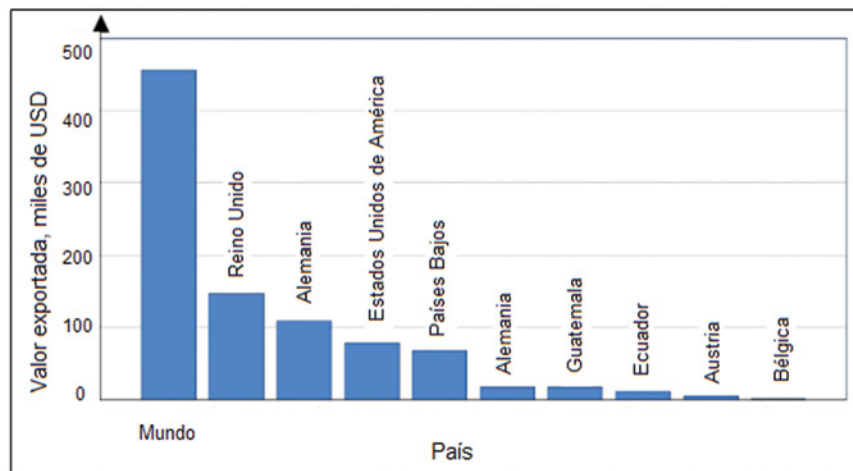


Figura 12. Países importadores para un producto exportado por Colombia. Producto: harina, sémola y polvo de los productos del capítulo 8 “frutos comestibles; corteza de agrios ‘cítricos’, de melones o de sandías”. Cifras de 2019

Fuente: Trade Map (2020).

Exportaciones e importaciones mundiales

En la figura 13 se muestran los países importadores a nivel mundial, entre los cuales figura Francia como el país con más valor de importaciones a nivel mundial, Alemania y Estados Unidos continúan apareciendo como potenciales destinos para exportar. Es importante mencionar que Canadá se presenta como el país con mayor tasa de crecimiento anual, con un 35 % para las importaciones de este alimento seco enmarcado en el arancel de estudio.

Para conocer cuáles son los países que actualmente se encuentran exportando este tipo de producto, se diseñó la figura 14. Como se observará, España se posiciona como el mayor exportador, seguido por Estados Unidos, que presenta la mayor tasa de crecimiento como país exportador, con un 30 %. Alemania, por su parte, a pesar de ser un potencial importador



a nivel mundial, como anteriormente se mostró, también se encuentra como potencial exportador, lo cual se puede deber a la reexportación que, según el Fondo Monetario Internacional, se define como “bienes extranjeros (bienes producidos en otras economías y previamente importados), que son exportados sin mayor transformación con respecto al estado en que fueron importados inicialmente” (FMI, 2009).

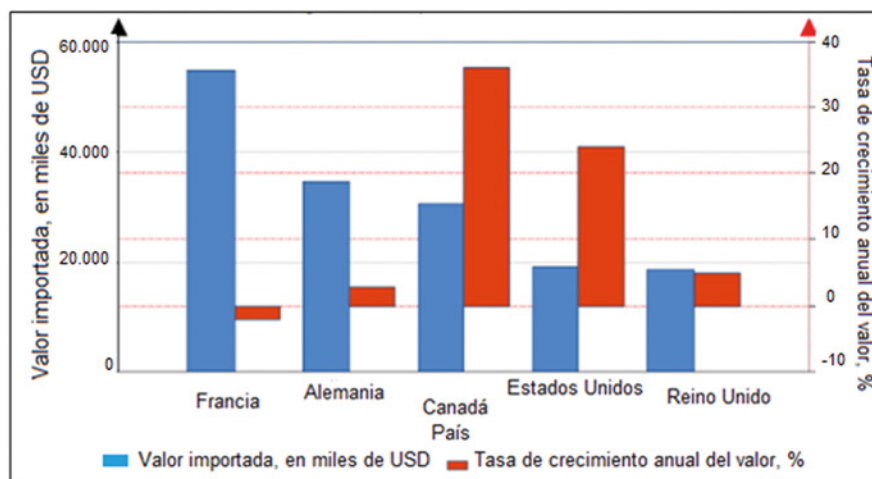


Figura 13. Países importadores para un producto: harina, sémola y polvo de los productos del capítulo 8 “frutos comestibles; corteza de agrios ‘cítricos’, de melones o de sandías”. 2019

Fuente: Trade Map (2020).

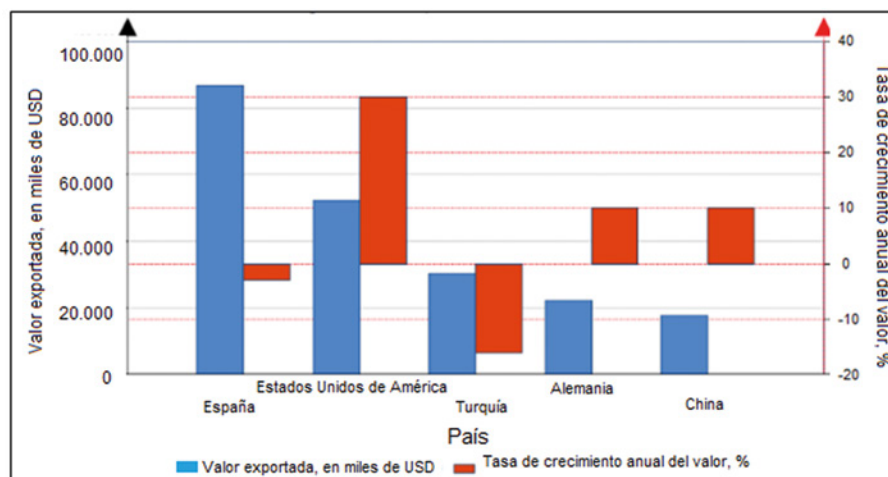


Figura 14. Países exportadores para un producto: harina, sémola y polvo de los productos del capítulo 8 “frutos comestibles; corteza de agrios ‘cítricos’, de melones o de sandías”. Cifras 2019

Fuente: Trade Map (2020).

Empresas líderes en importaciones a nivel mundial

En cuanto a las empresas importadoras para un producto de arancel 110360, el reporte se presenta desglosado en Trade Map por categorías de empresas como: almidones; copos



de cereales y no cereales; harina de cereales ecológicos; harina de cereales no ecológicos; harina de coco; harinas y granulados de cáscaras de corteza dura (coco, almendra); inulina; malta; otras harinas que no son cereales; harina de sémola de cereales y sobres de frutas, verduras y sopas desecadas y deshidratadas, estas dos últimas con el mayor registro de empresas importadoras, cada una con 350 y 344 empresas, respectivamente. En la tabla 9 se encuentran las principales compañías solo para la categoría de importancia, a saber, en la que se incluye fruta deshidratada.

Tabla 9. Empresas importadoras en el mundo para sobres de fruta, verduras y sopas desecadas y deshidratadas

Empresa	Número de empleados	País	Ciudad	Contacto
2188652 Ontario Inc.	30	Canadá	Niagara On The Lake	Tel: (905) 262-8200
 A'amal Al Khair Dates Factory	33	Arabia Saudita	Riyadh	Tel: (966) 114159426 Página web: https://dates.amalalkhair.com/
 A. L. Hoogesteger Fresh Specialist B. V. – Hoogesteger	101	Países Bajos	Zwanenburg	Tel: +31 20 407 30 00 Página web: https://www.hoogesteger.nl/ e-mail: info@hoogesteger.nl
 Africajuice B.V.	1935	Países Bajos	s-Gravenhage	Tel: +31 70 392 7164 Página web: https://www.africajuice.com/products.html e-mail: info@africajuice.com
 Agroindustrial Surfrut Limitada–Surfrut Ltda	600	Chile	Santiago	Tel: (56 2) 2679 0600-(56 2) 2679 0602 Página web: https://www.surfrut.com/ e-mail: contacto@surfrut.com



Empresa	Número de empleados	País	Ciudad	Contacto
 Agroindustrias Cepia S. A.	200	Chile	Talca	Tel: 56-71-2617600-2617610 Página web: http://www.agrocepia.cl/index.html e-mail: sales@agrocepia.cl
 Ak Food B.V.-Abbot Kinney's	31	Países Bajos	Amsterdam	Tel: +31203122122 Página web: https://abbotkinneys.com/
 Aktar Gıda Ve İhtiyac Maddeleri İmalat Pazarlama Ticaret Anonim Şirketi	35	Turquía	Istanbul (Europa)	Tel: +902126963252 Página web: http://www.aktargida.com.tr/

Fuente: elaboración propia con base en TradeMap (2020).

1.4.1.2 Vigilancia estratégica

Para el desarrollo de esta vigilancia se seguirá la estructura mencionada en la sección de metodología. El objetivo es conocer tendencias del mercado, percibiendo aspectos económicos, ambientales, normativos y culturales, prestando mayor atención a Estados Unidos, el principal país destino, principalmente, por su posicionamiento participativo respecto a este producto, tanto fresco como congelado o procesado; y a los países europeos. Las tendencias de los productos en los mercados objetivo se pueden conocer a través de noticias, conferencias y, en general, mediante entidades encargadas de promover el comercio exterior.

A continuación, se presenta el procesamiento, análisis, depuración y validación de la información, lo que corresponde a las fases 4, 5 y 6 de la metodología establecida, con sus respectivos análisis comparativos.



Mora fresca

Las tendencias mundiales han cambiado con el tiempo, lo cual altera, entre otros aspectos, la economía de los diferentes países asociados.

En la tabla 10 se muestran algunas noticias referentes a fruta fresca en las que se involucra la mora como uno de sus productos.



Tabla 10. Noticias con potencial estratégico y tendencias en el mercado de mora fresca o mínimamente procesada (congelada)





Entidad o fuente	Título	Importancia	Lugar	Fecha publicación
 ProColombia	Frutas y hortalizas procesadas	<ul style="list-style-type: none"> - La popularidad de las frutas y hortalizas congeladas ha crecido entre los consumidores, pues son asociados con conceptos como “naturales”, “frescos” y “saludables”. - El principal impulsor para el uso de la fruta congelada en los Estados Unidos es la alta popularidad de los batidos y jugos, con el apoyo de las campañas de publicidad, tales como una campaña llamada “congelados, ¿cómo se mantiene fresco lo fresco?”. - Las frutas congeladas son las más vendidas, son las utilizadas para la producción de <i>smoothies</i>, pues las grandes marcas han invertido mucho dinero para que se utilice este producto en vez de frutas frescas sin procesar. 	Colombia	-
Más información: https://tlc-eeuu.procolombia.co/oportunidades-por-sector/agroindustria/frutas-y-hortalizas-procesadas				
 Portafolio	Estados Unidos prefiere comprar frutas frescas	En el 2010, el mercado de las frutas en Estados Unidos muestra que el consumo e importación se presenta más en frutas frescas, que procesadas o en conserva. Estados Unidos reporta un crecimiento del 13 % en frutas frescas y para el caso de las frutas procesadas o en conserva, se registra un aumento del 6 %.	Colombia	Noviembre 2010
Más información: https://www.portafolio.co/negocios/empresas/estados-unidos-prefiere-comprar-frutas-frescas-144512				
 The New York Time	Americans Are Eating a Lot More Berries. Here's Why. / Los estadounidenses están comiendo muchas más bayas. Este es el por qué	Según las estadísticas publicadas por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, el consumo per cápita de frambuesas frescas creció un 475 % entre 2000 y 2012. Para las principales frutas (manzanas y naranjas), se evidencia una disminución del 9 % y un 11 % para plátanos. La disminución en esos tres pilares, que todavía representan el 49 % de la fruta fresca que se consume en Estados Unidos, ha dejado espacio en las dietas para el incremento en el consumo de bayas, piñas, mangos, papayas, mandarinas limones y aguacates. Si las personas comen más de algún tipo de fruta, probablemente sea porque los agricultores han descubierto cómo entregar más, a mayor calidad, durante todo el año.	Estados Unidos	Diciembre 2014
Más información: https://www.nytimes.com/2014/12/02/upshot/americans-are-eating-a-lot-more-berries-heres-why.html				






Entidad o fuente	Título	Importancia	Lugar	Fecha publicación
 Nielsen	Frutas y verduras crecen más del 4 % hasta abril y aumentan su peso en la cesta de la compra de los españoles	Los productos frescos mantienen su vigencia en la cesta de la compra de los españoles, en abril, el acumulado anual de la fruta creció el 5,2 %, mientras que la verdura aumentó el 4 %. Aunque, se ha potenciado su venta en la tienda física, uno de los focos de mayor crecimiento es el canal de ventas online. Los datos de Nielsen hasta abril de 2015 muestran un crecimiento de la compra online de frescos del 14,7 %, superior incluso al que presenta la alimentación seca (+11,7 %) y la refrigerada (11 %).	España	
Más información: https://www.nielsen.com/es/es/press-releases/2015/frutas-y-verduras-crecen-mas-del-4/				
 RaboResearch Food & Agribusiness	US Berries— Increasing Consumption is Not a Silver Bullet. / El incremento del consumo de Bayas en Estados Unidos no es una solución inmediata efectiva	En Estados Unidos las restricciones de producción, especialmente fresas y frambuesas en California, la falta de recursos naturales, limitaciones de tierra entre otras, lo muestran como un país destino de exportaciones para países europeos. Adicionalmente, el creciente aumento por la comida saludable y orgánica ha seguido impulsando la expansión de la producción de bayas orgánicas exportadas de EU, hasta UE.	Países Bajos	Julio 2015
Más información: https://research.rabobank.com/far/en/sectors/regional-food-agri/us-berries.html				
	Exploring New Pathways to Market for Fresh Produce in Australia / Explorando nuevos caminos para comercializar productos frescos en Australia	En Australia, el comercio electrónico está listo para transformar la forma en que las personas compran. Dentro del panorama cambiante, los productos frescos son un campo de batalla estratégico clave para los minoristas que buscan competir, cada vez más, los proveedores de frutas y verduras frescas que entreguen una propuesta más convincente y personalizada para atraer a sus compradores los convierte en un proveedor estratégico.	Países Bajos	Diciembre 2015
Más información: https://research.rabobank.com/far/en/sectors/regional-food-agri/exploring-new-pathways.html				
 Agronegocios	Los productores de mora están en la búsqueda de precios más constantes	La mora es una de las frutas más consumidas por los colombianos. De acuerdo con las cifras de Asociación Hortofrutícola de Colombia (Asohofrucol), esta fruta ocupa la quinta posición con una participación de 12 %, superada por otros productos como el limón (18 %); mango (15 %); guayaba (14 %) y tomate de árbol (14 %).	Colombia	Abril 2016
Más información: https://www.agronegocios.co/agricultura/frutas-con-sabor-social-que-endulzan-el-pais-2622543				

Continúa



Entidad o fuente	Título	Importancia	Lugar	Fecha publicación
 RaboResearch Food & Agribusiness	The Bar Is Raised in the Promising EU Berry Market / El nivel exportador se eleva en el prometedor mercado de bayas de la UE	En Estados Unidos el mercado de las bayas se ha convertido en la categoría minoritaria de alimentos frescos más grande y la UE desea seguir estos pasos, apuntando a introducir nuevas variedades de mora, que sean más dulces, más grandes y firmes.	Países Bajos	Abril 2016
Más información: https://research.rabobank.com/far/en/sectors/regional-food-agri/eu-berries.html				
 EL País.com.co	Exportación de frutas del Valle a Estados Unidos continúa en crecimiento	El negocio de la exportación de frutas desde el Valle del Cauca sigue en crecimiento. Este mes la compañía Vital Natural SAS inició ventas al mercado de los Estados Unidos, aprovechando el potencial del norte del departamento. “Esta empresa tiene todos los canales de distribución en Estados Unidos y está en capacidad de absorber la mayor producción posible”.	Colombia	Agosto 2016
Más información: https://www.elpais.com.co/economia/exportacion-de-frutas-del-valle-a-estados-unidos-continua-en-crecimiento.html				
 Agronegocios	Frutas con sabor social que endulzan el país	Uno de los mayores retos que tiene la economía colombiana en materia de agricultura es generar oportunidades para los pequeños productores con el fin de crear un ingreso digno. Este panorama no ocurre con las iniciativas que lidera la Asociación Hortofrutícola de Colombia (Asohofrucol) que ha unido esfuerzos con grandes compañías para que los pequeños productores tengan una real alternativa de ingresos.	Colombia	Marzo 2017
Más información: https://www.agronegocios.co/agricultura/frutas-con-sabor-social-que-endulzan-el-pais-2622543				
 RaboResearch Food & Agribusiness	Investing on Strong Foundations: Healthy Perspectives for Chile’s Fruit Exports... but Innovation Is Needed / Invertir con bases sólidas: perspectivas saludables para las exportaciones de frutas de Chile ... pero se necesita innovación	Estados Unidos sigue siendo el principal motor de crecimiento en el mercado mundial de frutas frescas, mientras que el segundo mayor contribuyente al crecimiento en términos absolutos (expresado en dólares estadounidenses) es la UE. Entonces, a pesar del crecimiento bastante lento en términos porcentuales, la UE sigue siendo un mercado constante para la fruta fresca y las nueces.	Países Bajos	Octubre 2017
Más información: https://research.rabobank.com/far/en/sectors/consumer-foods/healthy-perspectives-for-chiles-fruit-exports.html				



Entidad o fuente	Título	Importancia	Lugar	Fecha publicación
 RaboResearch Food & Agribusiness	World Fruit Map 2018: Global Trade Still Fruitfu / Mapa mundial de frutas 2018: el comercio mundial sigue siendo fructífero	La mayor parte del aumento en las exportaciones internacionales de fruta fresca, casi el 7 % anual durante la última década, ha sido absorbido por los principales mercados de importación: Estados Unidos, China y Alemania. Pero en términos relativos, los mercados emergentes como China e India se están volviendo más importantes en el mercado mundial de frutas. China es el productor número uno del mundo, pero también ha expandido rápidamente sus importaciones y exportaciones de frutas frescas y procesadas.	Países Bajos	Febrero 2018
Más información: https://research.rabobank.com/far/en/sectors/regional-food-agri/world_fruit_map_2018.html				
 Fede Fruta	Las tendencias que marcan la fruticultura mundial	Se estima que el 80 % de todas las frutas que se producen en el mundo se venden frescas. El mercado de la fruta fresca sigue creciendo, principalmente fuera de Estados Unidos y la Unión Europea. En los mercados maduros, las preferencias de los consumidores parecen estar moviéndose hacia frutas que se producen de forma más natural y con una imagen fresca, incluyendo la fruta congelada. Por otro lado, la fruta orgánica es otra de las categorías ganadoras con los cambios de preferencias de los consumidores. Los alimentos orgánicos están ganando participación de mercado en todo el mundo. Generalmente, la participación de mercado de la fruta orgánica es mayor en los países más ricos, en comparación con las economías en desarrollo.	Chile	Marzo 2018
Más información: http://fedefruta.cl/las-tendencias-que-marcan-la-fruticultura-mundial				
 Fresh Plaza	“Flavourful blackberries are the future / “Las moras sabrosas son el futuro”	Lowie Claessens de Driscoll’s menciona que las moras tienen un “futuro negro”. El mercado de moras está creciendo, pero, en comparación con otras frutas blandas, sigue siendo un mercado pequeño. Sin embargo, antes de que el futuro sea negro, aún deben tomarse algunas medidas en el campo de las variedades y la oferta, entre otras cosas. Es importante que las moras sepan bien para que los consumidores vuelvan a ellas, el sabor es la clave del futuro de las moras en los supermercados. Con un buen sabor, las moras tienen potencial.	Países Bajos	Julio 2018
Más información: https://www.freshplaza.com/article/2198115/flavourful-blackberries-are-the-future/				

Continúa



Entidad o fuente	Título	Importancia	Lugar	Fecha publicación
 La Hora	Mora de Tungurahua ya se puede exportar a Estados Unidos	En Tungurahua, al menos ocho sitios que comprenden cerca de 10 hectáreas del cultivo de mora de Castilla han sido certificados como predios libres de mosca de la fruta, con el objetivo de exportación a Estados Unidos.	Ecuador	Enero 2019
Más información: https://lahora.com.ec/tungurahua/noticia/1102214726/mora-de-tungurahua-ya-se-puede-exportar-a-estados-unidos				
 Fresh Plaza	Global fruit sector mapped / Mapa global del sector frutícola	Fruta congelada popular. El segmento de fruta congelada crece incluso, en promedio, más rápido que la fruta fresca. La congelación es uno de los mejores métodos para retener el sabor y el valor nutricional de la fruta. Esta es principalmente una solución para productos muy perecederos como los arándanos y las fresas. Congelados, estos productos se pueden vender en todos los rincones del mundo durante todo el año. Fruta orgánica. Es el 5 % de cuota de mercado en los Países Bajos. En los últimos años, el segmento de frutas orgánicas experimentó un considerable crecimiento del mercado a nivel mundial. Además de la prosperidad, otros factores también juegan un papel en la compra de productos orgánicos, como los factores socioculturales, el precio y la disponibilidad de productos cultivados de manera orgánica y convencional.	Países Bajos	Mayo 2020
Más información: https://www.freshplaza.com/article/2189285/global-fruit-sector-mapped/				

Fuente: elaboración propia con base en ProColombia (s. f.); Portafolio (2010); The New York Times (2014); La Hora (2019); El país.com (2016); Pinilla (2016); Celis (2017); Rabobank (2015, 2016, 2017, 2018); FedeFruta (2018); Fresh Plaza (2020); Nielsen (2015).

Las diferentes entidades o fuentes consultadas revelan que ha existido un crecimiento en el mercado nacional e internacional de fruta fresca, junto a un mercado de fruta y pulpa congelada. La tabla 10 presenta la congelación como un aliado para conservar las frutas frescas (enteras), por lo cual se elige realizar congelación al producto como un proceso mínimo, obteniendo mora mínimamente procesada.

Adicionalmente, los consumidores presentan interés por el consumo de productos orgánicos. De acuerdo con entrevistas a miembros de Umata de Ginebra, Valle del Cauca, y agricultores de esta región, en algunas zonas la mora de Castilla es cultivada bajo principios de cultivo limpio, pues se reemplazan agroquímicos (fertilizantes químicos y plaguicidas) con abonos orgánicos y biofertilizantes. Actualmente, algunos agricultores del municipio de Ginebra, Valle del Cauca, están buscando certificación para que sus productos sean considerados 100 % orgánicos, debido a que el sabor, entre otras características fisicoquímicas, se pueden considerar superiores a las actualmente existentes en los productos disponibles en el mercado.



Lo anterior muestra el potencial de invertir en mora orgánica mínimamente procesada para su conservación, con el fin de obtener una mora competitiva, que permita una adecuada logística y distribución durante su comercialización, con un valor agregado por su sabor, beneficios para la salud, entre otros atributos característicos de los alimentos cultivados bajo principios de agricultura limpia, lo que permitirá obtener un producto con la calidad esperada por el consumidor.

Tendencias direccionadoras

Los países de la Unión Europea (2020) manifiestan que para fomentar la salud y el bienestar de los jóvenes, entre otras estrategias, se impulsa el consumo de alimentos naturales, con el objetivo de disminuir el sobrepeso y la obesidad. En este escenario, las frutas y, especialmente si son orgánicas, sobresalen. Estados Unidos recientemente ha optado por medidas similares, como respuesta a la tendencia entre sus habitantes a consumir alimentos rápidos y fáciles, por lo cual se destacan las comidas rápidas, que son poco saludables. Para combatir esta situación, en Estados Unidos se ha optado por concientizar al consumidor respecto a las consecuencias en su salud de este tipo de dieta y se lo ha orientado para establecer una dieta enfocada a alimentos naturales.

Para fomentar esta cultura de alimentación sana, una de las estrategias que se ha transformado en tendencia mundial en diferentes campos, principalmente con las nuevas generaciones, es la tecnología, por lo cual una alianza con la tecnología en la que se resalten las cualidades de la mora de Castilla congelada y su potencial para la salud por ser un producto orgánico mejorará considerablemente la expansión de este mercado. A pesar de que la fruta congelada y orgánica se ha vuelto tendencia mundial, todavía es más común en países económicamente desarrollados y, aunque esto afecta la expansión de la fruta, en términos económicos es beneficioso para los agricultores cuando están organizados en asociaciones o similares.

Mora procesada

La demanda de productos saludables que aporten beneficios al ser humano es cada vez más una tendencia. En este sentido, la mora es un alimento muy valioso, pues presenta una característica nutricional sobresaliente, a saber, su capacidad antioxidante, a lo que se suma su versatilidad para la elaboración de productos que la contengan, como saborizante, aromatizante o colorante, pues es agradable para el consumidor. Estos dos factores representan una oportunidad potencial para elaborar un producto procesado a partir de mora que pueda comercializarse tanto a nivel nacional como internacional. Con el propósito de conocer noticias acerca de este tema, se realizó una búsqueda en diferentes fuentes, las cuales mencionaban frutas procesadas o productos elaborados a partir de ellas. En la tabla 11 se encuentran los resultados obtenidos.



Tabla 11. Noticias con potencial estratégico y tendencias en el mercado de mora procesada (deshidratada y/o polvo)

Fuente	Título	Importancia	Localización	Fecha de publicación
 ProColombia	Con frutas deshidratadas 10 empresas colombianas participan en Gida 2011 en Turquía	“Es un mercado muy interesante. En Gida (Turquía) estaremos con barras de fruta de uchuva con otros sabores como fresa, banano y frutos rojos”, dijo Luis Fernando Gaviria, de Alimentos Naranja Verde.	Colombia	Septiembre 2011
Más información: https://procolombia.co/archivo/con-frutas-deshidratadas-10-empresas-colombianas-participan-en-gida-2011en-turquia				
 Editorial La República S. A. S.	Los productores de mora están en la búsqueda de precios más constantes	Aunque la mora es un producto de la canasta básica de los colombianos y nunca va a faltar en la nevera, esta fruta comienza a ver otros aires de expansión, ya que muchos productores están queriendo generar un valor agregado a este fruto con la industrialización, a pesar de la volatilidad de los precios.	Colombia	Abril 2016
Más información: https://www.larepublica.co/archivo/los-productores-de-mora-estan-en-la-busqueda-de-precios-mas-constantes-2373341				
 Fresh Plaza	“Vamos a ver un crecimiento en las bayas procesadas en los próximos años”	Joaquín Malagón, gerente de la empresa española, Hudisa; menciona: “Las bayas procesadas, al igual que todas las frutas y verduras procesadas, juegan un papel muy importante en nuestra vida diaria. Nos permiten disfrutar de helados, mermeladas, jugos, etc. durante todo el año, a pesar de que solo se cosechan por unos pocos meses del año”. “Si los consumidores conocieran sus beneficios para la salud, como sus propiedades antioxidantes, anticancerígenas, etc., su consumo, tanto en forma fresca como procesada, aumentaría dramáticamente”. “Es por eso que ahora tenemos las certificaciones más exigentes en el campo del procesamiento industrial, así como el Kosher y Halal, que nos permiten comercializar nuestros productos a grandes empresas multinacionales en el sector alimentario”.	Países bajos	Marzo 2017
Más información: https://www.freshplaza.com/article/2172381/we-are-going-to-see-growth-in-processed-berries-in-the-coming-years/				





Fuente	Título	Importancia	Localización	Fecha de publicación
 Fresh Plaza	Mapa global del sector frutícola	La fruta se procesa con mucha más frecuencia que las verduras, en jugo, alimentos enlatados, y cada vez más en fruta congelada, entre otras cosas.	Países bajos	Febrero 2018
Más información: https://www.freshplaza.com/article/2189285/global-fruit-sector-mapped/				
 Diario La Opinión, Cúcuta, Colombia	Frutas deshidratadas, otra apuesta de exportación	Profesional en comercio exterior y mercadotecnia afirma que la fruta deshidratada es una modalidad que va ganando terreno en el mercado mundial. Beneficios que resaltan: Sabor intenso. Colores más vivos. Menor tamaño y peso. Mayor durabilidad. En el mercado internacional el principal reto son las certificaciones, hay más de cuatro certificados y uno de los cuales puede costar hasta 60 millones de pesos.	Colombia	Marzo 2018
Más información: https://www.laopinion.com.co/economia/frutas-deshidratadas-otra-apuesta-de-exportacion-151304#OP				
 Agronegocios	Fruta procesada colombiana llega a Estados Unidos y a países de Europa y Asia	En el mundo, Colombia es el noveno proveedor de frutas exóticas. La demanda internacional va más allá de la fruta fresca, entre los productos procesados se destacan las frutas deshidratadas. “Las frutas procesadas representan una gran oportunidad de negocio donde se pueden obtener ventajas competitivas relevantes”. Gerente General de Nutrium. Para el 2022 se espera que el consumo de frutas y hortalizas procesadas alcance USD 62.258 millones.	Colombia	Febrero 2019
Más información: https://www.agronegocios.co/agricultura/fruta-procesada-colombiana-llega-a-estados-unidos-y-a-paises-de-europa-y-asia-2830888				

Continúa



Fuente	Título	Importancia	Localización	Fecha de publicación
	Tratado de Libre Comercio, Colombia-EE. UU. Frutas y hortalizas procesadas	<p>Debido a la gran variedad de frutas existentes en Colombia, las compañías han logrado desarrollar una amplia gama de productos de frutas y hortalizas procesadas de mayor valor agregado, destinados a la industria alimenticia o al consumidor final. Dicha oferta comprende pulpas, concentrados, frutas deshidratadas, liofilizadas, enlatadas y congeladas.</p> <p>La oferta nacional cuenta con productos certificados Haccp, ISO y Global G.A.P., entre otros. Asimismo, dentro de las iniciativas de innovación de las compañías del sector se pueden encontrar pulpas de frutas pasteurizadas que no necesitan refrigeración frutas deshidratadas 100 % naturales y productos procesados orgánicos.</p>	Colombia	-
Más información: https://tlc-eeuu.procolombia.co/oportunidades-por-sector/agroindustria/frutas-y-hortalizas-procesadas				
	Estados Unidos – Frutas y hortalizas procesada	<p>La fruta deshidratada es consumida sin azúcar, saborizantes o colorantes artificiales y es adquirida por la población con mayores ingresos. Sin embargo, las personas con menores ingresos o con menos conciencia de la importancia de una dieta sana y nutritiva las incluye dentro de su alimentación en versiones que no son completamente naturales o que contienen aditivos artificiales. Los criterios de compra para el consumidor son una buena relación precio-producto, empaques atractivos y diferenciación.</p>	Colombia	-
Más información: https://tlc-eeuu.procolombia.co/oportunidades-por-sector/agroindustria/frutas-y-hortalizas-procesadas				
	La exportación de frutas colombianas procesadas continúa abriendo mercados internacionales	<p>Debido a las tendencias mundiales de consumo de alimentos saludables y nutritivos, así como las necesidades del mercado global que demandan productos convenientes fáciles de preparar y listos para consumir, las exportaciones de fruta procesada colombiana (pulpa, deshidratados, concentrados, liofilizados y congelados) seguirán abriendo nuevos mercados y aumentando sus ventas.</p>	Colombia	Agosto 2019



Fuente	Título	Importancia	Localización	Fecha de publicación
 Ventura Group	La exportación de frutas colombianas procesadas continúa abriendo mercados internacionales	Según el DANE, las exportaciones de fruta procesada de Colombia aumentaron 12 % durante 2018 y registraron ventas cercanas a USD 88,9 millones FOB, y superaron ampliamente las 30.000 toneladas métricas.	Colombia	Agosto 2019
Más información: https://www.venturagroup.com/la-exportacion-de-frutas-colombianas-procesadas-continua-abriendo-mercados-internacionales/				
 BBC NEWS	Alimentos ultraprocesados: lo que dos estudios masivos revelan sobre sus efectos en la salud	“Medidas como impuestos y restricciones de comercialización en alimentos ultraprocesados para desalentar su consumo [deben ser consideradas]”. “Al mismo tiempo, la promoción de alimentos frescos y mínimamente procesados es un requisito”.	Estados Unidos	2019
Más información: https://www.bbc.com/mundo/noticias-48460067				

Fuente: elaboración propia con base en La Opinión (2018), Fresh Plaza (2017 y 2018b), La República s.a.s., Procolombia (2011 y s. f.), Becerra (2019), Portafolio, bbc News (2019), Ventoura Group (2019).

Las diferentes fuentes consultadas sobre noticias relacionadas con fruta procesada o deshidratada mencionan su creciente demanda en el mercado mundial, ya que la comercialización de frutas en esta presentación tiene ventajas competitivas tales como sabor intenso, colores más vivos, menor tamaño y peso y mayor durabilidad.

Por otra parte, se encontraron noticias acerca de la mora procesada y la oportunidad que tiene en el mercado, debido, entre otras, a su propiedad antioxidante, benéfica para la salud y valorada por el consumidor. Otro factor son las necesidades del mercado global que demanda productos convenientes, fáciles de preparar y listos para consumir. Esto hace que las frutas procesadas sean parte de las materias primas para la elaboración de otros productos de fácil consumo como jugos, helados, yogures, etc. Es importante enfatizar que en las noticias se resalta el importante papel que juegan estos productos deshidratados, ya que al ser más estables están disponibles todo el año, incluso en época de escasa cosecha.

Así mismo, se reporta información acerca de los clientes potenciales. Respecto a lo que se afirma que la fruta deshidratada es consumida por personas con mayor poder adquisitivo o con mayor interés por una dieta sana y nutritiva, quienes, actualmente las incluyen dentro



de su alimentación en versiones que no son completamente naturales o que contienen aditivos artificiales, es decir que si el polvo de mora se ofertara de una manera natural, sin ningún tipo de aditivo ni conservante, representaría una competencia directa a productos que cumplen la misma función o brindan características similares aunque con otros aditivos.

Adicionalmente, es común encontrar que las empresas que identifican la oportunidad de trabajar con las frutas procesadas e incursionan en el mercado requieren certificaciones de calidad del cultivo (las cuales comprenden regulaciones ambientales, culturales y sociales) y del proceso de elaboración para hacer presencia en el mercado internacional y posicionar sus productos como competitivos en esos mercados. Esto hace parte de la estrategia en el plan de comercialización nacional o internacional. Las certificaciones implican una inversión que, inicialmente, puede observarse como un limitante, sin embargo, a largo plazo generan confianza en las personas que consumen los productos, posibilitando hacer presencia en nichos de mercados selectos o exigentes, en los que las personas están dispuestas a pagar más dinero por mejor calidad. Es importante mencionar que realizar un proceso de certificación para una empresa mejora su rendimiento, así como los sistemas de gestión y calidad de los productos, aumenta la competitividad por reducción de costos en el proceso de producción, permite aprovechar más sus recursos y mejorar la comunicación interna de la propia organización, entre otros beneficios.

Tendencias direccionadoras

Los consumidores se están guiando por productos orgánicos, saludables, funcionales, nutritivos y naturales, lo cual las diversas empresas ven como una ventaja que influye en la demanda de la mora.

La mora tiene un amplio espectro de participación en la elaboración de alimentos y bebidas por su alto contenido de fenoles. Es una buena fuente de antioxidantes, por esto responde a diversas tendencias de consumo actuales, como los alimentos saludables y funcionales (Coronado *et al.* 2005). Los principales factores que influyen en la demanda de la fruta son el sabor, la calidad y la apariencia. La tendencia es comprar porciones pequeñas y listas para el consumo (Sandoval y Bonilla, 2015).

Valor de desarrollo y aplicación de polvo de frutas y verduras

El polvo de frutas y verduras se puede aplicar a varios campos del procesamiento de alimentos, lo que ayuda a mejorar el contenido nutricional, el color y el sabor del producto en cuestión, así como a enriquecer su variedad. Se puede usar principalmente para productos tipo pasta, por ejemplo agregar polvo de rábano a los fideos o en la manufactura de fideos de zanahoria; alimentos expandidos, como el caso de tomate en polvo, aplicado como condimento para alimentos expandidos; productos cárnicos, el polvo vegetal se puede agregar al jamón; productos lácteos, agregar polvo de varias frutas y vegetales a la



leche; manzana en polvo en productos dulces o de confitería; hierbas, cebolla o tomate en polvo para productos horneados o en el procesamiento de galletas, etc.

Hacer bebidas con frutas y vegetales en polvo no afecta el sabor de las frutas y verduras frescas; el polvo de fruta se puede convertir en vino o en vinagre de fruta mediante un proceso de fermentación, mezcla y filtración. Los dulces, pasteles, galletas, pan y muchos otros alimentos pueden agregar una cierta proporción de frutas y vegetales en polvo en el proceso de producción, lo que puede mejorar la estructura nutricional de los productos y hacer que los productos tengan mejor color, fragancia y sabor.

Agregar frutas y vegetales en polvo a los alimentos que ingieren tanto bebés como personas de la tercera edad puede complementar las vitaminas y la fibra dietética necesaria para equilibrar la dieta (Kang Med, 2018c).

1.4.1.3 Vigilancia científico-tecnológica

Para el desarrollo de esta vigilancia, se seguirá la estructura mencionada en la sección de metodología. El objetivo de esta vigilancia se enfoca en identificar el tratamiento de conservación para obtener mora mínimamente procesada, así como en los avances científicos y tecnológicos para obtener mora procesada. A continuación, se presenta el procesamiento, análisis, depuración y validación, que corresponde a las fases 4, 5 y 6 de la metodología establecida, con sus respectivos análisis comparativos. Se debe tener en cuenta que es importante establecer una tecnología con un mínimo impacto negativo sobre la fruta tanto mínimamente procesada (congelada) como procesada (polvo).

Selección del proceso para mora fresca

La información sobre artículos y patentes para mora fresca y mínimamente procesada fue ampliada en el entregable de la actividad 1. Al respecto, se observó que en el campo de patentes no se encontró información significativa sobre mora, sin embargo, en relación con la investigación sobre mora de Castilla mínimamente procesada, sí se encontraron investigaciones, principalmente artículos sobre mora fresca y, en algunos casos, sobre mora congelada.

El análisis de estas investigaciones arrojó que el país que más investiga sobre mora de Castilla es Ecuador. Estas investigaciones reafirman que la mora es un producto altamente perecedero y que, por esta razón, se dificulta su comercialización en fresco.

Como se ha mencionado, para obtener esta fruta como un producto exportable adecuado para abrir nuevos mercados hay que realizarle un proceso para su conservación. Dado que el objetivo de este proyecto está relacionado con mora fresca, es adecuado definir un proceso mínimo para el tratamiento de esta fruta, para lo cual esta vigilancia se enfoca en



la selección de un proceso de conservación para mora de Castilla mínimamente procesada, respecto a mora “fresca”.

Alternativas tecnológicas para la selección del proceso de mora fresca (mínimamente procesada)

Actualmente existen diversas formas de conservación de alimentos, tanto frutas como verduras, procesadas o frescas. Estas abarcan desde métodos de fácil aplicación y bajo costo hasta métodos más sofisticados y de mayor precio. La base de datos de Scopus muestra 769 entradas relacionadas entre 2018 y 2020, en las áreas de agricultura, ciencias biológicas e ingeniería. De ese total, 276 resultados corresponden a frutas y métodos de conservación. Entre estos métodos se encuentran la congelación, los recubrimientos comestibles, las atmósferas modificadas, entre otros. Sin embargo, el proceso en el que se centra este documento se basa en obtener un producto en fresco o mínimamente procesado a partir de mora de Castilla.

De Corato (2020) menciona que la creciente expansión del mercado de productos frescos en los últimos años ha dado como resultado una amplia variedad de productos básicos en los puntos de venta minoristas. Este mercado de productos frescos ha crecido rápidamente como resultado de los cambios en la actitud alimentaria del consumidor, quien busca alimentos seguros y nutritivos sin importar el costo. Aunque estas lógicas de consumo se centran en países desarrollados con mayor capital económico entre sus habitantes. Justamente, las condiciones de países como Colombia, que poseen recursos económicos limitados y donde el costo de algunas tecnologías dificulta el acceso del receptor final, hacen que la selección del proceso de procesamiento de la fruta sea complejo. Esto es así porque los agricultores de mora del Valle del Cauca buscan opciones de relación costo / beneficio a largo plazo, lo que implica contemplar la utilización de una tecnología de conservación de fácil acceso y que mantenga las particularidades y la calidad de la mora que ellos cultivan y que se encuentra en proceso de certificación como producto orgánico.

En general, para manejar los procesos de conservación en frutas se destacan la congelación, la refrigeración y los recubrimientos comestibles. Ramírez (2012), entre otras investigaciones, menciona que los recubrimientos comestibles poseen buena credibilidad como método de conservación, sin embargo, este método, por el momento, no es práctico para los agricultores locales de esta mora. Por otro lado, diversas investigaciones sobre mora reflejan que el porcentaje de su demanda internacional se encuentra en crecimiento, pero al ser un producto altamente perecedero, debido a su contenido de humedad, se dificulta su comercialización como fruta fresca, por lo que se sugiere un tratamiento de conservación como la refrigeración, los recubrimientos comestibles, la congelación, los procesos térmicos, la acidificación, entre otros.



En este punto se retoma lo mencionado por la Cámara de Comercio de Bogotá (2015), que especifica que la mora de Castilla es la variedad más conocida y cultivada en el país por su importancia comercial a nivel nacional e internacional, sin embargo, comparada con otras variedades, es la que tiene menor vida útil. En Colombia, en 2013 se produjeron 105.285 t, superando a Italia, con lo que el país está convirtiéndose, poco a poco, en un país con potencial exportador de esta fruta (Cámara de Comercio Bogotá, 2015). En 2019, por medio de un análisis de Trade Made, se estableció que en 2018 el principal país importador de fruta fresca y congelada, bajo los aranceles 0810200000 – 0811200000: Frambuesas, zarzamoras, moras y moras-frambuesa, frescas–Frambuesas, zarzamoras, moras, moras-frambuesa y grosellas, fue Estados Unidos, estableciéndose como el principal país destino para este producto, sin cambios significativos en 2020.

Liu, Xu Guo y Zhang (2020) mencionan que el proceso de conservación de frutas a nivel mundial generalmente se centra en el manejo de bajas temperaturas (refrigeración-congelación). En este punto, se puede citar la congelación como un método relevante, debido a que controla la calidad e inocuidad microbiológica de la fruta, que son dos de los problemas alimentarios principales (Evans, 2009). A pesar de que la congelación es beneficiosa para algunas características del producto, también puede ocasionar daños en el mismo, por ello, diversas empresas han empezado a investigar las ventajas y desventajas de métodos de congelación rápida, como la utilización de túneles para la aplicación del método IQF (Individual Quick Freezing), aspersión con nitrógeno, ultracongelación o crio congelación con gas carbónico, nitrógeno líquido, etc.

En Colombia, generalmente se aplica congelación convencional (congelación lenta) a diversas frutas y verduras, pero esto no limita el desarrollo y mejora de la utilización de este método, principalmente para comercialización de producto en fresco. En 2005, Cenicafe estudió el sistema de congelación rápida (IQF) para la conservación de mora de Castilla, con el fin de obtener menor pérdida poscosecha (Montes, Castaño y Orrego, 2005). Actualmente, a nivel local, Asofounidos (Asociación de los agricultores de mora del municipio de Ginebra -Valle del Cauca) ha iniciado la construcción de un acopio cerca a sus cultivos de mora, y uno de sus principales métodos de conservación de esta fruta en fresco se basa en la utilización de un túnel de congelación rápida (IQF).

En Colombia, las investigaciones existentes sobre recubrimientos comestibles en mora son investigaciones de laboratorio, de manera que no es posible definirlo como un método de aplicación comercial para los agricultores interesados en la producción y obtención de un alimento orgánico.

Para la selección del proceso adecuado para la producción de mora de Castilla mínimamente procesada, se tuvieron en cuenta los criterios como disponibilidad y costo de equipos, costo de operación, facilidad de transferencia tecnológica, impacto ambiental, oportuni-



dad de mercado y posibilidad de comercialización, según lo planteado en el documento “Proyecto: incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, occidente”.

Para el desarrollo de esta selección, se realizó una búsqueda bibliográfica de algunos métodos de conservación empleados en frutas (refrigeración, recubrimiento comestible, impregnación al vacío, congelación, procesos térmicos y acidificación) (Bohórquez Villamizar y Úsuga Giraldo, 2017) en diversas fuentes, entre ellas la base de datos de Scopus, usando los principales criterios de los últimos cinco años en áreas como agricultura, ciencias biológicas, ingeniería y medio ambiente, tal como se indica a continuación.

Tras el análisis de la información obtenida por revisión bibliográfica de los últimos años, se establecieron tres posibles métodos de conservación (congelación, refrigeración, recubrimientos comestibles) enfocados en obtener un producto fresco mínimamente procesado. Estos tres métodos se compararon en función de los siguientes criterios:

- **Disponibilidad de equipos:** se realizó la búsqueda de los equipos empleados para cada método de conservación estudiado, enfocándose en Colombia como el país de acceso al equipo, pero no como la única opción.
- **Costo de equipos:** se cotizó el costo del equipo o equipos disponibles, teniendo en cuenta el precio comercial del equipo (en pesos colombianos), la marca, el modelo y las demás características suministradas por el vendedor. No se tuvo en cuenta el costo de la instalación y otros aspectos necesarios para el funcionamiento.
- **Costo de operación:** este criterio relaciona la inversión inicial sobre el equipo y el gasto del consumo de energía y agua, según tarifas de Emcali (2019), en pesos colombianos. Se incluyó el costo de un empleado, aunque, dependiendo del equipo y otros aspectos de la operación, es posible que se requiera un mayor número de empleados. No se consideraron costos por acciones no pertenecientes a la operación directa del equipo, pero necesarias para la operación de la planta, por ejemplo, el gasto de energía y agua para limpieza y desinfección o costos de empleados indirectos.
- **Facilidad de transferencia tecnológica:** se evaluó la facilidad o complejidad de emplear la alternativa de conservación y la disponibilidad del equipo en Colombia.
- **Impacto ambiental:** se evaluaron aspectos negativos de cada alternativa según las normas establecidas en decretos y resoluciones colombianas.

Para la evaluación de este aspecto, se tuvieron en cuenta cuatro criterios ambientales:

1. **Atmósfera:** el aire puro es una mezcla gaseosa compuesta por nitrógeno, oxígeno y otros compuestos como el argón, dióxido de carbono y ozono. La contaminación atmosférica se define como el cambio en el equilibrio de estos componentes, lo cual altera las propiedades físicas y químicas del aire (FAO, 2006). Entre los factores que afectan la calidad del aire (Decreto 948, 1995; Resolución 610, 2010) se encuentran



los residuos particulados (Resolución 2254, 2017), el ruido (Resolución 0627, 2006; Resolución 6918, 2010) y la generación de calor (FAO, 2006).

- 2. Suelos:** puede presentarse contaminación por generación de residuos sólidos renovables o no renovables presentados como recursos naturales (Decreto 2811, 1974). Se tuvieron en cuenta los límites permisibles de residuos sólidos (Resolución 058, 2002), así como el manejo de residuos peligrosos (Decreto 4728, 2010; Decreto 4741, 2005), en caso de ser necesario.
 - 3. Recursos hídricos:** se tuvo especial cuidado en el consumo de recursos hídricos (agua) (Decreto 2811, 1974), los límites permisibles de residuos líquidos (Resolución 058, 2002), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y la demanda química de oxígeno (DQO) (Decreto 3930, 2010).
 - 4. Recursos energéticos:** debido a que Colombia depende significativamente de energía hidráulica, se tuvo en cuenta lo establecido en el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Decreto 2811, 1974), junto con la Ley 697, mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, y se promueve el uso de energías alternativas (2001).
- **Oportunidad de mercado y posibilidades de comercialización:** este aspecto refleja lo que actualmente está pasando con la alternativa evaluada y lo que podría pasar al implementarla en el país.

Como se ha mencionado, para obtener una mora mínimamente procesada se establecieron tres métodos de conservación, descritos a continuación.

Alternativa 1: refrigeración

Este método se utiliza principalmente para alimentos que requieren mayor cuidado, que son aquellos con un pH mayor a 4,6 y actividad de agua mayor a 0,65, los cuales deben mantenerse por debajo de 4 °C. Este método se usa en conservación, principalmente, de carnes, lácteos, pescados, productos que no se puedan enlatar o desecar y frutas con alto contenido de humedad (Clayton, Bush y Keener, 2010). El estudio de refrigeración de mora de Horvitz, Chanaguano y Durante (2019), así como el trabajo de Horvitz, Arozarena y Chanaguano (2019) destacan el aprovechamiento de temperaturas bajas, sin embargo, la refrigeración solo fue efectiva por ocho días, por lo cual no es un método adecuado de conservación si se desea exportar. Investigaciones similares realizadas entre 2015 y 2017 muestran comportamientos similares. Butu, Rodino y Butu (2019) mencionan que, en la actualidad, los métodos para mantener las bayas frescas incluyen principalmente la refrigeración a baja temperatura y la tecnología de limpieza fresca, la tecnología de almacenamiento en envases de atmósfera modificada, la tecnología de radiación ultravioleta de onda corta uv, la preservación química, etc. Sin embargo, la mayoría de estos tratamientos son caros, requieren mucho tiempo y pueden incluso dañar la apariencia de las bayas.



El uso de refrigerantes se ha incrementado tanto para la conservación de alimentos como para el acondicionamiento de nuevos espacios. Sin embargo, la mayoría de estos refrigerantes son nocivos para el medio ambiente, porque contribuyen al calentamiento global, ya sea a través de la reducción de la capa de ozono o del efecto invernadero. En Colombia, a partir de la reunión XIX de las partes que integran el Protocolo de Montreal, llevada a cabo del 17 al 21 de septiembre de 2007 en Montreal (Pnuma, 2009), se está incursionando en el uso de refrigerantes alternativos o sustitutos que mantengan el mercado competitivo y seguro, teniendo en cuenta además la eficiencia energética y la sostenibilidad. Una opción que está cobrando fuerza dentro de los refrigerantes alternativos son los gases biodegradables presentes en la naturaleza.

Alternativa 2: recubrimiento comestible (RC)

Los RC forman una película directamente en la superficie del producto, en una o más capas, por lo tanto se consideran parte del producto final (De Ancos, González-Peña, Colina-Coca y Sánchez-Moreno, 2015). El método de RC consiste en la inmersión o aspersión del producto, generalmente frutas y verduras, en una solución tipo gel, obtenida de diversa fuentes o métodos (Andrade, Acosta, Bucheli y Luna, 2013). Para la elaboración de estos recubrimientos, se emplean proteínas, carbohidratos, grasas o mezclas de ellos. Después que el alimento se recubre, se seca a temperatura ambiente y se empaca, y en algunos casos, se refrigera. En general, las investigaciones revelan un aumento de la vida útil del alimento. Ramírez (2012) estudió la conservación de mora de Castilla empleando un recubrimiento a base de mucílago de penca de sábila. El autor concluyó que el 95 % de los frutos tratados con el recubrimiento, mostraron 3 % menos de pérdida de peso, una tasa de respiración de 47 % menos y una disminución de los sólidos totales solubles, el pH y la acidez, conservando mejor estas propiedades a partir del día 3 y hasta el día 10, en comparación con los frutos analizados como tratamiento control. Esto indica que podría ser un método para obtener un producto adecuado. De Ancos *et al.* (2015) mencionan que los recubrimientos comestibles pueden considerarse envases activos, ya que pueden incorporar en la matriz polimérica aditivos naturales como antimicrobianos, antioxidantes, reafirmantes de la textura, nutrientes o ingredientes bioactivos con el objetivo de incrementar la seguridad y las características sensoriales, nutricionales y funcionales de las frutas y hortalizas mínimamente procesadas.

La investigación de Nájera-García, López-Hernández, Lucho-Constantino y Vázquez-Rodríguez (2018) sobre la producción de recubrimientos comestibles muestra lo delicado de trabajar con este tipo de tecnología debido a la dificultad de encontrar un equilibrio entre los resultados negativos y positivos del producto. El trabajo de Villegas, Albarracín y Osorio (2016) muestra, en general, que los recubrimientos comestibles poseen buenos efectos sobre algunas propiedades de la mora de Castilla, pero depende de los componentes que forman el recubrimiento. Esta afirmación se puede aplicar a cualquier alimento debido a que cada uno posee diferentes compuestos, por lo tanto, la interacción con los recubrimientos comestibles, hasta el momento, no se puede generalizar. En 2016, nuevamente, Villegas



y Albarracín (2016) reafirman esta conclusión, cabe notar que estas investigaciones se realizaron con mora de Castilla. Otras investigaciones realizadas sobre recubrimientos comestibles, generalmente, llegan a la misma conclusión.

Alternativa 3: congelación

Recientemente, una zona estrecha de temperatura bajo cero ha recibido una atención creciente por parte de los investigadores en el campo de preservación a baja temperatura debido a su capacidad superior para inhibir la frecuencia respiratoria, las reacciones de deterioro y el crecimiento de microorganismos patógenos sin causar lesiones por frío ni deterioro en la calidad de los alimentos (Liu *et al.*, 2020).

La congelación es uno de los métodos más comunes y eficientes de conservación de los alimentos. Consta de tres etapas: enfriamiento del producto a su punto de congelación (preenfriamiento o etapa de enfriamiento), eliminación del calor latente de cristalización (etapa de transición de fase) y, finalmente, la congelación del producto a la temperatura de almacenamiento final (etapa de templado). La transición de fase del proceso de congelación implica la conversión de agua en hielo a través del proceso de cristalización y es el paso clave que determina la eficiencia del proceso y la calidad del producto congelado (Kiani y Sun, 2011).

Un factor determinante en la calidad organoléptica del producto congelado es el tamaño de los cristales de hielo que se forman en el proceso. En el tejido de los alimentos congelados, la formación de grandes cristales de hielo es principalmente extracelular, resultando en daños irreversibles para el tejido como deformaciones y roturas celulares (Kiani y Sun, 2011; Petzold y Aguilera, 2009). Por otra parte, los cristales pequeños son distribuidos en ambos lados de las células, lo cual conlleva a que la calidad del producto sea mejor preservada debido a que los daños son menores en el tejido (Kiani y Sun, 2011). Estos dos tipos de formación de cristales se obtienen por medio de congelación lenta y congelación rápida, respectivamente.

Debido a que la práctica industrial actual para una vida útil más larga depende en gran medida de la cadena de frío y las condiciones de almacenamiento de alta humedad (Huynh, Wilson, Eyles y Stanley, 2019), la refrigeración, la congelación y los recubrimientos comestibles son posibles métodos de conservación de mora fresca de fácil comprensión y acceso para los agricultores de mora del municipio de Ginebra (Valle del Cauca). En la tabla 12 se evalúan los criterios para la selección del método de conservación más adecuado para mantener las características de mora de Castilla en fresco.

La información sobre energía, equipos, precios y demás, se obtuvo con empresas como AccuJet (2019), Alibaba (2019), Emcali (2019), Java (2019), Mecalux (2019), Wonder (2019), entre otras.



Tabla 12. Evaluación de aspectos sobre las alternativas de conservación de la mora

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Disponibilidad de equipos	<p>Refrigeración Los equipos de refrigeración encontrados en el mercado de maquinaria de frío en Colombia para el almacenamiento y conservación de alimentos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Botellersos • Refrigerados • Mesas refrigeradas • Neveras verticales • Refrigeradores industriales • Vitrinas refrigeradas. <p>Estos son utilizados en diferentes áreas de la industria alimentaria, es decir, desde la elaboración de los productos hasta su comercialización.</p>	<p>Recubrimientos comestibles (RC) La maquinaria industrial con la que se puede llevar a cabo la elaboración de un recubrimiento comestible para la conservación de alimentos se enfoca en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bandas transportadoras junto con equipo de aspersión. • Bandas transportadoras junto con equipo de inmersión. 	<p>Congelación Existen muchas técnicas de congelación. La disponibilidad de equipos depende de la técnica de preferencia. Algunos equipos utilizados, dependiendo del tipo de congelación, son:</p> <p>Congelación lenta Congeladores convencionales.</p> <p>Congelación rápida Congeladores por contacto en placas. Congeladores IQF (de lecho fijo y fluidizado).</p> <p>Crio congelación Inmersión del producto en nitrógeno.</p> <p>Ultracongelación En el caso del uso de inmersión de alimentos, se requieren bandejas de inmersión o equipos que regulen la presión del compuesto para optimizar el uso del agente congelante.</p>
Costo de equipos	<p>Equipo 1 Refrigerador IKON KB54R Peso: 149 kg Dimensiones: 68 x 83 x 209 cm Capacidad: 1266 L Voltaje: 110 v Empresa: Javar S.A.S Precio: 2415,30 USD.</p> <p>Equipo 2 Refrigerador vertical WPV-2200 ACERO SD Peso: 372 kg Dimensiones: 75.5 x 198.7 x 253 cm Capacidad: 2200 L Voltaje: 110 v Consumo de energía: 16.56 kW/24 h Empresa: Wonder Precio: 3283,29 USD.</p>	<p>Equipo 1 Banda transportadora de 5 m Peso: 90 kg Dimensiones: 500 x 30 x 90 cm Velocidad de transporte: 3 a 6 m/s Voltaje: 110 v Empresa: Maplascalí S.A.S Precio: 2262,76 UDS.</p> <p>Marmita volcable y fijas Caval (marmita con agitador) Voltaje: 220 v Capacidad: 120 gal Marca: Caval Dotaciones Precio: 352,38 USD.</p> <p>Sistema de aspersión electrostático Marca: AccuJet Modelo: 102000 Precio: no definido hasta conocer las propiedades del recubrimiento.</p>	<p>De acuerdo con la técnica de congelación, los costos pueden variar.</p> <p>Congelador convencional Modelo: congelador vertical LFB-1471PC Voltaje: 110v Capacidad: 1274 L Dimensiones: 1.4 x 0.79 x 2.1 m Marca: Citalsa Precio: Se puede diseñar el equipo, para almacenar 1 tonelada de producto llegando a un valor entre 22881,83 USD y 381363,75 USD.</p> <p>Congelación rápida Congelador IQF túnel criogénico Con la empresa RS Cryo Equipment, los precios varían entre 43221,23 USD y 76272,75 USD de acuerdo con la capacidad.</p> <p>Congelador IQF con flujo de aire: Capacidad: 500 kg/h Material: acero inoxidable Dimensiones: 11 x 3.2 x 2.8 m Costo aproximado: 57458,81 USD.</p>



Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Costo de equipos		<p>Control de estabilidad Voltaje: 24 v Corriente: 0,61kW</p> <p>Sistema de calentamiento Voltaje: 115 v Corriente: 4,5kW.</p> <p>Equipo 2 Tanque de inmersión ^{DT} Capacidad de residencia: 1000 a 4500 kg/h Tiempo de residencias: 1 a 5 min Empresa: Sormac B.V. Dimensiones: 1,7 x 2.0 x 1.8 cm Precio: Aprox. 25424,25 USD.</p> <p>Se requiere establecer adecuadamente el diseño del tanque para obtener los resultados esperados por el comerciante.</p> <p>Marmita con agitador Voltaje: 220 v Capacidad: 120 gal Marca: Caval Dotaciones Precio: 352,38 USD.</p>	<p>De acuerdo con la técnica de congelación, los costos pueden variar.</p> <p>Congelador convencional Modelo: congelador vertical LFB-1471PC Voltaje: 110v Capacidad: 1274 L Dimensiones: 1.4 x 0.79 x 2.1 m Marca: Citalsa Precio: Se puede diseñar el equipo, para almacenar 1 tonelada de producto llegando a un valor entre 22881,83 USD y 381363,75 USD.</p> <p>Congelación rápida Congelador IQF túnel criogénico Con la empresa RS Cryo Equipment, los precios varían entre 43221,23 USD y 76272,75 USD de acuerdo con la capacidad.</p> <p>Congelador IQF con flujo de aire: Capacidad: 500 kg/h Material: acero inoxidable Dimensiones: 11 x 3.2 x 2.8 m Costo aproximado: 57458,81 USD.</p> <p>Criocongelación: El costo aproximado en el mercado del nitrógeno es de 1,78 USD por litro, con el cual se pueden congelar aproximadamente 500 g de mora en bandejas de inmersión de acero inoxidable.</p> <p>Tanque de inmersión adaptado para la criocongelación Capacidad de residencia: 1000 a 4500 kg/h Tiempo de residencia: 1 a 5 min Empresa: Sormac B.V. Dimensiones: 1.7 x 2.0 x 1.8 cm Precio: Aprox. 25424,25 USD.</p> <p>Se requiere establecer adecuadamente el diseño del tanque para obtener los resultados esperados por el comerciante.</p>

Continúa



Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
<p>Costo de operación</p>	<p>El costo de operación se realizó conforme a las cotizaciones realizadas previamente, teniendo en cuenta el costo de la mano de obra especializada (1 solo empleado, para efectos del cálculo) y el consumo de energía.</p> <p>Equipo 1 Refrigerador IKON KB54R Operario-técnico de refrigeración (SMLV + subsidio de transporte 2019): 235,21 USD Costo de energía aproximado mensual: 438,71 USD Costo aproximado de operación: 673,92 USD</p> <p>Equipo 2 Refrigerador vertical WPV-2200 ACERO SD Costo de energía aproximado mensual: 438,71 USD Operario-técnico de refrigeración (SMLV + subsidio de transporte 2019): 235,21 USD Costo aproximado de operación: 699,34 USD</p>	<p>El costo de operación se calculó para llevar a cabo la elaboración de un recubrimiento comestible; conforme a las cotizaciones realizadas previamente y teniendo en cuenta el costo de la mano de obra especializada.</p> <p>Equipo 1 Banda transportadora de 5m, marmita volcable y fijas Caval, Sistema de operación electrostático. Operario-técnico (SMLV + subsidio de transporte 2019): 235,21 USD Costo de energía aproximado mensual: 438,71 USD Costo aproximado de operación: 673,92 USD</p> <p>Equipo 2 Tanque de inmersión DT Costo del equipo 2: no identificado para el proceso que se desea. Operario-técnico de refrigeración (SMLV + subsidio de transporte 2019): 228,82 USD Precio del consumo de agua en 1 mes para la fabricación del recubrimiento: 272,62 USD Costo aproximado de operación: 501,44 USD</p>	<p>El costo de operación depende del tipo de congelador y el tiempo de uso de los mismos, un congelador convencional con las especificaciones anteriormente mencionadas puede tener un costo de aproximadamente.</p> <p>Congelación convencional Congelador vertical Operario-técnico de refrigeración (SMLV + subsidio de transporte 2019): 235,21 USD Consumo de energía mensual: 762,73 USD Costo aproximado de operación: 997,94 USD</p> <p>Congelación rápida <i>Equipo de congelador IQF túnel criogénico:</i> Operario-técnico (SMLV + subsidio de transporte 2019): 235,21 USD Consumo de energía mensual: \$646.735 Costo aproximado de operación: Entre 399,64 USD <i>Equipo de congelador IQF con flujo de aire</i> Operario-técnico (SMLV + subsidio de transporte 2019): 235,21 USD Consumo de energía mensual: 240,70 USD Costo aproximado de operación: 475,91 USD Por otra parte, los congeladores “IQF” pueden tener costos de operación de aproximadamente COP 6’000.000 en caso de estar en constante funcionamiento, pero este es un proceso que requiere menor tiempo, por lo cual los costos de operación en consumo de energía pueden ser menores.</p> <p>Criocongelación Nitrógeno para 1 tonelada: 3559,40 USD Operario-técnico (SMLV + subsidio de transporte 2019): 235,21 USD Consumo de energía mensual: 254,24 USD Costo aproximado de operación: 4048,85 USD</p>



Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
<p>Facilidad de transferencia tecnológica</p>	<p>El uso de un equipo de refrigeración como alternativa para elaborar un producto mínimamente procesado es económicamente factible, pero el tiempo de vida útil del producto no es alto. De acuerdo con la información de costos recolectada y la facilidad de uso de estos equipos en Colombia, esta tecnología puede ser una buena alternativa. Sin embargo, se podrían presentar contaminaciones microbianas, un aspecto negativo para el comerciante en la oferta de su producto.</p>	<p>El uso de varios equipos para elaborar un recubrimiento comestible para un producto mínimamente procesado y su conservación en un ambiente rural resulta poco factible, tanto en términos económicos como ambientales. Por otra parte, a pesar de que el manejo de los equipos es sencillo, las instalaciones requieren de mayor complejidad estructural. También entra en juego el acceso por vía terrestre a los lugares de producción con este tipo de equipos y el mantenimiento periódico de estos equipos, así como de los insumos para la elaboración del recubrimiento comestible, de acuerdo con las condiciones óptimas. En consecuencia, no es una técnica de conservación adecuada, entre otros aspectos, por criterios microbiológicos relacionados con el recubrimiento en su interacción con la fruta o su alteración en diferentes ambientes.</p>	<p>En Colombia existen muchas compañías que trabajan con diseño de equipos de congelación. Estos equipos son diseñados según los requerimientos de los clientes, por lo que hay mucha facilidad de transferencia tecnológica. A pesar de que su costo puede ser elevado, las ganancias, principalmente por la duración del producto, hacen que lo invertido se recupere en poco tiempo.</p>
<p>Impacto ambiental</p>	<p>Calentamiento atmosférico</p>	<p>Se produce material particulado, ruido de los equipos, generación de residuos sólidos, consumo de recursos hídricos y aumento del DQO Y DBO.</p>	<p>Calentamiento atmosférico</p>

Continúa



Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Oportunidad de mercado y posibilidad de comercialización	Se observa una cantidad de productos refrigerados considerables en el mercado, pero este método no es apropiado para extender la vida útil de un alimento con alto contenido de agua, como lo son las frutas. Las frutas refrigeradas se deben consumir en poco tiempo y antes de iniciar su degradación.	No se observa esta técnica en el mercado de productos de bajo costo para el productor. Hay que tener en cuenta varios detalles para obtener un buen resultado con esta técnica, por ejemplo, no es independiente de otro proceso, posiblemente refrigeración, para asegurar la inocuidad del alimento. Es una técnica aplicada en diferentes frutas y vegetales, pero su aplicación afecta la madurez del producto, por lo cual no entraría completamente en la categorización de producto no procesado o fresco para infrutescencias, al que pertenece la mora.	Los productos congelados entran en la categoría de productos mínimamente procesados, por lo que se cuenta con una gran oportunidad de incursionar en mercados internacionales, donde, en la actualidad, estos productos son apetecidos. Por otra parte, la congelación permite que los productos conserven sus características fisicoquímicas durante un largo período de tiempo, lo que posibilita su comercialización.
Conclusión	No apto para obtener un producto fresco que se preserve por largo tiempo.	No apto para obtener productos mínimamente procesados de bajo costo, incluyendo su alto impacto ambiental negativo, y de fácil obtención.	Ofrece la alternativa de obtener un producto con las características del fresco, por lo cual favorece la preservación del alimento por un tiempo prolongado.

*El valor que se designa es solo para el primer mes y/o individual si se refiere a un empleado. Los valores pueden cambiar dependiendo del diseño del equipo entre otros aspectos.

Fuente: elaboración propia.

La tabla anterior muestra que la congelación es uno de los métodos más populares y eficientes de conservación de los alimentos, por lo que se decide trabajar con este método de conservación.

Un producto sometido a congelación rápida puede considerarse un producto mínimamente procesado, y el tamaño de los cristales formados durante el proceso es pequeño, lo



que permite conservar las propiedades del alimento durante un período significativo de almacenamiento a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. A pesar de que la inversión inicial puede ser alta, se consideró que la obtención de una relación costo-beneficio adecuada para obtener un producto mínimamente procesado y, hasta cierto punto, auto sustentable se logra si se realiza una buena capacitación a personal estratégico entre los agricultores.

Selección del proceso para polvo de mora

Algunas de las oportunidades que tiene la cadena de la mora de Castilla están relacionadas con la investigación, innovación y transferencia tecnológica, así como en el ámbito de la agroindustria y la exportación. Por lo tanto, con el fin de realizar un aporte desde la academia, se realizó una búsqueda de información científica: artículos y patentes, con el propósito de conocer la actividad científica alrededor de la mora a nivel mundial en la industria de alimentos, enfocando esta búsqueda en mora procesada en polvo, de acuerdo con los resultados presentados en el entregable de la actividad 1. Posteriormente, se realizó un análisis comparativo de alternativas de secado de mora, teniendo en cuenta las tecnologías más usadas que arrojó la búsqueda de patentes. Algunas palabras clave de búsqueda fueron: mora, *blackberry*, polvo, *powder*, bayas, *berries*, producción, *production*, entre otras.

Artículos científicos asociados a polvo de mora

Para desarrollar la búsqueda de artículos científicos relacionados con polvo de mora, se utilizaron tres grupos de palabras clave. El primero se relaciona con dos nombres comunes en inglés, el nombre común en español y el nombre científico de la fruta: *berries* y *blackberry*, mora, *rubus glaucus benth*; el segundo corresponde a la forma del producto: *powder*, *flour*; y el tercero se relaciona con el método de secado: *forced-convection*, *dryer-trays*, *convection-drying*). El uso de estas palabras clave permitió la creación de diversas ecuaciones de búsqueda en la base de datos Scopus, en la que se obtuvieron los siguientes resultados.

Principales organizaciones, instituciones y empresas

Las principales organizaciones, instituciones y empresas que han investigado sobre elaboración de polvo de mora, como se observa en la figura 15, han sido: en primer lugar, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), con 12 artículos, que se enfocan principalmente en el área de agricultura; en segundo lugar, la Universidad Estadual de Campinas (Unicamp, São Paulo, Brasil), con 8 artículos, enfocados, debido a que se trata de una institución educativa pública, en ciencia y tecnología; y en tercer lugar, el Servicio de Investigación Agrícola del USDA (ARS, Washington DC), con 7 artículos publicados, este es una de las cuatro agencias en el USDA con principal enfoque en la agricultura.

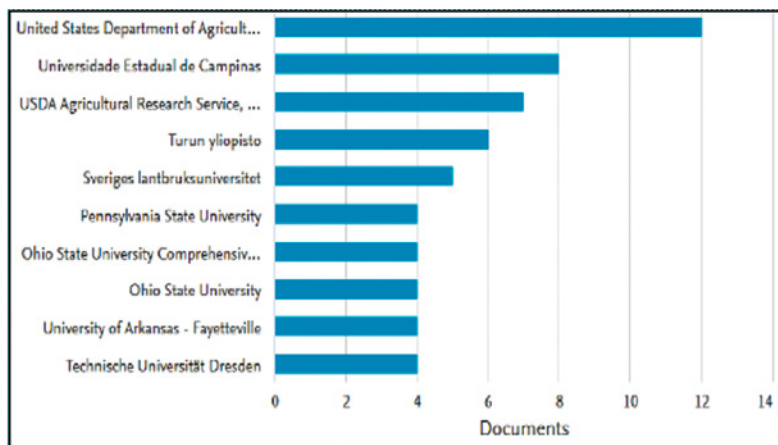


Figura 15. Principales organizaciones (universidades/facultades/institutos) que han investigado sobre polvo de mora

Fuente: Scopus (2019).

Principales autores

Los principales autores o autores líderes en el tema se relacionan en la figura 16, en la que se muestra la participaci3n destacada de Prior, R.L, quien es profesor del Departamento de los Alimentos en la Universidad De Arkansas-Fayetteville, en Estados Unidos, y quien ha publicado 11 artículos.

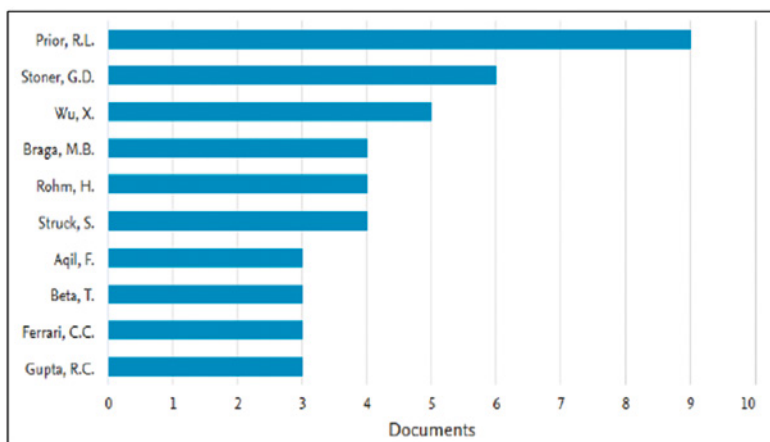


Figura 16. Principales autores de artículos relacionados con elaboraci3n de polvo de mora

Fuente: Scopus (2019).

Principales países

Con relaci3n a los países líderes en investigaci3n sobre el polvo de mora, en la figura 17 se puede observar que se presentaron 7 grupos, dentro de los cuales los más destacados son el grupo liderado por Estados Unidos, con 63 artículos publicados e investigaciones



conjuntas con México, India, Colombia, Finlandia, Reino Unido, Brasil, Italia, Alemania, Suiza, China y Canadá; y el grupo liderado por Brasil, con 22 artículos publicados (4 de 2019) e investigaciones conjuntas con Colombia, Estados Unidos, Canadá, España, Finlandia e Italia. Brasil es el país con mayor número de artículos publicados recientemente.

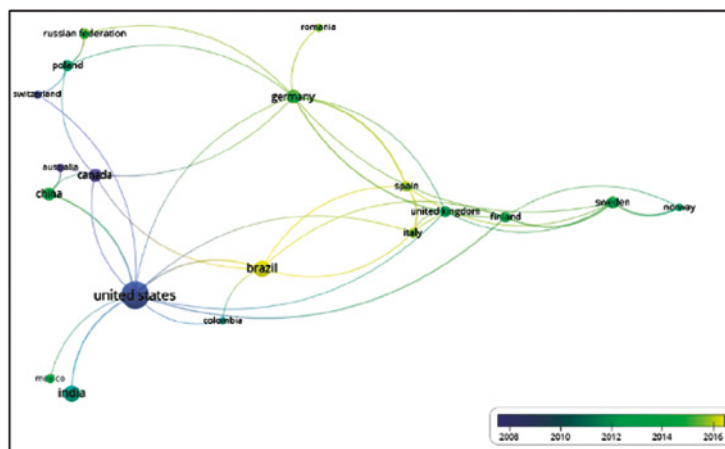


Figura 17. Países líderes en investigación sobre polvo de mora

Fuente: elaboración en vosviewer (2019); datos: Scopus (2019).

En la figura 18 se presentaron 3 grupos temáticos relacionados con el polvo de mora. El primero, y el más amplio (color verde), liderado por la palabra clave *fruta*, que se relaciona con química, metabolismo, animales y extracto de planta. El segundo (color azul) liderado por la palabra clave *estudio controlado*, que incluye también macho, hembra, adulto y humanos. Y el tercer grupo (color rojo) liderado por la palabra clave *antocianinas*, que se relaciona con fruta, secado por pulverización, polvo, baya, secado en frío, antioxidantes y alto rendimiento. A partir de lo anterior, se determinó que las palabras clave del grupo 3 (rojo) son las que presentan mayores similitudes con el tema en investigación.

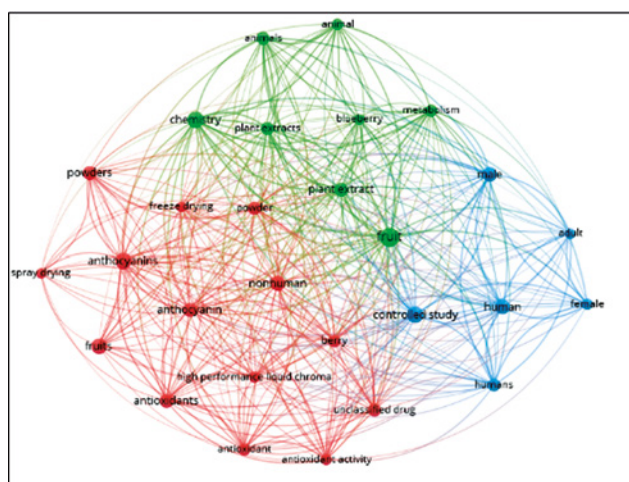


Figura 18. Co-ocurrencia de palabras clave relacionadas con la investigación sobre polvo de mora

Fuente: elaboración en vosviewer (2019); datos: Scopus (2019).



La figura 19 identifica las palabras clave utilizadas con mayor frecuencia, a partir de 2016, en investigaciones sobre la elaboración de polvo de mora. Dentro de ellas encontramos: polvo, antocianinas, secado por pulverización, frutas, antioxidantes y secado en frío.

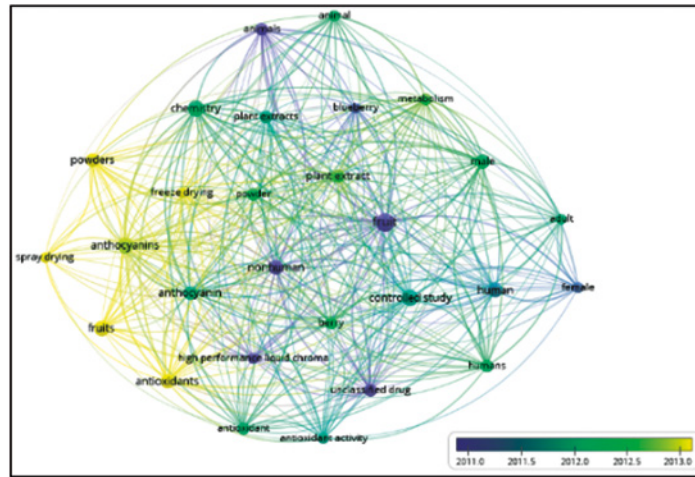


Figura 19. Co-ocurrencia de palabras clave relacionadas con la investigación sobre polvo de mora y año en que fue empleada

Fuente: Elaboración en vosviewer (2019); datos: Scopus (2019).

Artículos por área de investigación

De acuerdo con las áreas en que se ha trabajado la investigación acerca de la elaboración de polvo de mora, se observa en la figura 20 que las ciencias agrícolas y biológicas, con un 29,4 % (143 artículos), seguidas por la química, con un 13,6 % (66 artículos), son las áreas dominantes en la investigación sobre este tema.

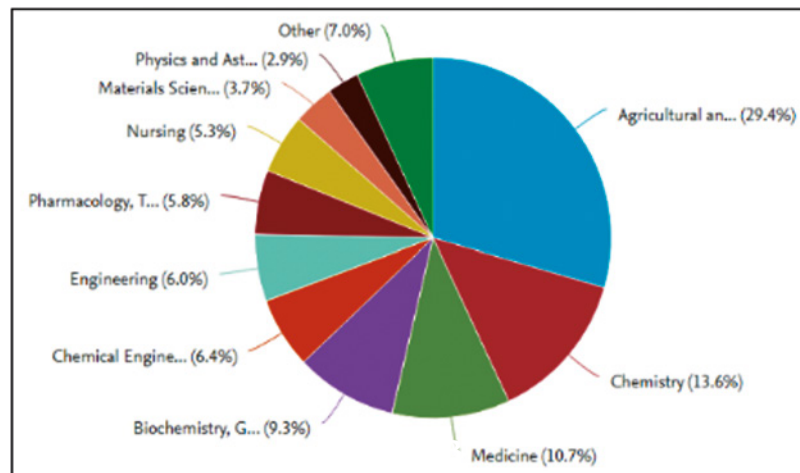


Figura 20. Artículos por áreas de investigación acerca de la elaboración de mora en polvo
Fuente: Scopus (2019).



Patentes relacionadas con polvo de mora

Ciclo de vida

En la figura 21 se muestra que el producto (polvo de mora) ha sido estudiado desde 1997. Su actividad de patentamiento ha sido variable, sin embargo, ha estado vigente y susceptible a nuevas invenciones.

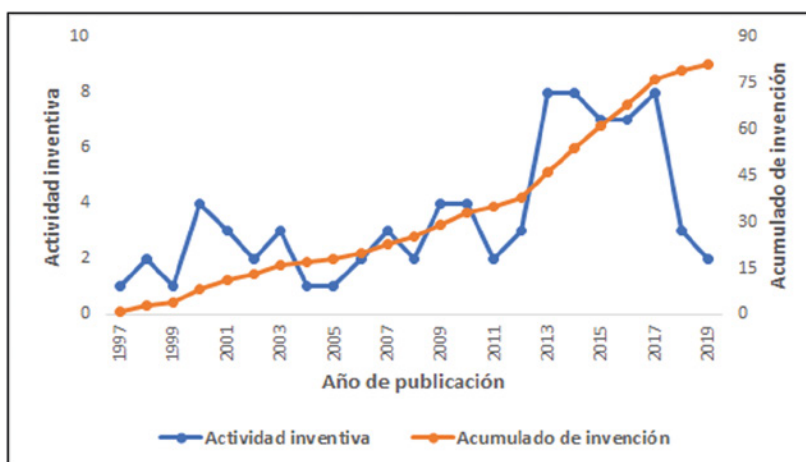


Figura 21. Ciclo de vida de la invención en número de familias de patentes por año

Fuente: elaboración propia con base en Orbit (2019).

En general, todas las familias de patentes han estudiado la producción de polvo de mora, sin embargo, los métodos de elaboración son diversos. En las diferentes invenciones podemos encontrar métodos como liofilización, extrusión, atomizador ultrasónico, secado por aspersión, secado al vacío, secado con aire caliente, entre otras tecnologías. La mayoría obtienen como producto final un polvo fino que puede ser utilizado para variados fines.

Estado legal

En la figura 22 se observa el estado legal de las familias de patentes encontradas, se evidencia que cerca del 61 % están pendientes de aprobación, el 16 % han caducado, el 16 % fueron concedidas y el 7 %, revocadas.

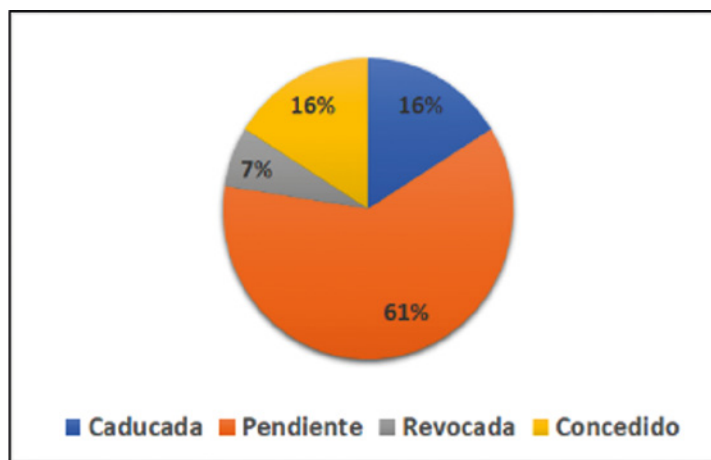


Figura 22. Estado legal de las familias de patentes

Fuente: elaboración propia con base en Orbit (2019).



Se resalta de esta estadística que la mayoría de las invenciones aún se encuentran en estudio, lo que muestra que, aunque se han realizado investigación acerca de producción de mora en polvo, muy pocas están patentadas; además del porcentaje que se encuentra caducado o que fue revocado, lo que deja tan solo un 16 % de patentes concedidas. Este resultado muestra una oportunidad para desarrollar métodos de elaboración de este producto que sean susceptibles de patentamiento.

Campos de investigación

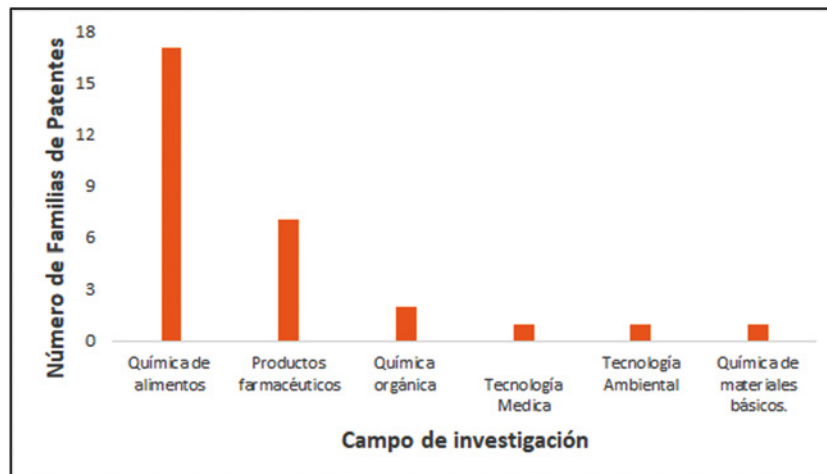


Figura 23. Campos de investigación en número de familias de patentes

Fuente: elaboración propia con base en Orbit (2019).

En la figura 23 se relacionan los campos de ciencia y tecnología en los que se encuentran las patentes para la elaboración de polvo de mora. El campo de la química de alimentos, productos farmacéuticos y química orgánica son los principales campos de investigación para la elaboración de polvo de mora, adicionalmente son los que tienen la oportunidad de patentamiento. Es importante mencionar que los desarrollos futuros están direccionados a un producto elaborado 100 % de fruta y/o vegetal, es decir, sin sabores artificiales, pigmentos u otros aditivos, ya que es mejor valorado en el mercado, para ser utilizado como ingrediente de productos tales como dulces, pasteles, galletas, pan, entre otros, lo que puede mejorar la estructura nutricional de los productos, así como hacerlos mejores en términos de color, aroma y sabor (Kang Med, 2019a y 2019b).

Por otra parte, es de esperarse que el campo farmacéutico se encuentre interesado en desarrollar productos que en su proceso de elaboración contengan polvo de mora, ya que los múltiples beneficios de esta fruta la hacen un alimento apetecido. El contenido de vitamina E y antioxidantes naturales ayuda a proteger el corazón y evita la acumulación de grasas en las paredes arteriales, por este motivo, también reduce el riesgo de contraer



arteriosclerosis. Esta fruta previene el cáncer. Además de que, por contener vitamina A, contribuye a mejorar la vista y a aliviar síntomas de fatiga ocular; por tener vitamina C beneficia el sistema inmune, reforzando las defensas; y, finalmente, por contener minerales como el zinc y el magnesio aporta fibra dietaria, lo que facilita el tránsito intestinal, entre otros beneficios.

Actividad inventiva por países

En la figura 24 se observan los países (China, Rusia, entre otros) que lideran las investigaciones sobre producción de polvo de mora por distintos métodos.



Figura 24. Actividad inventiva
Fuente: elaboración propia con base en Orbit (2019).

Como se puede observar en la figura 24, China es uno de los países que lidera las investigaciones de producción de polvo de mora para diferentes usos y por medio de diferentes tecnologías. China va a pasos acelerados para convertirse en la primera potencia científica del mundo. Este gigante invierte USD 400.000 millones en ciencia. El país asiático publicó 426.000 estudios en 2016, una cifra que arrebató el primer lugar a EE. UU. que llegó a 409.000 y es el quinto país de donde provienen. Sin embargo, no se puede afirmar que China es ahora el nuevo líder, pues las variables que entran en juego a la hora de hacer ese análisis son múltiples y no pueden reducirse a un único indicador, a saber, las publicaciones (El espectador, 2018).

Solicitantes líderes

En la tabla 13 se muestra que los solicitantes de patentes líderes son universidades e instituciones. China apuesta fuertemente por la ciencia y la tecnología.

**Tabla 13.** Solicitantes de patentes líderes

	<p>JAAS es una de las instituciones de investigación de medicina agrícola /veterinaria más grandes y antiguas de China. Es financiada y administrada directamente por el gobierno provincial de Jiangsu. Con el objetivo de desarrollar la tecnología y la economía rural en Jiangsu y China, el compromiso de JAAS, incluida la investigación básica y aplicada, así como el servicio de extensión, es promover la producción de alimentos y fibra, proteger los recursos naturales, mejorar la calidad de los alimentos y la vida de todos los chinos (JAAS, 2019).</p>
	<p>La Universidad de Jiangnan aspira a contribuir al establecimiento de China como una nación innovadora. Participa activamente en la construcción de sistemas de innovación nacionales y regionales. Como cuna, y uno de los pilares principales, de la industria ligera de China, el Laboratorio Nacional Clave de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad de Jiangnan, aprobado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, es el único de su tipo en China. Existen otras 7 plataformas de investigación científica a nivel estatal, como el Laboratorio Nacional de Ingeniería de Tecnología de Fermentación de Cereales y el Centro Nacional de Investigación de Ingeniería de Alimentos Funcionales (Jiangnan University, 2019).</p>
<p>Jiangsu Minghao Biotecnología Co. Ltd</p>	<p>La consolidación de las capacidades de desarrollo de productos de la compañía es un gran aporte para el progreso tecnológico de la industria.</p> <p>La provincia de Jiangsu, los agricultores expertos, científicos y otros organismos han desarrollado conjuntamente tecnología patentada para la preservación y procesamiento del fruto de la mora, las semillas de mora y otros nutrientes, con el fin de mejorar significativamente el proceso de producción.</p>

Fuente: elaboración propia.

Patentes destacadas

A continuación se muestran cuatro patentes relacionadas con la invención de polvo de mora junto a la opinión de un experto acerca de ella.

1	Número de publicación CN101849655
Título: Preparation method of blackberry active freeze-dried whole powder	
Título: Método de preparación del polvo entero liofilizado activo de mora	
Países de publicación: China	
Solicitante: Jiangsu Academy of Agricultural Sciences	
Estado legal: retiro de la solicitud de patente después de la publicación	
Uso en Colombia: activa	



Contenido técnico:

la invención se refiere a una tecnología para producir polvo liofilizado de mora entera utilizando un método de congelación al vacío que selecciona frutas de mora como material básico, utiliza agua limpia para adaptarse a las técnicas de proceso tales como limpieza por ultrasonidos, congelación previa, sublimación, análisis y secado, molienda, envasado y obtención de un producto terminado y similares. Se obtiene el polvo liofilizado de mora entera. El polvo liofilizado de mora entera se puede usar como material para alimentos como cápsulas, jaleas de frutas, mermelada de frutas y jugos, entre otros. La invención controla que la temperatura más alta del tratamiento no sea superior a 50 °C en todo el proceso de producción del polvo liofilizado de mora entera. Puede mantener el color, el sabor, el valor nutricional y las sustancias funcionales activas termosensibles del resto. El polvo liofilizado de mora entera puede, simultáneamente, hacer que el producto tenga un período de garantía de calidad más prolongado y realizar la producción a nivel industrial.

Opinión del profesional: la invención presenta una alternativa de procesamiento con una tecnología utilizada en algunas industrias del país. Las condiciones de proceso favorecen la calidad nutricional, por lo cual el producto final garantiza que el consumidor se beneficie de las mismas propiedades de la mora y, en general, de los frutos rojos tan apetecidos. La desventaja es que la tecnología no es tan asequible, por lo cual es importante que el Gobierno y la industria apoye este tipo de implementaciones en las asociaciones de mora, ya que solucionan problemas como la pérdida de mora en poscosecha, debido a que es altamente perecedera, y permiten al agricultor aprovechar toda la cosecha de mora y aumentar la productividad.

Más información:

https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=0&ND=4&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20101006&CC=CN&NR=101849655A&KC=A

2	Número de publicación CN101715860B
Título:	Blackberry bag fruit tea and preparation method thereof
Título:	Bolsa de zarzamora té de frutas y su método de preparación
Países de publicación:	China
Solicitante:	Huaihai Institute of Tecnhnology
Estado legal:	terminación del derecho de patente o modelo de utilidad
Uso en Colombia:	activa
Contenido técnico:	la invención describe el té de fruta en bolsa de mora, el cual se caracteriza por estar preparado a partir de 100 partes de polvo de mora y 1-45 partes de edulcorante en partes en peso, también se pueden agregar 4-180 partes de polvo de té negro. El polvo de mora se prepara preferiblemente mediante los siguientes pasos: tomar una mora fresca, romper las drupas de la mora usando el método de extrusión-despulpado, pulverización, centrifugación, congelación o escaldado. Luego secar la mora hasta que el contenido de agua sea inferior al 10 %; y, finalmente, aplastar la mora seca para obtener la granularidad de 10-80 mallas para obtener el polvo de mora. La invención también proporciona un método de preparación del té de frutas en bolsa de mora. En la preparación de la bolsa de zarzamora, el té de frutas, la mora en polvo y el edulcorante se utilizan como materiales, también se puede agregar polvo de té negro, por lo que la bolsa de mora tiene un aspecto atractivo y un sabor específico, así como las funciones de cuidado de la salud para refrescar y eliminar fatiga, promoviendo la producción de fluidos corporales, reduciendo el calor, retrasando el envejecimiento, ayudando a perder peso, combatiendo el cáncer, resistiendo la radiación, entre otros beneficios. El método de preparación del polvo de mora puede garantizar que el color de la mora en el proceso sea estable y que los componentes nutricionales de la mora se puedan almacenar al máximo.

Continúa



Opinión del profesional: esta invención propone una alternativa atractiva para el mercado en cuanto al uso del polvo de mora, ya que el cultivo de mora necesita ser aprovechado en su totalidad para disminuir las pérdidas poscosecha, por lo tanto, este té en bolsa, el cual tiene un sabor agradable y es, sobre todo, saludable, se convierte en una posibilidad de mercado para los agricultores. La metodología utilizada para su elaboración involucra tecnologías disponibles en el país.

Más información:

https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=0&ND=6&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20100602&CC=CN&NR=101715860A&KC=A

3	Número de publicación CN105747151A
Título:	Preparation method of pure fruit and vegetable powder
Título:	Método de preparación de polvo puro de fruta y verdura
Países de publicación:	China
Solicitante:	Universidad Jiangnan
Estado legal:	activa
Uso en Colombia:	disponible
<p>Contenido técnico: la invención proporciona un método de preparación de polvo de fruta y verdura pura que pertenece al campo técnico del procesamiento de alimentos. El polvo de fruta y verdura puro se prepara tomando frutas y verduras como materias primas, despulpando, concentrando y homogeneizando sin agregar ningún agente de secado, rociando y secando a través de un atomizador ultrasónico, que no es igual a un atomizador convencional. Los defectos en la técnica anterior se superan adoptando el atomizador ultrasónico para reemplazar un atomizador de presión, centrífugo o de flujo de aire, con lo que se soluciona completamente un problema de bloqueo de la boquilla. La pulverización y el secado pueden llevarse a cabo directamente sobre pulpa de fruta o jugo de fruta sin agregar ningún agente de secado. Las gotas de líquido obtenidas por atomización ultrasónica son pequeñas en el diámetro del grano y uniformes en la granulometría, por lo que se evita que los materiales se peguen en una pared al reducir la temperatura de entrada de aire y el rendimiento del polvo se mejora notablemente. Esto resulta muy relevante, pues cuando se obtiene el polvo de fruta y verdura de alta pureza y alta calidad, el costo se reduce.</p>	
<p>Opinión del profesional: esta invención es altamente probable que pueda ser implementada y patentada en el país, ya que, además de garantizar excelente calidad nutricional y fisicoquímica del producto en polvo final, permite que el polvo pueda ser producido sin ningún agente de secado. Por lo general, estos agentes de secado también sirven de relleno en la elaboración de productos en polvo. Esta patente es versátil, ya que aplica para frutas y verduras en general. Adicionalmente, no es costosa y este factor favorece a los posibles inversionistas.</p>	

Más información:

https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=0&ND=4&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20160713&CC=CN&NR=105747151A&KC=A



4	Número de publicación KR20140125204A
Título: Method for manufacturing red ginseng slices coated of fruit powder	
Título: Método para la fabricación de rodajas rojas de ginseng recubiertas de polvo de fruta	
Países de publicación: Corea del sur	
Solicitante: Choi, Sun Yim	
Estado legal: decisión de prueba de apelación contra la decisión de declinar el rechazo solicitado	
Uso en Colombia: disponible	
Contenido técnico: la presente invención se aplicó al polvo de fruta que tenía unas rodajas de ginseng rojo secadas y preparadas para que los fragmentos de ginseng rojo se sintieran con el sabor y la nutrición de la fruta. Las frutas utilizadas en la fruta en polvo son arándanos, moras, kiwi, cerezas, fresas, pero también se producen a partir de bananas, piñas, caquis, mandarinas, manzanas, naranjas, cítricos, peras, melocotones, etc. Por lo tanto, las rodajas de ginseng que se fabrican con los recubrimientos de polvo de frutas buscan no solo resaltar el sabor y el aroma de la fruta, sino también a aportar nutrientes como el fósforo y la vitamina C presentes en otras frutas. La fruta cruda, lavada y cortada es secada mediante secado con aire caliente, secado al vacío o secado por congelación.	
Opinión del profesional: la invención presenta tres tecnologías para fabricar polvo de diferentes frutas, entre ellas la mora, y en todos los desarrollos el producto final tiene las características óptimas para la utilización como ingrediente para diferentes fines, lo que indica que el polvo de mora tiene diversas formas de fabricación y diferentes tecnologías, las cuales han sido estudiadas, desarrolladas y patentadas, así mismo cuenta con un campo amplio de usos, además de ser muy apetecida por sus aportes nutricionales y características organolépticas, como el olor y sabor.	

Más información:

https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=0&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20141028&CC=KR&NR=20140125204A&KC=A

Alternativas tecnológicas para la selección del proceso de obtención de polvo de mora

De acuerdo con los resultados obtenidos en la búsqueda de patentes y artículos, se realiza un análisis comparativo de tecnologías para realizar el secado de la mora y la producción de polvo por liofilización, atomización por ultrasonido y secado en bandejas por convección. Para la evaluación de cada tecnología de secado, se tuvieron en cuenta *los mismos criterios* previamente mencionados en “Alternativas tecnológicas para la selección del proceso de mora fresca (mínimamente procesada)”, tales como disponibilidad y costo de equipos, costo de operación, facilidad de transferencia tecnológica, cuatro criterios de impacto ambiental: atmósfera, suelos, recursos hídricos y recursos energéticos, y oportunidad de mercado y posibilidades de comercialización.

Con la información obtenida en el desarrollo de esta actividad, se espera obtener una adecuada selección del proceso que conserve en el tiempo las propiedades características



de un producto seco en polvo a partir de mora de Castilla y, a su vez, que sea considerado un producto versátil para diferentes usos en la industria alimentaria.

Alternativa 1: liofilización

La liofilización es el proceso de secado reconocido por la preservación óptima de las cualidades del producto original. Se basa en la sublimación del agua presente en el alimento, reduciendo al mínimo el arrastre de sustancias y el daño a la estructura del producto, las cuales se afectan en gran medida durante los procesos de secado convencionales (Viteri y Cornejo, s.d).

El proceso de transformación consiste en elaborar una pulpa de mora, congelarla, introducir el producto congelado en una cámara y realizarle vacío rápidamente. Debido a la disminución de presión, la temperatura baja aún más y comienza la eliminación del agua en forma de vapor. Para lograr el polvo de mora, se realiza molienda, tamizado y, finalmente, el empaque del producto (Viteri y Cornejo, s.d).

Alternativa 2: atomizador ultrasonido

Las vibraciones ultrasónicas pueden crear gotas muy finas. Durante la pulverización ultrasónica, el tamaño y la distribución de las gotas se pueden controlar con precisión para que se puedan vaporizar las gotitas y partículas muy pequeñas. De este modo, se producen partículas con una gran superficie. La técnica de pulverización ultrasónica se implementa en diversas ramas industriales para múltiples aplicaciones. Las boquillas de pulverización ultrasónicas crean alta oscilación y es de este modo que son capaces de producir gotitas extremadamente finas, que también se conoce como “niebla seca” (Hielscher, 2020).

El secado por atomización ultrasónica es una técnica muy eficiente y suave que permite altos rendimientos, debido a que es muy eficaz para los materiales sensibles al calor. Además, promueve la capacidad de procesamiento, ya que conduce a una evaporación más rápida de los líquidos. En la industria alimentaria, la pulverización ultrasónica se utiliza para pulverización de polvos, por ejemplo, café, leche, suero de leche y otros polvos (Hielscher, 2020).

El proceso de transformación consiste en despulpar la mora, concentrarla y homogeneizarla sin agregar ningún agente de secado, posteriormente se seca a través de un atomizador ultrasónico. Los defectos en la técnica anterior se superan adoptando el atomizador ultrasónico para reemplazar un atomizador de presión, centrífugo o de flujo de aire, con lo que se soluciona completamente el problema de bloqueo de la boquilla. La pulverización y el secado pueden llevarse a cabo directamente sobre pulpa de fruta o jugo de fruta sin agregar ningún agente de secado. Las gotas de líquido obtenidas por atomización ultrasónica son



pequeñas en el diámetro de partícula y uniformes en la granulometría, por lo que se evita que los materiales se peguen en una pared al reducir la temperatura de entrada de aire y el rendimiento del polvo se mejora notablemente. Esto resulta relevante, pues cuando se obtiene el polvo de fruta y verdura de alta pureza y alta calidad, el costo se reduce.

Alternativa 3: secador de bandejas con aire caliente con pretratamiento

El secado convectivo con aire caliente es uno de los procesos de deshidratación más utilizados para la conservación de frutas y en la actualidad se utiliza combinado con pretratamientos como la deshidratación osmótica (ósmosis), el escaldado o la impregnación a vacío, a fin de aumentar la calidad del producto deshidratado y reducir el tiempo de secado (Muñiz *et al.*, 2013).

El proceso de secado en bandejas con aire caliente requiere que se realice primero un pretratamiento de escaldado a la mora, luego se la despulpe, con el fin de separar la semilla, y se coloque la pulpa en bandejas. Las bandejas se ingresan a un secador por convección forzada a una temperatura del aire de 60 a 80 °C por un tiempo de 10 a 18 h de secado. A continuación, se muele en un pulverizador, se tamiza y se empaca. Este método se realiza con mora 100 % y no requiere de la adición de aditivos.

El escaldado como una etapa de pretratamiento al secado convectivo favorece el proceso de transformación del fruto en tres aspectos: el primero es la inactivación de enzimas, contribuyendo a la conservación del producto; el segundo es la limpieza y eliminación de patógenos superficiales; y el tercero es el aumento del rendimiento en el despulpado, entre otros beneficios, como la potencialización de características organolépticas como color, sabor y aroma.

Etapas en común para las 3 alternativas de secado




Despulpado: eliminación de semillas

Molienda y tamizado: la producción de polvo de frutas y verduras generalmente se deshidrata y luego se pulveriza aún más. Debido al refinamiento ultrafino de las partículas, dado que tiene ventajas significativas, tales como mejora las propiedades físicas como la dispersabilidad, la solubilidad en agua, la adsorción y la afinidad del polvo de frutas y verduras, es más conveniente de usar, el componente nutritivo es más fácil de digerir y el sabor es mayor (Kang Med, 2018a).

A continuación, se presenta en la tabla 14 la evaluación de los criterios anteriormente mencionados para las tres alternativas de secado para mora de Castilla.



Tabla 14. Alternativas de procesamiento de polvo de mora de Castilla

Crterios	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3																
Disponibilidad de equipos	<p>Liofilizador (Alibaba, 2020b)</p>  <p>FDF20</p>	<p>Atomizador ultrasonido (Alibaba, 2020a)</p> 	<p>Horno de bandejas (Alibaba, 2020c)</p>  <p>HG-3</p>																
Costo de equipos	<p>Equipo: liofilizador menor capacidad *Modelo: GFD *Capacidad de deshidratación: 12kg/h *Vacío: 13,3 pa *Energía: 21 Kw *Costo: COP 99.000.000 (USD 25.143) *País: EE. UU.</p> <p>Equipo: Liofilizador 2. *Precio: COP 196.870.545-275.618.764 (USD 50.000-70.000) *Modelo: FDF20 *Capacidad: 400 kg/B *Voltaje: 380v *Potencia: 70 Kw *Lugar de origen: China.</p>	<p>Equipo: UIP500hdt: sistemas PA industriales a pequeña escala *Potencia ultrasónica: (1 Kw, 20kHz) *Caudal: 0,5-3,0m³ día *Funcionamiento: (24 h / 7 días) *Costo: COP 3.300.000-4.950.000 (\$838-1257 USD).</p> <p>Equipo: UIP16000: procesador ultrasónico más potente *Potencia ultrasónica: (16 Kw, 18kHz) *Caudal: 0,2-50m³ hora *Funcionamiento: 24 horas del día *Costo: COP 94.000.000 (USD 23.873) *Lugar de origen: EE. UU.</p>	<p>Equipo de pretratamiento: escaldador *Costo: COP 11.812.000 *Capacidad: 100 a 300 L</p> <p>Equipo de secado: horno de bandejas *Costo: COP 13.780.938-39.374.109 (USD 3500-10.000)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Modelo</th> <th>Número de bandejas</th> <th>Potencia (Kw)</th> <th>Capacidad (kg/8 h)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HG-1</td> <td>24</td> <td>9</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>HG-2</td> <td>48</td> <td>12</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>HG-3</td> <td>96</td> <td>18</td> <td>200</td> </tr> </tbody> </table> <p>**Voltaje: 380v-220v *Lugar de origen: China.</p>	Modelo	Número de bandejas	Potencia (Kw)	Capacidad (kg/8 h)	HG-1	24	9	50	HG-2	48	12	100	HG-3	96	18	200
Modelo	Número de bandejas	Potencia (Kw)	Capacidad (kg/8 h)																
HG-1	24	9	50																
HG-2	48	12	100																
HG-3	96	18	200																
<p>Equipos en común: despulpadora, molino y tamices. *Despulpadora 1: capacidad 200 a 500 kg/h. Costo: COP 4.180.000. Voltaje: 110v. Potencia (motor): 1.5HP. Tamiz uno: para despulpar frutas con semilla pequeña uva, mora, tomate, fresa, lulo, tomate, Fresa. Tamizados: para despulpar mango, piña, guanábana, otras. País de origen: Colombia. *Despulpadora 2: capacidad: 1.000kg/h. Costo: COP 16.550.000. Potencia (motor): 5.0 HP. Cualquier tipo de fruta, incluyendo frutas de alta dificultad. País: Colombia. *Molino micropulverizador industrial: Costo: COP 20.000.000. Potencia (motor): 10.0 HP. País: Colombia. *Tamices: COP 35.000.000. *Costo en común (parcial): COP 71.550.000.</p>																			



Criterios	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
<p>Costo de operación*</p>	<p>Equipo: liofilizador menor capacidad Costo en común: COP 71.550.000 Costo del equipo: COP 99.000.000 (SMLV + subsidio de transporte 2019): COP 925.148 Costo de consumo de energía aproximado: Costo kw/h = $675 \text{ COP} * 21 \text{ Kw} = \text{COP } 10.206.000$ mes Costo aproximado de operación: COP 181.861.14 Costo aproximado de operación USD 46.142.</p>	<p>Equipo: UIP500hdT: sistemas PA industriales a pequeña escala (piloto). Costo en común: COP 71.550.000 Costo del equipo: COP 4.950.000 (SMLV + subsidio de transporte 2019): COP 925.148 Costo consumo de energía aproximado: Costo kw/h = COP $675 * 1 \text{ Kw} = \text{COP } 486.000$ mes Costo aproximado de operación: COP 47.091.148 Costo aproximado de operación USD 12.004.</p>	<p>Costo en común: COP 71.550.000 Costo Equipo 1: escaldador: COP 11.812.000 Costo Equipo 2: Horno de bandejas: COP 39.374.109 (SMLV + subsidio de transporte 2019): COP 925.148 Costo de consumo de energía aproximado: Costo kw/h = COP $675 * 18 \text{ Kw} = \text{COP } 8.748.000$ mes Costo aproximado de operación: COP 132.409.148 Costo aproximado de operación USD 33.228.</p>
	<p>Equipo: liofilizador mayor capacidad Costo en común: COP 71.550.000 Costo del liofilizador: COP 275.618.764 (SMLV + subsidio de transporte 2019): COP 925.148 COP $675 * 70 \text{ Kw} = \text{COP } 34.020.000$ mes. Costo aproximado de operación: COP 382.063.912 Costo aproximado de operación USD 97.034</p>	<p>Equipo: UIP16000: el procesador ultrasónico más potente Costo en común: COP 71.550.000 Costo del equipo: COP 94.000.000 (SMLV + subsidio de transporte 2019): COP 925.148 Costo de consumo de energía aproximado: Costo consumo de energía aproximado: Costo kw/h = COP $675 * 16 \text{ Kw} = \text{COP } 7.776.000$ mes Costo aproximado de operación: COP 174.251.148 Costo aproximado de operación USD 44.255.</p>	

Continúa



Criterios	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Facilidad de transferencia tecnológica	<p>Esta tecnología pone a disposición del mercado un producto con buenas características organolépticas y nutricionales, ya que las condiciones de proceso las favorecen. La desventaja es que la tecnología no es tan asequible. La inversión que se debe realizar es superior a las otras dos alternativas presentadas.</p> <p>Por otra parte, el equipo debe importarse, lo que implica costos adicionales. En Colombia hay muy pocas plantas liofilizadoras, esto puede significar una dificultad para el mantenimiento del equipo, debido a mínima disponibilidad de personal capacitado para su mantenimiento o reparación.</p> <p>El proceso de liofilización comprende una etapa inicial de congelación, la cual requiere tiempo significativo, por lo tanto, el proceso de fabricación completo es superior a las otras tecnologías.</p>	<p>Esta tecnología es altamente probable que pueda ser implementada, ya que, además de garantizar excelente calidad nutricional y fisicoquímica del producto en polvo final, permite que el polvo pueda ser producido sin ningún agente de secado. por lo general, estos agentes de secado también sirven de relleno en la elaboración de productos en polvo. Adicionalmente, no es exageradamente costosa. Sin embargo, el equipo debe importarse, lo que implica costos adicionales.</p> <p>En Colombia, al parecer, no se aplica esta tecnología. Esto puede generar dificultad en el mantenimiento del equipo, debido a la mínima disponibilidad de personal capacitado para su mantenimiento o reparación.</p>	<p>Para el método de secado con aire caliente, la inversión es más asequible, sus costos de operación son inferiores a las otras alternativas presentadas y es energéticamente eficiente. En términos generales, el producto conserva las características organolépticas y nutricionales.</p> <p>Los equipos utilizados en esta alternativa son muy comunes en la industria colombiana, los fabrican en el país, por lo cual no requiere costos de importación y se facilita su mantenimiento y reparación.</p>
Impacto ambiental	Consumo energético Calentamiento atmosférico	Se produce material particulado Ruido de los equipos Consumo energético	Combustión de gas natural Calentamiento atmosférico
Oportunidad de mercado y posibilidad de comercialización	<p>En general, el producto final (polvo de mora) tiene gran aceptación en el mercado, ya que puede ser utilizado en diferentes sectores de la industria de alimentos, tales como la repostería, la confitería, la heladería, los lácteos, entre otras.</p> <p>Las tres alternativas presentadas tienen un factor en común, a saber, que no requieren de ningún agente de secado, es decir, es posible secar 100 % mora, sin aditivos, sin conservantes adicionales ni ayudantes de secado.</p>		

*El valor que se designa es solo para el primer mes y/o individual si se refiere a un empleado. Los valores pueden cambiar dependiendo del diseño del equipo entre otros aspectos.

Fuente: elaboración propia.



En la tabla 14 se comparan tres métodos para procesar polvo de mora. A la mora se le han atribuido muchos beneficios para la salud, por el alto contenido de antioxidantes que posee, que son de gran importancia en el cuidado de la salud de las personas, lo cual ha llevado a buscar diferentes alternativas de transformación del fruto que sean económicas, que no cambien las propiedades nutricionales del mismo, sean de fácil acceso y uso, y estén enmarcadas en el concepto de lo natural (sin químicos ni conservantes). En este sentido, el secado de mora en un secador de bandejas con aire caliente es uno de los métodos que requiere menos inversión y que, a su vez, logra obtener un producto que cumpla con los estándares de calidad tanto para el mercado nacional como para el internacional. Adicionalmente, es una buena alternativa para escalar un proceso de producción industrial que presente oportunidades de aprovechamiento a partir de la pulpa de mora y, al mismo tiempo, obtener una mayor estabilidad de la fruta.

- **1.4.1.4 Vigilancia competitiva**

Para el desarrollo de esta vigilancia, se seguirá la estructura mencionada en la sección de metodología. El objetivo de esta vigilancia se enfoca en identificar competidores actuales y potenciales tanto nacionales como internacionales. A continuación, se presenta el procesamiento, análisis, depuración y validación de la información recopilada, lo que corresponde a las fases 4, 5 y 6 de la metodología establecida, con sus respectivos análisis comparativos. Además de los aspectos de calidad (buenas propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y nutricionales), se tendrán en cuenta aspectos competitivos ante en consumidor.

Mora fresca

Oportunidades de mercado para mora fresca (mora mínimamente procesada)



La oportunidad de un producto de sobresalir en el mercado se da mediante la presentación del producto al consumidor. Para lograr hacer sobresalir la mora, la unión de los diferentes agricultores de este fruto en asociaciones o similares facilita mantener de forma homogénea un buen nombre para la mora colombiana. La tabla 15 muestra algunas presentaciones de mora que se consumen en Colombia como fruta entera y fresca, ya que el producto no está enfocado en la exportación.



Tabla 15. Mora producida y consumida directamente en Colombia

Producto relacionado con mora	Empresa	Presentación (g)	Precio (cop)	Contacto
 Fruta mora eco	 Frucongsa S. A.	500	5390	Tel. (602)3354413 Cali, Valle del Cauca
 Pulpa congelada		500	4350	
 Mora congelada a granel	Diferentes almacenes de cadena y pequeños supermercados.	500	4050, puede variar dependiendo del almacén de venta.	-
 Mora de Castilla. Fruta a granel	Asofrutas	500	4830, puede variar dependiendo del almacén de venta.	Cel. 312 314 1516 – 313 7357022 E-mail info@asofrutas.com Página web: http://asofrutas.com/
 Mora de Castilla en tarrina		500	2590	





Producto relacionado con mora	Empresa	Presentación (g)	Precio (cop)	Contacto
 Mora de Castilla en bolsa		700	5390	
 Trozos de fruta de mora	FrutiCorbera S. A. S	500	6700	Dir: Call 23 25#64, Cali, Valle del Cauca Cel: 3113877492

Fuente: elaboración propia con base en Frucongsa (2020); Asofrutas (2020); Fruticorbera (2020).

La forma en que se presentan algunos productos de la tabla anterior no es apropiada para la exportación, porque cada país maneja normativas diferentes y, además, el empaque no está diseñado para la conservación durante un período de tiempo significativo, lo que es requerido para exportar. Estos productos, no obstante, son idóneos para su comercialización dentro del país.

En la tabla 16 se muestran algunas presentaciones del producto que tienen posibilidades de exportación.

Tabla 16. Productos y empresas relacionadas con mora congelada para exportar desde Colombia

Producto relacionado con mora	Producto relacionado con mora	Presentación (g)	Lugar	Precios (COP)	Información adicional
 Mora empacada al vacío	 Frozan Fruti	500	Antioquia		Por medio de Ecoser group Dir: Cra 42 N.º 5 sur – 141 Cel: 3013523166 – 3184722920 E-mail: coordinadorcomercial@ecosergroup.com info@ecosergroup.com

Continúa



Producto relacionado con mora	Producto relacionado con mora	Presentación (g)	Lugar	Precios (COP)	Información adicional
Mora picada 	 Freskifruta	500	Cundinamarca	9280	Tel: (1)7777777
Mora congelada IQF 	 Listo & Fresco	500	Valle del Cauca	4000	Tel. (+57) (602)3371920 (+57) (602) 3749249 (+57) (602) 3345835 Página web: http://listoyfresco.com/es/ E-mail: serviciente@listoyfresco.com listoyfresco@listoyfresco.com
Mora congelada 	 Frugy S. A	1000 y 400	Manizales		Tel. + 57 (6) 8743900 Página web: https://www.frugy.com/index.html E-mail: info@frugy.com
Mora empacada al vacío 	Practidelicias	500	Antioquia		Cra. 92 N.º 35 99, Medellín, Antioquia https://www.facebook.com/Practidelicias-442716945870449/

Fuente: elaboración propia con base en Trade Map (2020), Veritrade (2020), supermercados colombianos (2020).

En países de América Latina la mora se puede encontrar en diferentes presentaciones: mora congelada y pulpa de mora. Por ello, el objetivo de la tabla anterior era evidenciar que el principal elemento común entre los productos mencionados es la transparencia del empaque, que ofrece al consumidor un contacto directo y visual con el producto. Para expandir esta visión, en la tabla 17 se muestran algunos de los productos que se ofrecen en mercados de Estados Unidos y la Unión Europea.



Tabla 17. Empresas y productos y relaciones con mora congelada en Estados Unidos y la Unión Europea

Empresa	Producto	Actividad Económica	País Principal de su sede	Información adicional
	Mora congelada 	Importadora Exportadora Distribuido de frutas con diferentes ubicaciones, alrededor del mundo.	Estados Unidos (Thousand Oaks)	Tel: 1-800-356-3111 Dirección postal: Dole Food Company PO Box 5700 Thousand Oaks, CA 91359-5700
	Fruta mora 	Productora Distribuidora	Estados Unidos (Watsonville)	Producto desde México Tel: 1-800-871-3333
Beira Baga	Mora 	Productora Distribuidora	Portugal	Dir: Quinta do Olival Grande, 6230-473 Fundão, Portugal Tel: (+351) 275772433 E-mail: info@beirabaga.pt
		Importadora Exportadora Distribuidor Mayorista Mundial	Bélgica	Calle 7 Sur N.º 42-70– Torre 1 Of. 601–Medellín, Antioquia, Colombia (co. Postal. 050022 Tel: +574 5090358E-mail: info@greenyardfresh.co

Fuente: elaboración propia con base en Dole (2020); Driscoll's (2020); Beira Baga (2020); Greenyard (2020).

El país más prometedor como objetivo para exportar mora entera es Estados Unidos. El mercado para mora entera se enfoca en la necesidad del consumidor de realizar diferentes preparaciones, caseras o industriales, a partir de esta fruta, como postres, dulces, mermeladas, entre otras, sin descuidar los beneficios, principalmente para la salud que aporta esta fruta. Colombia se ubica entre los principales países latinoamericanos exportadores de mora entera, aunque es México el que encabeza la lista y Chile el que se presenta como el principal país exportador de mora con algún tratamiento, como la congelación (Trade Map, 2020).

Para tener oportunidades de mercado, principalmente en el mercado estadounidense, se debe competir por medio del diseño del empaque, su asociatividad con la tecnología y la seguridad, para brindar confianza al consumidor final sobre el producto que está consumiendo.



En cuanto a los países europeos, varias empresas, como *The Frut Company Iprona* de Tirol del Sur, Italia, o *surexport*, ubicada en España, que han llegado a patentar variedades de mora, se muestran como empresas importadoras, exportadoras y de comercialización interna, en su respectivo país, aunque su presentación al consumidor depende, de forma significativa, de la clase de productos que elabore, por ejemplo, concentrados, polvos, pulpas, etc., por lo que en su publicidad no se presenta este producto de forma entera. Y aunque esta presentación sí existe en el mercado, tiene un valor considerablemente elevado para el consumidor final.

En el mercado europeo, no se evidencia una oferta significativa de este producto como fruta entera, pero sí hay importación del mismo para realizar procesos con miras a obtener el producto deseado, que depende de cada empresa contratante. Al no tener la presión de un empaque atractivo para el consumidor final, las posibilidades de comercialización a países europeos se enfocan en asegurar a las empresas importadoras que las propiedades de la mora se mantendrán durante su transporte, por lo tanto, el enfoque es la actual tendencia de consumo de productos orgánicos, por su relación con la ideología de alimento saludable.

Mora procesada






En los mercados internacionales se identifica como *blackberry* y se comercializa y consume principalmente industrializada. Como ya se ha mencionado anteriormente, con el fin de tener presencia en la industria de lácteos, confitería, saborizantes, extractos y demás, se realizó una búsqueda de las empresas que ofrecen mora procesada en polvo a nivel nacional e internacional.

En la tabla 18 se muestra productos elaborados o importados que hacen parte de la oferta nacional de polvo de mora.

Tabla 18. Empresas colombianas productoras, importadoras o exportadoras de polvo de mora

Productos	Presentación (g)	Empresa	Información que ofrece la empresa acerca del producto
 Mora liofilizada	650	 Tropical Harvest S. A. S., Antioquia. Tel: +57 (322) 888 8329 Dir: Cl 100 C SurA N.º 50-117, La Estrella. Página web: https://tropicalharvest.co/productos	Transforma alimentos en productos pulverizados, liofilizados y deshidratados conservando al máximo sus propiedades para consumo fácil y saludable. Tecnología: Liofilización.



Productos	Presentación (g)	Empresa	Información que ofrece la empresa acerca del producto
 <p>Frutas y vegetales en polvo</p>	*	 <p>B-Altman. Valle del Cauca. Tel: +57 (602) 6959520 Dir: Cra. 21 N.º 921, Arroyo Hondo, Valle del Cauca Página web: http://b-altman.com/productos/</p>	<p>Ofrece tecnología, experiencia y flexibilidad para ajustar sus necesidades en el desarrollo y fabricación de materias primas, aditivos alimenticios naturales y especialidades químicas que satisfagan los deseos de nuevos consumidores y mercados, comprometidos con la sostenibilidad ambiental en los procesos. Tecnología: Secado por aspersión.</p>
 <p>Preparado en polvo, mora crema</p>	1kg, en cajas de 6 unidades	 <p>Antioquia Dir: Carrera 48 N.º 100 Sur-72 Centro Empresarial la Tablaza – Bodega 2 y 3 Tel: +57 (604) 448-1412 Página web: https://www.duasrodas.com/es/</p>	<p>Deshidratados: la búsqueda de una mejor alimentación impulsa el desarrollo de productos con contenido real de frutas y otros vegetales. Ofrece amplia línea de deshidratados para las industrias de alimentos y bebidas, con tecnologías, métodos de extracción y secado diversos, que conservan buena parte de los aspectos nutritivos y de las características sensoriales de las frutas y de los vegetales. Tecnología: secado por aspersión.</p>
	0,5kg, en cajas de 6 unidades		
 <p>Polvo de mora</p>	*	 <p>Valle del Cauca La Tour S. A. Dirección: El Mameyal, Vía a Cristo Rey, Cali, Valle del Cauca Tel: +57 (602) 8879009 Página web: https://www.la-tour.com/</p>	<p>Ofrecen productos impulsados por consumidores preocupados por la salud, quienes buscan saciar sus necesidades con alimentos que saben bien y aportan bienestar a su cuerpo. Las empresas que incorporan frutas y vegetales en sus marcas están teniendo éxito y son preferidas por los clientes. Cuentan con técnicas de deshidratación de frutas y vegetales que conservan muy bien el sabor fresco, olor y color natural del material vegetal de origen. Flakefruit en polvo® son frutas concentradas en polvo que aportan contenido de pulpa y permiten saborizar naturalmente sus aplicaciones.</p>

Continúa



Productos	Presentación (g)	Empresa	Información que ofrece la empresa acerca del producto
	Mínimo 1kg	 Dir: Carrera 16 N.º 13-50 Barrio Guayaquil, Cali, Colombia Valle del Cauca Tel: +57 (602) 335 46 97 E-mail: servicioalcliente@connplants.com Página web: https://connplants.com/contacto/	Propiedades terapéuticas: reduce el colesterol y los triglicéridos, ayudando a bajar de peso. Brinda acción antioxidante y reduce la tensión arterial.
	*	 Inali zona Franca, Cauca Dir: Industrial y Comercial de Cauca – Km 1 vía – Etapa IV Lote 17F Bodega 1. Puerto Tejada, Cauca Tel: +57 (315) 568 4394 – (2) 320 8484 Página web: https://www.inali.co/home.php	Suministro de hierbas, especias y otras materias primas, garantizando la disponibilidad, oportunidad en la entrega, el cumplimiento de los requisitos de calidad e inocuidad, soportados en la confiabilidad de los proveedores y el mejoramiento continuo de nuestros procesos, implementando prácticas que contribuyan tanto a conservar el medio ambiente, optimizando el uso de los recursos naturales, como a la construcción de lugares de trabajo seguros, saludables y armónicos.
	Bolsa laminada 160g	 Pampa Ltda	Carrera 7 E Bis N.º. 67-147 Cali, Valle del Cauca – Colombia Teléfono: +57 (602) 6632002 E-mail: ventas@pampaltda.com.co Página web: https://www.pampaltda.com.co/home/

*No reporta

Fuente: elaboración propia con base en Tropical Harvest s. a. s (2020); b-Altman (2020); Algemix (2020); La Tour (2020); Connplants (2020); Inali zona franca (2020); Pampa (2020).

En la tabla 19 se encuentran algunos de los productos que se consiguen en los mercados de Estados Unidos y la Unión Europea, los cuales se han identificado como mercados potenciales.



Tabla 19. Polvo de mora en mercados de Estados Unidos y la Unión Europea

Principales productos	Presentación (g)	Empresa	País	Precio (USD/EUR)
 Mora liofilizada	650	 Sosa Ingredients SL	España	55.62/50.70
 Polvo de mora	1.000	 Natura Mundial, LLC	Nueva Jersey, EE. UU.	65.99/60.15
 Blackberries y maltodextrina, secado por aspersión	40 60	Fluxias GmbH, Latte Powder	Alemania	5.97/5.44
 Polvo de mora	-	 The Fruit Company Iprona	Italia	-
 Mora liofilizada	120	Good Nutrition	-	16.62/14.90
 Mora liofilizada	92g	 eclectic INSTITUTE - Since 1982	Estados Unidos	14.72/13.60

Continúa



Principales productos	Presentación (g)	Empresa	País	Precio (USD/EUR)
 Polvo orgánico de mora	170		Estados Unidos	29.92
 Polvo concentrado para preparar bebida	100		Estados Unidos	-

Fuente: elaboración propia con base en Sasa ingredients (2020); Naatura Mundial (2020); Fluxias GmbH, Latte Powder (2020); Iprona (2020); Good Nutrion (2020); eclectic (2020); Whole Foods (2020); Vidapure (2020).

De acuerdo con los resultados obtenidos, se infiere que la mora procesada deshidratada tiene una buena oportunidad de mercado y que su escenario competitivo no es extenso, en comparación con otros productos procesados; por el contrario, existe un amplio mercado y clientes potenciales para su comercialización. Por estas razones, se identifica el polvo de mora como una alternativa de producto procesado completamente natural, libre de aditivos y que conserva las características sensoriales y organolépticas del fruto, con el fin de brindarle al consumidor una materia prima con diferentes aplicaciones en la industria alimentaria.

En términos generales, el concepto de competitividad se basa en la idea de que los beneficios de la competencia vienen dados en gran parte por los cambios en las estructuras de los mercados. De esta forma, la adaptabilidad a los mercados en crecimiento debe ser uno de los criterios principales para clasificar los productos y definir estrategias de competitividad para las frutas industrializables.

La cadena de la mora ve en esta fruta una alternativa para mejorar la calidad de vida y la salud, en general, del consumidor, puesto que aporta a la alimentación familiar fuentes de proteínas, minerales y vitaminas esenciales para la salud humana. La mora de Castilla se caracteriza por su alto contenido en vitamina C, que interviene en la formación de colágeno, huesos y dientes, y glóbulos rojos, al tiempo que favorece la absorción del hierro de los alimentos y la resistencia a las infecciones (Iragorri, 2014).



• **1.4.2 Análisis comparativo y recomendaciones para minimizar brechas**

Con el propósito de identificar cuáles serían los posibles productos y cuáles los procesos a desarrollar a partir de mora de Castilla, los cuales se realizarían en la Escuela de Ingeniería de Alimentos de la Universidad del Valle, en el marco del proyecto “Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, Occidente”, se llevaron a cabo reuniones previas con la compañía Nutrium, el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), la Universidad Nacional (sede Palmira) y Universidad del Valle, para discutir acerca de la situación actual de mora de Castilla, en la cual se establecieron tres brechas principales en la ladera del Valle del Cauca:

- Productividad
- Grados Brix
- Inocuidad

En cuanto a productividad, a nivel nacional el cultivo tiene un rendimiento que oscila entre las 6 y 8 toneladas por hectárea al año, lo que resulta ser bajo. Por su parte, el productor no tiene el conocimiento para escoger de forma adecuada el material de siembra y, en la mayoría de los casos, no se implementan planes de renovación de cultivos. Adicionalmente, no se han realizado investigaciones que mejoren el material vegetal de tal manera que se desarrollen características de resistencia ante las plagas y/o enfermedades propias del cultivo.

Teniendo en cuenta lo anterior, por medio de la vigilancia comercial se evidenció que, actualmente, Ginebra posee espacios significativos de áreas de cultivo que no se están usando, en comparación con el principal municipio productivo: Trujillo. El municipio de Ginebra se ha mantenido como el principal municipio productor por mucho más tiempo que Trujillo, y, aunque no es clara la razón del cambio en la estadística, las áreas del cultivo de mora que puede ofrecer Ginebra son atractivas para el inicio de nuevas alternativas de cultivo de esta fruta, como, por ejemplo, cultivos 100 % orgánicos. Estas alternativas favorecen la participación del Valle del Cauca en las exportaciones de la mora de Castilla.

Por otro lado, en general, la comercialización de la mora se caracteriza por fuertes fluctuaciones en los volúmenes disponibles y, por consiguiente, en los precios en los mercados. Esto derivada de su carácter altamente perecedero y de las condiciones de la época de cosecha (Iragorri, 2014). La falta de información de precios y alta variabilidad de estos, así como la alta dispersión de la producción, introduce altos riesgos y costos de comercialización que pueden afectar la competitividad del agricultor vallecaucano.

El polvo de mora es una posibilidad que tienen los productores colombianos de mora de Castilla para aumentar la exportación del producto a los mercados extranjeros. El interés en el tema surge por diversas razones:



- La mora es un producto de cultivo tradicional en el país.
- El volumen de producción ha crecido considerablemente en los últimos años.
- La variedad de mora colombiana es valorada por sus características y aporte nutricional.
- El mercado internacional tiene alta demanda de polvo de mora natural, bebidas instantáneas, saborizantes y extractos naturales, lo que se presenta como oportunidad.

En cuanto al contenido de sólidos solubles (grados Brix), la mora producida en el departamento del Valle presenta registros más bajos en el contenido de sólidos, grados Brix (7,5), en comparación con la fruta cultivada en los departamentos de Nariño y Tolima, 8,0 y 7,8 respectivamente.

Teniendo en cuenta esto, la vigilancia científico-tecnológica ha revelado que la congelación, como proceso mínimo de conservación, puede mantener las diferentes propiedades de la mora por un tiempo considerable, en comparación con otras tecnologías. La vigilancia estratégica, por su parte, mostró el incremento en el consumo de alimentos naturales, entre los que se encuentran las frutas, más aún si son orgánicas.

A pesar de que el proyecto no se enfoca en la comparación entre las propiedades de la fruta y las condiciones de cultivo de las diferentes regiones, la mora cosechada en el municipio de Nariño se reconoce como la de mayor contenido de sólidos solubles totales (°Brix), por lo cual se utiliza como referente para esta propiedad en la mora. De acuerdo con pruebas realizadas en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería de Alimentos en mora de Castilla del municipio de Ginebra, Valle del Cauca, los valores en grados Brix (registrados en las fichas técnicas de mora minimamente procesada) son superiores a los reportados en diversas investigaciones públicas de los cultivos del departamento de Nariño, lo cual se puede deber a las prácticas de “agricultura limpia” que se llevan a cabo en este municipio y en las cuales se reemplazan agroquímicos por productos naturales. La práctica de “agricultura limpia” se está realizando solo en algunas fincas productoras.

Finalmente, acerca de la inocuidad, se desconocen los límites máximos de residuos (LMR) de los agroinsumos utilizados por los productores de mora del municipio de Ginebra para el manejo del cultivo. En Colombia, la norma que establece los LMR (mg/kg) para alimentos de consumo humano es la resolución 2906 de 2007, sin embargo, esta reglamentación contiene vacíos al especificar solamente el LMR para siete plaguicidas (moléculas químicas) específicos para el cultivo de mora; a saber: diazinon (0,10 mg/kg), fenhexamida (15,00 mg/kg), fludioxonil (5,00 mg/kg), iprodiona (30,00 mg/kg), permetrin (1,00 mg/kg), tolilfluanida (5,00 mg/kg) y vinclozolin (5,00 mg/kg). En el mismo sentido, el *Codex Alimentarius* detalla el LMR para doce pesticidas: bamectin (0,05 mg/kg), bifenazato (7,00 mg/kg), bifentrin (1,00 mg/kg), diazinon (0,10 mg/kg), fenhexamida (15,00 mg/kg), fludioxonil (5,00 mg/kg), entre otros. En ambas reglamentaciones quedan por fuera varios elementos utilizados durante la fase productiva.



Las vigilancias no muestran algo competitivo sobre este tema, pero sí se da a entender que los cultivos limpios están volviéndose muy importantes para los habitantes de diversas regiones, especialmente aquellas que son objetivo para las exportaciones. Estados Unidos es un país con altas restricciones al respecto, entre otras razones, porque intenta mitigar la obesidad entre sus habitantes con comida saludable y sana.

Nota: ante esta brecha tecnológica, Nutrium ha desarrollado un paquete tecnológico para los cultivos de mora y lulo que contempla avances significativos en la determinación de LMR de insumos utilizados en el control de las principales enfermedades del cultivo (Mildeo vellosa, Mildeo polvoso, Botritis y Antracnosis). De igual modo, la empresa trabaja con Asohofrucol, representantes de la cadena productiva de la mora del departamento de Risaralda, Agrocolombia y la ARL Asesoría y Desarrollo Integral, en la estructuración de un proyecto que busca avanzar en la investigación de moléculas. Sin embargo, debido al costo, se encuentran en la fase de evaluación financiera.

Otros

Adicionalmente, Carlos Escobar Torres, ingeniero agrónomo, especialista en frutales, quien fue nombrado secretario técnico nacional de la cadena de mora, menciona que la dispersión de la producción, deficientes organizaciones de productores, excesiva intermediación, escasez de recurso humano capacitado (técnicos), falta de investigación, transferencia, capacitación y fomento, falta de oportunidades en mercados nacionales e internacionales, y poco interés, afectan el apropiado desarrollo de la cadena de la mora (Escobar, 2010). Sin embargo, reconoce que estas mismas desventajas son oportunidades de mejora. Esta afirmación reaparece en 2015, pero con menos número de desventajas sobre la cadena de la mora.

La economía de los países latinoamericanos depende en gran medida de la producción y comercialización de productos agrícolas, entre los cuales se destacan las frutas y hortalizas. Particularmente, en Colombia la especie *Rubus glaucus* o mora de Castilla es una de las más apetecidas para consumo en fresco e industrial (Ayala, Valenzuela y Bohórquez, 2013).

De acuerdo con los indicadores de apoyo de la cadena de la mora, el cultivo de este fruto es de agricultura campesina, genera empleo a pequeños campesinos y crea arraigo en las zonas productoras, disminuyendo el desplazamiento. Como *cadena de mora*, de manera general, sus principales objetivos son la mejora de información y la creación de alianzas estratégicas de diferente tipo, para lo cual asisten a reuniones en centros de investigación, participan en congresos, foros y seminarios, crean consejos regionales y participan en proyectos priorizados de la cadena de la mora (Escobar, 2011).

Con respecto a lo anterior, no se observa la intención de crear una estrategia para fomentar e impulsar la exportación de productos a partir de mora, lo cual podría representar un crecimiento económico para las regiones y, específicamente, para los agricultores. El



principal objetivo es expandir el producto y aprovechar las oportunidades comerciales que actualmente hay en la Unión Europea, debido a su preferencia por los productos que contribuyen a la salud; los procesos de conservación del producto en su estado fresco también contribuyen a obtener mayor demanda extranjera.

En el Acuerdo Nacional de Competitividad de la Cadena, se plantea que “los deficientes sistemas de información, unidos a la falta de organización y planeación de los productores, conllevan a una producción no orientada al mercado, originando graves pérdidas a los agricultores y problemas de abastecimiento al sector agroindustrial y comercial”. Y continúa: “esta situación inestable hace la hortifruticultura extremadamente riesgosa en nuestro medio, hasta el punto en el que pueden alcanzarse importantes incrementos en productividad o en disminución de costos, que no tendrán ningún efecto en el futuro del sector, si no conseguimos organizar la oferta para que responda al mercado”. Y luego agrega: “si a esto sumamos que el mercado es de compradores y que estos ejercen una posición dominante, concluimos que hay que hacer cambios de fondo. De lo contrario la hortifruticultura, no será nunca un sector empresarial, sino una actividad marginal sometida además a una competencia de oferta extranjera, producto de la globalización y la apertura de los mercados”. Advirtiendo, además, que es difícil conseguir información actualizada sobre la comercialización, especialmente en productos como la mora (Iragorri, 2014).

1.5 Conclusiones

A nivel nacional e internacional, la mora es una fruta que tiene una fuerte presencia en la industria alimentaria, como ingrediente en productos procesados, por su sabor y aroma característicos, además de presentar propiedades funcionales que son apetecidas por el consumidor actual.

Por su calidad de producto perecedero, el mercado de la mora en fresco está limitado al consumo interno. Las posibilidades de exportar a otros países sin un proceso de transformación son limitadas.

La congelación es una de las alternativas que deben ser consideradas para la exportación del producto a otros países. Este proceso es aceptado para frutas semejantes, como la fresa. La congelación, si se realiza adecuadamente, conserva la mayoría de las características de calidad del producto.

Debido al carácter perecedero (3 a 4 días de vida útil) a condiciones de refrigeración (0-5 °C) de esta fruta, la comercialización de mora deshidratada en polvo se presenta como una oportunidad para generar valor en la cadena de la mora y aumentar la oferta nacional y exportable de este tipo de producto.



En Estados Unidos y Europa, la mora se emplea principalmente como ingrediente para la elaboración de otros productos y, por esto, se comercializa como producto congelado.

Las frutas procesadas presentan una creciente demanda en el mercado nacional e internacional. Como estrategia de comercialización, se promueven los beneficios nutricionales que tienen las bayas y, específicamente, la mora de Castilla. Para que el producto sea competitivo debe ser natural, libre de aditivos, conservantes, aromas o sabores artificiales. El mercado de alimentos orgánicos, saludables, funcionales y naturales es apreciado por el consumidor, quien está dispuesto a pagar más por este tipo de productos.

La congelación es uno de los métodos de conservación más usados, es eficiente, inocuo y seguro. La congelación rápida afecta mínimamente la estructura de la fruta y sus propiedades.

El secado con aire caliente y la molienda posterior para obtener polvo de mora, es una buena alternativa para comercializar el producto a nivel nacional e internacional.

Estados Unidos y Europa son los países objetivo para exportación de mora fresca o procesada. La competitividad depende de la calidad y de la producción limpia del producto y el empaque, el cual debe ser amigable con el ambiente.

1.6 Referencias

- A.S.J. Frupacol. (2020). *A.S.J. Frupacol*. <http://frupacol.com/>
- AccuJet. (2019). *Low-Flow, Precision Microspray Technology*. https://www.spray.com.mx/Literature_PDFs/B720B_Electrostatic_Catalog.pdf
- Agrofrut. (2020). *Agrofrut*. <https://www.agrofrut.com/inicio.html>
- Agronet. (2020). *Reporte: Área, producción y rendimiento nacional por cultivo*. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Alibaba. (2019). *Chemical lab agitador industrial 200 litros*. https://www.alibaba.com/product-detail/Chemical-lab-agitador-industrial-200-litros_60812758148.html?spm=a2700.7724838.2017115.361.38f262692N7u6b el 15 diciembre del 2019 el 15 diciembre del 2019.
- Alibaba. (2020a). *Profesional fruta escaldado con certificado CE*. <https://spanish.alibaba.com/p-detail/Profesional-fruta-escaldado-con-certificado-CE-300018349661.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.7adb3e0f3RsMpW>
- Alibaba. (2020b). *Máquina de secado, liofilizador*. https://spanish.alibaba.com/product-detail/400kg-china-food-freeze-drying-machine-freezer-dryer-lyophilic-dryer-price-62018187165.html?spm=a2700.md_es_ES.deiletai6.9.51e651aes4Rvi0
- Alibaba. (2020c). *Lotes continuos bandeja secadora*. https://spanish.alibaba.com/product-detail/seaweed-industrial-dehydrator-industrial-fish-drying-machine-on-sale-60364489471.html?spm=a2700.md_es_ES.deiletai6.7.6cede9b4Rw1yVT



- Andrade, J., Acosta, D., Bucheli, M., y Luna, G. C. L. (2013). La conservación postcosecha del tomate de árbol *Cyphomandra betacea* Cav. Sendt. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 30(2), 60-72.
- Asofrumon. (2020). *Asofrumon*. <http://asofrumon.mystrikingly.com/> el 08 de mayo 2020.
- Asofrutas. (2020). *Asofrutas*. <http://asofrutas.com/>.
- Asohofrucol. (2019). *Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola. Colombia*. http://www.asohofrucol.com.co/fruta_detalle.php?id=71.
- Asohofrucol. (2020). *Asohofrucol*. <http://www.asohofrucol.com.co/>
- Ayala, L., Valenzuela, C; Bohórquez, Y. (2013). Caracterización fisicoquímica de mora de castilla (*Rubus glaucus* benth.) en seis estados de madurez. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11 (2),10-18.
- Becerra, L. L. (2019). Fruta procesada colombiana llega a Estados Unidos y a países de Europa y Asia. *Agronegocios*. <https://www.agronegocios.co/agricultura/fruta-procesada-colombiana-llega-a-estados-unidos-y-a-paises-de-europa-y-asia-2830888>
- Bohórquez Villamizar, S., y Úsuga Giraldo, S. (2017). *Sistema de conservación para la mora Castilla en el departamento de Antioquia* [Trabajo de grado para optar al título de diseñador industrial, Universidad de San Buenaventura Colombia – Bello, Colombia]. http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/bitstream/10819/4222/3/Sistema_Conseervacion_Mora_Bohorquez_2017.pdf
- Butu, M., Rodino, S., y Butu, A. (2019). Application of silver nanoparticles on fresh fruits preservation. *Proceedings of the 5th World Congress on New Technologies*. <https://doi.org/10.11159/icnfa19.156>
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). Manual mora. En Programa de Apoyo Agrícola y Agroindustrial (pp. 1-54). Bogotá: Cámara de comercio. Vicepresidencia de Fortalecimiento Empresarial.
- Castillo S., Navarro D. y Zapata P. (2010). Antifungal efficacy of Aloe vera in vitro and its use as a preharvest treatment to maintain postharvest table grape quality. *Postharvest Biol Tec.*, 57 (3), 183-188.
- Ceballos, A. (2008). Estudio comparativo de tres sistemas de secado para la producción de un polvo deshidratado de fruta [Tesis de maestría en Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales]. <http://bdigital.unal.edu.co/1055/1/adelamariaceballos-penalosa.2008.pdf> el 15 de diciembre de 2019.
- Celis, T. (7 de marzo de 2017). Frutas con sabor social que endulzan el país. *Agronegocios*. <https://www.agronegocios.co/agricultura/frutas-con-sabor-social-que-endulzan-el-pais-2622543>
- De Ancos, B., González-Peña, D., Colina-Coca, C., y Sánchez-Moreno, C. (2015). Uso de películas/recubrimientos comestibles en los productos de Iv y V Gama. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(1), 8-17.
- De Corato, U. (2020). Improving the shelf-life and quality of fresh and minimally-processed fruits and vegetables for a modern food industry: A comprehensive critical review from the traditional technologies into the most promising advancements. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60, 940-975.



- Decreto 2811. (1974). Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, Ministerio del Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo. 18 de diciembre de 1974.
- Decreto 3930. (2010).
Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo 11 del Título VI-Parte 11I- Libro 11 del Decreto -Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones, Ministerio del Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo. 25 de octubre de 2010.
- Decreto 4728. (2010). Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010, Ministerio del Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo. 23 de diciembre de 2010.
- Decreto 4741. (2005). Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral, Ministerio del Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo]. 30 de diciembre de 2005.
- Diario La Opinión. (21 de marzo de 2018). *Frutas deshidratadas, otra apuesta de exportación*. <https://www.laopinion.com.co/economia/frutas-deshidratadas-otra-apuesta-de-exportacion-151304#OP>
- Ellis, M., Converse, R., Williams, R. y Williamson, B. (1991). *Compendium of raspberry and blackberry diseases and insects*. St. Paul: APS Press.
- El País (2016). *Exportación de frutas del Valle a Estados Unidos continúa en crecimiento*. <https://www.elpais.com.co/economia/exportacion-de-frutas-del-valle-a-estados-unidos-continua-en-crecimiento.html>
- Emcali. (2019). *Tarifas de energía*. <https://www.emcali.com.co/web/energia/mercado-regulado> el 15 diciembre del 2019.
- Escobar, C. (2010). Con la cadena de la mora renace el optimismo en el cultivo. *Frutas y Hortalizas*, 14, 18-20.
- Escobar C. (2011). *Cadena Productiva Nacional de la Mora, indicadores de apoyo*. Ministerio de agricultura y desarrollo. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Mora/Documentos/2011-08-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Escobar C. (2015). *Cadena Productiva Nacional de la Mora, indicadores de apoyo*. Ministerio de agricultura y desarrollo. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Mora/Documentos/2015-08-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Evans, J. A. (2009). (ed.). *Frozen Food Science and Technology*. Oxford: Blackwell.
- FedeFruta. (2018). *Las tendencias que marcan la fruticultura mundial*. <http://fedefruta.cl/las-tendencias-que-marcan-la-fruticultura-mundial/>
- Fondo Monetario Internacional (FMI). (2009). *Manual de balanza de pagos y posición de inversión internacional*. Sexta edición (MBP6).
- Fresh Plaza (2017). “Vamos a ver un crecimiento en las bayas procesadas en los próximos años”. <https://www.freshplaza.com/article/2172381/we-are-going-to-see-growth-in-processed-berries-in-the-coming-years/>
- Fresh Plaza. (2018a). “Flavourful blackberries are the future / “Las moras sabrosas son el futuro. <https://www.freshplaza.com/article/2198115/flavourful-blackberries-are-the-future/>



- Fresh Plaza (2018b). *Mapa global del sector frutícola*. <https://www.freshplaza.com/article/2189285/global-fruit-sector-mapped/>
- Fresh Plaza. (2020). *Global fruit sector mapped / Mapa global del sector frutícola*. <https://www.freshplaza.com/article/2189285/global-fruit-sector-mapped/>
- Frugy. (2020). *Frugy*. <https://www.frugy.com/index.html>
- Fruticol (2020). *Fruticol. Saboreando diversidad*. <https://www.fruticol.com/>
- Frutipaz. (2020). *Frutipaz*. <http://www.frutipaz.es/tl/>
- Giovannoni J. (2001). Molecular biology of fruit maturation and ripening. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol.*, 52, 725-749.
- Horvitz, S., Chanaguano, D. y Arozarena, I. (2017). Andean Blackberries (*Rubus glaucus Benth*) Quality as Affected by Harvest Maturity and Storage Conditions. *Scientia Horticulturae*, 226, 293-301.
- Horvitz, S., Arozarena, I., y Chanaguano, D. (2019). Antioxidant activity, organic acids and bioactive compounds of Andean blackberries (*Rubus glaucus Benth*). *Acta Horticulturae*, 1265, 113-119. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1265.16>.
- Horvitz, S., Chanaguano, D., y Dugarte, N. . (2019). Postharvest quality of a thorny Andean blackberry (*Rubus glaucus Benth*) cultivar. *Acta Horticulturae*, 1256, 47-52.
- Huynh, N. K., Wilson, M. D., Eyles, A., y Stanley, R. A. (2019). Recent advances in postharvest technologies to extend the shelf life of blueberries (*Vaccinium sp.*), raspberries (*Rubus idaeus L.*) and blackberries (*Rubus sp.*). *Journal of Berry Research*, 9, 709-724. <https://doi.org/10.3233/JBR-190421>.
- Iragorri, A, Ortiz, S., Cuestas, M., Bareño, N. y Escobar C. (2014). *Acuerdo de competitividad para la cadena productiva de la mora en Colombia*. Ministerio de agricultura y desarrollo. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Mora/Normatividad/D.C.%20-%20Acuerdo%20Competitividad.pdf>. p.p. 20-21.
- Iza, F., Rojas-Lema, X. y Arguello, Y. (2016). Línea base de la calidad de la mora de Castilla (*Rubus Glaucus*) en su cadena alimentaria (Quality Baseline of the Castilla Blackberry (*Rubus Glaucus*) in Its Food Chain). *Enfoque UTE*, 7(3), 82-94.
- Java. (2019). *Para alimentos bien hechos*. https://www.alibaba.com/product-detail/Chemical-lab-agitador-industrial-200-el-litros_60812758148.html?s-pm=a2700.7724838.2017115.361.38f262692N7u6b
- Jiangnan University. (2019). *science & Technology*. http://english.jiangnan.edu.cn/RESEARCH/Science___Technology.htm
- Jiangsu Academy of Agricultural Science, JAAS. (2019). *Introduction*. <http://newen.jaas.ac.cn/list-1382-1.html>
- Kang Med, Fruit and Vegetable Powders. (2018a). *Estado de procesamiento de polvo de frutas y verduras*. <https://kang-med.com/news/?784.html>
- Kang Med, Fruit and Vegetable Powders. (2018b). *Método para procesar frutas y verduras en polvo*. <https://kang-med.com/news/?783.html> el 06 de mayo de 2020.
- Kang Med, Fruit and Vegetable Powders. (2018c). *Valor de desarrollo y aplicación de frutas y vegetales en polvo*. <https://kang-med.com/news/?782.html>



- Kiani, H., y Sun, D. W. (2011). Water crystallization and its importance to freezing of foods: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 22(8), 407-426. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.04.011>.
- La República S.A.S. (27 de abril de 2016). *Los productores de mora están en la búsqueda de precios más constantes*. Obtenido de: <https://www.larepublica.co/archivo/los-productores-de-mora-estan-en-la-busqueda-de-precios-mas-constantas-2373341>.
- La Hora (2019). *Mora de Tungurahua ya se puede exportar a Estados Unidos*. <https://lahora.com.ec/tungurahua/noticia/1102214726/mora-de-tungurahua-ya-se-puede-exportar-a-estados-unidos>
- Ley 697 de 2001. (2001), mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones. Ministerio de Minas y Energía. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4449>
- Listo & Fresco. (2019). *La compañía listo & fresco*. <http://listoyfresco.com/es/>
- Liu, D. K., Xu, C. C., Guo, C. X., y Zhang, X. X. (2020). Sub-zero temperature preservation of fruits and vegetables: A review. *Journal of Food Engineering*, 275. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109881>.
- Mecalux, L. (2019). *Equipos de refrigeración para alimentos*. <https://www.logismarket.com.co/equipos-refrigeracion-alimentos/6678303880-cf.html>.
- Mertz, C. et al. (2009). Phenolic Compounds, Carotenoids and Antioxidant Activity of Three Tropical Fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22, 381-387.
- Minagricultura. (2014). *Cadena productiva nacional de la mora-Indicadores de apoyo* (Escobar, C. Secretario Cadena de la mora). <https://sioc.minagricultura.gov.co/Mora/Documentos/2014-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Minagricultura. (2016). *Cadena de mora-Indicadores e Instrumentos*. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Mora/Documentos/2016-10-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Miniagricultura. (2019). *Subsector Productivo de la Mora. Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales*. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Mora/Documentos/2019-03-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Montes, L. M., Castaño, J. J., y Orrego, C. E. (2005). Evaluación del sistema de congelación rápida "IQF" (*Individually Quick Freezing*) para la conservación de la mora de Castilla. *Cenicafé*, 56(4), 365-380.
- Muñiz, S., Hernández, A., García, A. y Méndez, L. (2013). Empleo del método de secado convectivo combinado para la deshidratación de papaya (*Carica papaya L.*), variedad Maradol roja. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 22, 31-37.
- Nájera-García, A. I., López-Hernández, R. E., Lucho-Constantino, C. A., y Vázquez-Rodríguez, G. A. (2018). Towards drylands biorefineries: Valorisation of forage *Opuntia* for the production of edible coatings. *Sustainability (Switzerland)*, 10, 1-14. <https://doi.org/10.3390/su10061878>.
- Nielsen (2015). *Frutas y verduras crecen más del 4 % hasta abril y aumentan su peso en la cesta de la compra de los españoles*. <https://www.nielsen.com/es/es/press-releases/2015/frutas-y-verduras-crecen-mas-del-4/>



- NTC 4106. (1997). Frutas Frescas Mora De Castilla Especificaciones. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación-ICONTEC. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/632/Anexo%201%20NTC4106-%20mora.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Petzold, G., y Aguilera, J. M. (2009). Ice Morphology : Fundamentals and Technological Applications in Foods. *Food Biophysics*, 4, 378-396. <https://doi.org/10.1007/s11483-009-9136-5>.
- Pinilla, J. (2016). Los productores de mora están en la búsqueda de precios más constantes. Agronegocios. <https://www.agronegocios.co/agricultura/los-productores-de-mora-estan-en-la-busqueda-de-precios-mas-constantes-2621927>
- Pnuma. (2009). *Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5b59e6ff82eb0.pdf>
- Portafolio. (2010). *Estados Unidos prefiere comprar frutas frescas*. <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/estados-unidos-prefiere-comprar-frutas-frescas-144512>
- ProColombia. (2011). *Con frutas deshidratadas 10 empresas colombianas participan en Gida 2011 en Turquía*. <https://procolombia.co/archivo/con-frutas-deshidratadas-10-empresas-colombianas-participan-en-gida-2011en-turquia>. Colombia
- ProColombia. (s. f.). *Tratado de libre comercio Colombia-EE. UU. Frutas y hortalizas procesadas*. https://tlc-eeuu.procolombia.co/oportunidades-por-sector/agroindustria/frutas-y-hortalizas-procesadas_el
- ProColombia. (s. f.). *Frutas y hortalizas procesadas*. <https://tlc-eeuu.procolombia.co/oportunidades-por-sector/agroindustria/frutas-y-hortalizas-procesadas>
- Rabobank. (2015). *Exploring New Pathways to Market for Fresh Produce in Australia*. <https://research.rabobank.com/far/en/sectors/regional-food-agri/exploring-new-pathways.html> el 11 de mayo del 2020.
- Rabobank. (2015). *US Berries-Increasing Consumption is Not a Silver Bullet*. <https://research.rabobank.com/far/en/sectors/regional-food-agri/us-berries.html>
- Rabobank. (2016). *The Bar Is Raised in the Promising EU Berry Market*. <https://research.rabobank.com/far/en/sectors/regional-food-agri/eu-berries.html> el 11 de mayo del 2020.
- Rabobank. (2017). *Investing on Strong Foundations: Healthy Perspectives for Chile's Fruit Exports... but Innovation Is Needed*. <https://research.rabobank.com/far/en/sectors/consumer-foods/healthy-perspectives-for-chiles-fruit-exports.html>
- Rabobank. (2018). *World Fruit Map 2018: Global Trade Still Fruitful*. https://research.rabobank.com/far/en/sectors/regional-food-agri/world_fruit_map_2018.html
- Ramírez, J. D. (2012). *Conservación de mora de castilla (Rubus Glaucus Benth) mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila (Aloe barbadensis Miller)* [tesis de maestría inédita, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín].
- Reina, C. (1998). Manejo poscosecha y evaluación de la calidad de la mora de Castilla (*Rubus glaucus*) que se comercializa en la ciudad de Neiva [trabajo de grado inédito, Universidad Surcolombiana].



- Resolución 058. (2002). [Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial]. Por la cual se establecen normas y límites máximos permisibles de emisión para incineradores y hornos crematorios de residuos sólidos y líquidos. 21 de enero de 2002.
- Sandoval, G. y Bonilla, E. (2015). Producción, comercio y potencialidades de la mora colombiana en el mercado internacional. *Revista de Investigación*, 8(1), 66-76. <https://doi.org/10.29097/2011-639X.9>
- The New York Times. (2014). *Americans Are Eating a Lot More Berries. Here's Why*. <https://www.nytimes.com/2014/12/02/upshot/americans-are-eating-a-lot-more-berries-heres-why.html>
- Tobón, D. (1995). Elaboración de bocadillo y compota como alternativa de manejo poscosecha de la mora (*Rubus glaucus Benth*). [tesis de pregrado inédita, Corporación Universitaria La Sallista].
- Trade Map. (2019). *Trade Map*. <https://www.trademap.org/Index.aspx>
- Trade Map. (2020). *Trade Map*. <https://www.trademap.org/Index.aspx>
- Tumbas-Şaponjac, V. et al. (2014). Anthocyanin Profiles and Biological Properties of Caneberry (*Rubus Spp.*) Press. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(12), 2393-2400.
- Unión Europea (2020). Salud y bienestar. https://ec.europa.eu/youth/policy/youth-strategy/health-wellbeing_es
- Ventura Group. (2019). *La exportación de frutas colombianas procesadas continúa abriendo mercados internacionales*. <https://www.venturagroup.com/la-exportacion-de-frutas-colombianas-procesadas-continua-abriendo-mercados-internacionales/>
- Veritrade. (2020). *Información de comercio exterior de latinoamérica y el mundo*. <https://www.veritrade.com/>
- Vidal, C. y Loaiza A. (2008) Proyección de Colombia con relación a la exportación de pulpa de mora a Estados Unidos [Trabajo de grado para optar por el título de profesional en finanzas y negocios internacionales, Universidad Santiago de Cali].
- Villegas, C., y Albarracín, W. (2016). Edible coating application and effect on blackberry (*Rubus glaucus Benth*) shelf life. *Vitae*, 23, 202-209.
- Villegas, C., Albarracín, W., y Osorio, O. (2016). Blackberry (*Rubus glaucus Benth*) preservation by edible coating application. *Vitae*, 23, 727-730.
- Wonder, C. (2019). *Productos*. <https://refrigeracionwonder.com/productos/> el 5 diciembre del 2019.



2. MORA DE CASTILLA MÍNIMAMENTE PROCESADA

2.1 Diseño e implementación de procesos agroindustriales

• 2.1.1 Introducción

La mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) tiene un alto potencial de desarrollo en la zona andina. Sin embargo, debido a su carácter perecedero, es necesario emplear métodos de conservación para disminuir las altas pérdidas después de la cosecha (De Michelis, 2015). Según el Ministerio de Agricultura (Minagricultura, 2019), Cundinamarca es el departamento con la mayor producción nacional (26 %), mientras que el Valle del Cauca se ubica en el noveno puesto con 4.5 %. El municipio del Valle del Cauca con mayor producción entre 2007 y 2016 es Ginebra, con un área sembrada aproximada de 200 ha y una producción cercana a 1500 t (Agronet, 2016). Entre 2014 y 2019, las exportaciones de fruta en fresco (1 %) correspondieron a los departamentos de Cundinamarca (52 %) y Valle (22 %), seguidos por Caldas, Antioquia y Santander. El principal destino de exportación fue Curazao.

La fragilidad y la alta tasa de respiración poscosecha de la mora provocan su deterioro limitando su vida útil (Wu, Frei, Kennedy y Zhao, 2010). Debido a esto, deben emplearse métodos de conservación para su consumo posterior. La mayor parte del producto se congela o se procesa y solo un pequeño porcentaje se comercializa en fresco o refrigerado.

La mora conservada en congelación puede ser empleada posteriormente para la elaboración de mermeladas, gelatinas, salsas, pulpas y jugos (Poiana *et al.*, 2010; Wu, Frei, Kennedy y Zhao, 2010). Esto hace que el colapso estructural que presenta el producto descongelado no sea un problema para las compañías procesadoras o para el consumidor final. Se ha encontrado que el contenido de compuestos bioactivos no se afecta significativamente durante la congelación y el almacenamiento, especialmente cuando se realiza por un método de congelación rápida. De acuerdo con Poiana *et al.* (2010), el contenido de vitamina C, compuestos fenólicos totales y antocianinas disminuyeron en cerca 10 % después de dos meses de almacenamiento en congelación. Los cambios provocados en la congelación están influenciados por la variedad de la fruta, el tipo de suelo, el tiempo de cosecha, la calidad inicial de la fruta, el manejo previo a la congelación, el método de congelación, las condiciones de almacenamiento (temperatura, humedad relativa y tiempo) y la calidad del empaque (Poiana *et al.*, 2010; Wu, Frei, Kennedy y Zhao, 2010; Veberic *et al.*, 2014).

La congelación consiste en la disminución de la temperatura del producto por debajo de su punto de congelación, lo que permite preservar la calidad por largos períodos de tiempo. Sin embargo, la congelación puede afectar la microestructura celular de los productos (Evans, 2009; Li, Zhu, y Sun, 2018), por lo cual, un factor determinante en la calidad organoléptica del producto congelado es el tamaño de los cristales de hielo formados. El



daño a los tejidos y la pérdida de la función de la membrana celular es inevitable, debido a la deshidratación por la presión osmótica ejercida por el incremento de la concentración de solutos y al daño mecánico por el crecimiento de los cristales de hielo (Evans, 2009). Cuando se forman cristales grandes, principalmente en la región extracelular, se producen daños significativos en los tejidos (Kiani y Sun, 2011; Petzold y Aguilera, 2009), por el contrario, cuando los cristales son pequeños, se distribuyen por dentro y por fuera de las células, causando menor daño a los tejidos y preservando la calidad del producto (Kiani y Sun, 2011).

La congelación convencional (CSF) es un método que se caracteriza por la formación de cristales extracelulares debido a la baja velocidad de congelación, dando lugar a cristales que suelen ser grandes e irregulares (Evans, 2009; Sun *et al.*, 2019). Existen otros métodos de congelación que reducen los daños que se presentan en la congelación convencional, tales como la inmersión en nitrógeno y la congelación individual.

La congelación por inmersión en nitrógeno, *Immersion Freezing* (IF), por la alta velocidad de congelación, conserva las características de calidad de los productos y reduce el contacto del alimento con el aire, lo cual es importante para alimentos sensibles a la oxidación (Potter y Hotchkiss, 2007). Sousa Canet, Alvarez y Fernández (2007) evaluaron la congelación de mora por inmersión en nitrógeno (cv. Thornfree). De acuerdo con los resultados, el panel sensorial no detectó diferencias en la firmeza entre las muestras congeladas y las muestras control, lo que evidencia que la estructura de este tipo de mora no se vio afectada por este proceso.

El método de congelación individual, *Individual Quick Freezing* (IQF), permite que el agua contenida en las células no migre al unirse con los cristales de la parte externa debido a la alta velocidad de congelación y, además, evita que las piezas del alimento se adhieran entre sí. Qinggang, Leren y Meiyang (2014) realizaron un estudio de los cambios de calidad del proceso y almacenamiento de arándanos congelados con tecnología IQF en lecho fluidizado de nitrógeno. Sus resultados mostraron que este proceso conserva mejor la microestructura del producto comparado con el producto congelado convencionalmente a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por otra parte, en los análisis de textura (TPA) y de almacenamiento también se encontraron mejores resultados de calidad en los arándanos congelados con IQF durante un período de almacenamiento de 150 días.

Debido a que el proceso de congelación afecta la microestructura de los productos y se utiliza para tiempos de conservación largos, se puede optar por el proceso de refrigeración dependiendo del tiempo de vida útil requerido, teniendo en cuenta que este tiene un efecto de conservación mucho menor y su selección está condicionada al uso posterior del producto. La refrigeración retrasa los procesos de deterioro del alimento y no produce cristales de hielo. El rango de temperatura típico para un proceso de refrigeración está entre 0 y $8\text{ }^{\circ}\text{C}$.



• 2.1.2 Materiales y métodos

2.1.2.1 Mora congelada

Materia prima

Se emplearon moras de Castilla de apariencia sana, sin defectos ni enfermedades, y con grado de madurez aparente de 5, según la NTC 4106 (1997). Las frutas tuvieron un diámetro promedio de 1.60 ± 0.01 cm. Las moras se obtuvieron en la finca Las Delicias, ubicada en el corregimiento de Moravia en el municipio de Ginebra, Valle del Cauca. Las moras se cosecharon y se transportaron en un recipiente de icopor. Todos los procesos realizados a las muestras se llevaron a cabo el mismo día de la cosecha.

Para el empaque se emplearon bolsas de polietileno de cierre hermético de 20 x 30 cm, con capacidad de 1 kg.

Procesos de congelación

En la figura 25 se presenta la metodología general utilizada para los tres métodos de congelación. A las muestras frescas (día cero) se les evaluaron las características fisicoquímicas (sólidos solubles, pH, acidez titulable, ácido ascórbico, color) y el contenido de antocianinas. Posteriormente, se realizó la congelación, el empaque y el almacenamiento a -18°C , que es un nivel adecuado y seguro para conservar los alimentos congelados (Pro-Colombia, 2014). Durante los dos meses de almacenamiento, se realizaron evaluaciones periódicas de pérdida de fase líquida (PFL), las características fisicoquímicas mencionadas y el contenido de antocianinas los días 6, 13, 20, 27, 34, 48 y 62.

Diseño experimental

Se realizó un diseño factorial 3x2, teniendo como factores el método de congelación (IF, IQF, CSF) y el empaque (con y sin vacío). Se realizaron 2 réplicas, para un total de 12 tratamientos. Se hicieron 3 repeticiones a cada prueba. Las variables de respuesta estudiadas fueron: pérdida de fase líquida (PFL), sólidos solubles, pH, acidez titulable, contenido de ácido ascórbico, color, y contenido de antocianinas. La unidad experimental (para cada tratamiento) fue de aproximadamente 3.5 kg (equivalentes a aproximadamente 885 moras de 4 g cada una en promedio).

Congelación convencional (CSF)

Para la prueba de CSF, se utilizaron tres paquetes de 20 g (aprox. 5 moras) para cada día de análisis (21 paquetes por tipo de empaque) y se almacenaron en un congelador convencional a -18°C . En los días establecidos, se retiraron tres paquetes de cada empaque para la evaluación por triplicado de este factor.

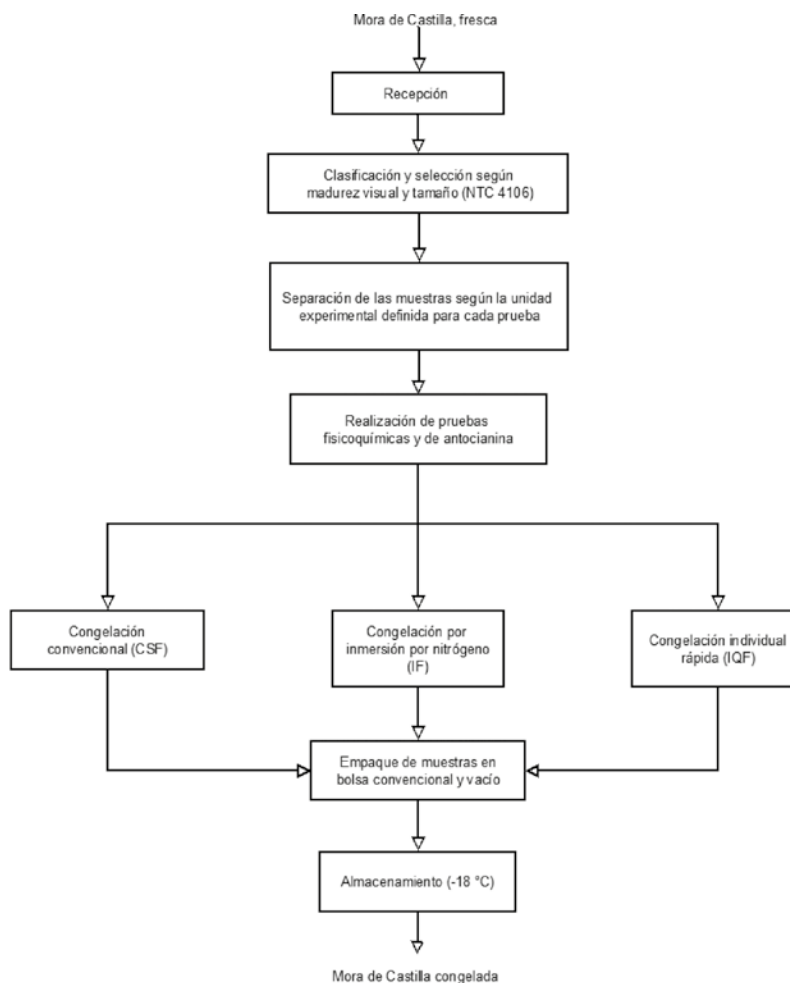


Figura 25. Diagrama de flujo del proceso de congelación de mora fresca

Fuente: elaboración propia.

Para las demás variables de respuesta, se utilizaron dos paquetes de 225 g (aprox. 57 moras/paquete) para cada día de análisis (14 paquetes por cada tipo de empaque), que es material suficiente para realizar las pruebas por triplicado en los 7 días establecidos. Las muestras se almacenaron en un congelador convencional a -18°C . En los días programados se retiraron dos paquetes de cada empaque para evaluación de pruebas.

Congelación por inmersión en nitrógeno (IF)

Para la congelación IF, se pesaron 20 g (aprox. 5 moras), se sumergieron en nitrógeno líquido por 38 s. Si el tiempo es menor, las muestras no alcanzan la temperatura deseada (-10°C) en su centro geométrico (Montes, Castaño y Orrego, 2005), y si es mayor, se vuelven quebradizas. Se repitió el procedimiento hasta tener 21 paquetes para cada tipo de empaque. Los paquetes se almacenaron en un congelador a -18°C . Se retiraron 3 paquetes cada día de prueba para cada tipo de empaque.



Para las demás variables de respuesta, se separaron las frutas en grupos de 225 g (aprox. 57 moras). Las muestras se ubicaron en una malla rígida de plástico con asas de alambre y se realizó la inmersión en nitrógeno líquido durante 38 s en una nevera de plástico. Posteriormente se empacaron. Se repitió el procedimiento hasta tener 14 paquetes para cada tipo de empaque (empaques convencional y vacío, previamente marcados) y se almacenaron a -18°C . Se retiraron 2 paquetes cada día de prueba para cada tipo de empaque.

La temperatura de ebullición del nitrógeno a presión atmosférica es -195.8°C . Para mantener el nitrógeno almacenado y en estado líquido por mayor tiempo, se usó un recipiente con aislamiento térmico (vaso Dewar).

Congelación en lecho fijo (IQF)

Se empleó un equipo de congelación IQF (Dártico) a 25°C de temperatura y 6 m/s de velocidad del aire de enfriamiento. El tiempo de congelación para alcanzar una temperatura de -10°C fue 13 min (ver anexo 3).

Para la prueba de PFL, se pesaron individualmente 5 moras (aprox. 20 g), se introdujeron al IQF y se congelaron en las condiciones establecidas. Se empacaron 3 paquetes de 5 moras para cada día de análisis (21 paquetes por tipo de empaque), y se almacenaron en el congelador a -18°C . Se retiraron 3 paquetes cada día de prueba para cada tipo de empaque.

Para las demás variables de respuesta, se separaron las frutas en grupos de 225 g (aprox. 57 moras) en recipientes plásticos. Se repitió el procedimiento hasta tener 14 paquetes para cada tipo de empaque (empaques convencional y vacío). Después de la congelación, las muestras se empacaron y se almacenaron a -18°C . Se retiraron 2 paquetes cada día de prueba para cada tipo de empaque.

Mediciones de pérdida de fase líquida, propiedades fisicoquímicas y antocianinas

Como se mencionó previamente, las pruebas de PFL, pruebas fisicoquímicas y el contenido de antocianinas se realizaron los días 6, 13, 20, 27, 34, 48 y 62 de almacenamiento. Adicionalmente, se evaluaron las propiedades fisicoquímicas y el contenido de antocianinas en muestras frescas (día cero). Las metodologías seguidas para estas pruebas se presentan a continuación.

Pérdida de fase líquida (PFL)

Para el cálculo de la PFL, se utilizó la ecuación 1, de acuerdo con la metodología descrita por Ayala Aponte, Sánchez y Rodríguez (2014). Las muestras congeladas para PFL (ver sección anterior) se pesaron antes del proceso de congelación en una balanza (marca Adventurer Ohaus) con precisión de ± 0.01 g. Las muestras se descongelaron durante 8-10 h sobre una malla y se registró su peso.



$$PFL = \frac{M_f - M_i}{M_i} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

M_i : peso del producto antes de congelación, g.

M_f : peso del producto descongelado, g.

Sólidos solubles

Se maceraron y filtraron aproximadamente 100 g de mora. Los sólidos solubles se determinaron empleando un refractómetro (marca Atago RX-700α a 20 °C), el cual requiere 2 gotas de la fase líquida de la muestra y el resultado se expresa en °Brix (NTC 4106, 1997).

Determinación de pH

Se empleó la misma muestra utilizada para la determinación de sólidos solubles, dividida en 3 beakers plásticos de 15 mL (repeticiones), asegurando la cantidad suficiente para que el electrodo sea introducido completamente sin tocar las paredes del recipiente. Se utilizó como guía la NTC 4592 (1999). Se empleó un pH-metro (marca Hanna) calibrado con buffer 7.0 y 4.0.

Acidez titulable (como ácido málico)

Se maceraron y filtraron aproximadamente 40 g de mora. Se transfirieron 2 mL de la muestra a un matraz aforado a 100 mL. Se tituló con NaOH (0.1 N), siguiendo el método de titulación potenciométrica sugerido por la NTC 4106 (1997) y aplicando la ecuación (2).

$$\text{Ácido málico (\%)} = \frac{(V_1)(N) K}{V_2} \quad (2)$$

Donde:

V_1 : Volumen de NaOH gastado.

N : Normalidad del NaOH (0.1N).

K : Peso equivalente del ácido málico (0.067 g/meq).

V_2 : Volumen de la muestra de mora.

Ácido ascórbico (vitamina C)

Se maceraron y se filtraron aproximadamente 100 g de mora. Se transfirió la solución filtrada a 3 beakers y se leyó directamente el contenido de ácido ascórbico en un equipo Reflectoquant (marca RQflex plus 10. Merck) empleando tiras de ensayo de 25–450 mg/l.



Color

Para las mediciones de color se utilizó un colorímetro (marca Colorflex Hunterlab 45/0, Rango Espectral entre 400-780nm). Se tomaron medidas de la mora fresca y descongelada. Se realizó la determinación de color a la mora entera en dos puntos de su zona ecuatorial y en un tercer punto en la parte inferior. Se evaluaron 3 moras para cada tratamiento para los días seleccionados para las pruebas (6, 13, 20, 27, 34, 48 y 62).

Se registraron los parámetros L^* , a^* y b^* en el tiempo, incluyendo el tiempo cero (L_0 , a_0 , b_0 antes de la congelación), los cuales se utilizan para calcular el cambio de color (ΔE) y la saturación o croma (C) según las ecuaciones 3 y 4.

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0)^2 + (a^* - a_0)^2 + (b^* - b_0)^2} \quad (3)$$

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (4)$$

Los parámetros a^* , b^* y L^* corresponden a la coloración rojo-verde, coloración amarillo-azul y luminosidad del producto, respectivamente. Una vez obtenidos estos parámetros antes y después de descongelar, es posible calcular los cambios en la luminosidad ΔL y en la pureza del color ΔC .

Antocianinas

Esta prueba se realizó por pH diferencial siguiendo la metodología de Quintero-Cerón *et al.* (2012) y Giusti y Wrolstad (2001), con algunas modificaciones, como se describe a continuación.

Se tomaron aproximadamente 100 g de mora, se lavaron superficialmente y se secaron con aire a 25 °C, a una velocidad de 1.60 m/s, durante 10 min en un secador de bandejas (marca Armfield). Se partieron las muestras en trozos y se tomaron 20 g, que se transfirieron a un mortero, se le agregaron 20 mL de etanol acidificado (85:15) (etanol/HCL) y se maceraron. La solución resultante se agitó durante 1 h. Se reservó el extracto en tubos de vidrio Pyrex de 50 mL, y nuevamente se maceró la muestra con 20 mL de etanol acidificado y se agitó por 1 h. El extracto obtenido se mezcló con el extracto anterior. Finalmente, se maceró la muestra con 10 mL de etanol acidificado y se mezcló con los extractos anteriores. La solución se centrifugó empleando una centrifuga (marca Hettich), a 4000 rpm, durante 13 min, y el extracto obtenido se filtró. Al nuevo extracto se agregaron 0.4 mL de buffer pH 4.5, y a un extracto similar se agregó la misma cantidad de buffer pH 1. Se empleó un espectrofotómetro (marca Genesys 20, Thermo Spectronic) con cada solución de buffer y extracto para medir la absorbancia de cada muestra a 510 y 700 nm.



Análisis estadístico

Los resultados se analizaron con un Anova. Las diferencias entre medias se evaluaron usando la prueba de Tukey (pos-Anova) y se consideraron significativas para valores de $p < 0.05$. La significancia estadística se determinó utilizando el paquete estadístico Minitab 19.

2.1.2.2 Mora refrigerada

Materia prima y proceso de refrigeración

Se utilizó la misma materia prima empleada para las pruebas de congelación. Se utilizaron 45 envases de PET, cada uno con 180 g de mora y se llevaron a una cámara a 4 °C y 90 % de HR por 15 días. Los análisis se realizaron los días 1, 2, 4, 8, 9, 11 y 14, con excepción de microbiológicos que se realizaron los días 1, 8 y 15.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño de experimentos unifactorial completamente aleatorizado, con 3 réplicas para las pruebas fisicoquímicas y de respiración, y una prueba microbiológica, con 3 repeticiones a cada prueba.

Las variables de respuesta estudiadas fueron: pérdida de fase líquida (PFL), sólidos solubles, pH, acidez titulable, contenido de ácido ascórbico, color, respiración y pruebas microbiológicas (NMP de Coliformes Totales, NMP de Coliformes Fecales, NMP de E. Coli, Recuento de B. Mesófilas, Recuento de Mohos y Levaduras, Enterobacterias y Clostridium Sulfito Reductoras). Para la evaluación de estas variables, se emplearon las metodologías descritas en la sección 1.1.3.

Análisis estadístico

Los resultados se analizaron con un Anova. Las diferencias entre medias se evaluaron usando la prueba de Tukey (pos-Anova) y se consideraron significativas para valores de $p < 0.05$. La significancia estadística se determinó utilizando el paquete estadístico Minitab 19.

• 2.1.3 Resultados

2.1.3.1 Mora congelada

Pérdida de fase líquida (PFL)

En la figura 26 se presenta el efecto del método de congelación y del tipo de empaque sobre la PFL durante 62 días de almacenamiento a -18°C. Se observan valores mayores para la congelación convencional: 19.18 ± 3.48 y 23.67 ± 3.25 % para empaque convencional



y empaque al vacío, respectivamente, comparados con IF (11.00 ± 5.65 y 12.74 ± 3.40 %) e IQF (12.30 ± 4.47 y 14.09 ± 5.61 %).

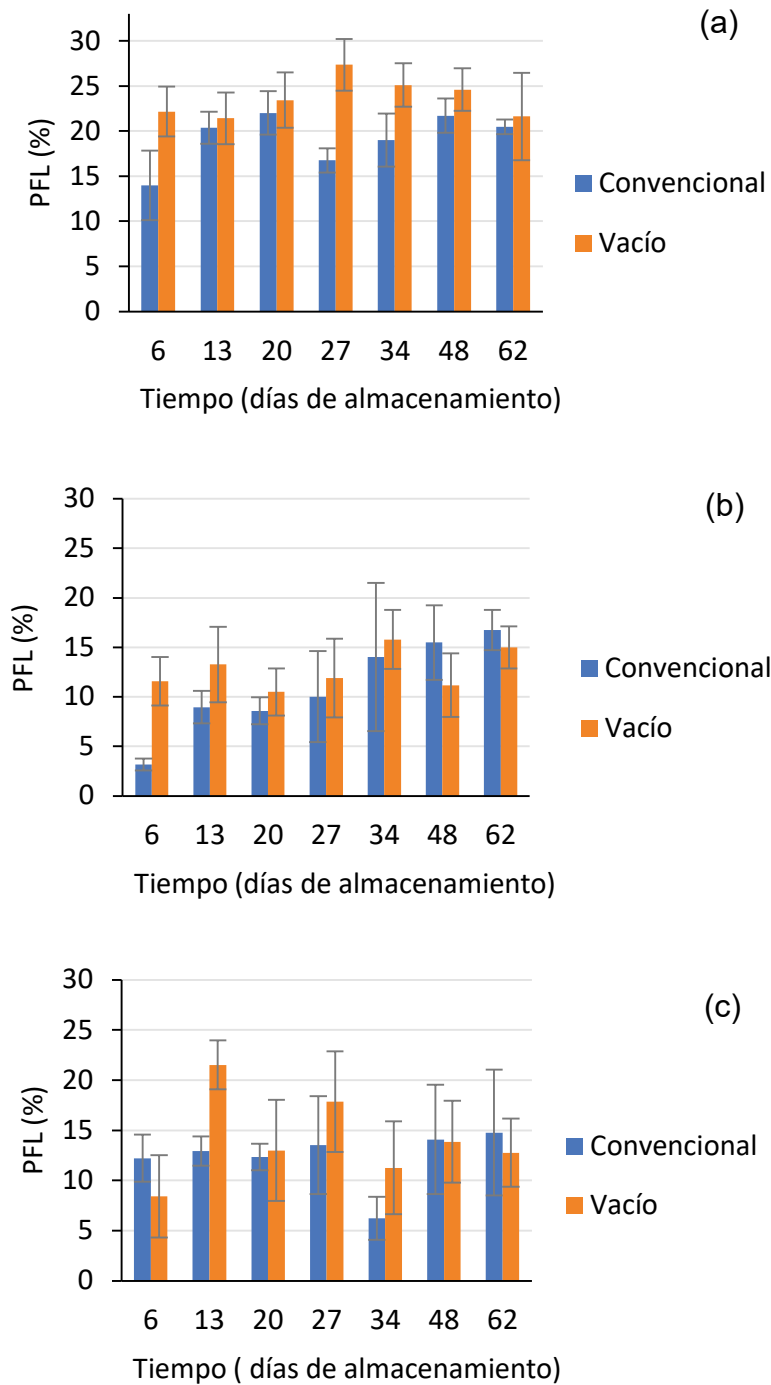


Figura 26. Pérdida de fase líquida durante el almacenamiento en empaque convencional y al vacío para mora congelada: (a) CSF, (b) IF y (c) IQF

Fuente: elaboración propia.



El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre los métodos evaluados y entre los tipos de empaque (ver tabla 20 y anexo 1.1.1). De acuerdo con el análisis pos-Anova (ver tabla 20 y anexo 1.1.2), los métodos IF (11.55 %) e IQF (12.89 %) no presentaron diferencias significativas entre ellos, pero sí existieron diferencias respecto al método CSF (20.25 %). El tipo de empaque también implicó diferencias significativas. El empaque convencional (13.75 %) tuvo menor PFL que el empaque al vacío (16.05 %). Esto se debe posiblemente a la compresión de la muestra al ser sometida al vacío que afecta la estructura de la fruta.

Tabla 20. Análisis de varianza (Anova) y prueba de Tukey para la pfl (%)

Factor	Valor de p	Prueba de Tukey	
		Promedio	Agrupación
Congelación	0.000		
CSF (convencional)		20.2533	A
IQF (IQF)		12.8906	B
IF (nitrógeno)		11.5552	B
Empaque	0.027		
Vacío		16.0466	C
Convencional		13.7528	D
Congelación*Empaque	0.425		

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes entre métodos.

Valores de $p < 0.05$ representan efecto significativo del factor.

Fuente: elaboración propia.

El daño a los tejidos y la pérdida de la función de la membrana celular es inevitable, debido a la deshidratación por la presión osmótica ejercida por el incremento de la concentración de solutos y al daño mecánico por el crecimiento de los cristales de hielo (Evans, 2009). La pérdida de fase líquida está relacionada directamente con el tamaño de los cristales de hielo, que dañan la estructura durante la congelación y afectan la estabilidad de la muestra al descongelarse, provocando la salida de la fase líquida. De ahí que los métodos IF e IQF presenten menor PFL al ser métodos de congelación rápida con tamaños de cristales más pequeños que los del CSF. Daños similares observaron Sousa *et al.* (2007) en congelación de frambuesa y mora Galetto *et al.* (2010) en congelación de fresa.

El incremento que se presenta en esta variable indica una disminución de componentes líquidos celulares, causada por rompimiento mecánico de las membranas durante el almacenamiento en congelación (Simandjuntak, Barrettb y Wrolstad, 1996). El contenido de humedad de la muestra tiene un efecto significativo sobre la PFL, debido a que el producto contiene diferente cantidad de agua congelable y, por lo tanto, se presentan diferentes daños estructurales (Ayala Aponte, Sánchez y Rodríguez, 2014).

Comercialmente, se puede presentar mayor PFL cuando el producto es sometido al proceso de recristalización (unión de pequeños cristales formando otros de mayor tamaño)



durante el almacenamiento, ocasionando pérdida del contenido celular y pérdida de la capacidad de retención de agua de la célula (Gonçalves, Abreu, Brandão y Silva, 2011). Este fenómeno es más acentuado en almacenamiento del producto a temperaturas cercanas a 0 °C, o cuando se tiene mal manejo en la cadena de frío (Martín, 2015).

Sólidos solubles

La figura 27 muestra los resultados obtenidos para cada método de congelación durante el almacenamiento. El contenido inicial de sólidos solubles promedio fue de 9.6 ± 1.0 . Este valor es superior al mencionado en la Norma Técnica Colombiana 4106 (1997), que señala que la mora de Castilla para el consumo presenta un contenido de sólidos entre 6.7 y 8.5°Brix. Este resultado permite incrementar las posibilidades de mercado tanto a nivel nacional como internacional.

De acuerdo con el análisis estadístico (ver tabla 21, anexo 1.2.1), no hubo diferencias significativas entre los métodos de congelación ni entre los tipos de empaque. La variabilidad observada se debe a las diferencias existentes entre frutas.

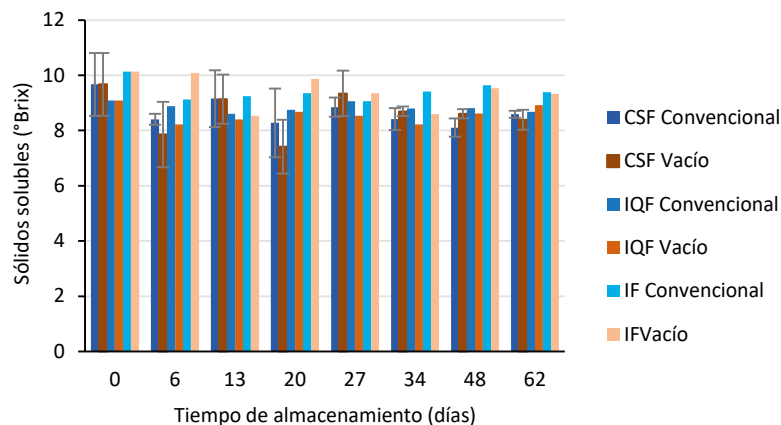


Figura 27. Sólidos solubles durante el almacenamiento en empaque convencional y al vacío para mora congelada en CSF, IQF e IF

Fuente: elaboración propia.

Tabla 21. Análisis de varianza (Anova) para el contenido de sólidos solubles (°Brix)

Factor	Valor de p
Congelación	0.091
Empaque	0.313
Congelación*empaque	0.444

Valores de $p < 0.05$ representan efecto significativo del factor.

Fuente: elaboración propia.

Adicionalmente, se realizó un Anova respecto al tiempo (ver anexo 1.2.2). Este factor no mostró diferencias significativas ($p=0.077$), lo que implica que no hubo cambios en el contenido de sólidos entre la muestra fresca (día cero) y las muestras congeladas, evidenciando,



así, su estabilidad respecto a esta propiedad. Esto ocurre debido a que en la congelación se minimizan las reacciones internas (Reyes-Carmona, Yousef, Martínez-Peniche y Lila, 2005). Este comportamiento fue similar al reportado por Montes *et al.* (2005) en moras de Castilla cultivadas en diferentes regiones de Colombia, Horvitz *et al.* (2017) en moras de Castilla almacenadas durante 9 días en condiciones de refrigeración, y Wu *et al.* (2010) en los primeros tres meses de almacenamiento de moras congeladas.

Por ser una fruta no climatérica, el aumento en el contenido de sólidos solubles se presenta durante la maduración de la mora antes de su cosecha. Este puede atribuirse a la conversión de ácidos orgánicos en azúcares o a la reserva de carbohidratos de la planta por baja capacidad fotosintética del fruto (Carvalho y Betancur, 2015; Ayala, Valenzuela y Bohorquez, 2013).

pH y acidez titulable

En la figura 28 se presentan los valores de pH para cada tratamiento y cada tipo de empaque evaluado. Estos bajos valores de pH (3.01 ± 0.04 en promedio) son importantes porque reducen la posibilidad de crecimiento de microorganismos y mantienen la estabilidad de las antocianinas (Santacruz, 2011).

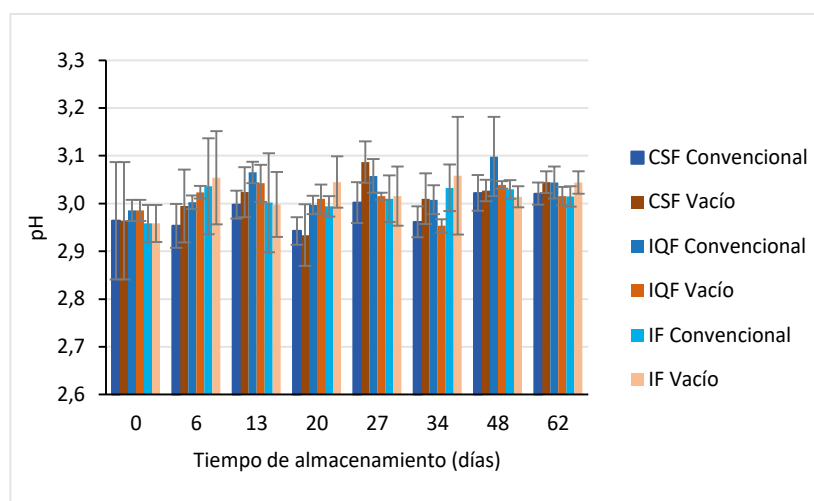


Figura 28. pH durante el almacenamiento en empaque convencional y al vacío para mora congelada en CSF, IQF e IF
Fuente: elaboración propia.

Tabla 22. Análisis de varianza (Anova) para el pH

Factor	Valor de p
Congelación	0.774
Empaque	0.150
Congelación*empaque	0.081

Valores de $p < 0.05$ representan efecto significativo del factor.
Fuente: elaboración propia



En la tabla 21 se presentan los valores promedio y la desviación estándar del pH en cada tratamiento, confirmando que no hay diferencia entre los métodos de congelación ni tampoco en los empaques.

Tabla 23. Valores promedio de pH por tratamiento

Método de congelación	Tipo de empaque	pH
Convencional (CSF)	Convencional	2.98 ± 0.03
Convencional (CSF)	Vacío	3.01 ± 0.05
Inmersión en nitrógeno líquido (IF)	Convencional	3.01 ± 0.03
Inmersión en nitrógeno líquido (IF)	Vacío	3.02 ± 0.03
Lecho fijo (IQF)	Convencional	3.03 ± 0.04
Lecho fijo (IQF)	Vacío	3.01 ± 0.03

Fuente: elaboración propia.

Los valores de acidez titulable (expresados como contenido de ácido málico (%)) presentan un comportamiento similar al pH con un promedio de 1.77±0.2, como se muestra en la figura 29. Estos valores cumplen con la NTC 4106 (1997), según la cual la acidez de la mora de Castilla no debe superar 2.5 %.

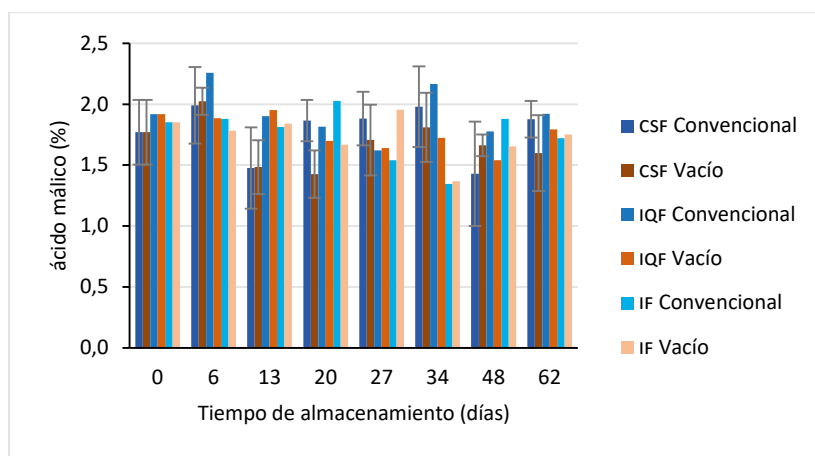


Figura 29. Acidez titulable durante el almacenamiento en empaque convencional y al vacío para mora congelada por CSF, IQF e IF

Fuente: elaboración propia.

Tabla 24. Análisis de varianza (Anova) para la acidez titulable

Factor	Valor de p
Congelación	0.248
Empaque	0.648
Congelación*empaque	0.982

Valores de p<0.05 representan efecto significativo del factor.

Fuente: elaboración propia.



De acuerdo con el Anova, el método de congelación, el tipo de empaque (tabla 23, anexo 1.3.1, tabla 24, anexo 1.4.1) y el tiempo (anexos 1.3.2 y 1.4.2) no presentaron efectos significativos sobre el pH ni sobre la acidez titulable. Tampoco se observó interacción entre factores. Esto indica que la congelación mantiene estas propiedades durante el almacenamiento al disminuir los procesos metabólicos de la fruta. Diferentes investigaciones reportan un comportamiento similar en moras de la misma variedad o cultivo almacenadas a diferentes temperaturas (Horvitz *et al.*, 2017; Wu *et al.*, 2010; Montes *et al.*, 2005). Las investigaciones que reportan diferencias en estas propiedades relacionan estos cambios con las diferencias entre los sitios de cultivo de la fruta (Carvalho y Betancur, 2015).

Ácido ascórbico (vitamina C)

En la figura 30 se muestra la variación del contenido de ácido ascórbico en función del método de congelación y del tipo de empaque.

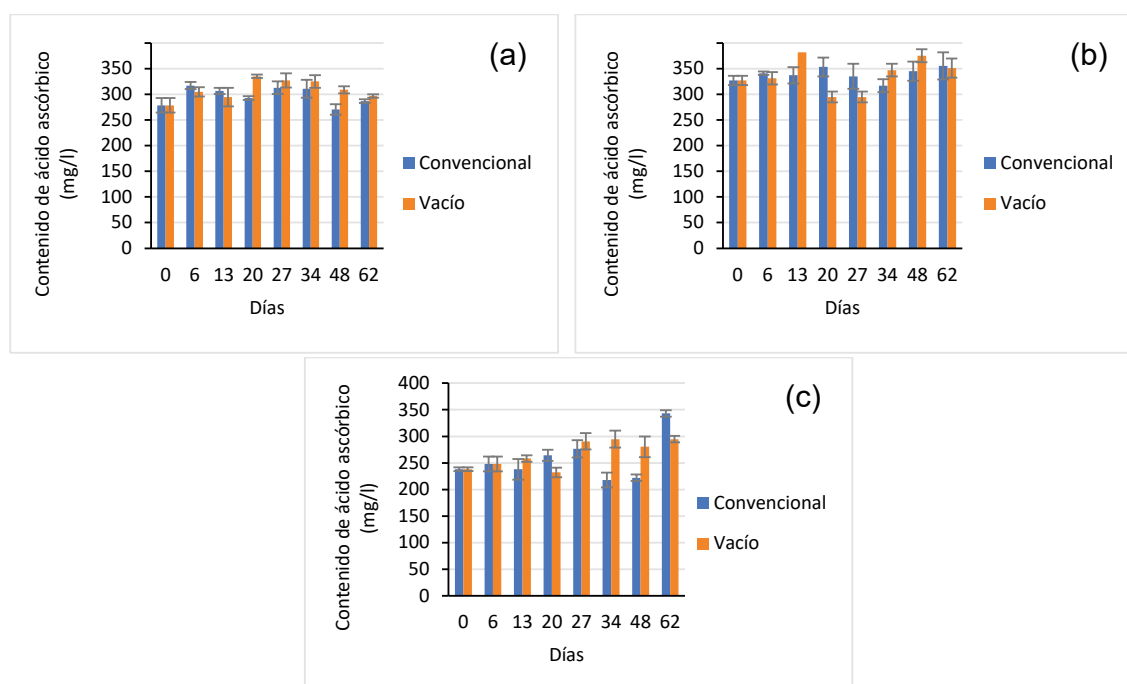


Figura 30. Ácido ascórbico durante el almacenamiento en empaque convencional y al vacío para mora congelada por (a) CSF, (b) IF y (c) IQF

Fuente: elaboración propia.

El Anova (ver anexo 1.5.1) muestra diferencias significativas en el método de congelación y en el tipo de empaque. La prueba de Tukey (ver tabla 25 y anexo 1.5.2) mostró que el tratamiento IQF es diferente estadísticamente a los otros dos, presentando un valor menor de ácido ascórbico. Los materiales de empaque también mostraron diferencias significativas entre ellos, presentándose un valor más alto de ácido ascórbico en el empaque al vacío.



Tabla 25. Análisis de varianza (Anova) y prueba de Tukey para el contenido de ácido ascórbico (g ácido/g muestra seca)

Factor	Valor de p	Prueba de Tukey	
		Promedio	Agrupación
Congelación	0.000		
CSF (convencional)		3.25101	A
IF (nitrógeno)		3.23332	A
IQF (IQF)		2.88828	B
Empaque	0.005		
Vacío		3.19306	C
Convencional		3.05534	D
Congelación*empaque	0.853		

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes entre métodos.

Valores de $p < 0.05$ representan efecto significativo del factor.

Fuente: elaboración propia.

La vitamina C tiene una alta actividad antioxidante, lo que evita que otros compuestos presentes en la fruta se oxiden. Debido a esto, se provoca una disminución de esta cuando las frutas se someten a cualquier procesamiento. El intercambio de calor en IQF se realiza con aire a alta velocidad y con alta disponibilidad de oxígeno, lo que puede acelerar la oxidación y pérdida de ácido ascórbico, mientras que en CSF no hay procesos convectivos con aire y en IF se reduce el contacto del alimento con el aire, lo cual es importante para alimentos sensibles a la oxidación (Potter y Hotchkiss, 2007). Por otra parte, la ausencia de oxígeno en el empaque al vacío evita la pérdida de vitamina C causada por la oxidación.

Para verificar cambios de esta propiedad durante el almacenamiento después de la congelación, se evaluó el efecto del tiempo (ver anexo 1.5.3). Para este análisis estadístico no se incluyó el día cero, que corresponde a la muestra fresca, debido a que solo se quiere evaluar el efecto del tiempo entre muestras congeladas. Se observó que no existe efecto significativo del tiempo ($p=0.106$) durante el almacenamiento.

Millán, Restrepo y Narváez (2007) no observaron influencia de la velocidad de congelación ni del tipo de congelación sobre la estabilidad de ácido ascórbico durante el almacenamiento a bajas temperaturas en pulpa de arazá congelada. Los autores indican que esto se debe a que la congelación minimiza significativamente los procesos metabólicos. Poiana *et al.* (2010) observaron cambios mínimos después de dos meses de almacenamiento de frutas rojas congeladas. Estos investigadores señalan que, en productos congelados, las reacciones enzimáticas que causan degradación del ácido ascórbico son lentas, pero no completamente bloqueadas. En general, la actividad de las enzimas congeladas está vinculada a la presencia de agua no congelada, que contribuye a la modificación de compuestos químicos, incluidas las sustancias biológicamente activas.



Se debe resaltar que la materia prima fresca (día cero) presentó valores de contenido de vitamina C entre 238.19 y 326.94 mg de ácido ascórbico/L de solución, equivalente a 21.65–29.72. mg de ácido ascórbico / 100g de muestra. Este valor es alto en comparación con mora de Castilla de otros estudios, que reportan valores entre 7.87 y 12.13 mg/100g (Galvis Murillo, 2003; Horvitz, Chanaguano y Arozarena, 2017; Poiana *et al.*, 2010; Veberic *et al.*, 2014). Estas diferencias pueden deberse a prácticas de cultivo, tipo de suelo y condiciones agroclimáticas, entre otras.

Según algunas investigaciones (Dangour *et al.*, 2009; Tuomisto, Hodge, Riordana y Macdonalda, 2012; Worthington, 1998), los cultivos orgánicos en comparación con los convencionales presentan mayor contenido nutricional y tienen un impacto ambiental positivo, pero presentan menor rendimiento en la cosecha. Por otra parte, Dangour *et al.* (2009) mencionan que no hay evidencia de diferencia entre la calidad de los alimentos producidos de manera orgánica y los producidos de manera convencional, y que las pequeñas diferencias en el contenido de nutrientes son biológicamente plausibles y se relacionan principalmente con las diferencias en los métodos de producción.

El aumento observado en el contenido de ácido ascórbico entre la muestra fresca y la muestra congelada podría deberse a estrés abiótico de la fruta durante la congelación, que puede afectar la ruta metabólica que da origen a este nutriente, generando un aumento hasta el momento en que alcanza la temperatura de congelación (Tofiño Rivera, Romero y Ceballos, 2007). García *et al.* (2015) reportan un aumento de ácido ascórbico durante la maduración de mora y Bulut *et al.* (2018) reseñan un aumento en el ácido ascórbico en congelación de fresas, reportando un valor de 38.78 mg/100 g fruta para la muestra fresca y 82.49 para la muestra congelada. Los otros aumentos observados en la figura 30 se pueden deber a la alta variabilidad de este nutriente entre muestras (e incluso en la misma muestra).

Color

El color es uno de los atributos más importantes para la comercialización de la mora, debido a que es el primer atributo que interactúa con el consumidor, principalmente en productos naturales y frescos (Ramírez, 2012; Ramírez, Rojas-Aguilar y Correa-Higuera, 2006).

Cambio de color (ΔE)

En la figura 31 se presenta el efecto de los métodos de congelación y los empaques sobre los cambios de color (ΔE). Este parámetro permite comparar la diferencia de color que muchas veces no es percibida por el ojo humano (López y Di Sarli, 2016). Los resultados obtenidos muestran un rango entre 10.73 ± 1.57 y 15.81 ± 4.72 para CSF, 7.47 ± 5.66 y 11.69 ± 4.58 para la IF, y 5.52 ± 4.77 y 8.49 ± 3.25 para IQF.

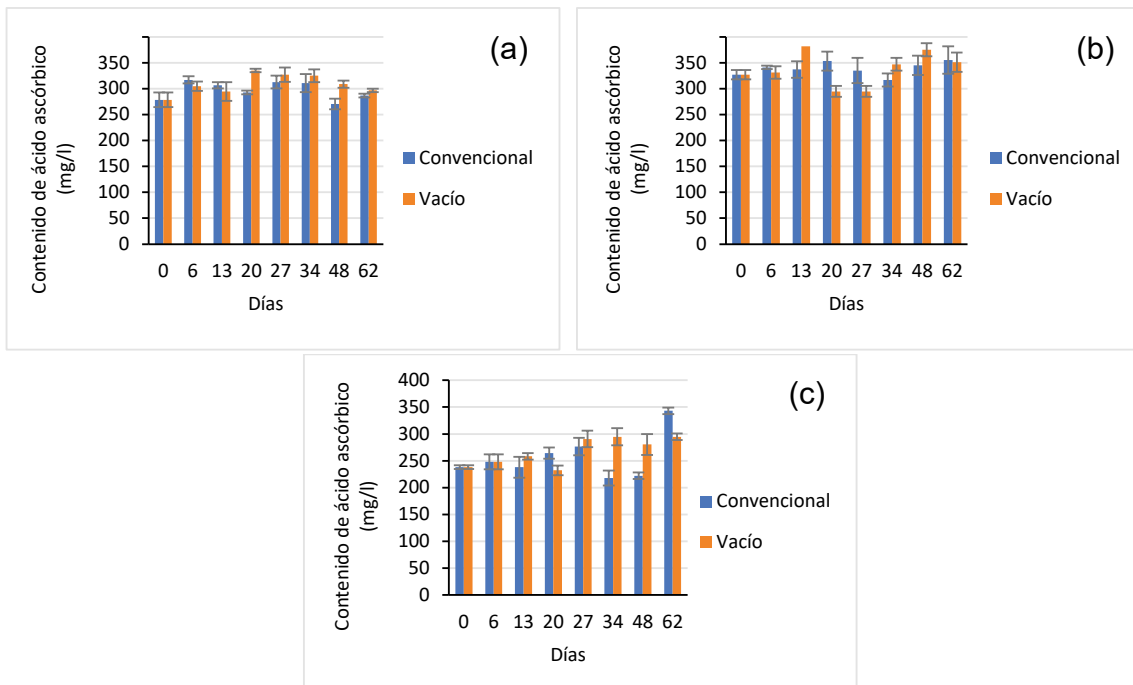


Figura 31. Cambio de color (ΔE) durante el almacenamiento en empaque convencional y al vacío para mora congelada por (a) CSF, (b) IF y (c) IQF

Fuente: elaboración propia.

El Anova mostró que existen diferencias significativas en el método de congelación, pero no en el tipo de empaque (ver anexo 1.6.1). Esto indica que el cambio de color está relacionado con el daño estructural de la mora durante la congelación. La comparación pos-Anova (ver tabla 26 y anexo 1.6.2) indica que no hay diferencias significativas entre IF e IQF, y solo se percibe diferencia con la congelación convencional, que es un método de congelación lenta.

Tabla 26. Análisis de varianza (Anova) y prueba de Tukey para el cambio de color (ΔE)

Factor	Valor de p	Prueba de Tukey	
		Promedio	Agrupación
Congelación	0.000		
CSF (convencional)		13.4497	A
IF (nitrógeno)		9.4981	B
IQF (IQF)		6.6257	B
Empaque	0.577		
Congelación*Empaque	0.877		

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes entre métodos.

Valores de $p < 0.05$ representan efecto significativo del factor.

Fuente: elaboración propia.



Los mayores cambios de color en CSF se pueden atribuir a la formación de cristales grandes, por lo tanto mayor área que facilita la reacción enzimática de oxidación de los compuestos fenólicos de la fruta (Iwona y Mitek, 2007), o se pueden deber a la pérdida de antocianinas en los lixiviados durante la descongelación (Ramírez, 2012). Nowak, Zielinsk y Waszkielis (2018) encontraron resultados similares de pérdida de color en procesos de congelación de arándanos.

Cambio de luminosidad (ΔL)

La luminosidad es el parámetro de color que indica claridad u oscuridad de un producto (López y Di Sarli, 2016). En la figura 32 se presenta el comportamiento de ΔL en función del método de congelación y del tipo de empaque a partir del día 6 (el valor de ΔL se calcula respecto al valor de L inicial, día cero). En la tabla 27 se presentan los valores iniciales de L en las muestras frescas (día cero).

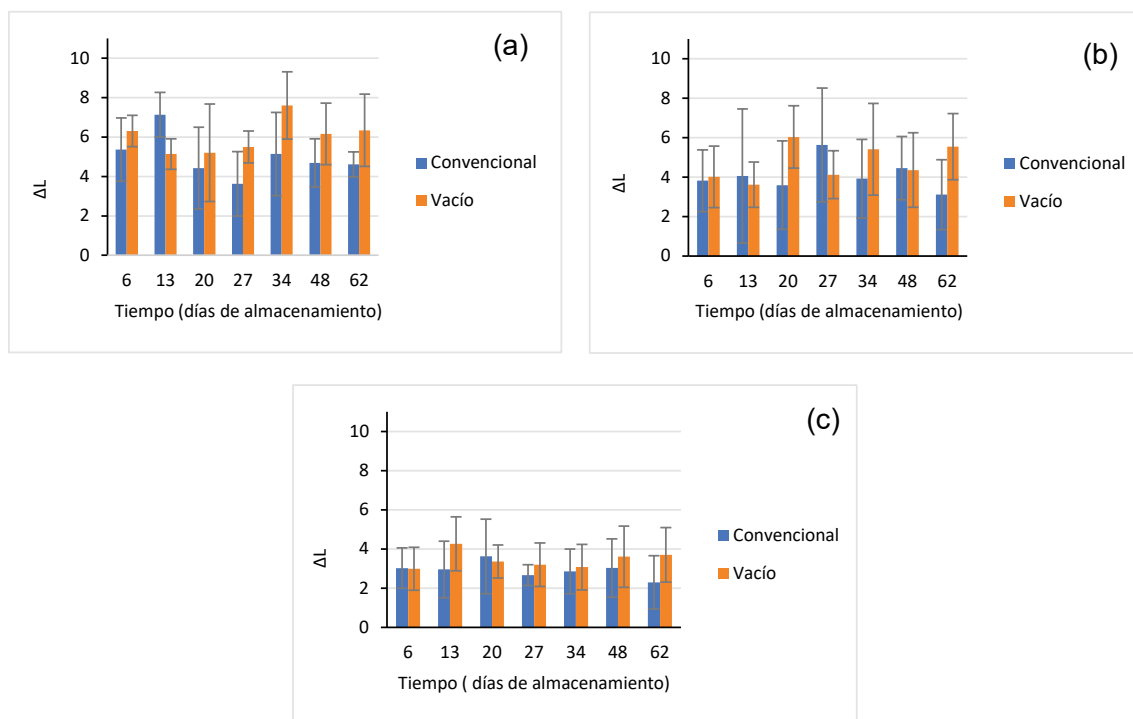


Figura 32. Cambio de luminosidad (ΔL) durante el almacenamiento en empaque convencional y al vacío para mora congelada por (a) CSF, (b) IF y (c) IQF

Fuente: elaboración propia.

Se observaron valores promedio de cambio de luminosidad cercanos a 3.46 ± 0.95 (valor mínimo) y 7.59 ± 1.71 (valor máximo) para congelación convencional, 6.03 ± 1.58 para congelación por nitrógeno y 4.26 ± 1.37 para congelación por IQF.

**Tabla 27.** Luminosidad, día de cero, para los tres métodos de congelación

Método de congelación	Luminosidad día cero
Convencional (CSF)	9.77±2.92
Inmersión en nitrógeno (IF)	12.86±2.12
Lecho fijo (IQF)	11.02±1.03

*No se tiene en cuenta el tipo de empaque porque se realizan con la misma muestra.
Fuente: elaboración propia.

El análisis estadístico de este parámetro (ver anexo 1.7.1) mostró que no existen diferencias significativas en el tipo de empaque, pero sí en el método de congelación. El pos-Anova (ver tabla 28 y anexo 1.7.2) evidenció diferencias significativas entre los tres métodos de congelación, siendo el método de IQF el que causa el menor cambio sobre este parámetro y el CSF el que provoca mayor efecto.

Tabla 28. Análisis de varianza (Anova) y prueba de Tukey para el cambio de color (Δ)

Factor	Valor de p	Prueba de Tukey	
		Promedio	Agrupación
Congelación	0.000		
CSF (convencional)		5.69439	A
IF (nitrógeno)		4.40892	B
IQF (IQF)		2.95541	C
Empaque	0.134		
Congelación*empaque	0.969		

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes entre métodos.
Valores de $p < 0.05$ representan efecto significativo del factor.
Fuente: elaboración propia.

Croma (C)

En la figura 33 se presentan los resultados del efecto de los métodos de congelación y los empaques sobre el croma durante el almacenamiento. Se observa un aumento del valor de C entre la muestra fresca y la muestra que ha sido sometida al proceso de congelación y descongelación.

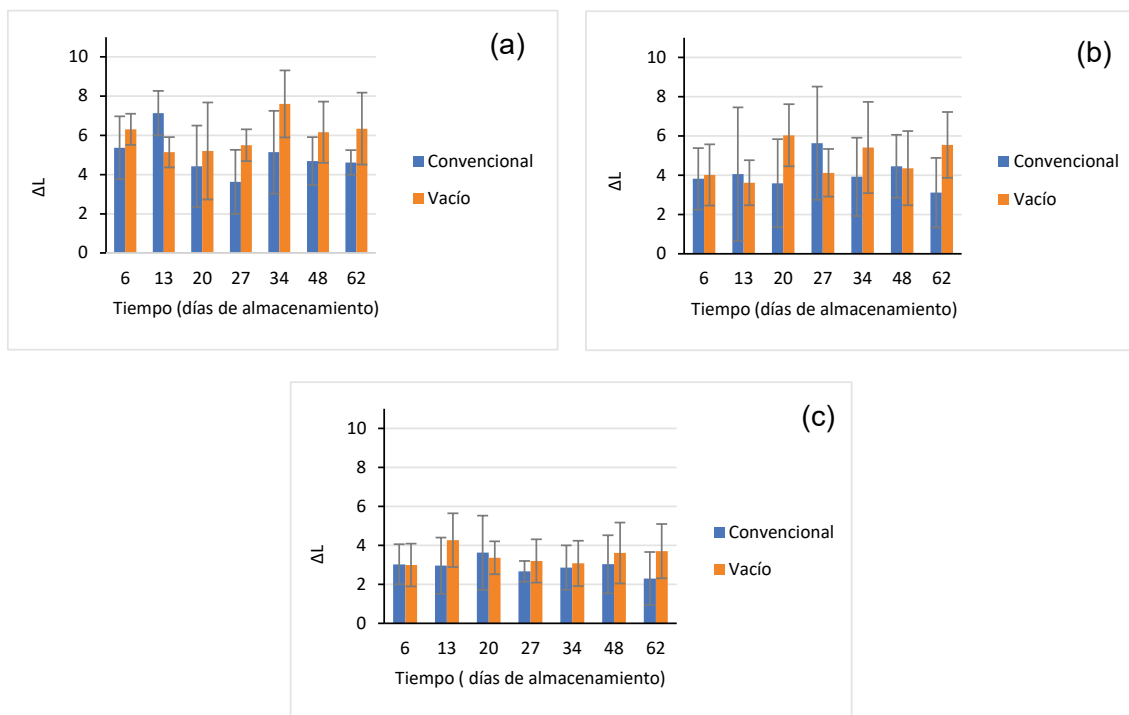


Figura 33. Cromo (C) durante el almacenamiento en empaque convencional y al vacío para mora congelada por (a) CSF, (b) IF y (c) IQF

Fuente: elaboración propia.

El análisis estadístico mostró que no existe diferencia significativa entre los métodos de congelación ni en el tipo de empaque (tabla 29 y anexo 1.8.1), incluyendo la comparación con la muestra en fresco.

Tabla 29. Análisis de varianza (Anova) para el croma (c)

Factor	Valor de p
Congelación	0.128
Empaque	0.609
Congelación*empaque	0.597

Valores de $p < 0.05$ representan efecto significativo del factor.

Fuente: elaboración propia.

Debido a las diferencias en el croma entre las muestras frescas y las muestras congeladas, se realizó un análisis estadístico incluyendo el tiempo de almacenamiento (ver anexo 1.8.2). Se observó efecto significativo del tiempo sobre el valor de C ($p=0.000$). En el pos-Anova (ver anexo 1.8.3), se presentaron diferencias significativas únicamente en la muestra fresca (día cero) en relación con las demás.

Veberic *et al.* (2014) reportaron un aumento en la intensidad del color de la mora desde la cosecha hasta el final del almacenamiento congelado. Estos autores explican que estos



cambios se deben a las transformaciones del pH que afectan las antocianinas. En el presente estudio, el valor de C aumentó solamente al cambiar del estado fresco a congelado. Este aumento en la intensidad del croma puede deberse a estrés abiótico causado por el proceso de congelación, como se mencionó previamente.

Contenido de antocianinas

Las antocianinas tienen una relación con el color rojo, púrpura y azul de los alimentos. Son la estructura básica proveniente de las antocianidinas (agliconas). Se ha demostrado que las antocianinas relativamente simples son más estables en un medio ácido que en un medio neutro o alcalino (Santacruz, 2011).

La figura 34 muestra el comportamiento de la antocianina monomérica Cianidina 3 glucósido (Cy-3-glu) en moras de Castilla con diferentes sistemas de congelación y empaçadas de manera convencional y al vacío durante un período de almacenamiento de 62 días a una temperatura de -18°C . El valor de este compuesto varió entre 121.59 y 239.03 mg/100g peso de fruta fresca. Otros autores han reportado valores entre 75–275mg/100g peso fresco) (Santacruz, 2011).

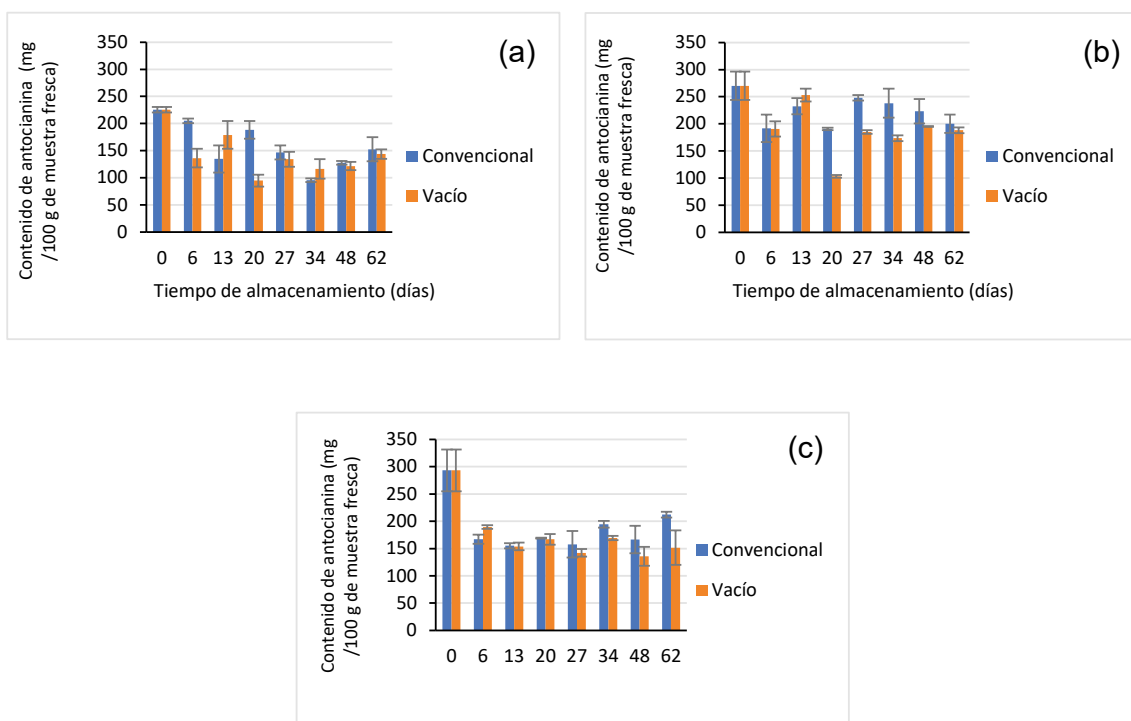


Figura 34. Antocianina monomérica *Cy-3-glu* durante el almacenamiento en empaque convencional y al vacío para mora congelada por (a) CSF, (b) IF y (c) IQF

Fuente: elaboración propia.



El análisis estadístico mostró efecto significativo del método de congelación y del tipo de empaque sobre el contenido de antocianinas (ver anexo 1.9.1). La prueba de Tukey indicó que existen diferencias entre los tres métodos de congelación y entre los dos tipos de empaque. En general, estos resultados coinciden con los obtenidos para la pérdida de fase líquida.

Tabla 30. Anova y post-Anova para el contenido de antocianinas

Factor	Valor de p	Prueba de Tukey	
		Promedio	Agrupación
Congelación	0.000		
CSF (convencional)		151.72	A
IF (nitrógeno)		209.52	B
IQF (IQF)		182.41	C
Empaque	0.009		
Convencional		191.08	D
Vacío		171.35	E
Congelación*empaque	0.645		

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes entre métodos. Valores de $p < 0.05$ representan efecto significativo del factor. Fuente: elaboración propia.

La investigación de Farinango (2010) muestra que las antocianinas aumentan a medida que aumenta el grado de madurez de la mora en la planta, lo cual asegura mayor presencia del color rojo, pero después de la cosecha de la fruta y durante el almacenamiento en congelación no se presentan diferencias significativas debido a que los procesos metabólicos se reducen significativamente. Por otro lado, según Poiana *et al.* (2010) se presenta un aumento significativo en la pérdida de este componente después de 6 meses de almacenamiento en congelación. Este comportamiento se explica por la disminución del agua libre, necesaria para las reacciones metabólicas de la fruta.

Al realizar un modelo general de antocianinas relacionando el tiempo de almacenamiento (ver anexo 1.9.2), se obtienen diferencias significativas respecto al tiempo cuando se compara con el día inicial (muestra fresca) de la prueba. Pero este efecto se observa únicamente en la muestra fresca, de forma análoga al comportamiento observado para el croma del color de la muestra, debido a la relación directa que existe entre estas dos variables. Esto indica que el método de congelación mantiene esta propiedad en el tiempo, pero presenta un cambio respecto a la muestra fresca, posiblemente por una variación del pH poco significativa en relación con los demás valores de pH de la muestra, aunque, relevante para esta propiedad.

Existen diversas antocianinas dependiendo del alimento estudiado (Ramírez, Rojas-Aguilar y Correa-Higuera, 2006; Zapata, *et al.*, 2014), pero la que más se encuentra es la



cianidina (Santacruz, 2011). Diversas investigaciones cuantifican las antocianinas de la mora, entre otras frutas, como cianidina -3-glucosido. La determinación de antocianinas se puede realizar con diferentes métodos de extracción. Cada método tiene actividades individuales necesarias y sensibles en el momento de utilizar diversos reactivos, como la determinación por pH diferencial (Giusti y Wrolstad, 2001), lo cual aumenta el error experimental del método utilizado.

2.1.3.2 Mora refrigerada

A continuación, se presentan los resultados de las pruebas realizadas a la fruta durante 14 días de almacenamiento a temperatura de refrigeración y un análisis estadístico con la normalización de cada resultado.

Pérdida de fase líquida

En la figura 35 se muestra la PFL durante 14 días de almacenamiento refrigerado (4 ± 1 °C).

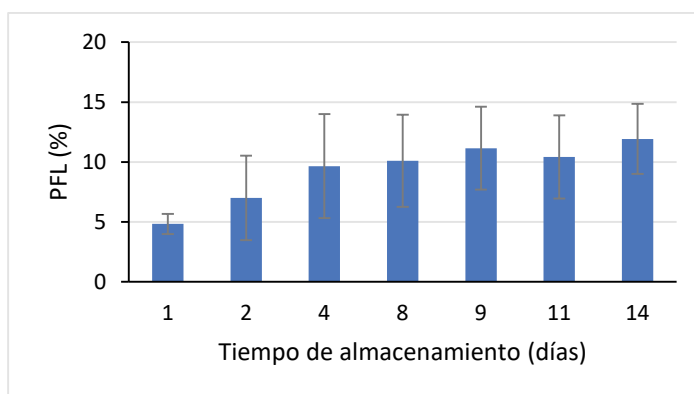


Figura 35. Pérdida de fase líquida (PFL) de mora refrigerada

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la figura 35 y el Anova (ver anexo 2.1), el tiempo no tuvo efecto significativo sobre la PFL. El valor de PFL el día 14 fue $11,92 \pm 2,91$ %. Se observa una alta variabilidad en los resultados de cada día.

Sólidos solubles, pH y acidez titulable

La figura 36 muestra los resultados obtenidos para sólidos solubles (°Brix), pH y acidez titulable (porcentaje (%) de ácido málico).

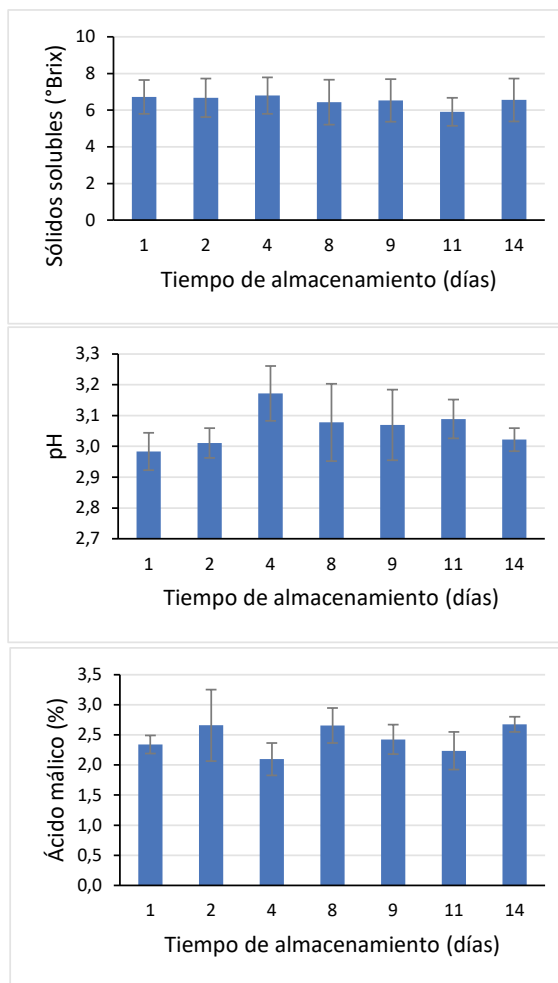


Figura 36. Sólidos solubles, pH y acidez titulable de mora refrigerada

Fuente: elaboración propia.

Los Anova (veer anexos 2.2, 2.3 y 2.4) de estas variables muestran que no existen diferencias significativas en el tiempo. Otras investigaciones mostraron un comportamiento similar (Galvis (2003); Ramírez (2012); Horvitz, Chanaguano y Arazarena (2017)) con distintos tratamientos y mayor tiempo de almacenamiento, por lo que se asume que estas propiedades no cambian en el tiempo para procesos de refrigeración.

Ácido ascórbico (vitamina C)

Se presentó un aumento de este factor durante el almacenamiento refrigerado, con diferencias significativas en el tiempo (valor $p < 0.05$) según el análisis estadístico (ver anexo 2.5). Este resultado, contrario a lo esperado, puede deberse a la variabilidad de la materia prima.

En la figura 37 se muestra la variación del contenido de vitamina C (mg de ácido ascórbico/100g de muestra seca).

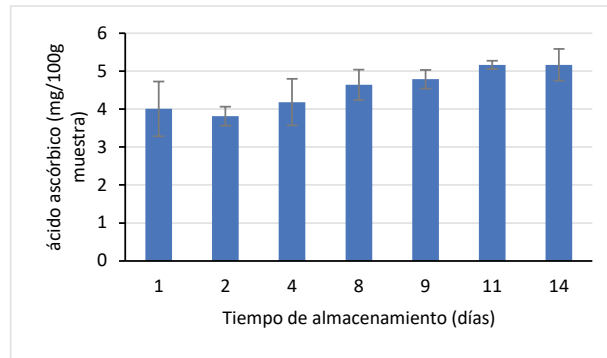


Figura 37. Ácido ascórbico durante almacenamiento refrigerado de mora

Fuente: elaboración propia.

Cambio de color (ΔE) y croma (C)

En la figura 38 (a) se presenta la variación del color durante el almacenamiento refrigerado. Se observó aumento del cambio de color en el tiempo. El Anova (ver anexo 2.6.1) y la prueba de Tukey (ver anexo 2.6.2) muestran diferencias significativas en esta variable, principalmente en los días 2 y 8 de almacenamiento. En la figura 38 (b) se presenta el efecto del tiempo sobre el croma o saturación de color. El Anova (ver anexo 2.7) no muestra diferencias significativas de esta propiedad en el tiempo, lo cual indica estabilidad del color de la mora de Castilla estudiada y mayor efecto sobre la luminosidad.

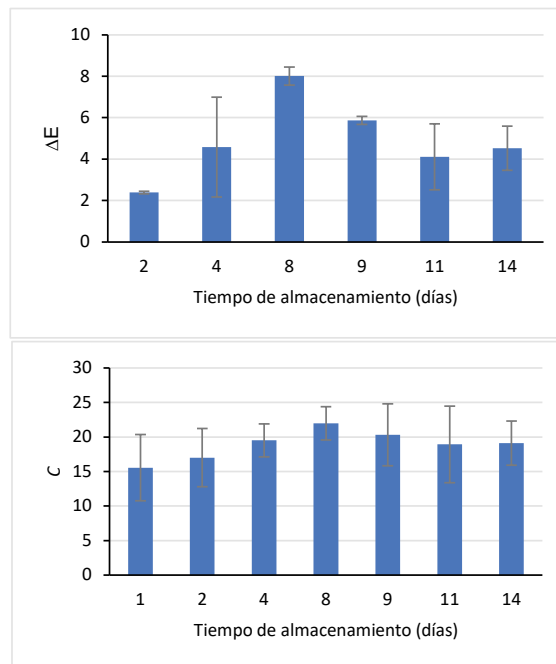


Figura 38. Cambios de color durante el almacenamiento refrigerado de mora (a) cambio de color (ΔE) y (b) Croma (C)

Fuente: elaboración propia.



Tasa de respiración

No fue posible realizar esta prueba debido al daño presentado en el respirómetro.

Pruebas microbiológicas

En las pruebas microbiológicas (tabla 31), se evidencia la rápida degradación del producto almacenado en condiciones de refrigeración.

Tabla 31. Análisis microbiológico

Análisis microbiológico	Método	Unidades	Día 1	Día 8	Día 15
NMP de coliformes totales	Tubos múltiples	NMP/g	<3	9	75
NMP de coliformes fecales	Tubos múltiples	NMP/g	<3	<3	<3
NMP de <i>E. Coli</i>	NTC 4899	NMP/g	<3	<3	<3
Recuento de <i>B. Mesófilas</i>	Recuento en placas	UFC/g	2200	13200	23700
Recuento de mohos y levaduras	Recuento en placas	UFC/g	1400	7600	81600
Enterobacterias	Recuento en placas	UFC/g	<10	20	80
Esporas de <i>Clostridium sulfito reductoras</i>	Recuento en placas	UFC/g	<10	<10	<10

El análisis de estos resultados indica que:

- Aunque no se encuentra una resolución o norma colombiana sobre los límites de coliformes totales y fecales para frutas, en otros países se exige que sean <3 y <10, respectivamente. El resultado obtenido muestra que la fruta cumple con este requisito hasta el día 8. A pesar de tener pocos datos, estos muestran un comportamiento logarítmico ($\text{coliformes totales} = 0.7741e^{0.3084t}$) ($r^2 = 0.9999$).
- Según la norma 4458, reportada por Rodríguez y Villegas (2015), el resultado para *E. Coli* debe ser ausente, pero se registra un resultado de menos 3, lo cual indica que los agricultores encargados de la recolección de la fruta o los utensilios utilizados para su transporte no están debidamente desinfectados. Por otro lado, la resolución 3929 (2016) menciona que, tanto para jugos o zumos de fruta como para pulpa de fruta sin tratamiento térmico, congelados o no, el resultado para *E. Coli* debe ser <10 UFC/g, para identificarse con un nivel de buena calidad. Este límite se cumple en los 14 días evaluados.
- Aunque no se tiene claro los límites de microorganismos aerobios mesófilos (bacterias mesófilas) para la mora de Castilla fresca, es evidente su aumento en el tiempo. La temperatura óptima para su crecimiento se encuentra entre 20 °C y 45 °C con una zona óptima entre 30 °C y 40 °C, en presencia de oxígeno. El comportamiento es lineal ($B. \text{Mesófilas} = 1535.7t + 746.62$) ($r^2 = 0.9998$).



- Según la resolución 3929 (2016), el requisito para mohos y levaduras tanto en jugos o zumos de fruta como en pulpa de fruta sin tratamiento térmico, congelados o no, se encuentra entre 1000 y 3000 UFC/g, lo cual se cumple hasta el día 4, de acuerdo con el comportamiento logarítmico observado (mohos y lev.= $934.65e^{0.2904t}$) ($r^2=0.9907$).
- Según la NTC 4516, citada por Rodríguez y Villegas (2015), el límite máximo de enterobacterias es de <10 UFC/g, lo cual se cumple hasta el día 4, de acuerdo con el comportamiento logarítmico observado (enterobacterias= $4.1017e^{0.198t}$) ($r^2=1$).
- Para las esporas de Clostridium sulfito reductoras, que se realiza para alimentos congelados, se tiene un límite <10 UFC/g (Resolución 7992, 1991), el cual se cumple para el almacenamiento de temperatura de refrigeración ($4\text{ °C} \pm 1$).

Con base en los resultados anteriores, la fruta refrigerada a 4 °C está limitada por la calidad microbiológica y posiblemente solo podría almacenarse por un período de máximo 4 días.

• 2.1.4 Conclusiones

El método IF preservó mejor el ácido ascórbico, el ΔE y el contenido de antocianinas. Además, se obtuvo menor pérdida de fase líquida. En algunos casos, el método IQF tuvo igual comportamiento. En las demás variables (contenido de sólidos solubles, pH y acidez titulable), no hubo diferencia entre los tres métodos de congelación estudiados.

El método de empaque convencional mostró la menor PFL y el mayor contenido de antocianinas. Para todas las demás variables estudiadas, no hubo diferencia entre los dos tipos de empaque. El empaque al vacío solamente fue mejor para conservar el contenido de ácido ascórbico.

El método IF propuesto consiste en inmersión de moras en nitrógeno líquido durante 38 s. Empaque posterior en bolsas de polietileno de cierre hermético de 20 x 30 cm, con capacidad de 1 kg, y almacenamiento en refrigeración a -18 °C .

El método IQF tuvo resultados similares al método IF en la mayoría de las propiedades evaluadas. La congelación debe realizarse a -25 °C durante 13 min con una velocidad del aire de enfriamiento a 6 m/s en un equipo IQF, con posterior empaque y almacenamiento.

Con el método IQF, se observaron mayores pérdidas de ácido ascórbico, debido a alta sensibilidad de este en contacto con aire (oxígeno), en comparación con los demás métodos de congelación. Igualmente, se registraron mayores pérdidas con el empaque convencional en relación con el empaque al vacío.



La única deficiencia encontrada en el método IQF es la mayor pérdida de ácido ascórbico, que se debe posiblemente al alto contacto con oxígeno.

Se mantuvieron el contenido de sólidos solubles, el pH y la acidez durante la refrigeración a 4 °C durante 14 días.

El almacenamiento en refrigeración de la mora (4 °C) está limitado por la calidad microbiológica. La fruta solo podría almacenarse por un período de máximo 4 días.

Se observó una PFL similar en los productos refrigerados y en los productos congelados con IF e IQF, mostrando el poco daño celular que provoca la congelación rápida.

• 2.1.5 Fichas técnicas de los productos

2.1.5.1 Mora refrigerada

	FICHA TÉCNICA
Nombre	Mora de Castilla–<i>Rubus glaucus Benth</i>- refrigerada
Descripción del producto	Mora de Castilla empacada en cajas de PET con capacidad de 180 g y refrigerada a 4 °C
Características principales	<p>Parámetros fisicoquímicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de fase líquida (PFL)_{día 1}: 4.82 ± 0.85% - Color (Delta E: 6.43 ± 2.46; Cromo: 17.12 ± 2.53; Luminosidad (L): 2.18 ± 1.56 - Sólidos solubles: 6.72 ± 0.93 °Brix - pH: 2.98 ± 0.06 - Acidez (como ácido málico): 2.34 ± 0.15 % <p>Parámetros microbiológicos</p> <ul style="list-style-type: none"> NMP de coliformes totales: <3 NMP/g NMP de coliformes fecales: <3 NMP/g NMP de E. Coli: <3 NMP/g Recuento de B. mesófilas: 2200 UFC/g Recuento de mohos y levaduras: 1400 UFC/g Enterobacterias: <10 UFC/g Esporas de Clostridium sulfito reductoras: <10 UFC/g
Características secundarias	<p>Parámetros funcionales</p> <ul style="list-style-type: none"> -Ácido ascórbico (vitamina C): 2.62 ± 0.04 mg ác ascórbico / 100g de muestra seca -Antocianinas: 238.19 ± 65.07mg/100g peso fresco



Ingredientes	Mora de Castilla
Descripción del proceso de elaboración	<p>Selección: se seleccionan frutas sin defectos ni enfermedades, con un diámetro promedio de 1.60 ± 0.01 cm y un grado de madurez aparente de 5, según la NTC 4106.</p> <p>Empaque: se empacan 180 g en cajas de tereftalato de polietileno (PET) de $11 \times 9 \times 3$ cm, con un calibre de 420 mm.</p> <p>Almacenamiento: se almacena en refrigerador convencional a $4 \text{ }^\circ\text{C}$.</p>
Condiciones de conservación recomendadas	Empaque en cajas de PET con cierre sello plus (cierre de ajuste seguro). Refrigeración a $4 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$. No interrumpir la cadena de frío.
Tiempo de vida útil estimado	Máximo 7 días

Fuente: elaboración propia; fotografías de Díaz, Ochoa, Vélez, Ayala, Fernández, Delgado, Plaza, Terán, González, Benítez, González, Vargas y Escobar (2020).

2.1.5.2 Mora congelada

	FICHA TÉCNICA
Nombre	Mora de Castilla–<i>Rubus glaucus Benth</i>- congelada
Descripción del producto	Mora entera congelada por el método IQF y almacenada a $-18 \text{ }^\circ\text{C}$
Características principales	<p>Parámetros fisicoquímicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de fase líquida (PFL): $12.21 \pm 2.34\%$ - Color (Delta E: 6.43 ± 2.46; Croma: 17.12 ± 2.53; Luminosidad (L): 2.18 ± 1.56) - Sólidos solubles: $9.09 \pm 0.91 \text{ }^\circ\text{Brix}$ - pH: 2.99 ± 0.02 - Acidez (como ácido málico): $1.92 \pm 0.26 \%$
Características secundarias	<p>Parámetros funcionales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ácido ascórbico (vitamina C): 2.62 ± 0.04 mg ác ascórbico / 100g de muestra seca - Antocianinas: 238.19 ± 65.07mg/100g peso fresco
Ingredientes	Mora de Castilla, grado de madurez 5, de acuerdo con la carta de color de la NTC 4106.



<p>Descripción del proceso de elaboración</p>	<p>Selección: se seleccionan frutas sin defectos ni enfermedades, con un diámetro promedio de $1,60 \pm 0,01$ cm y un grado de madurez aparente de 5, según la NTC 4106. Congelación: se realiza en un equipo de congelación IQF (Dártico) a 25°C durante 13 min, con una velocidad del aire de enfriamiento a 6 m/s. Empaque: se empaca en bolsas de polietileno de cierre hermético de 20 x 30 cm, con capacidad de 1 kg. Almacenamiento: se almacena en congelador convencional a $-18 \pm 2^{\circ}\text{C}$.</p>
<p>Condiciones de conservación recomendadas</p>	<p>Almacenamiento en bolsa de polietileno con cierre hermético, calibre $0.049 + 0.003$ mm, en congelador convencional a $-18 \pm 2^{\circ}\text{C}$</p>
<p>Tiempo de vida útil estimado</p>	<p>Mínimo 2 meses</p>

Fuente: elaboración propia; fotografías de Díaz, Ochoa, Vélez, Ayala, Fernández, Delgado, Plaza, Terán, González, Benítez, González, Vargas y Escobar (2020).

• 2.1.6 Referencias

- Agronet. (2016). *Mora-Agronet. Ministerio de Agricultura*. <http://www.agronet.gov.co/Documents/MORA2016.pdf>
- Ayala Aponte, A., Sánchez, M., y Rodríguez, H. (2014). Influencia de la osmocongelación sobre algunas propiedades físicas de papaya (*Carica papaya* L.). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 17(2), 487-494.
- Ayala, L., Valenzuela, C., y Bohorquez, Y. (2013). Caracterización fisicoquímica de mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*) en seis estados de madurez. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 11, 10-18.
- Bulut, M., Bayer, O., Kirtil, E., y Bayindirli, A. (2018). Effect of freezing rate and storage on the texture and quality parameters of strawberry and green bean frozen in hom type freezer. *International Journal of Refrigeration*, 88, 360-369.
- Carvalho, C. P., y Betancur, J. A. (2015). Quality characterization of Andean blackberry fruits (*Rubus glaucus Benth*) in different maturity stages in Antioquia, Colombia. *Agronomia Colombiana*, 33(1), 74-83. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v33n1.47132>
- Dangour, A. D., Dodhia, S. K., Hayter, A., Allen, E., Lock, K., y Uauy, R. (2009). Nutritional quality of ecological foods: A systematic review. *Revista Internacional de Acupuntura*, 4, 680-685. [https://doi.org/10.1016/S1887-8369\(10\)70023-5](https://doi.org/10.1016/S1887-8369(10)70023-5)
- De Michelis, A. (2015). Congelación de frutas, hortalizas, hongos, carnes y masas. Procedimientos hogareños y comerciales de pequeña escala. Buenos Aires L *INTA Ediciones*.
- Evans, J. A. (2009). (ed.) *Frozen Food Science and Technology*. Oxford: Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781444302325>



- Farinango, M. E. (2010). *Estudio de la fisiología postcosecha de la mora de castilla (Rubus glaucus Benth) y de la mora variedad brazos (Rubus sp.)* [trabajo de grado para optar al título de Ingeniería agroindustrial, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1668/1/CD-2639.pdf>
- Galetto, C. D., Verdini, R. A., Zorrilla, S. E., y Rubiolo, A. C. (2010). Freezing of strawberries by immersion in CaCl₂ solutions. *Food Chemistry*, 123(2), 243-248. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.04.018>
- Galvis Murillo, B. S. (2003). *Estudio de durabilidad de la pulpa de mora de Castilla y mora San Antonio* [trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/2688>
- García, M. de las R., Bravo, A. R., García, A. de los Á., Ruiz, A. A., y Budovalchew, I. A. (2015). Contenido de vitamina C en dos variedades de moras durante la etapa de maduración. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 49(3), 329-334.
- Giusti, M. M., y Wrolstad, R. E. (2001). Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-visible Spectroscopy. *Handbook of Food Analytical Chemistry*, 1, 19-31. <https://doi.org/10.1002/0471709085.ch18>
- Gonçalves, E. M., Abreu, M., Brandão, T. R. S., y Silva, C. L. M. (2011). Degradation kinetics of colour, vitamin C and drip loss in frozen broccoli (*Brassica oleracea* L. ssp. *Italica*) during storage at isothermal and non-isothermal conditions. *International Journal of Refrigeration*, 34, 2136-2144. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2011.06.006>
- Horvitz, S., Chanaguano, D., y Arozarena, I. (2017). Andean blackberries (*Rubus glaucus Benth*) quality as affected by harvest maturity and storage conditions. *Scientia Horticulturae*, 226, 293-301. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.002>
- Iwona, Ś., y Mitek, M. (2007). The changes of antioxidant properties in highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) during freezing and long-term frozen storage. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 6(4), 75-82.
- Kiani, H., y Sun, D. W. (2011). Water crystallization and its importance to freezing of foods: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 22(8), 407-426. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.04.011>
- Li, D., Zhu, Z., y Sun, D. W. (2018). Effects of freezing on cell structure of fresh cellular food materials: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 75, 46-55. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.02.019>
- López, A., y Di Sarli, A. (2016). El Modelo Cielab, Las Fórmulas de Diferencia de Color y el uso de la Norma Europea en 12878 en morteros y hormigones Coloreados. *Ciencia y Tecnología de los Materiales*, 6, 41-53.
- Martín, F. (2015). Cambios y alteraciones en los alimentos durante el proceso de congelación (II). *Restauración colectiva*. <https://www.restauracioncolectiva.com/n/cambios-y-alteraciones-en-los-alimentos-durante-el-proceso-de-congelacion-ii>
- Millán, E., Restrepo, L. P., y Narváez, C. E. (2007). Efecto del escaldado, de la velocidad de congelación y de descongelación sobre la calidad de la pulpa congelada de arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaught). *Agronomía Colombiana*, 25(2), 333-338.



- Minagricultura. (2019). *Subsector Productivo de la Mora. Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales*. <https://doi.org/https://sioc.minagricultura.gov.co/Mora/Documentos/2019-03-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Montes, L. M., Castaño, J. J., y Orrego, C. E. (2005). Evaluación del sistema de congelación rápida “IQF” (Individually Quick Freezing) para la conservación de la mora de Castilla. *Cenicafé*, 56(4), 365-380.
- Nowak, K. W., Zielinska, M., y Waszkielis, K. M. (2018). The effect of ultrasound and freezing / thawing treatment on the physical properties of blueberries. *Food Science and Biotechnology*, 2, 741-749. <https://doi.org/10.1007/s10068-018-0528-5>
- NTC 4106. (1997). Frutas Frescas Mora De Castilla Especificaciones. *Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación-ICONTEC*. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/632/Anexo%201%20NTC4106-%20mora.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- NTC 4458. (2007). Microbiología de alimentos y de alimentos para animales. Método horizontal para el recuento de coliformes o Escherichia Coli o ambos. Técnica de recuento de colonias utilizando medios fluorogénicos o cromogénicos. *Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación-ICONTEC*. <https://www.emcali.com.co/documents/148832/162283/NTC4458.pdf/ab249e1a-7c13-8c83-8419-e04c49e2d48b?t=1532039252940&download=true>
- NTC 4516. (2013). Microbiología de alimentos y productos de alimentación animal. Método horizontal para la detección y ennumeración de coliformes técnica del número más probable. *Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación-ICONTEC*. <https://pt.scribd.com/doc/104026766/NTC4516-MICROBIOLOGIA-DE-ALIMENTOS-Y-PRODUCTOS-DE-ALIMENTACION-ANIMAL-METODO-HORIZONTAL-PARA-LA-DETECCION-Y-ENUMERACION-DE-COLIFORMES-TECNICA-DELNUMER>
- NTC 4592. (1999). Productos de frutas y verduras. Determinación de pH. *Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación-ICONTEC*. <https://pt.scribd.com/document/263463580/NTC-4592-pH>
- Petzold, G., y Aguilera, J. M. (2009). Ice morphology: Fundamentals and technological applications in foods. *Food Biophysics*, 4(4), 378-396. <https://doi.org/10.1007/s11483-009-9136-5>
- Poiana, M. A., Moigradean, D., Raba, D., Alda, L. M., y Popa, M. (2010). The effect of long-term frozen storage on the nutraceutical compounds, antioxidant properties and color indices of different kinds of berries. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8(1), 54-58.
- Potter, N., y Hotchkiss, J. (2007). *Ciencia de los alimentos*. Zaragoza: Editorial Acribia.
- ProColombia. (2014). Logística de perecederos y cadena de frío en Colombia. *PROCOLOMBIA. Exportaciones Turismo Inversión Marca País*. https://procolombia.co/sites/all/modules/custom/mccann/mccann_ruta_exportadora/files/06-cartilla-cadena-frio.pdf
- Qinggang, Z., Leren, T., y Meiyan, C. (2014). Process and storage quality of quick freezing blueberries in LN2-spraying fluidized bed. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 6(7), 852-866. <https://doi.org/10.19026/ajfst.6.123>
- Quintero-Cerón, J. P., Ayala, L., Valenzuela, C., Bohórquez, Y., y Rivera, C. (2012). Sistemas de extracción (se) y su incidencia en la cuantificación de compuestos bioactivos mayoritarios en frutos de *Rubus glaucus Benth*. *Vitae*, 19(1), S291-S293.



- Ramírez, J. D. (2012). *Conservación de mora de Castilla (Rubus glaucus Benth) mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila (Aloe barbadensis Miller)* [tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/9871?show=full>
- Ramírez, M., Rojas-Aguilar, N., y Correa-Higuera, L. (2006). Obtención de un colorante natural alimentario de mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*). *Ciencia En Desarrollo*, 2, 115-130.
- Resolución 3929 (2016). Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir las frutas y las bebidas con adición de jugo (zumo) o pulpa de fruta o concentrados de fruta, clarificados o no, o la mezcla de estos que se procesen, empaquen, transporten, importen y comercialicen en el territorio nacional. Ministerio de Salud y Protección Social. Colombia. 2 de octubre de 2016. <https://www.invima.gov.co/documents/20143/441425/Resolucion-3929-2013.pdf/28252dd6-41eb-a575-8ec4-c876e6326a5e>
- Resolución 7992 (1991). Por la cual se reglamenta parcialmente el Título V de la Ley O9 de 1979 en lo relacionado con la elaboración, conservación y comercialización de Jugos. Concentrados, Néctares, Pulpas, Pulpas Azucaradas y Refrescos. Ministerio de Salud y Protección Social. 21 de julio de 1991, <https://rosdary.files.wordpress.com/2008/03/resolucion-7992-de-1991.pdf>
- Reyes-Carmona, J., Yousef, G. G., Martínez-Peniche, R. A., y Lila, M. A. (2005). Antioxidant Capacity of Fruit Extracts of Blackberry (*Rubus sp.*) Produced in Different Climatic Regions. *JFS S: Sensory and Nutritive Qualities of Food Antioxidant*, 70, 497-503.
- Rodríguez, C. A. y Villegas, B. (2015). Caracterización de los cultivos de mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) con espinas, en dos fincas del municipio de Guática, Risaralda [trabajo de grado para optar al título en tecnología química, Universidad Tecnológica de Pereira]. <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/6118/63438R696.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Santacruz, L. A. (2011). *Análisis químico de antocianinas en frutos silvestres colombianos* [tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/8678/197518.2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Simandjuntak, V., Barrett, D. M., y Wrolstad, R. E. (1996). Cultivar and Frozen Storage Effects on Muskmelon (*Cucumis melo*) Colour, Texture and Cell Wall Polysaccharide Composition. *J. Sci. Food Agric.*, 71, 291-296.
- Sousa, M.B., Canet, W., Alvarez, M.D., y Fernández, C. (2007). Effect of processing on the texture and sensory attributes of raspberry (cv. Heritage) and blackberry (cv. Thornfree). *J. of Food Eng.*, 78, 9-21. <https://doi:10.1016/j.jfoodeng.2005.08.047>
- Sun, Q., Sun, F., Xia, X., Xu, H., y Kong, B. (2019). The comparison of ultrasound-assisted immersion freezing, air freezing and immersion freezing on the muscle quality and physicochemical properties of common carp (*Cyprinus carpio*) during freezing storage. *Ultrasonics Sonochemistry*, 51, 281-291. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.10.006>
- Tofiño Rivera, A., Romero, H., y Ceballos, H. (2007). Efecto del estrés abiótico sobre la síntesis y degradación del almidón. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 25, 245-254.



- Tuomisto, H. L., Hodge, I. D., Riordana, P., y Macdonalda, D. W. (2012). Does organic farming reduce environmental impacts? – A meta-analysis of European research. *Journal of Environmental Management*, 112, 309-320.
- Veberic, R., Stampar, F., Schmitzer, V., Cunja, V., Zupan, A., Koron, D., y Mikulic-Petkovsek, M. (2014). Changes in the contents of anthocyanins and other compounds in blackberry fruits due to freezing and long-term frozen storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(29), 6926-6935. <https://doi.org/10.1021/jf405143w>
- Worthington, V. (1998). Effect of agricultural methods on nutritional quality: a comparison of organic with conventional crops. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, 4, 58-69.
- Wu, R., Frei, B., Kennedy, J.A. y Zhao, Y. (2010). Effects of refrigerated storage and processing technologies on the bioactive compounds and antioxidant capacities of Marion and Evergreen blackberries. *LWT–Food Science and Technology*, 43, 1253-1264.
- Zapata, L. M., Heredia, A. M., Quinteros, C. F., Malleret, A. D., Clemente, G., y Cárcel, J. A. (2014). Optimización de la extracción de antocianinas de arándanos. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 25, 166-192.

• **2.1.7 Anexos**

Anexo 1. Análisis estadístico (Minitab, 2019)

Propiedades fisicoquímicas durante la congelación

Anexo 1.1. Pérdida de fase líquida (PFL)

Anexo 1.1.1 Modelo lineal general de pérdida de fase líquida respecto a congelación y tipo de empaque

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Congelación	Fijo	3	CSF; IF; IQF
Empaque	Fijo	2	convencional; vacío

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Congelación	2	0,122874	0,061437	28,08	0,000
Empaque	1	0,011049	0,011049	5,05	0,027
Congelación*empaque	2	0,003787	0,001893	0,87	0,425
Error	78	0,170654	0,002188		
Total	83	0,308363			

**Coefficientes**

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	0,14900	0,00510	29,19	0,000	
Congelación					
CSF	0,05354	0,00722	7,42	0,000	1,33
IF	-0,03345	0,00722	-4,63	0,000	1,33
Empaque					
convencional	-0,01147	0,00510	-2,25	0,027	1,00
Congelación*empaque					
CSF convencional	-0,00626	0,00722	-0,87	0,389	1,33
IF convencional	0,00931	0,00722	1,29	0,201	1,33

Anexo 1.1.2. Comparaciones (pos-Anova – Tukey)

Comparaciones por parejas de Tukey: congelación

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %

Congelación	N	Media	Agrupación
CSF	28	0,202533	A
IQF	28	0,128906	B
IF	28	0,115552	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Comparaciones por parejas de Tukey: empaque

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %

Empaque	N	Media	Agrupación
vacío	42	0,160466	A
convencional	42	0,137528	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Comparaciones por parejas de Tukey: congelación*empaque

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %



Congelación*Empaque	N	Media	Agrupación		
CSF vacío	14	0,220258	A		
CSF convencional	14	0,184808	A	B	
IQF vacío	14	0,143432		B	C
IF vacío	14	0,117706			C
IQF convencional	14	0,114380			C
IF convencional	14	0,113397			C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 1.2. Contenido de sólidos solubles

Anexo 1.2.1 Modelo lineal general de sólidos solubles respecto a congelación y tipo de empaque

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Congelación	Fijo	3	CSF; IF; IQF
Tipo de empaque	Fijo	2	Convencional; vacío

Análisis de Varianza

Fuente	gl	sc Ajust.	mc Ajust.	Valor f	Valor p
Congelación	2	0,028110	0,014055	2,46	0,091
Tipo de empaque	1	0,005883	0,005883	1,03	0,313
Congelación*tipo de empaque	2	0,009354	0,004677	0,82	0,444
Error	90	0,513230	0,005703		
Total	95	0,556577			

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	0,92213	0,00771	119,64	0,000	
Congelación					
CSF	-0,0238	0,0109	-2,18	0,032	1,33
IF	0,0079	0,0109	0,72	0,472	1,33
Tipo de empaque					
Convencional	0,00783	0,00771	1,02	0,313	1,00
Congelación*tipo de empaque					
CSF Convencional	-0,0053	0,0109	-0,49	0,628	1,33
IF Convencional	-0,0085	0,0109	-0,78	0,435	1,33

*Anexo 1.2.2. Anova por tiempo (días)***Método**

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Días	8	0; 6; 13; 20; 27; 34; 48; 62

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Días	7	0,07343	0,010490	1,91	0,077
Error	88	0,48314	0,005490		
Total	95	0,55658			

Medias

Días	N	Media	Desv.Est.	ic de 95 %
0	12	0,99046	0,01938	(0,94795; 1,03297)
6	12	0,9055	0,1023	(0,8630; 0,9480)
13	12	0,9121	0,0484	(0,8696; 0,9546)
20	12	0,9027	0,1176	(0,8602; 0,9452)
27	12	0,9323	0,0512	(0,8898; 0,9748)
34	12	0,8986	0,0757	(0,8561; 0,9412)
48	12	0,9186	0,0747	(0,8761; 0,9611)
62	12	0,9167	0,0546	(0,8742; 0,9592)

Desv.Est. agrupada = 0,0740964



Anexo 1.3. Ph

Anexo 1.3.1 Modelo lineal general de pH respecto a congelación y tipo de empaque

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Congelación	Fijo	3	CSF; IF; IQF
Tipo de Empaque	Fijo	2	Convencional; vacío

Análisis de Varianza

Fuente	gl	SC AJUST.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Congelación	2	0,000180	0,000090	0,26	0,774
Tipo de empaque	1	0,000739	0,000739	2,11	0,150
Congelación*tipo de empaque	2	0,001811	0,000905	2,58	0,081
Error	90	0,031568	0,000351		
Total	95	0,034298			

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	0,97631	0,00191	510,77	0,000	
Congelación					
CSF	-0,00193	0,00270	-0,71	0,478	1,33
IF	0,00115	0,00270	0,43	0,671	1,33
Tipo de empaque					
Convencional	-0,00277	0,00191	-1,45	0,150	1,00
Congelación*tipo de empaque					
CSF convencional	0,00499	0,00270	1,85	0,068	1,33
IF convencional	0,00060	0,00270	0,22	0,825	1,33



Anexo 1.3.2 Modelo lineal general de pH respecto a congelación, tipo de empaque y días

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Congelación	Fijo	3	CSF; IF; IQF
Tipo de empaque	Fijo	2	Convencional; Vacío
Día	Fijo	8	0; 6; 13; 20; 27; 34; 48; 62

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Congelación	2	0,000180	0,000090	0,21	0,812
Tipo de empaque	1	0,000739	0,000739	1,71	0,197
Día	7	0,005008	0,000715	1,66	0,143
Congelación*tipo de empaque	2	0,001811	0,000905	2,10	0,134
Congelación*día	14	0,004179	0,000298	0,69	0,772
Tipo de empaque*día	7	0,000499	0,000071	0,16	0,991
Congelación*tipo de empaque*día	14	0,001148	0,000082	0,19	0,999
Error	48	0,020734	0,000432		
Total	95	0,034298			

Anexo 1.4. Acidez titulable

Anexo 1.4.1 Modelo lineal general de acidez titulable respecto a congelación y tipo de empaque

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Congelación	Fijo	3	CSF; IF; IQF
Tipo de empaque	Fijo	2	Convencional; Vacío

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Congelación	2	0,04516	0,022578	1,42	0,248
Tipo de empaque	1	0,00334	0,003342	0,21	0,648
Congelación*tipo de empaque	2	0,00059	0,000294	0,02	0,982
Error	90	1,43338	0,015926		
Total	95	1,48246			



Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	0,8211	0,0129	63,75	0,000	
Congelación					
CSF	-0,0016	0,0182	-0,09	0,929	1,33
IF	-0,0257	0,0182	-1,41	0,162	1,33
Tipo de empaque					
Convencional	0,0059	0,0129	0,46	0,648	1,00
Congelación*tipo de empaque					
CSF convencional	0,0030	0,0182	0,16	0,870	1,33
IF convencional	0,0001	0,0182	0,01	0,996	1,33

Anexo 1.4.2 Modelo lineal general de acidez titulable respecto a congelación, tipo de empaque y días

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Congelación	Fijo	3	CSF; IF; IQF
Tipo de empaque	Fijo	2	Convencional; vacío
Día	Fijo	8	0; 6; 13; 20; 27; 34; 48; 62

Análisis de varianza

Fuente	gl	sc Ajust.	mc Ajust.	Valor F	Valor p
Congelación	2	0,04516	0,022578	1,36	0,267
Tipo de empaque	1	0,00334	0,003342	0,20	0,656
Día	7	0,14843	0,021204	1,27	0,283
Congelación*tipo de empaque	2	0,00059	0,000294	0,02	0,982
Congelación*día	14	0,31987	0,022848	1,37	0,203
Tipo de empaque*día	7	0,05758	0,008225	0,49	0,834
Congelación*tipo de empaque*día	14	0,10910	0,007793	0,47	0,939
Error	48	0,79840	0,016633		
Total	95	1,48246			



Anexo 1.5. Ácido ascórbico (vitamina C)

Anexo 1.5.1 Modelo lineal general de vitamina C respecto a congelación y tipo de empaque

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Congelación	Fijo	3	CSF; IF; IQF
Tipo de empaque	Fijo	2	Convencional; vacío

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Congelación	2	4,0151	2,00756	23,95	0,000
Tipo de empaque	1	0,6828	0,68282	8,14	0,005
Congelación*tipo de empaque	2	0,0267	0,01336	0,16	0,853
Error	138	11,5692	0,08383		
Total	143	16,2939			

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	3,1242	0,0241	129,48	0,000	
Congelación					
CSF	0,1268	0,0341	3,72	0,000	1,33
IF	0,1091	0,0341	3,20	0,002	1,33
Tipo de empaque					
Convencional	-0,0689	0,0241	-2,85	0,005	1,00
Congelación*tipo de empaque					
CSF convencional	0,0052	0,0341	0,15	0,880	1,33
IF convencional	0,0135	0,0341	0,40	0,693	1,33

Anexo 1.5.2. Comparaciones de los factores respecto al contenido de vitamina C

Comparaciones por parejas de Tukey: congelación**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %**



Congelación	N	Media	Agrupación	
CSF	48	3,25101	A	
IF	48	3,23332	A	
IQF	48	2,88828		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Comparaciones por parejas de Tukey: tipo de empaque

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %

Tipo de empaque	N	Media	Agrupación	
Vacío	72	3,19306	A	
Convencional	72	3,05534		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 1.5.3. Modelo lineal general de vitamina C respecto al tiempo, congelación y tipo de empaque

Nota: No se tiene en cuenta el tiempo cero porque representa la fruta fresca.

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tiempo	Fijo	7	6; 13; 20; 27; 34; 48; 62
Congelación	Fijo	3	CSF; IF; IQF
Tipo de empaque	Fijo	2	Convencional; vacío

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo	6	0,8962	0,14937	1,80	0,106
Congelación	2	3,3302	1,66512	20,01	0,000
Tipo de empaque	1	0,7040	0,70400	8,46	0,004
Congelación*tipo de empaque	2	0,0367	0,01834	0,22	0,803
Error	114	9,4841	0,08319		
Falta de ajuste	30	7,9194	0,26398	14,17	0,000
Error puro	84	1,5647	0,01863		
Total	125	14,4512			



Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	3,1541	0,0257	122,75	0,000	
Tiempo					
6	-0,0584	0,0629	-0,93	0,356	1,71
13	-0,0186	0,0629	-0,30	0,768	1,71
20	-0,0881	0,0629	-1,40	0,164	1,71
27	0,0358	0,0629	0,57	0,570	1,71
34	-0,0138	0,0629	-0,22	0,827	1,71
48	-0,0437	0,0629	-0,69	0,489	1,71
Congelación					
CSF	0,1341	0,0363	3,69	0,000	1,33
IF	0,0947	0,0363	2,61	0,010	1,33
Tipo de empaque					
Convencional	-0,0747	0,0257	-2,91	0,004	1,00
Congelación*tipo de empaque					
CSF convencional	0,0021	0,0363	0,06	0,955	1,33
IF convencional	0,0198	0,0363	0,54	0,587	1,33

Anexo 1.6. Cambio de color (ΔE)

Anexo 1.6.1. Modelo lineal general del cambio de color(ΔE) respecto al método de congelación y tipo de empaque

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Congelación	Fijo	3	CSF; IF; IQF
Tipo de Empaque	Fijo	2	Convencional; vacío

Análisis de varianza

Fuente	GL	sc Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Congelación	2	657,37	328,684	25,47	0,000
Tipo de empaque	1	4,05	4,045	0,31	0,577
Congelación*tipo de empaque	2	3,38	1,692	0,13	0,877
Error	78	1006,72	12,907		
Total	83	1671,52			



Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	fv
Constante	9,858	0,392	25,15	0,000	
Congelación					
CSF	3,592	0,554	6,48	0,000	1,33
IF	-0,360	0,554	-0,65	0,518	1,33
Tipo de empaque					
Convencional	-0,219	0,392	-0,56	0,577	1,00
Congelación*tipo de empaque					
CSF Convencional	0,247	0,554	0,44	0,658	1,33
IF Convencional	-0,245	0,554	-0,44	0,660	1,33

Anexo 1.6.2. Comparaciones del método de congelación respecto al cambio de color (ΔE)

Comparaciones por parejas de Tukey: congelación

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %

Congelación	N	Media	Agrupación
CSF	28	13,4497	A
IF	28	9,4981	B
IQF	28	6,6257	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 1.7. Cambio de luminosidad (ΔL)

Anexo 1.7.1. Modelo lineal general del cambio de luminosidad (ΔL) respecto al método de congelación y tipo de empaque

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Congelación	Fijo	3	CSF; IF; IQF
Tipo de empaque	Fijo	2	Convencional; vacío



Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Congelación	2	105,160	52,5798	18,81	0,000
Tipo de empaque	1	6,412	6,4123	2,29	0,134
Congelación*tipo de empaque	2	0,177	0,0883	0,03	0,969
Error	78	218,053	2,7956		
Total	83	329,801			

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	4,353	0,182	23,86	0,000	
Congelación					
CSF	1,341	0,258	5,20	0,000	1,33
IF	0,056	0,258	0,22	0,829	1,33
Tipo de empaque					
Convencional	-0,276	0,182	-1,51	0,134	1,00
Congelación*tipo de empaque					
CSF convencional	0,063	0,258	0,24	0,809	1,33
IF convencional	-0,046	0,258	-0,18	0,859	1,33

Anexo 1.7.2. Comparaciones del método de congelación respecto al cambio de luminosidad

Comparaciones por parejas de Tukey: congelación

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %

Congelación	N	Media	Agrupación		
CSF	28	5,69439	A		
IF	28	4,40892		B	
IQF	28	2,95541			C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 1.8. Cromo o saturación (C)

Anexo 1.8.1. Modelo lineal general del croma (C) respecto al método de congelación y tipo de empaque



Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Congelación	Fijo	3	CSF; IF; IQF
Tipo de empaque	Fijo	2	Convencional; vacío

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Congelación	2	0,10005	0,050024	2,11	0,128
Tipo de empaque	1	0,00627	0,006273	0,26	0,609
Congelación*tipo de empaque	2	0,02467	0,012336	0,52	0,597
Error	90	2,13727	0,023747		
Total	95	2,26826			

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	0,8796	0,0157	55,92	0,000	
Congelación					
CSF	-0,0449	0,0222	-2,02	0,046	1,33
IF	0,0295	0,0222	1,33	0,188	1,33
Tipo de empaque					
Convencional	-0,0081	0,0157	-0,51	0,609	1,00
Congelación*tipo de empaque					
CSF convencional	-0,0082	0,0222	-0,37	0,714	1,33
IF convencional	-0,0142	0,0222	-0,64	0,524	1,33

Anexo 1.8.2. Modelo lineal general del croma (C) respecto al método de congelación, tipo de empaque y tiempo

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tiempo	Fijo	8	0; 6; 13; 20; 27; 34; 48; 62
Congelación	Fijo	3	CSF; IF; IQF
Tipo de empaque	Fijo	2	Convencional; vacío



Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo	7	1,24289	0,177555	16,42	0,000
Congelación	2	0,10005	0,050024	4,63	0,012
Tipo de empaque	1	0,00627	0,006273	0,58	0,448
Error	85	0,91906	0,010812		
Falta de ajuste	37	0,28984	0,007834	0,60	0,947
Error puro	48	0,62921	0,013109		
Total	95	2,26826			

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	0,8796	0,0106	82,88	0,000	
Tiempo					
0	-0,2957	0,0281	-10,53	0,000	1,75
6	0,0228	0,0281	0,81	0,419	1,75
13	0,0415	0,0281	1,48	0,143	1,75
20	0,0925	0,0281	3,29	0,001	1,75
27	0,0237	0,0281	0,84	0,401	1,75
34	0,0242	0,0281	0,86	0,392	1,75
48	0,0425	0,0281	1,51	0,134	1,75
Congelación					
CSF	-0,0449	0,0150	-2,99	0,004	1,33
IF	0,0295	0,0150	1,97	0,052	1,33
Tipo de empaque					
Convencional	-0,0081	0,0106	-0,76	0,448	1,00

Anexo 1.8.3. Comparaciones del tiempo respecto al croma (C)

Comparaciones por parejas de Tukey: tiempo

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %

Tiempo	N	Media	Agrupación
20	12	0,972033	A
62	12	0,928165	A
48	12	0,922077	A



13	12	0,921096	A	
34	12	0,903736	A	
27	12	0,903250	A	
6	12	0,902346	A	
0	12	0,583820		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 1.9. Antocianinas

Anexo 1.9.1 Modelo lineal general de antocianinas respecto a congelación y tipo de empaque

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Congelación	Fijo	3	CSF; IF; IQF
Tipo de empaque	Fijo	2	Convencional; vacío

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Congelación	2	0,10915	0,054575	2,20	0,117
Tipo de empaque	1	0,00835	0,008346	0,34	0,563
Congelación*tipo de empaque	2	0,03735	0,018676	0,75	0,474
Error	84	2,08150	0,024780		
Total	89	2,23459			

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	0,7504	0,0166	45,16	0,000	
Congelación					
CSF	-0,0136	0,0235	-0,58	0,563	1,38
IF	0,0483	0,0239	2,02	0,046	1,38
Tipo de empaque					
Convencional	0,0096	0,0166	0,58	0,563	1,00
Congelación*tipo de empaque					
CSF convencional	0,0047	0,0235	0,20	0,843	1,38
IF convencional	0,0222	0,0239	0,93	0,356	1,38



1.9.2. Modelo lineal general de antocianinas respecto a días, congelación y tipo de empaque

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Días	Fijo	8	0; 6; 13; 20; 27; 34; 48; 62
Congelación	Fijo	3	CSF; IF; IQF
Tipo de empaque	Fijo	2	Convencional; vacío

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Días	7	0,53776	0,076823	2,78	0,018
Congelación	2	0,10026	0,050129	1,82	0,175
Tipo de empaque	1	0,01180	0,011801	0,43	0,517
Días*congelación	14	0,13255	0,009468	0,34	0,983
Días*tipo de empaque	7	0,12001	0,017144	0,62	0,735
Congelación*tipo de empaque	2	0,04414	0,022068	0,80	0,456
Días*Congelación*tipo de empaque	14	0,14362	0,010258	0,37	0,976
Error	42	1,15864	0,027587		
Total	89	2,23459			

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	0,7451	0,0180	41,44	0,000	
Días					
0	0,1672	0,0452	3,69	0,001	1,63
6	0,0170	0,0452	0,37	0,710	1,63
13	0,0138	0,0452	0,30	0,763	1,63
20	-0,0918	0,0452	-2,03	0,049	1,63
27	-0,0627	0,0452	-1,39	0,173	1,63
34	0,0074	0,0512	0,15	0,885	1,90
48	-0,0704	0,0512	-1,37	0,177	1,90
Congelación					
CSF	-0,0199	0,0254	-0,78	0,438	1,45
IF	0,0493	0,0261	1,89	0,066	1,48
Tipo de empaque					
Convencional	0,0118	0,0180	0,65	0,517	1,05



Días*congelación					
0 CSF	0,0055	0,0640	0,09	0,932	2,37
0 IF	0,0285	0,0643	0,44	0,660	2,09
6 CSF	0,0277	0,0640	0,43	0,668	2,37
6 IF	0,0169	0,0643	0,26	0,794	2,09
13 CSF	-0,0138	0,0640	-0,22	0,830	2,38
13 IF	0,0238	0,0643	0,37	0,713	2,09
20 CSF	0,0373	0,0640	0,58	0,563	2,37
20 IF	-0,0438	0,0643	-0,68	0,499	2,09
27 CSF	0,0453	0,0640	0,71	0,483	2,38
27 IF	-0,0135	0,0643	-0,21	0,834	2,09
34 CSF	-0,0412	0,0683	-0,60	0,550	2,71
34 IF	-0,0100	0,0802	-0,13	0,901	2,80
48 CSF	-0,1040	0,0800	-1,30	0,200	3,23
48 IF	0,0768	0,0686	1,12	0,269	2,38
Días*tipo de empaque					
0 convencional	-0,0250	0,0452	-0,55	0,583	1,63
6 convencional	-0,0084	0,0452	-0,19	0,854	1,63
13 convencional	-0,0511	0,0452	-1,13	0,265	1,63
20 convencional	0,0514	0,0452	1,14	0,262	1,63
27 convencional	0,0113	0,0452	0,25	0,805	1,63
34 convencional	0,0645	0,0512	1,26	0,215	1,90
48 convencional	-0,0307	0,0512	-0,60	0,552	1,90
Congelación*tipo de empaque					
CSF convencional	0,0029	0,0254	0,11	0,911	1,45
IF convencional	0,0261	0,0261	1,00	0,323	1,48
Días*congelación*tipo de empaque					
0 CSF convencional	-0,0176	0,0640	-0,27	0,785	2,38
0 IF convencional	-0,0029	0,0643	-0,04	0,965	2,10
6 CSF convencional	0,0644	0,0640	1,01	0,320	2,38
6 IF convencional	-0,0538	0,0643	-0,84	0,407	2,10
13 CSF convencional	-0,0342	0,0640	-0,53	0,596	2,38
13 IF convencional	0,0113	0,0643	0,18	0,861	2,10
20 CSF convencional	0,0891	0,0640	1,39	0,171	2,38
20 IF convencional	-0,0036	0,0643	-0,06	0,956	2,10
27 CSF convencional	-0,0436	0,0640	-0,68	0,499	2,37

Continúa



27 IF convencional	0,0325	0,0643	0,51	0,616	2,10
34 CSF convencional	-0,0582	0,0683	-0,85	0,399	2,71
34 IF convencional	0,0271	0,0802	0,34	0,737	2,80
48 CSF convencional	0,0350	0,0800	0,44	0,664	3,24
48 IF convencional	-0,0160	0,0686	-0,23	0,817	2,39

Anexo 2. Resultados durante almacenamiento a temperatura de refrigeración ($4 \pm 1^\circ\text{C}$)

Los análisis estadísticos se realizan para los resultados normalizados, debido a los diferentes inconvenientes presentados para la obtención de la materia prima.

Anexo 2.1. Pérdida de fase líquida (PFL)

Modelo lineal general de pérdida de fase líquida respecto al tiempo de almacenamiento en refrigeración

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tiempo	Fijo	7	1; 2; 4; 8; 9; 11; 14

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo	6	0,5812	0,09687	1,33	0,317
Error	12	0,8748	0,07290		
Total	18	1,4560			

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	0,7014	0,0630	11,14	0,000	
Tiempo					
1	0,299	0,173	1,72	0,110	2,04
2	0,235	0,146	1,61	0,133	1,76
4	-0,068	0,146	-0,47	0,649	1,76
8	-0,066	0,146	-0,45	0,658	1,76
9	-0,170	0,146	-1,17	0,267	1,76
11	-0,025	0,173	-0,14	0,888	2,04



Anexo 2.2. Contenido de sólidos solubles

Modelo lineal general de sólidos solubles respecto al tiempo de almacenamiento en refrigeración

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tiempo	Fijo	7	1; 2; 4; 8; 9; 11; 14

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo	6	0,01132	0,001887	0,28	0,937
Error	13	0,08784	0,006757		
Total	19	0,09916			

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	1,0262	0,0186	55,27	0,000	
Tiempo					
1	-0,0262	0,0442	-0,59	0,564	1,73
2	-0,0162	0,0442	-0,37	0,720	1,73
4	-0,0350	0,0442	-0,79	0,443	1,73
8	0,0294	0,0442	0,66	0,518	1,73
9	0,0113	0,0442	0,26	0,801	1,73
11	0,0292	0,0525	0,56	0,587	2,02

Anexo 2.3. pH

Modelo lineal general de pH respecto al tiempo de almacenamiento en refrigeración

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tiempo	Fijo	7	1; 2; 4; 8; 9; 11; 14



Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo	6	0,007399	0,001233	2,24	0,105
Error	13	0,007154	0,000550		
Total	19	0,014553			

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	0,97406	0,00530	183,82	0,000	
Tiempo					
1	0,0259	0,0126	2,06	0,060	1,73
2	0,0169	0,0126	1,34	0,202	1,73
4	-0,0331	0,0126	-2,62	0,021	1,73
8	-0,0040	0,0126	-0,32	0,758	1,73
9	-0,0013	0,0126	-0,10	0,920	1,73
11	-0,0181	0,0150	-1,21	0,250	2,02

Anexo 2.4. Acidez titulable

Modelo lineal general de acidez titulable respecto al tiempo de almacenamiento en refrigeración

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tiempo	Fijo	7	1; 2; 4; 8; 9; 11; 14

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo	6	0,1606	0,02677	2,20	0,110
Error	13	0,1580	0,01216		
Total	19	0,3187			



Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	0,9775	0,0249	39,25	0,000	
Tiempo					
1	0,0225	0,0593	0,38	0,710	1,73
2	-0,0779	0,0593	-1,31	0,211	1,73
4	0,1518	0,0593	2,56	0,024	1,73
8	-0,0850	0,0593	-1,43	0,175	1,73
9	-0,0063	0,0593	-0,11	0,917	1,73
11	0,0974	0,0704	1,38	0,190	2,02

Anexo 2.5. Ácido ascórbico (vitamina C)

Modelo lineal general de vitamina C respecto al tiempo de almacenamiento en refrigeración

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tiempo	Fijo	7	1; 2; 4; 8; 9; 11; 14

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo	6	0,15901	0,026502	3,88	0,019
Error	13	0,08878	0,006829		
Total	19	0,24779			

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	0,9101	0,0187	48,76	0,000	
Tiempo					
1	0,0899	0,0444	2,02	0,064	1,73
2	0,1327	0,0444	2,99	0,011	1,73
4	0,0508	0,0444	1,14	0,274	1,73
8	-0,0448	0,0444	-1,01	0,332	1,73
9	-0,0660	0,0444	-1,48	0,161	1,73
11	-0,0291	0,0528	-0,55	0,591	2,02

Anexo 2.6. Cambio de color (ΔE)

Modelo lineal general del cambio de color (ΔE) respecto al tiempo de almacenamiento en refrigeración

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tiempo	Fijo	6	2; 4; 8; 9; 11; 14

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo	5	35,601	7,120	4,41	0,049
Error	6	9,688	1,615		
Total	11	45,290			

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	4,912	0,367	13,39	0,000	
Tiempo					
2	-2,528	0,820	-3,08	0,022	1,67
4	-0,333	0,820	-0,41	0,699	1,67
8	3,096	0,820	3,77	0,009	1,67
9	0,958	0,820	1,17	0,287	1,67
11	-0,805	0,820	-0,98	0,364	1,67

Comparaciones por parejas de Tukey: tiempo**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95 %**

Tiempo	N	Media	Agrupación	
8	2	8,00795	A	
9	2	5,87058	A	B
4	2	4,57912	A	B
14	2	4,52507	A	B
11	2	4,10741	A	B
2	2	2,38436		B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Anexo 2.7. Croma (C)

Modelo lineal general del croma (C) respecto al tiempo de almacenamiento en refrigeración

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tiempo	Fijo	7	1; 2; 4; 8; 9; 11; 14

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo	6	53,29	8,882	0,55	0,760
Error	7	113,66	16,238		
Total	13	166,96			

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	18,92	1,08	17,57	0,000	
Tiempo					
1	-3,37	2,64	-1,28	0,243	1,71
2	-1,90	2,64	-0,72	0,494	1,71
4	0,59	2,64	0,23	0,828	1,71
8	3,06	2,64	1,16	0,284	1,71
9	1,40	2,64	0,53	0,612	1,71
11	0,02	2,64	0,01	0,995	1,71

Anexo 3

Metodología para la selección de la condición del IQF

Con base en los resultados de los ensayos realizados, se establecieron tres posibles condiciones de funcionamiento del equipo IQF de lecho fijo, en función del cambio de color y la pérdida de fase líquida, y una temperatura final del producto de -10°C .

- Temperatura: -19°C ; velocidad: 6 m/s; tiempo: 18 minutos 35 segundos.
- Temperatura: -25°C ; velocidad: 6 m/s; tiempo: 13 minutos 10 segundos.
- Temperatura: -30°C ; velocidad: 6 m/s; tiempo: 12 minutos 07 segundos.



Objetivo: seleccionar la mejor condición de funcionamiento del equipo de IQF (velocidad, temperatura y tiempo de congelación).

Las variables evaluadas para determinar la mejor condición del IQF fueron cambio de color (ΔE) y pérdida de fase líquida (PFL).

a) Cambio de color

Materiales

Equipo IQF de lecho fijo
Mora de Castilla
Bandeja
Colorímetro

Métodos

1. Encender el equipo de IQF y establecer una de las condiciones.
2. Escoger 3 moras según grado de madurez visual (grado 4-5) y calibre D (diámetro: 14-18 mm), de acuerdo con la norma NTC 4106.
3. Medir los parámetros L, a y b antes de congelar, siguiendo el protocolo de determinación de color.
4. Congelar el producto según la condición a evaluar.
5. Realizar la determinación de color en varios puntos de la fruta, siguiendo el protocolo de color.

Las pruebas se realizaron por triplicado con su respectiva réplica, para cada condición.

Después de obtener los valores de los parámetros L, a y b, se aplicó la ecuación 1 para determinar el cambio de color (ΔE), que relaciona el color antes y después de congelar.

$$\Delta E^* = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2} \quad (1)$$

Donde:

L_1 : Luminosidad de la muestra antes de congelar.

a_1 : Tonalidad de verde-rojo de la muestra en el espacio de color antes de congelar.

b_1 : Tonalidad de azul-amarrillo de la muestra en el espacio de color antes de congelar.

L_2 : Luminosidad de la muestra después de congelar.



- a₂: Tonalidad de verde-rojo de la muestra en el espacio de color después de congelar.
b₂: Tonalidad de azul-amarillo de la muestra en el espacio de color después de congelar.

b) Pérdida de fase líquida

Materiales

Equipo IQF de lecho fijo
Mora de Castilla
Papel aluminio
Bandeja
Balanza analítica

Método

1. Encender el equipo de IQF y establecer una de las condiciones
2. Escoger 5 moras según grado de madurez visual (grado 4-5) y calibre D (Diámetro: 14-18mm), de acuerdo con la norma NTC 4106.
3. Pesar y registrar el peso de las moras siguiendo el protocolo de pérdida de fase líquida.
4. Congelar las moras según la condición de temperatura, velocidad y tiempo a evaluar.
5. Pesar y registrar el valor siguiendo el protocolo de pérdida de fase líquida.

Las pruebas se realizaron por triplicado, con su respectiva réplica, para cada condición.

La pérdida de fase líquida se determinó midiendo los pesos de las muestras antes y después de congelar y aplicando la ecuación 2 (Talens *et al.* 2001; Sriwimon y Boonsupthip, 2011).

$$\Delta m = \frac{M_f - M_i}{M_i} \quad (2)$$

Donde:

M_i : masa del producto antes de congelación.

M_f : masa del producto descongelado.

Con base en el análisis estadístico de los resultados de cambio de color y pérdida de fase líquida, se definió que las mejores condiciones de congelación son:

Temperatura: -25 °C

Velocidad del aire: 6 m/s

Tiempo: 13 minutos 10 segundos.



Resultados

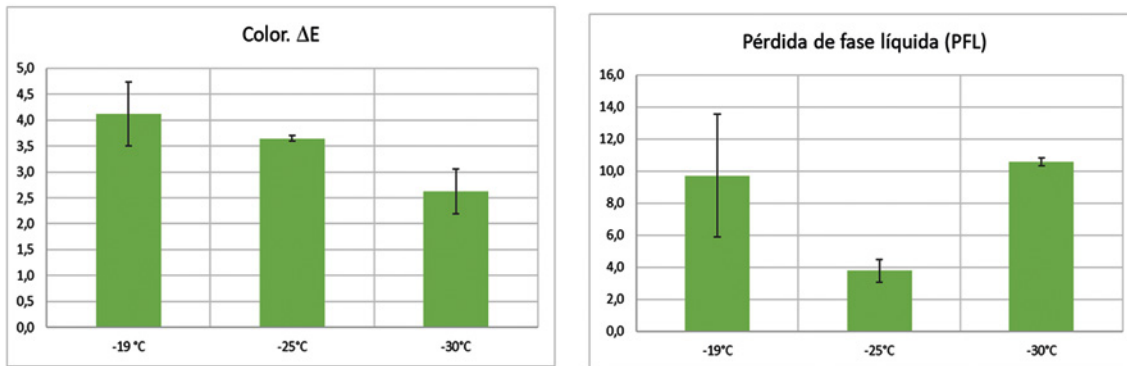


Figura 39. Cambio de color y pérdida de fase líquida en diferentes condiciones de congelación para IQF

Fuente: elaboración propia.

El análisis de resultados de la figura 39 permitió establecer que las mejores condiciones para trabajar en IQF de lecho fijo son temperatura de $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, velocidad de 6 m/s y tiempo de 13 minutos con 10 segundos. Se seleccionan estas condiciones como un punto intermedio respecto al cambio de color y como significativamente diferente respecto a la pérdida de fase líquida en comparación con las otras dos condiciones.

Esta información permite establecer el protocolo de congelación por IQF de la muestra.

Protocolo para congelación IQF, lecho fijo

El protocolo de la congelación por IQF en lecho fijo que se presenta a continuación, es el seguido en la presente investigación.

Metodología

Para congelar mora fresca en IQF de lecho fijo y evaluar su comportamiento en el tiempo se realiza el siguiente procedimiento (Montes, Castaño y Orrego, 2005):

Materiales

- 2 baldes plásticos de 10 L
- 49 bolsas de plástico de empaque convencionales (capacidad de 1 kg)
- 14 bolsas para empaque al vacío (capacidad de 1 kg)
- 35 bolsas para empaque al vacío pequeñas, se puede hacer uso de las bolsas de 1kg cortadas por la mitad.
- 14 recipientes plásticos medianos (capacidad menor a 1 L)
- 14 recipientes plásticos grandes (aproximadamente de 1 L)
- Papel aluminio
- Cinta de enmascarar



- Marcador
- Balanza
- Bandejas plásticas
- Equipos de IQF
- Canastillas de plástico
- Congelador a -18°C (temperatura en la cual el proceso de congelación se considera completo)
- 2 neveras de icopor de 10 L
- Hielo y pilas de hielo
- Selladora de bolsas a vacío

Métodos

1. Llevar la mora al laboratorio de propiedades fisicoquímicas de los alimentos.
2. Seleccionar la mora por grado de madurez 4-5 y diámetro entre 1.3 cm y 1.8 cm, la mora que cumple con los criterios de selección se ubican en los baldes. La cantidad de mora desechada varía entre 40 y 60 %.
3. De la mora seleccionada, retirar 87 moras, aproximadamente 348 g (el peso promedio de cada mora es 4 g), para pruebas del día cero debido a que se requiere:
 - 3 moras para determinación de color
 - 10 moras para determinación de acidez
 - 24 moras para sólidos solubles y pH
 - 25 moras para ácido ascórbico (vitamina C)
 - 25 moras para determinación de antocianinas.
4. Marcar los 14 recipientes de plástico medianos con “37 moras” que se utilizarán para las pruebas en almacenamiento de color (3 moras), acidez titulable (10 moras), sólidos solubles y pH (24 moras).
5. Marcar los 14 recipientes de plástico grandes con “50 moras” que se utilizaran para las pruebas en almacenamiento de determinación de ácido ascórbico (25 moras) y antocianinas (25 moras).
6. Llenar los recipientes de plástico con las moras, según la cantidad indicada en los rótulos. Obteniendo 28 recipientes de plástico con mora, de los cuales 14 son de 37 moras y 14 de 50 moras
7. Para las moras seleccionadas, se alistan 14 recipientes de plástico para empaque a vacío y 14 para empaque convencional.
8. Las moras se congelan en el equipo IQF a una temperatura: -25°C , velocidad: 6 m/s, tiempo: 13 minutos 10 segundos.
9. Las moras congeladas se empaacan en envase convencional o de vacío según corresponda.
10. Las moras empacadas convencionalmente son llevadas directamente al congelador a -18°C .
11. Las moras para bolsas a vacío son selladas y se introducen en el congelador a -18°C .

Nota: para trasladar las moras empacadas al vacío desde el lugar donde se encuentra la selladora hasta el congelador a -18°C , se utilizan las neveras de icopor con hielo y/o pilas de hielo.



12. Después de empaquetar las moras en los respectivos empaques, se almacenan a una temperatura de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.
13. Para la determinación de pérdida de fase líquida se preparan 3 paquetes de 5 moras para cada día de almacenamiento (7 paquetes de 5 moras para empaque convencional y 7 para empaque de bolsas a vacío).
 - Se elaboran 21 cajas de papel aluminio con capacidad para 5 moras.
 - Se coloca en cada caja de papel aluminio 5 moras, se pesan y se registra el valor, que corresponde al peso antes de congelar la muestra.
 - Se usan 3 cajas para cada día de almacenamiento. Cada muestra del mismo día se etiqueta con las letras A, B, y C. Por ejemplo, el día 13 se marcan 3 cajas de papel aluminio como 13 A, 13 B y 13C y de la misma forma en cada uno de los paquetes correspondiente (vacío–convencional).
 - Se pesan y se registra el valor.
 - Se congela, siguiendo los pasos descritos del punto 8 al 12, teniendo en cuenta la distinción entre la muestra empaquetada a vacío y convencionalmente.

Para realizar el escalamiento a nivel industrial, se deben tener en cuenta las condiciones de congelación, sea en lecho fijo o fluidizado, que se centran en mantener una temperatura de $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ con velocidad del aire o medio congelante de 6 m/s por un tiempo de 13 minutos 10 segundos, lo que asegura una temperatura de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el centro geométrico de la mora. El almacenamiento o transporte debe hacerse en un congelador a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. En la figura 40 se presenta el diagrama de bloques del proceso.

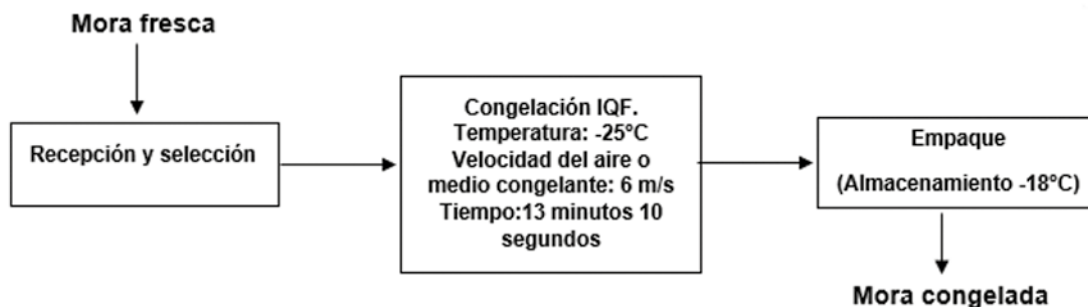


Figura 40. Diagrama de flujo para congelación por IQF
Fuente: elaboración propia.

2.2 Empaque innovador desarrollado para mora de Castilla fresca

• 2.2.1 Generalidades del producto a empaquetar

La mora de Castilla es una fruta originaria de la zona andina tropical alta de América. Pertenece a la familia de las rosáceas, al género *Rubus*, que, con alrededor de 400 especies distribuidas en América, Europa, África y Asia, se constituye en uno de los géneros de



mayor diversidad genética del reino vegetal. En Colombia, la principal especie de mora cultivada es *R. glaucus*, conocida como mora de Castilla. Esta fruta es la más cultivada en nuestro país por su adaptabilidad y características especiales (DANE, 2013; Grijalba *et al.*, 2010). Se caracteriza por ser un fruto no climatérico de vida útil muy corta, estructura morfológica frágil y alto contenido de compuestos orgánicos y bioactivos. Es una fruta que enfrenta continuos cambios fisicoquímicos y de firmeza que afectan su aceptabilidad, calidad y tiempo de permanencia en anaquel. Es un producto que pone de manifiesto el inadecuado manejo durante las operaciones de precosecha, cosecha, empaque, transporte y venta a través de la generación de lixiviados, deformación, pérdida de pigmentación, fermentación y proliferación de hongos como *Botrytis cinerea*, situación que, en conjunto, afecta su precio (Ayala *et al.*, 2013).

Las moras frescas contienen muchos nutrientes como proteínas, carbohidratos, grasas, fibras y varias vitaminas como B1, D y C. Son ricas en β -carotenos y minerales, y también es una fuente reconocida de compuestos bioactivos como los polifenoles, con propiedades relacionadas con el fortalecimiento de la salud. Los principales compuestos fenólicos de la mora son las antocianinas basadas principalmente en cianidina, taninos hidrolizables (elagitaninos), flavonoles y flavan-3-oles condensados (proantocianidinas) con un grado de polimerización comprendido entre 1-10. La estructura frágil y la alta tasa de respiración de las moras conducen a una vida poscosecha corta, lo que limita su vida útil en el mercado. Por lo tanto, el almacenamiento refrigerado asociado con el empaque en atmósfera modificada (MAP) o en atmósfera controlada (CA) puede extender la vida poscosecha de las moras y proporcionar a la fruta una calidad nutricional preservada (Oz y Ulukanli, 2014; Van de Velde *et al.*, 2020).

Características del producto a empacar

Frutos enteros en fresco de mora de Castilla con estado de madurez 4-6 de acuerdo con la NTC 4106: color de la corteza 25 % morado y 75 % rojo hasta 100 % morado (NTC, 1997).

Factores causantes de deterioro y pérdida de calidad

Los factores más importantes que debe conservar el fruto entero son los siguientes: color, firmeza, *flavour* y calidad nutricional. Durante el proceso de maduración del fruto, se presentan cambios fisicoquímicos que afectan su aceptabilidad, calidad y tiempo de almacenamiento, tales como: reducción de ácidos grasos, pérdida de firmeza, aumento en la concentración de azúcares (Moreno y Oyola, 2016). En general, lo que buscan los materiales de empaque y las condiciones de almacenamiento es ampliar la vida útil de la fruta, lo que equivale, principalmente, a invertir a la tasa de respiración poscosecha (Giacalone y Chiabrande, 2012). Debido a que la mora tiene una alta tasa de respiración, su vida útil es corta, razón por la cual en la actualidad esta fruta se maneja con condiciones de almacenamiento tales como: enfriamiento, congelación, atmósferas controladas, empaques con atmósferas modificadas y ozonización.



La calidad microbiológica de la mora es uno de los aspectos a los que mayormente se le atribuye defectos como el reblandecimiento, exudación y *off flavors*, los cuales pueden ser causado tanto por la presencia de hongos del género *Penicillium*, *Botrytis*, *Aspergillus* y *Fusarium* como de bacterias del género *Erwina* y *Pseudomonas* (Ramírez *et al.*, 2013; Reina, 1998). Sin embargo, algunos estudios sugieren que hongos del género *Botrytis*, como el *Botrytis cinérea*, son los principales causantes de deterioro de la mora (Ayala Sánchez *et al.*, 2013).

• 2.2.2 Propuesta de sistema de empaque innovador para el producto

Considerando las características y factores causantes de deterioro de los frutos de mora, se propuso el siguiente sistema de empaque para este producto:

Sistema de empaque EMAP (con atmósferas modificadas en equilibrio). Envase cilíndrico rígido de polipropileno (PP) de 92 mm de diámetro y 55 mm de alto, con una película de polietileno de baja densidad (LDPE) calibre 2 (0.050 mm) sellada en la parte superior. La película incluye dos perforaciones de 0.060 mm para facilitar la circulación de gases y reducir la condensación de humedad. En el interior, en el fondo del envase, se incluye un adsorbedor de humedad en forma de almohadilla de 5 x 5 cm hecho a base de un cristal de polímero superadsorbente. Se incluye también una lámina activa de ácido poliláctico (PLA) de 5 cm² compuesta con dióxido de titanio dopado con Zn ($Ti_{1-x}Zn_xO_2$, grado de sustitución $X=0.1$) y aceite esencial de Bergamota. La composición de la película activa fue de 2g PLA: 0.2 g de TiO_2 y 200 uL de Bergamota. La lámina activa fue adherida a la parte superior de la pared interna del envase.

Los frutos empacados tienen un recubrimiento comestible a base de goma guar al 0.3 % (p/p) con glicerol y sorbitol como plastificante y polisorbato 80 (Tween 80) como emulsificante.

2.2.2.1 Desarrollo de los elementos y materiales de empaque

El empaque de PP y la película de LDPE se consiguieron de fuentes comerciales a nivel local. La almohadilla adsorbente de humedad Soaker Pad–Xtra fue suministrada por la empresa JCR Pack (Bogotá, Colombia) y se compone de un sobre con una lámina de plástico poroso con un elemento activo adsorbente de humedad conformado por cristales de un material polimérico superadsorbente.

Recubrimiento comestible de goma guar

Se disolvieron 6 g de goma guar en polvo (Cimpa SAS, India) en 1000 cm³ de agua destilada calentando la solución a 60 °C con agitación constante durante 30 min. Por otro lado, 2 cm³ de sorbitol (Cimpa SAS, Brasil) y 1 cm³ de glicerol USP (Cimpa SAS, Brasil), utilizados



como plastificantes, 2 cm³ de aceite de canola (QBCo SAS, Buga, Colombia), utilizado como agente antimicrobiano, y 1 cm³ de Tween 80 (Sigma-Aldrich, St Louis, MO, USA), utilizado como agente emulsionante, se disolvieron en 1000 cm³ de agua destilada a 60 °C. Posteriormente, las dos soluciones se mezclaron y se enfriaron a 17 °C con agitación constante durante 20 min. La solución preparada se almacenó a temperatura ambiente (17 °C) durante 24 h permitiendo que se liberaran las burbujas de aire antes de su uso.

La aplicación del recubrimiento se realizó rociando las muestras con la solución preparada de GG/glicerol/agua en toda la superficie de la fruta, dejando estas secar posteriormente en una malla a 20 °C durante 1 h hasta la formación de un recubrimiento uniforme.

Lámina activa de PLA/TiO₂-Zn/Bergamota

Para el desarrollo de la lámina activa de PLA/TiO₂-Zn/Bergamota, usada para el empaque de la mora fresca, se hicieron los siguientes experimentos:

Síntesis de partículas de Ti_{1-x}Zn_xO₂

Para la síntesis de nanopartículas de TiO₂ dopadas con Zn, se utilizó la ruta de síntesis química de autocombustión, la cual consiste en aprovechar la reacción de óxido reducción entre un combustible y un comburente (generalmente nitratos) con el fin de formar la fase incluso sin necesidad de tratamiento térmico posterior (ver figura 41).

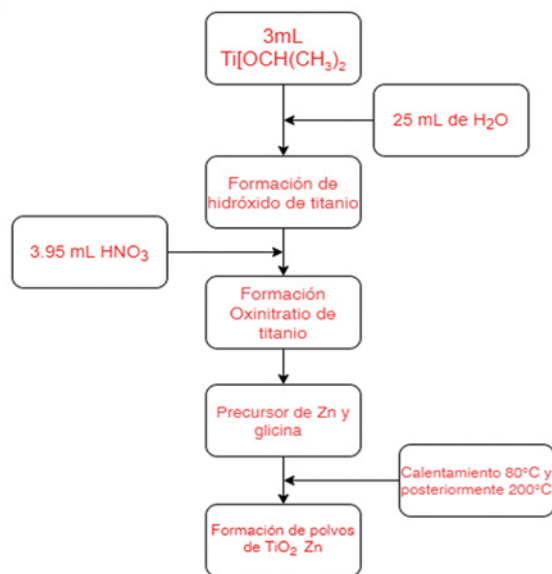


Figura 41. Diagrama de flujo de la obtención de las partículas de TiO₂ dopadas con Zn

Fuente: elaboración propia.

Se usaron como precursores isopropóxido de titanio (Ti[OCH(CH₃)₂]₄, Alfa Aesar-95 %), nitrato de zinc (Zn(NO₃)₂·6H₂O, Merck-98 %) ácido nítrico (HNO₃ Scharlau-67 %) y como



combustible glicina ($\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$, Alfa Aesar). Inicialmente, $3,29 \text{ cm}^3$ de isopropóxido de titanio se mezcló con 25 cm^3 de agua destilada bajo fuerte agitación a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ durante una hora para obtener hidróxido de titanio. Posteriormente, se añadió $3,98 \text{ cm}^3$ de ácido nítrico con el fin de formar oxinitrato de titanio de acuerdo con la reacción química previamente reportada por Patil (Patil, Aruna y Mimani, 2002). El sistema fue dejado bajo fuerte agitación hasta que la solución se tornó translúcida (aproximadamente 1 hora). En esta etapa, se adicionaron $0,28 \text{ g}$ de nitrato de Zn y posteriormente $1,03 \text{ g}$ de glicina, la mezcla se dejó en agitación durante 20 min. seguida de un calentamiento a $80 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta la evaporación del solvente, en esta etapa se formó una resina blanca, la cual fue llevada hasta $200 \text{ }^\circ\text{C}$, produciéndose una reacción exotérmica de combustión formando polvos de TiO_2 dopado con Zn. Los polvos fueron macerados y almacenados para su posterior uso.

conformación de la película de PLA/ TiO_2 -Zn/Bergamota

Las películas fueron fabricadas mediante la técnica de *solvent casting*. Inicialmente, 2 gramos de PLA pulverizado fueron disueltos en 50 mL de cloroformo (CHCl_3 , Sigma 99 %) en un beaker de 100 cm^3 bajo constante agitación y a una temperatura entre $30\text{-}35 \text{ }^\circ\text{C}$. Posteriormente, $0,2 \text{ g}$ de TiO_2 -Zn (correspondiente a una concentración 10 % wt respecto al polímero) fueron añadidas a la solución, formando una dispersión. El sistema se mantuvo bajo condiciones de agitación durante 30 min, a temperatura ambiente. Pasado este tiempo, a la dispersión se le añadió 200 μL de extracto de Bergamota para continuar con la agitación durante dos horas más. A continuación, la dispersión con PLA/ TiO_2 -Zn/Bergamota fue llevada a ultrasonificación en un sonicador de barra (Cole Palmer 500W), se realizaron 4 ciclos de sonicación con una potencia de 40 % durante 1 minuto de encendido y 2 minutos apagado (ver figura 42).

Proceso de casting

El proceso de *solvent casting* (ver figura 43) fue llevado a cabo sobre placas de vidrio de formato rectangular ($10 \text{ cm} \times 12 \text{ cm}$) y superficie de teflón, limpiadas con alcohol isopropílico y calentadas a una temperatura aproximadamente de $40 \text{ }^\circ\text{C}$ (factor importante para mejorar la homogeneidad de la película). Se encontró que la mejor superficie para la obtención de la película fue la superficie del vidrio. Sobre el vidrio fue esparcida la solución de PLA/ TiO_2 -Zn/Bergamota y con suaves movimientos de la placa o con ayuda de un agitador de vidrio se terminó de cubrir todas las zonas de esta.

En esta etapa, se dejó evaporar el solvente hasta la formación de la película, para la etapa de desmoldeo de la película. Para desmoldarla, por el reverso de la placa de vidrio se echa un poco de agua lentamente, teniendo cuidado de no fracturar el vidrio por el choque térmico. También se encontró que un poco de agua entre la película y el vidrio ayuda a



un desmoldeo rápido, evitando la fractura de la película cuando el proceso solamente es mediado por la evaporación de solvente y el enfriamiento lento.

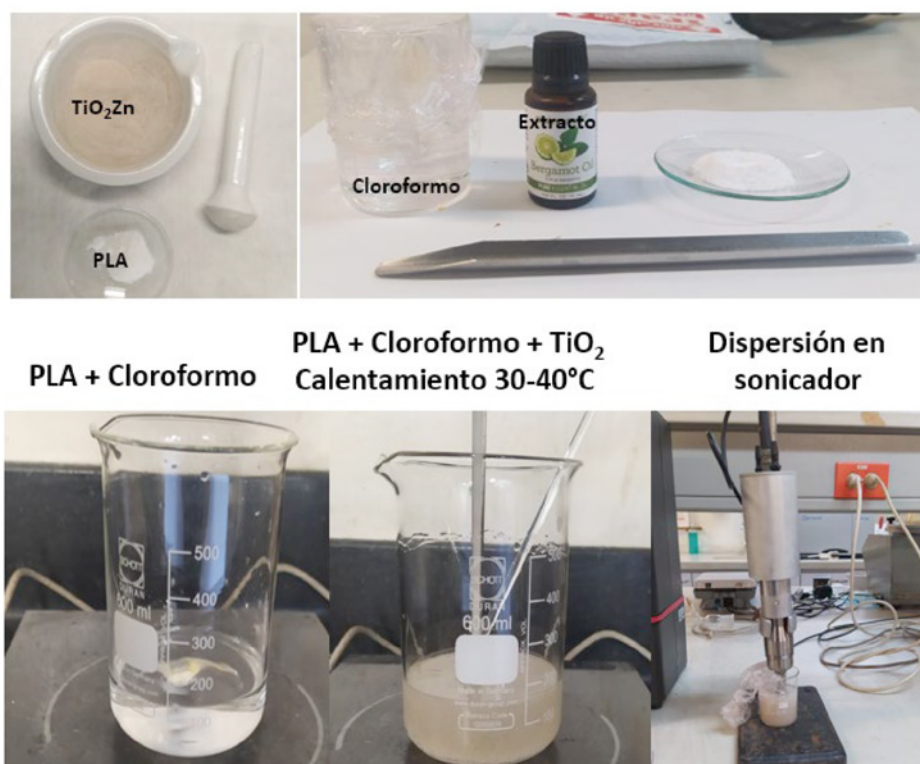


Figura 42. Proceso de obtención de la dispersión de *PLA/TiO₂-Zn/Bergamota*

Fuente: elaboración propia; fotografías: D. Moncayo; L. Cortés; A. Rada; D. Castellano (2020).



Figura 43. Proceso de casting hasta la obtención de las películas de *PLA/TiO₂-Zn/Bergamota*

Fuente: elaboración propia; fotografías: D. Moncayo; L. Cortés; A. Rada; D. Castellano (2020).

Reporte de pruebas de almacenamiento

Se realizaron dos ensayos de almacenamiento para los frutos de mora con diferentes configuraciones de empaque, como se describe a continuación:



Las frutas de mora fueron inicialmente desinfectadas y lavadas. Luego, se hizo el empaque bajo las configuraciones que se muestran en la tabla 32. En estas, se abarcaron sistemas de empaque que incluyen una modificación de la atmósfera a través del uso de una lámina de polipropileno calibre 2 sellada al cuerpo de empaque y con dos perforaciones de 0.06 mm.

Tabla 32. Tratamientos propuestos para moras de Castilla frescas

Tratamiento	Descripción
C	Control sin película superior de PE.
R	Recubrimiento de GG en empaque abierto.
AAA	Adsorbedor de humedad, película superior de PE, lámina activa de PLA y recubrimiento de GG.
ANA	Película superior de PE, adsorbedor de humedad y con recubrimiento de GG (sin lámina activa de PP).
NAA	Película superior de PE, lámina de activa de PLA y con recubrimiento de GG (sin adsorbedor de humedad).
SAAA	Película superior de PE, adsorbedor de humedad, lámina de TiO ₂ y sin recubrimiento de GG.

Fuente: elaboración propia.

Los resultados de los ensayos se resumen en la tabla 33. El contenido de agua en frutos como las moras es alto, por tanto, procesos de deterioro microbiológico y cambios fisicoquímicos son evidentes durante el almacenamiento. Considerando los parámetros reportados en la NTC 4106, las moras de Castilla procesadas y almacenadas durante 13 días a una temperatura promedio de 6 ± 1 °C se encuentran entre los estados de madurez de 3 a 6.

El contenido de ácido málico de los frutos durante el almacenamiento ubica a las frutas entre el estado 4 y 6 de la NTC, evidenciando que los frutos que fueron tratados con la película de polipropileno tienden a llegar a valores cercanos a los reportados por frutas en estado de madurez 6. Los cambios en las coordenadas de color de los frutos de mora de Castilla evaluados en este trabajo están asociados principalmente a la pérdida de agua durante el almacenamiento y, por tanto, al proceso de lixiviación. En esta lixiviación no solo está relacionada con la cantidad de agua libre expulsada por la matriz durante el almacenamiento, sino también por la pérdida de pigmentos naturales como antocianinas, las cuales contribuyen a las tonalidades rojizas de este fruto.

Estas modificaciones se reflejan en el incremento de la coordenada b^* , para todos los frutos se incrementaron las tonalidades amarillas. Sin embargo, los frutos que no tienen adsorbedor de humedad evidencian tendencias a coloraciones oscuras también asociadas a procesos de deshidratación. La firmeza de las moras de Castilla en los casos en los cuales el empaque tenía una modificación de la atmósfera evidencia la disminución de este atributo a partir del día 8. Sin embargo, este comportamiento difiere con las muestras



que se almacenaron sin un cambio en la atmósfera interna del empaque y de la nevera de almacenamiento. Los frutos que fueron empacados sin la película de polímero evidenciaron un incremento de la fuerza necesaria para penetrar la drupa, esto posiblemente está asociado con procesos de deshidratación y evaporación del agua libre presente en el fruto y el equilibrio entre la atmósfera del lugar de almacenamiento y la humedad interna del fruto. Los valores de firmeza reportados en esta investigación son menores a los de otros estudios como el de Pérez *et al.* (2020).

Tabla 33. Cambios en las propiedades de calidad de frutos de mora en el tiempo de almacenamiento para diferentes tratamientos de empaque evaluados

Propiedad	Tratamiento	Día 0	Día 2	Día 6	Día 8	Día 13
Sólidos solubles totales (%)	C	9.7+0.00	9.25+0.21	7.85+0.50	-	-
	R	9.7+0.00	7.65+0.92	7.80+0.70	-	-
	AAA	9.7+0.00	8.35+2.19	6.25+1.34	8.3+0.0	6.85+1.77
	ANA	9.7+0.00	8.25+0.07	6.35+0.63	8.3+0.0	5.1+0.00
	NAA	9.7+0.00	7.4+0.14	6.25+0.21	7.1+0.0	5.1+0.00
	SAAA	9.7+0.00	7.35+0.21	6.6+0.57	7.0+0.0	7.2+0.00
Acidez titulable (%) expresada como ácido málico	C	3,02+0.00	2.93+0.64	3.64+0.12	-	-
	R	3,02+0.00	3.46+0.21	3.16+0.22	-	-
	AAA	3,02+0.00	2.86+0.09	2.59+0.42	3.14+0.00	1.78+0.00
	ANA	3,02+0.00	3.22+0.39	3.13+0.2	2.37+0.00	2.52+0.00
	NAA	3,02+0.00	3.55+1.48	2.96+0.11	3.36+0.00	1.86+0.00
	SAAA	3,02+0.00	3.09+3.14	2.67+0.17	2.55+0.00	0.16+0.00
pH	C	3.22+0.00	3.21+0.11	3.16+0.03	-	-
	R	3.22+0.00	3.15+0.028	3.27+0.10	-	-
	AAA	3.22+0.00	3.19+0.04	3.25+0.07	3.17+0.00	3.43+0.00
	ANA	3.22+0.00	3.135+0.04	3.15+0.007	3.52+0.00	3.6+0.00
	NAA	3.22+0.00	3.135+0.15	3.05+0.03	3.56+0.00	4.42+0.00
	SAAA	3.22+0.00	3.21+0.03	3.23+0.07	3.78+0.00	3.43+0.00
Firmeza	C	1.59+0.00	1.30+0.18	2.66+0.22	<0.2	<0.2
	R	1.59+0.00	3.70+0.28	1.73+0.97	<0.2	<0.2
	AAA	1.59+0.00	1.08+0.12	0.79+0.52	0.37+0.00	0.62+0.02
	ANA	1.59+0.00	2.09+1.07	1.57+0.32	0.95+0.00	<0.2

Continúa



Propiedad	Tratamiento	Día 0	Día 2	Día 6	Día 8	Día 13
	NAA	1.59+0.00	1.78+0.14	1.40+0.29	0.78+0.00	<0.2
	SAAA	1.59+0.00	2.02+0.38	1.47+0.46	0.57+0.00	0.54+0.05
L*	C	17.78+0.24	17.62+1.60	19.82+2.91	-	-
	R	17.78+0.24	17.71+1.59	20.63+0.97	-	-
	AAA	17.78+0.24	16.28+1.00	19.29+2.23	14.63+1.34	18.39+4.45
	ANA	17.78+0.24	19.55+1.73	16.43+0.81	19.53+1.3	22.76+0.20
	NAA	17.78+0.24	21.51+2.71	16.70+4.14	20.88+1.30	23.55+1.00
	SAAA	17.78+0.24	16.95+1.25	17.50+2.22	20.24+2.86	25.09+5.14
a*	C	9.44+4.94	9.05+3.27	5.715+1.05	-	-
	R	9.44+4.94	8.75+1.95	9.88+3.12	-	-
	AAA	9.44+4.94	9.75+3.42	13.11+3.17	6.81+3.07	9.62+2.42
	ANA	9.44+4.94	13.95+3.98	9.09+2.85	11.15+1.47	23.51+5.32
	NAA	9.44+4.94	18.92+5.74	9.14+3.33	15.88+7.31	20.91+6.61
	SAAA	9.44+4.94	9.17+3.25	10.95+6.84	13.59+9.09	23.81+10.0
b*	C	2.08+1.24	1.82+0.76	1.08+0.58	-	-
	R	2.08+1.24	1.75+0.51	2.04+0.88	-	-
	AAA	2.08+1.24	1.98+1.16	2.87+1.29	1.52+0.95	2.1+1.16
	ANA	2.08+1.24	3.48+1.51	1.5+1.10	2.5+0.96	7.58+2.80
	NAA	2.08+1.24	5.52+2.25	1.87+1.15	4.28+2.70	4.63+6.60
	SAAA	2.08+1.24	1.72+0.81	2.42+2.22	3.75+3.25	8.60+6.00
% O₂	C	-	-	-	-	-
	R	-	-	-	-	-
	AAA	14.15+0.45	14.15+0.63	12.8+0.00	6.95+1.06	12.75+0.07
	ANA	14.6+0.6	14.6+0.85	15.2+0.00	9.8+1.13	12.7+0.00
	NAA	11.85+3.99	14.5+0.35	14.95+2.90	10.68+0.07	14.3+0.00
	SAAA	12.65+2.95	14.4+0.21	12.8+0.85	9.25+0.35	11.8+0.00
% CO₂	C	-	-	-	-	-
	R	-	-	-	-	-
	AAA	11.9+1.5	11.9+2.12	14.5+0.00	16.05+0.77	13.15+0.07
	ANA	9.05+1.45	9.05+2.05	11.1+0.00	14.6+0.56	12.4+0.00
	NAA	9.625+3.30	11.45+1.34	12.3+1.69	14.7+0.42	11.7+0.00
	SAAA	8.93+2.03	10.1+0.28	13.55+0.07	15.2+0.28	17.5+0.00

Fuente: elaboracion propia.

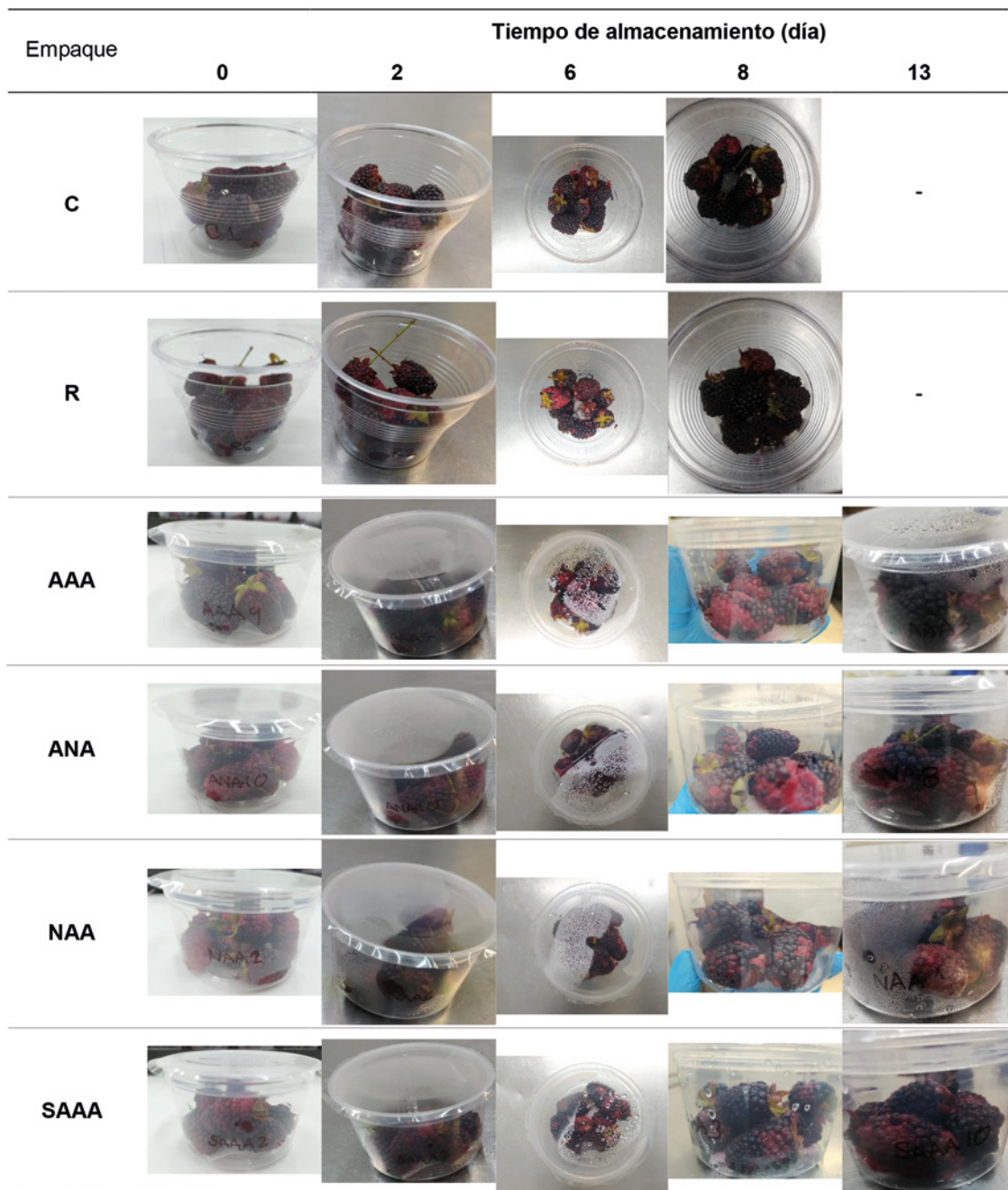


Figura 44. Seguimiento visual de frutos de mora de Castilla fresca almacenadas en condiciones de refrigeración

Fuente: elaboración propia; fotografías: D. Moncayo; L. Cortés; A. Rada; D. Castellano (2020).

2.2.2.2 Vida útil estimada

De acuerdo con los ensayos de almacenamiento realizados (ver figura 44), las propuestas de empaque que permiten prolongar la vida útil de la mora de Castilla en condiciones de



refrigeración son aquellas con el sistema de atmósferas modificadas con la película de PE sellada en el cuerpo del empaque, lámina activa de PLA y TiO_2 , adosrbedor de humedad y frutos recubiertos con goma guar (AAA) y también el sistema sin lámina activa de PLA (SAAA). Con estas configuraciones fue posible extender la vida útil del producto hasta 13 días en las condiciones de almacenamiento evaluadas: 6-7 °C y 75 % de humedad relativa.

En este caso, la pequeña área superficial de la lámina activa de PLA pudo reducir el efecto antifúngico, por lo cual es recomendable que para el sistema de empaque propuesto se busque aumentar la concentración de 0.2 g de TiO_2 por 2 g de PLA a 0.4 o, incluso, 0.6 g buscando no afectar las propiedades mecánicas de la lámina haciéndola quebradiza.

• 2.2.3 Ficha técnica del producto

Ficha técnica

Propuesta de empaque para mora de Castilla fresca

Diana C. Moncayo, Lesley A. Cortés, Adriana I. Rada, Alex A. Lopera, Diego A. Castellanos

Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos–ICTA

Características del producto (*fruta fresca*)

La mora (*Rubus glaucus Benth*) es un fruto entero, no climatérico, con vida poscosecha corta y madurez intermedia (Moreno y Oyola, 2016). Cuenta con un elevado contenido de compuestos bioactivos que incluyen ascorbato, antocianinas y ácidos fenólicos, siendo estos últimos los que más contribuyen a la alta capacidad antioxidante de este fruto (Kaume *et al.*, 2012; Mi *et al.*, 2004). Los compuestos fenólicos como las antocianinas son susceptibles a reacciones de oxidación, por lo que deben protegerse de condiciones que conduzcan a su deterioro.



Figura 45. Moras de Castilla frescas

Fuente: elaboración propia; fotografías: D. Moncayo; L. Cortés; A. Rada; D. Castellano (2020).

Descripción del producto empacado



Frutos de mora enteros y frescos en estado de madurez comercial 4-6, de acuerdo con la NTC 4106: color de la corteza 25 % morado y 75 % rojo hasta 100 % morado (NTC, 1997).

Características principales

Parámetros fisicoquímicos

Pérdida de fase líquida (PFL) _{dia 1}: 4.82 ± 0.85%

Color (Delta E: 6.43 ± 2.46; Cromo: 17.12 ± 2.53; Luminosidad (L): 2.18 ± 1.56

Sólidos solubles: 6.72 ± 0.93 °Brix

pH: 2.98 ± 0.06

Acidez (como ácido málico): 2.34 ± 0.15 %

Parámetros microbiológicos

NMP de Coliformes Totales: <3 NMP/g

NMP de Coliformes Fecales: <3 NMP/g

NMP de E. Coli: <3 NMP/g

Recuento de B. Mesófilas: 2200 UFC/g

Recuento de Mohos y Levaduras: 1400 UFC/g

Enterobacterias: <10 UFC/g

Esporas de Clostridium Sulfito Reductoras: <10 UFC/g

Ver ficha técnica: Mora de Castilla–*Rubus glaucus Benth*- refrigerada (Unidad 2 del documento).

Valor nutricional

Tabla 34. Composición nutricional de mora en 100 g de muestra fresca

Compuestos	Valor
Ácido ascórbico total	21 mg
Fibra total	5.30 g
Humedad	88 g
Ceniza	0,37 g
Grasa	0,49 g
Proteína	1.39 g
Vitamina A	214 IU
Vitamina K	19.8 µg
Calcio	29 mg
Magnesio	20 mg
Potasio	162 mg
Antocianinas	238.19 mg
Ácido ascórbico (vitamina C)*	2.62 mg *

*Valor presentado en 100 g de muestra seca.

Fuente: Kaume et al., (2012).

Descripción del proceso de elaboración

Selección: se seleccionan frutas sin defectos ni enfermedades, con un diámetro promedio de 1.60 ± 0.01 cm y un grado de madurez aparente de 5, según la NTC 4106.

Empaque y almacenamiento: se disponen las frutas en los sistemas de empaque y en las condiciones de almacenamiento propuestos en esta ficha.

Características del empaque



Envase cilíndrico de polipropileno (PP), tipo compotera, de 55 mm de alto y 92 mm de diámetro, sellado con calor en la parte superior, con una película de polietileno de baja densidad (LDPE) de 0.051 mm de espesor; esta última con dos perforaciones de 0.060 mm en el centro, incluyendo una lámina activa adsorbente de humedad en el fondo y una lámina activa antimicrobiana de ácido poliláctico (PLA) nanocompuesta con dióxido de titanio dopado con Zn ($Ti_{1-x}Zn_xO_2$, $X=0.1$) y aceite esencial de Bergamota, la composición de la película activa fue de 2g PLA: 0.2 g de TiO_2 y 200 uL de Bergamota de 5 cm² adherida a una de las paredes internas de la bandeja. Capacidad entre 60-80 g de fruta fresca.

Para maximizar el efecto protector, se puede emplear un recubrimiento comestible de 0.3 % (p/p) de goma guar en agua con glicerol y sorbitol como plastificante (al 0.05 % y 0.1 %, respectivamente) y polisorbato 80 (Tween 80, al 0.05 %), como emulsificante.

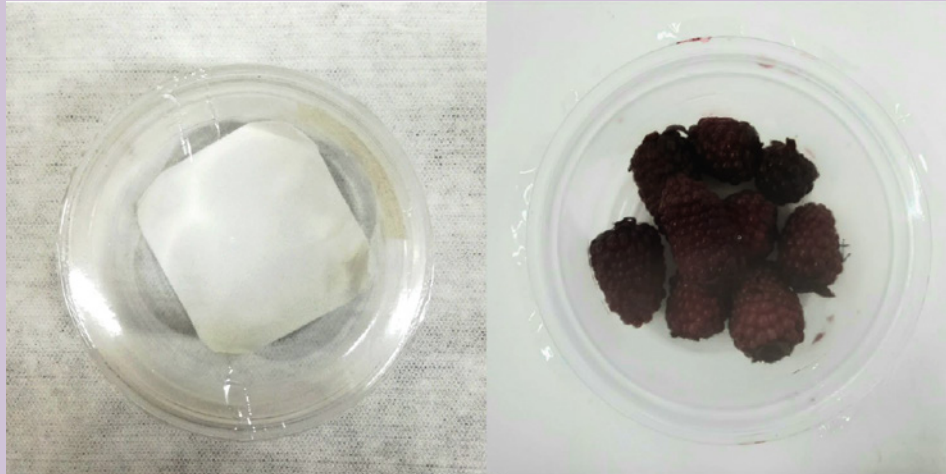


Figura 46. empaque propuesto para mora de castilla fresca

Fuente: elaboración propia; fotografías: D. Moncayo; L. Cortés; A. Rada; D. Castellano (2020).

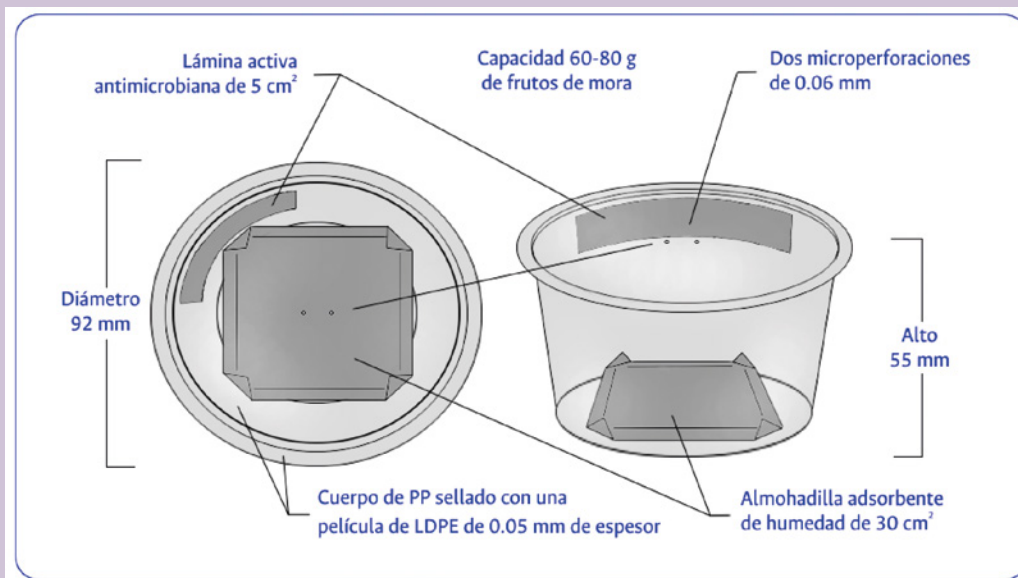


Figura 47. diagrama del sistema de empaque propuesto para mora de castilla fresca

Fuente: elaboración propia; fotografías: D. Moncayo; L. Cortés; A. Rada; D. Castellano (2020).

Condiciones de almacenamiento recomendadas



Se recomienda el almacenamiento a 4-6 °C y 75 % de HR.

Vida útil estimada

De acuerdo con el empaque diseñado para esta propuesta, se estima que la vida útil de la mora será en promedio entre 12 y 13 días.

Referencias

- NTC 4106. (1997). Frutas Frescas Mora De Castilla Especificaciones. *Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación-ICONTEC*. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/632/Anexo%201%20NTC4106-%20mora.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Kaume, L., Howard, L. R., y Devareddy, L. (2012). The blackberry fruit: A review on its composition and chemistry, metabolism and bioavailability, and health benefits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(23), 5716-5727. <https://doi.org/10.1021/jf203318p>
- Mi, J. C., Howard, L. R., Prior, R. L., y Clark, J. R. (2004). Flavonoid glycosides and antioxidant capacity of various blackberry, blueberry and red grape genotypes determined by high-performance liquid chromatography/mass spectrometry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(13), 1771-1782. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1885>
- Moreno, B. L., y Oyola, Y. A. D. (2016). Caracterización de parámetros fisicoquímicos en frutos de mora (*Rubus alpinus* Macfad). *Acta Agronomica*, 65(2), 130-136. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n2.45587>

• **2.2.4 Referencias**

- Ayala, L., Valenzuela, C., y Bohórquez, Y. (2013). Caracterización fisicoquímica de mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) en seis estados de madurez. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(2), 10-18.
- Ayala Sánchez, L., Real Valenzuela, C., y Bohorquez Pérez, Y. (2013). Variables determinantes de la madurez comercial en la mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*). *Rev. Sci. Agroaliment.*, 1, 39-44.
- DANE. (2013). El cultivo de la mora de Castilla (*Rubus glucus Benth*) frutal de clima frío moderado, con propiedades curativas para la salud humana. *Boletín mensual*, 17. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_nov_2013.pdf
- Giacalone, G. y Chiabrando, V. (2012). Problems and methods to improve the market-life of berry fruit. En Tuberoso, C. (ed). *Berries: Properties, Consumption and Nutrition* (pp. 179-196). New York: Nova Science Publishers.
- Grijalba, C.; Calderón, L.; Pérez, M. (2010). Rendimiento y calidad de la fruta en mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*), con y sin espinas, cultivada en campo abierto en Cajicá (Cundinamarca, Colombia). *Revista Facultad de Ciencias Básicas Universidad Militar Nueva Granada*, 6(1), 24-41.



- Montes L.; Castaño, J. y Orrego, C. (2005). Evaluación del sistema de congelación rápida "IQ-F" (Individually Quick Freezing) para la conservación de la mora de Castilla. *Cenicafé*, 56(4), 365-380.
- Moreno, B.L. y Oyola, Y.A.D. (2016). Caracterización de parámetros fisicoquímicos en frutos de mora (*Rubus alpinus* Macfad). *Acta Agron.*, 65(2), 130-136.
- NTC 4106. (1997). *Frutas Frescas Mora De Castilla Especificaciones*. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/632/Anexo%201%20NTC4106-%20mora.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Oz. A.T.; Ulukanli, Z. (2014). The effects of calcium chloride and 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the shelf life of mulberries (*Morus alba* L.). *J. Food Process. Pres.*, 38, 1279-1288. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12089>
- Patil, K. C., Aruna, S. T., y Mimani, T. (2002). Combustion synthesis: an update. *Current opinion in solid state and materials science*, 6(6), 507-512.
- Pérez, D. A., Gómez, J. M., y Castellanos, D. A. (2020). Combined modified atmosphere packaging and guar gum edible coatings to preserve blackberry (*Rubus glaucus* Benth). *Food Science and Technology International*, 27(4):353-365. <https://doi.org/10.1177/1082013220959511>
- Ramírez, J., Aristizabal, I., y Restrepo, J. (2013). Conservación de Mora de Castilla mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila. *VITAE, Rev. la Fac. Química Farm. Univ. Antioquia*, 20(3), 172-183.
- Reina, C.A. (1998). Manejo poscosecha y evaluación de la calidad de la mora de Castilla (*Rubus glaucus*) que se comercializa en la ciudad de Neiva [trabajo de grado inédito, Universidad Surcolombiana].
- Talens, P.; Martínez, N.; Fito, P.; Chiralt, A. 2001. Changes in optical and mechanical properties during osmodehydrofreezing of kiwi fruit. *Food Sci. Emerg. Technol.*, 3(2), 191-199.
- Sriwimon, W.; Boonsupthip, W. 2011. Utilization of partially ripe mangoes for freezing preservation by impregnation of mango juice and sugars. *Food Sci. and Technol. (LWT) (Alemania)*, 44(2), 375-383.
- Van de Velde, F; Méndez-Galarraga, M.; Pirovani, M. (2020). Effect of enriched O₂ and CO₂ atmospheres on the overall quality and the bioactive potential of fresh blackberries. *Postharvest Biology and Technology*, 164, 111166, <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111166>



3. MORA DE CASTILLA PROCESADA COMO POLVO

3.1 Diseño e implementación de procesos agroindustriales

• 3.1.1 Resumen

Se estableció el proceso para la elaboración de polvo natural de mora de Castilla, sin coadyuvantes para secado y conservando las propiedades organolépticas y funcionales propias de la mora. El secado de la fruta se presentó como la solución para aumentar la vida útil de esta fruta y, con ello, incrementar su potencial de exportación. Los frutos utilizados se encontraban en etapa de madurez color 6, morado oscuro, con un tiempo máximo de 6 h de cosecha antes de la transformación. El proceso de transformación incluyó operaciones unitarias de almacenamiento (A $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta por 24 h), escaldado (por 80 s a una presión de vapor de 5 lb/pulg², medida manométrica), despulpado, secado con aire caliente en bandejas (temperatura de aire de secado a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, tiempo de secado entre 6-8 h) y molienda. El producto final, seco en polvo, se obtuvo a una humedad inferior a 5 %, b.h y un pH de 2.90 ± 0.05 , cumpliendo con la NTC 5767 para mezclas en polvo, la cual se utilizó como guía para las características del producto final. Se evaluó el contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante, obteniéndose valores de 147 mg de Eq. de ácido gálico/100g de muestra y 309 μmol Eq. de trolox/g de muestra. El secado de mora en un secador de bandejas con aire caliente es uno de los métodos más tradicionales y ha resultado ser una buena alternativa, para escalar un proceso de producción industrial. Se considera que la metodología utilizada cumple el objetivo de obtener un producto seco en polvo de mora de Castilla con los requisitos fisicoquímicos mínimos especificados en la norma.

• 3.1.2 Introducción

La mora de Castilla, *Rubus glaucus Benth*, pertenece a la familia de las rosáceas. Es una planta herbácea anual, de vegetación perenne, semi-erecta y de naturaleza trepadora. Su nombre científico, *R. glaucus*, significa, en latín, “rojo” y “blanquecina”, características que describen el color del fruto y del envés de las hojas, respectivamente.

El género *Rubus* es uno de los más diversos del reino vegetal, es un fruto bajo en calorías, rico en vitamina C; contiene potasio, fibra, hierro, calcio, taninos y diversos ácidos orgánicos. Posee además pigmentos naturales con acción antioxidante como las antocianinas, los cuales le dan su color característico (Cabezas Carrillo, 2008).

La mora de Castilla es, por sus características organolépticas y su valor funcional, una fruta de gran demanda a nivel mundial. Sin embargo, se requiere aplicar un método de conservación, ya que es un producto altamente perecedero.



Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, durante el período 2012-2015, la mora presentó un crecimiento de 18.4 % del área sembrada y del 38 % en producción, así mismo los rendimientos crecieron un 9.4 %, gracias a los avances en la transferencia de tecnología. Los departamentos de Cundinamarca, Santander, Huila y Antioquia representan el 54 % del total de área sembrada en el país, son los departamentos mejor posicionados en área y producción. El Valle del Cauca posee un 5 % del área nacional sembrada y un 4,53 % de participación, la zona de producción se divide, principalmente, entre Tuluá, Trujillo, Ginebra, Guacarí, Buga, Jamundí, San pedro, Pradera, Florida, El Águila, El Cairo, entre otros. Se conoce que posee un área sembrada de 817ha, una producción de 5908t y un rendimiento de 7.8 t/ha, tanto en mercado fresco como industrial (Minagricultura, 2018). La mora, al igual que otros frutales de clima frío moderado, es un cultivo importante para los agricultores de zonas frías por su capacidad de producir ingresos, ser fuente de empleo rural y constituirse en una alternativa agrícola rentable respecto a otros cultivos. Sin embargo, la mora de Castilla es un producto altamente perecedero, en consecuencia, su vida de anaquel es corta (3-5 días a 0-1 ° C y 80-95 % HR) (Dayron, Fischer y Flórez 2006).

La mora de Castilla se caracteriza por ser un fruto no climatérico, de vida útil muy corta (Salazar, 2012), estructura morfológica frágil y alto contenido de compuestos orgánicos y bioactivos. Es una fruta que enfrenta continuos cambios fisicoquímicos y de firmeza que afectan su aceptabilidad, calidad y tiempo de permanencia en anaquel. Es un producto que pone de manifiesto el inadecuado manejo durante las operaciones de precosecha, cosecha, empaque, transporte y venta a través de la generación de lixiviados, deformación, pérdida de pigmentación, fermentación y proliferación de hongos como *Botrytis cinerea*, situación que, en conjunto, afecta su precio (Bohórquez, 2006).

El secado de mora de Castilla es un método de conservación del fruto. Los polvos de frutas se utilizan ampliamente en la industria alimentaria por su estabilidad físico-química y microbiológica, porque aportan cualidades organolépticas y contribuyen a mejorar las propiedades reológicas de los alimentos; además generan soluciones tecnológicas, ya que son fáciles de conservar, transportar, almacenar, procesar, dosificar y utilizar (Cuq *et al.*, 2013). Así mismo, a través del polvo de mora se pueden elaborar otros productos alimenticios procesados, ya que este conserva tanto su valor funcional como sus características sensoriales.

Existen varias alternativas para el secado de mora tanto utilizando el fruto entero como su pulpa líquida libre de semillas. Se puede utilizar la tecnología de secado de la fruta o la pulpa por liofilización, el secado de la pulpa por aspersión en una corriente de aire caliente o el secado del fruto o la pulpa esparcidos en bandejas y en contacto con aire caliente. El secado por liofilización garantiza un producto de alta calidad, pero es costoso; el secado por aspersión requiere del uso de ayudantes de secado, como las maltodextrinas, para



reducir la pegajosidad del producto y su adherencia a las paredes del equipo. El polvo seco obtenido en el secado por aspersión se considera un producto no natural por la cantidad de carbohidratos (maltodextrinas) añadidos en el proceso. El secado en bandejas, con aire caliente, es una buena alternativa para escalar un proceso de producción industrial (Ratti, 2001; Vega, Góngora y Barbosa, 2001; Ferrari, Germer y Aguirre, 2012; Barreto y Montoya, 2013; Muzaffar, Nayik y Kumar, 2018).

- **3.1.3 Objetivos**

Objetivo general:

Establecer un proceso de transformación de mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) para obtener un producto en polvo natural, no perecible, con valor funcional y potencial industrial.

Objetivos específicos:

Establecer las características de los frutos de mora de Castilla cosechados en su condición de madurez para el manejo postcosecha y su transformación en un producto en polvo.

Determinar las etapas del proceso de transformación de mora de Castilla que permitan que el producto final, polvo de mora, cumpla con los requisitos fisicoquímicos propios de este tipo de alimento.

- **3.1.4 Metodología**

3.1.4.1 Diseño experimental

Se emplearon muestras de 12 a 20 kg de mora de Castilla por tratamiento, con madurez de cosecha, provenientes de cultivos que practican “agricultura limpia” en la vereda Moravia, corregimiento los Cocuyos, municipio de Ginebra, Valle del Cauca, localizada a 1800 m s.n.m. Se realizó un diseño con un solo factor y dos niveles: temperatura del aire de secado (60 y 70 °C). Los tratamientos se realizaron por duplicado y cada réplica fue el promedio de tres repeticiones por experimento, para un total de 4 tratamientos.

En el producto final, se evaluaron 8 variables: contenido de humedad, pH, contenido de vitamina C, color, capacidad antioxidante, contenido de polifenoles totales, actividad de agua y solubilidad.

El análisis de resultados se realizó con la herramienta estadística Minitab 19®. El análisis de varianza del secado se realizó para cada temperatura (60 y 70 °C).



3.1.4.2 Procedimiento para la obtención un producto en polvo a partir de mora de Castilla (*Rubus Glaucus benth*).

Recepción de materia prima

Para la formulación del proceso, se utilizaron muestras de 12 a 20 kg de mora fresca, con un máximo de 6 h de cosechada, la cual se procesaba de inmediato o se almacenaba a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta por 24 h en una cámara de almacenamiento de refrigeración marca Dartico.

Selección de muestra representativa

Se pesó la mora de Castilla recibida por parte del proveedor, se dividió en cuatro partes iguales: A, B, C y D. Se descartaron de las partes A y C (solo para el proceso de selección de muestra, sin embargo, no se desecha). Las partes B y D se subdividieron también. Esta operación se repitió hasta llegar a un mínimo de 250 g de mora fresca para realizar los análisis fisicoquímicos requeridos, por lo cual se denominó *muestra representativa para análisis fisicoquímicos*.

Escaldado: se hicieron pruebas sin y con el tratamiento térmico de escaldado en una cámara de escaldado con vapor de agua saturado marca Colcocinas, modelo CCV, serie 2 N.º. 2. Las condiciones de operación que se utilizaron fueron: suministro de vapor a 5 lb/pulg² (medida manométrica), por un período de 80 s y un rango de temperatura de la cámara de T_i : 88 y T_f : 113 °C. Durante las pruebas preliminares, se ensayaron tiempos de escaldado de 60, 80, 120 y 240 s, y presiones de vapor de agua saturado de 5 y 10 lb/pulg² (manométrico).

Despulpado: se decidió despulpar la fruta y filtrarla para obtener un puré concentrado sin las semillas y los residuos de tejido celular de las paredes de las múltiples drupas que conforman el fruto. Los materiales sin y con escaldado se procesaron mediante despulpado, con el objetivo de separar las semillas de la pulpa de mora. La alimentación del equipo con el fruto se realizó de manera continua a una despulpadora marca Essen, modelo D-50 K-H, serie 16-2-91. La pulpa obtenida se colocó en recipientes estériles y se almacenó a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por máximo 24 h hasta la siguiente fase del proceso. Se separó una muestra de 250g de pulpa para realizar los correspondientes análisis fisicoquímicos.

Secado: el secado de la pulpa se realizó en un secador piloto de bandejas de flujo continuo de aire caliente, fabricado por Industria Metalmecánica Alimenicia, modelo FBC40, serie 2009. Sobre las bandejas de acero inoxidable se colocó una lámina para el secado, fabricada de un material especificado como Mylar® de 250 μ de calibre. La carga de pulpa sobre la bandeja fue de 5,6 kg de pulpa/m² y la temperatura del aire de secado se estableció en 70 °C, con variaciones de 2 °C en promedio. El secador piloto se operaba con aire caliente de flujo continuo y paralelo sobre la superficie de la pulpa colocada en las bandejas.



Durante las pruebas preliminares, se evaluó otro tipo de bandeja para el secado con superficie de un material siliconado, también se evaluaron otras cargas de pulpa de mora tales como 5.1, 6.3 y 7.7 kg de pulpa/m² y otras temperaturas de secado tales como 60 y 80 °C.

Molienda: la reducción de tamaño de partícula se realizó en un molino pulverizador de cuchillas Cgoldenwall, utilizando muestras de 300 g de láminas de mora seca, por un tiempo de 100 s. El producto en polvo se empacó en bolsas de aluminio trilaminadas con sistema de cerrado zipper y se almacenó a 4 °C ± 2 °C, máximo por 12 h, hasta el momento de las pruebas fisicoquímicas.

Tamizado: para las muestras de polvo obtenidas con el molino pulverizador se utilizó una tamizadora de laboratorio Ro-Tap®, que tiene un modo de funcionamiento multidimensional: un movimiento circular horizontal y un movimiento de golpeo vertical. Se utilizaron los tamices de malla 120 y 170 y un tamaño de muestra en polvo de 100 g por 20 min.

3.1.4.3 Pruebas de análisis fisicoquímico de la mora fresca, pulpa de mora y polvo de mora.

Los análisis fisicoquímicos fueron realizados de acuerdo con la norma NTC 4106, para mora fresca, NTC 5468, para pulpa de mora, y NTC 5767, para mezclas en polvo. La madurez del fruto se encontraba entre 5 y 6, lo cual se apreció por su color externo, sin embargo, el índice de madurez se calcula mediante la relación de los grados Brix y la acidez titulable (porcentaje (%) de ácido málico).

Determinaciones analíticas

Los tipos de determinaciones analíticas realizadas en el proceso de transformación de mora de Castilla desde fruta fresca hasta polvo se muestran en la tabla 35.

Tabla 35. Determinaciones analíticas realizadas para mora fresca, pulpa de mora y polvo de mora

Determinación	Fruta fresca	Pulpa de mora	Polvo de mora
Humedad en b.h*. (%)	•	•	•
Contenido de sólidos solubles (°Brix)	•	•	
pH	•	•	•
Acidez titulable (% ácido málico)	•	•	
Índice de madurez (°Brix/acidez titulable)	•		
Vitamina C (mg A.A./100 g de muestra seca)	•	•	•
Color			•



Determinación	Fruta fresca	Pulpa de mora	Polvo de mora
Capacidad antioxidante (μM Eq. De trolox/ g de muestra)	•	•	•
Contenido de polifenoles totales (mg Eq. De ácido gálico/100g de muestra)	•	•	•
Actividad de agua (aW)			•
Solubilidad (%)			•

*El contenido de humedad, expresado en base húmeda (b.h.), representa el porcentaje de masa de agua que contiene la muestra respecto a su masa total.

Fuente: elaboración propia.

Para realizar las diferentes determinaciones, se prepararon las siguientes muestras:

- A. *Fruta triturada*, obtenida a través de la tritura de la fruta fresca en un mortero.
- B. *Fruta triturada y filtrada*, obtenida a través de la tritura de la fruta fresca en un mortero y, posteriormente, filtrarla en un lienzo.
- C. *Pulpa de mora*, obtenida a través del procesamiento de la mora fresca o escaldada en una despulpadora.
- D. *Polvo de mora*, obtenida a través de la molienda de láminas de pulpa de mora secas.

Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

Contenido de humedad: para medir el contenido de humedad, se utilizaron 3 g de cada muestra (fruta triturada, pulpa y polvo de mora). La prueba se realizó a través de un horno convencional Heratherm oven, marca Termo Scientific, por 24 h a una temperatura de 60 °C.

pH: para la medición del pH se utilizaron fruta filtrada y pulpa de mora, respectivamente, y se determinó con un pH-metro (Hanna). Para el polvo de mora, se realizó una solución de polvo y agua destilada (1:3 p/v), de acuerdo con la NTC 4592: productos de frutas y verduras (determinación del pH), e ISO 1842: productos de frutas y verduras (determinación del pH).

Sólidos solubles: para medir los sólidos solubles se utilizaron 2 gotas de la mora filtrada y de la pulpa de mora, respectivamente, en un refractómetro (Atago RX-700) a 20 °C, de acuerdo con la NTC 440: productos alimenticios (métodos de ensayo).

Acidez titulable: para la medición de acidez, se utilizaron fruta filtrada y pulpa de mora. Se realizó por el método potenciométrico de acuerdo con la NTC 4623 (1999). Se tituló con NaOH (0.1 N) hasta lograr un pH de $8,1 \pm 0,2$, de acuerdo con NTC 4623: productos de frutas y verduras (determinación de la acidez titulable). Se reportó como contenido de ácido málico. Para realizar el cálculo, se utilizó la ecuación 1.



$$\% \text{ácido málico} = \frac{V_1 \times N}{V_2} \times K \times 100 \quad (1)$$

Donde:

V_1 = volumen de NaOH consumido (ml).

N = normalidad del NaOH (0,097).

K = peso equivalente expresado en g de ácido predominante en el fruto (ácido málico 0.067 g/meq).

V_2 = peso en gramos de la muestra utilizada.

Índice de madurez: la madurez de la mora de Castilla se aprecia por su color externo. Su estado se confirmó por medio de la siguiente relación: (°Brix/acidez titulable), de acuerdo con NTC 4106: frutas frescas. Mora de Castilla. (especificaciones).

Vitamina C: para la vitamina C, se utilizó fruta filtrada, pulpa de fruta y polvo de mora, y la medición se realizó de acuerdo con el protocolo especificado en el equipo Reflectoquant (RQflex plus 10. Merck), con tiras de ensayo de 25 – 450 mg/l.

Color: para la determinación del color se utilizaron 2 g de polvo de mora y se determinó en un colorímetro (Hunterlab, Colorflex). Se registró en el espacio de color CIELab, en el que L^* representó la luminosidad (de 0 a 100) y a^* y b^* las coordenadas de verde a rojo (de -50 a 50) y de azul a amarillo (desde -50 a 50), respectivamente.

Capacidad antioxidante: actividad captadora de radicales libres DPPH: para la capacidad antioxidante, se realizó un extracto para cada muestra: mora triturada, pulpa y polvo de mora, se determinó por el método del DPPH, descrito por Brand-Williams *et al.* (1995), con algunas modificaciones. Se preparó previamente una curva patrón de Trolox, cuyo rango de concentración fue de 0,1-0,5 mM Trolox.

Contenido de polifenoles totales: para el contenido de fenoles totales se realizó un extracto fenólico para cada muestra: mora triturada, pulpa y polvo de mora, se determinó con el método de Folin-Ciocalteu, descrito por Singleton *et al.* (1965), con algunas modificaciones. Se preparó previamente una curva de calibración de ácido gálico, cuyo rango de concentración fue de 0,04-0,5 mg/ml.

Actividad de agua: para la actividad de agua, se utilizó polvo de mora y la medición se realizó de acuerdo con el protocolo especificado en el equipo Aqualab 4TE.

Solubilidad: se llevó a cabo por la metodología de Eastman y Moore (1984), modificada por Cano *et al.* (2005) y con algunas modificaciones adicionales. En concordancia con esta, 0,5 g de polvo de mora se colocaron en 50 mL de agua destilada, se agitó en una plancha de agitación magnética a una velocidad de 1150 rpm por 5 min. Posteriormente,



se transfirió a tubos de ensayo para su centrifugación a 3000 rpm durante 5 min, se tomó el sobrenadante y se pasó a cajas Petri. Finalmente, se secó en una estufa a 105 °C por 5 h. El porcentaje de solubilidad se calculó por diferencia de peso según la ecuación 2.

$$\text{Solubilidad (\%)} = 100 \left(\frac{\text{Peso de sólidos en el sobrenadante} \times 4}{\text{Peso de la muestra seca}} \right) \quad (2)$$

3.1.4.4 Pruebas microbiológicas

Se realizaron pruebas de análisis microbiológico para el polvo de mora en el laboratorio de alimentos y similares S. A. S. Microquim. De acuerdo con la Norma Técnica Colombiana (NTC) 5767 para las mezclas en polvo para preparar refrescos o bebidas instantáneas, debe cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos:

Recuento de coliformes (UFC/g): 100

Recuento de mohos y levaduras (UFC/g): 0

• 3.1.5 Resultados y discusión

Se determinó que el proceso a seguir se enfocaría en la obtención de un producto natural seco en polvo, derivado de moras de Castilla. Este proceso debía preservar en lo posible la calidad de las frutas recién cosechadas, por lo que se requería la conservación a baja temperatura cuando fuese necesario, la inclusión de un tratamiento térmico para inactivar cualquier tipo de actividad enzimática y el secado inmediato para reducir la actividad de agua del producto a niveles seguros en el menor tiempo posible. Finalmente, el material seco requería la conversión a un producto en polvo, con la granulometría adecuada para su fácil rehidratación y reconstitución en las posibles aplicaciones industriales en la elaboración de alimentos y bebidas.

3.1.5.1 Proceso de transformación de mora fresca a polvo de mora

Se determinó que la mora fresca debe ser procesada en la madurez de cosecha que corresponde al rango de color 5-6, de acuerdo con la *tabla de color de mora de Castilla* de la NTC 4106, el cual hace referencia a los dos últimos estados de madurez y corresponde a un color rojo intenso con algunas drupillas de color morado y morado oscuro, respectivamente. En la figura 48 se pueden observar los cambios de color en los diferentes estados de madurez especificados en la NTC 4106 y los colores de la mora utilizada para el estudio.

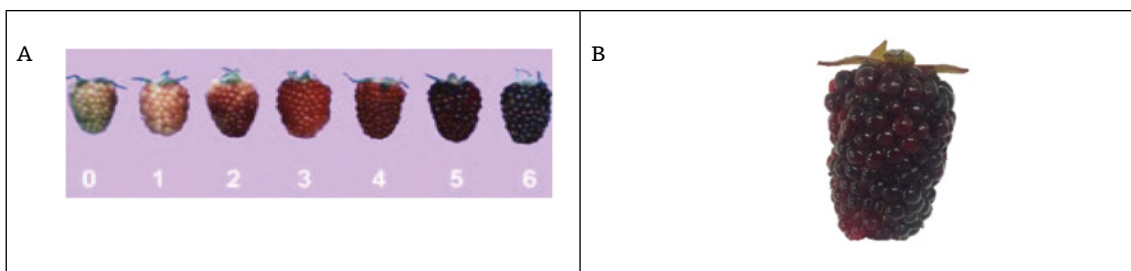


Figura 48. A: Tabla de color de la mora de Castilla. Fuente: NTC 4106. B: Color de la mora para estudio. Fuente: elaboración propia.

Los estados 5 y 6 de madurez favorecen el proceso de transformación de la mora, debido a que facilitaron el despulpado de la fruta y, adicionalmente, el fruto presenta mayores contenidos de sólidos solubles totales, lo cual permite cumplir con los valores especificados en la norma para la pulpa, la cual es el insumo para la obtención de láminas secas de mora, que posteriormente se muelen.

Conservación en frío de la fruta fresca: la fruta debe procesarse en el menor tiempo posible, sin embargo, se confirmó que el almacenamiento a $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta por 24 h fue adecuado para reducir su actividad fisiológica poscosecha antes del proceso.

Tratamiento térmico de la fruta: se conoce que el escaldado de las frutas en preparación para un proceso es efectivo para inactivar enzimas que afectan el color, el sabor y contenido vitamínico. El escaldado también promueve el ablandamiento de tejidos, efecto necesario en procesos de pelado y desintegración. Al escaldar las frutas de mora con vapor, ensayando tiempos de tratamiento de 240, 120, 80 y 60 s y presiones de vapor de 10 y 5 lb/pulg² (manométrica), se observó que los tratamientos con la presión más alta y durante tiempos mayores a 80 s resultaron inadecuados por la desintegración de la estructura de fruta y la pérdida de fluidos del tejido, así como por la filtración de semillas en el proceso posterior de despulpado.

El efecto contrario ocurrió cuando se fijó la presión de vapor en 5 lb/pulg² y se trabajó con un tiempo inferior a 80 s. En ese caso, no se logró ablandar el tejido de los frutos, por lo tanto, el rendimiento en pulpa en la operación de despulpado se redujo sensiblemente. Se determinó que el escaldado con vapor a 5 lb/pulg² (rango de temperatura 53-113 °C) por 80 s era el tratamiento más adecuado para los frutos de mora de Castilla.

En pruebas de proceso de frutas sin el tratamiento de escaldado se verificó que el producto terminado seco se oscureció en corto tiempo, confirmando la presencia de enzimas con suficiente actividad para modificar las moléculas responsables del color rojo-morado en la mora.



El escaldado como pretratamiento del secado de mora de Castilla favoreció el rendimiento en la etapa del despulpado y, adicionalmente, realizó la función de limpieza y eliminación de patógenos superficiales, ya que en la recepción del fruto no se realizó ningún proceso de limpieza o desinfección con el fin de evitar la pérdida de sólidos solubles en los lixiviados.

Despulpado de la fruta escaldada: el despulpado de frutas sin tratamiento previo de escaldado o con escaldado por 60 s tuvo rendimientos promedio de 47 y 58 %, respectivamente. Este rendimiento se mejoró al aplicar el tratamiento térmico por tiempos iguales o superiores a 80 s, sin embargo, el despulpado de las frutas que fueron sobre tratadas térmicamente por escaldado mostró la excesiva destrucción de la estructura del fruto por el proceso térmico, al obtenerse en el filtrado pulposo considerable cantidad de semillas. En promedio, el balance de materiales de esta operación con fruta escaldada con vapor a 5 lb/pulg² por 80 s resultó en que 10 kg de fruto producen 7.1 kg de pulpa y 2.9 kg de semillas, residuos de tejidos vegetales y ciertas pérdidas.

Conservación de la pulpa: la pulpa se envasó en recipientes plásticos debidamente sanitizados, se colocaron y cubrieron en bolsas plásticas y se conservaron a 4 °C ± 2 °C hasta por 24-36 h, previo a la continuación del proceso.

Secado de la pulpa: las pruebas de secado de la pulpa con aire caliente en el secador piloto de gabinete mostraron que, entre las temperaturas en el aire de secado ensayadas, la de 80 °C resultó inadecuada, pues se obtuvo un producto seco con características de quemado. Las temperaturas de 60 y 70 °C ± 2 °C se seleccionaron para análisis más detallados del proceso de secado.

También, se evidenció la dificultad de extracción del agua después de más de 24 h cuando se ensayaron cantidades de pulpa en las bandejas superiores a 6 kg/m². En la superficie superior de la capa de pulpa se formaba una costra seca y dura que impedía la difusión de humedad desde el interior de la capa, resultando una lámina semiseca con características de textura elástica. Lo deseable para obtener una adecuada capacidad de secado en las bandejas era utilizar la máxima cantidad de pulpa (kg/m²) que se seque entre 6 y 11 h, por lo tanto, esta cantidad resultó ser, entre las cargas probadas, de 5.6 kg/m², cuando el aire de secado se programaba en 70 y 60 °C ± 2 °C, respectivamente.

El secado de pulpa de mora a una temperatura del aire de 70 °C ± 2 °C resulta ser la temperatura más conveniente para realizar la obtención del polvo de mora, ya que permite que una carga de 5.6 kg de pulpa/m² seque en un rango de tiempo de 6-8 h, a diferencia de la temperatura de 60 °C, en la cual, para la misma carga, se tuvo un rango de tiempo de secado de 11-13 h; tal como era de esperarse, la tasa de extracción de agua se acelera con el incremento de la temperatura.



Las condiciones de procesamiento para la obtención del producto seco se resumen en la tabla 36. En promedio, se obtuvo un rendimiento en pulpa de $70 \% \pm 3 \%$ en el despulpado de la mora escaldada con vapor a entre 55 y $113 \text{ }^\circ\text{C}$ (presión de vapor de 5.6 lb/pulg^2) por 80 s. En los ensayos de secado de la pulpa con temperaturas de aire a 60 y $70 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, se alcanzaron humedades inferiores a 5% (bh). Para efecto de análisis del proceso de mora, también se incluye en la tabla 36 la producción de producto seco (%) con relación a la pulpa de mora.

Tabla 36. Condiciones del proceso de mora de Castilla transformada en producto seco

Ensayo N.º	Rango de temperatura promedio en el escaldado ($^\circ\text{C}$)	Rendimiento en pulpa en el despulpado (%)	Temperatura del aire de secado ($^\circ\text{C}$)	Tiempo de secado (h)	Rendimiento en producto seco en relación con pulpa húmeda (%)
1	55–113	70 ± 3	60	12 ± 1.2	8.9 ± 1.0
2			70	8 ± 0.5	9.0 ± 0.8

Fuente: elaboración propia.

El secador de bandejas consiste en un gabinete, de tamaño suficientemente grande para alojar los materiales de secar, en el cual se hace correr suficiente cantidad de aire caliente y seco. En general, el aire es calentado por vapor, pero no saturado, de modo que pueda arrastrar suficiente agua para un secado eficiente. Usualmente, en este tipo de secadores los gradientes de temperatura y de humedad son las variables que se pueden controlar, de allí la importancia de que el aire no entre frío ni húmedo, puesto que esto minimiza los gradientes y reduce la eficiencia del secador.

La deshidratación es una de las alternativas para reducir el deterioro, es el método más antiguo para la preservación de los alimentos. La remoción de humedad previene la reproducción y el crecimiento de microorganismos, así como cambios bioquímicos de alimentos. La mora deshidratada puede transformarse en polvo, el cual es un producto de mayor estabilidad fisicoquímica y con potencial para ser utilizado en innumerables aplicaciones en la industria de alimentos, tales como la de heladería, confitería, jugos y lácteos.

El secado de mora de Castilla en un secador de bandejas con aire caliente es uno de los métodos más tradicionales y ha resultado ser una buena alternativa para escalar un proceso de producción industrial. La metodología del proceso y las condiciones deben ser estrictamente controladas.

La temperatura del aire de secado constituye un parámetro básico en el proceso de deshidratación con aire caliente. El incremento de temperatura aumenta la difusibilidad del agua dentro del producto, acelerando, de esta forma, el proceso. Pero no se debe provocar



un incremento excesivo de temperatura, porque esto provoca deterioro de la calidad del producto, debido a que se pueden presentar reacciones.

Dado que los alimentos son sensibles al calor, en los procesos de secado que emplean temperaturas altas por períodos cortos, los alimentos son menos dañados que en los que son sometidos a procesos de secado que emplean temperaturas más bajas por tiempos más largos (Heldman y Singh, 1981).

Respecto a la superficie de secado utilizada, la lámina de Mylar tiene un tiempo de vida útil aproximado de 15 usos, es decir, una vez la lámina inicie con cambios en el color y la rigidez original, se considera que ya se debe realizar un reemplazo de este material. En caso contrario, se pueden presentar inconvenientes como la no uniformidad en la distribución de la pulpa de mora en toda la superficie de secado, lo que ocasiona que la capa de pulpa sea más gruesa en el centro de la lámina y, por lo tanto, requiera más tiempo de secado que las esquinas de la misma. También, el rendimiento del producto seco disminuye, debido a que cierto porcentaje del producto seco no desprende de la superficie de secado y se considera como desperdicio.

Molienda y tamizado: las muestras procesadas en el molino de martillos se tamizaron y la distribución de tamaño de partícula se presenta en la tabla 37.

Tabla 37. Distribución de tamaño de partícula de polvo de mora de Castilla

Número de malla de tamiz	Tamaño de los orificios del tamiz (μ)	Retención de polvo de mora (%)
120	125	14
170	90	17
Fondo		69
Total		100

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 37, el 69 % del polvo pasó la malla N° 170, lo que quiere decir que un porcentaje significativo de polvo de mora tiene partículas de tamaño inferiores a 90 μ .

3.1.5.2 Análisis fisicoquímico

Mora fresca

Los frutos frescos de mora de Castilla utilizados en este proceso tuvieron en promedio las siguientes características fisicoquímicas: humedad 87.3 % \pm 1.0 %, pH 2.9 \pm 0.1 , contenido de sólidos solubles 7.2 °Brix \pm 0.7 °Brix, acidez titulable de 2.2 % \pm 0.2 %, de



ácido málico y un índice de madurez calculado de 3.2 ± 0.5 , los valores de sólidos solubles e índice de madurez son acordes con lo especificado en la NTC 4106 para el color número 6, morado oscuro, de la mora de Castilla. Por su parte, la acidez titulable no coincide con el valor especificado por la norma, sin embargo, son muy cercanos. Se obtuvo un valor de contenido de vitamina C de 3.5 ± 0.6 mg de ácido ascórbico/100 g de muestra seca, capacidad antioxidante 309 ± 7 μ moles Eq. de Trolox/g muestra seca y fenoles totales 118 mg Eq. de ácido gálico/100 g de muestra seca. Los valores de contenido de humedad, acidez, índice de madurez, pH y sólidos solubles son muy similares a los reportados por Ayala, Valenzuela y Bohórquez (2013), y Bernal, Melo y Díaz (2012), para la mora de Castilla en estados de madurez entre colores 5 y 6. La composición de la fruta varía de acuerdo con las condiciones de cultivo, variedad, estado de madurez y condiciones de maduración (Kaume, Howard y Devarreddy 2012).

Pulpa de mora

Las muestras de pulpa de mora obtenida tuvieron en promedio las siguientes características fisicoquímicas: humedad $91.4 \% \pm 0.6 \%$, pH 3.07 ± 0.1 , contenido de sólidos solubles $7.2^\circ\text{Brix} \pm 0.7^\circ\text{Brix}$ y acidez titulable de $1.7 \% \pm 0.7 \%$ de ácido málico. Los resultados de sólidos solubles totales y acidez cumplen con lo establecido por la NTC 5468 para zumos y pulpas de fruta, requiriendo valores mínimos de 6.5°Brix y 0.80% de ácido málico, respectivamente. Por lo tanto, se validó que la pulpa sí cumple con los requisitos exigidos por la norma. Los valores de humedad, sólidos solubles y pH de la pulpa son muy similares con los reportados por Viteri y Cornejo (s.d.) para pulpa de mora de Castilla.

Se obtuvo un valor de contenido de vitamina C de 2.4 ± 0.9 mg de ácido ascórbico/100 g de muestra seca, capacidad antioxidante 314 ± 3 μ moles Eq. de Trolox/g muestra seca y fenoles totales 174 mg Eq. de ácido gálico/100 g de muestra seca. Las operaciones de despulpado y concentrado tienen efectos sobre las propiedades bioactivas de la mora, ya que el despulpado favorece la disponibilidad de sustancias (Bernal, Melo y Díaz, 2012b), razón por la cual, el contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante de la pulpa de mora aumentan con respecto a la mora fresca en fruto.

Polvo de mora

De acuerdo con la norma NTC 5767 de mezclas en polvo para preparar refrescos o bebidas instantáneas, el contenido de humedad y el pH no deben superar el 5 % y 4.2, respectivamente.

En tabla 37 se presentan los resultados de las determinaciones fisicoquímicas del polvo de mora de Castilla, correspondientes a las muestras obtenidas de la pulpa de mora secada a 60 y $70^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$. Se infiere que el tiempo de exposición al tratamiento térmico en el secado pudo afectar el contenido de polifenoles totales. No fue evidente si hubo algún efecto del tiempo de secado sobre la capacidad antioxidante del producto.

**Tabla 38.** Determinaciones fisicoquímicas en pulpa de mora de Castilla secada con aire a 60 y 70°C ± 2°C

Temperatura de secado (°C)	Contenido de humedad (% bh)	pH	Contenido de polifenoles totales (mg Eq. de ácido gálico/100g de muestra)	Capacidad antioxidante (µmol Eq. de trolox/g muestra seca)	vitamina C (mg ácido ascórbico / 100g de muestra seca)	Actividad de agua a_w	Solubilidad (%)	Tiempo de secado (h)
60	3.8 ± 0.3	2.91 ± 0.08	135 ± 3	309 ± 5	118 ± 8	0.25 ± 0.02	37 ± 1	12.2 ± 1.2
70	2.6 ± 0.4	2.90 ± 0.05	147 ± 0	309 ± 2	169 ± 30	0.26 ± 0.01	36 ± 2	8.5 ± 0.5

Fuente: elaboración propia.

Contenido de humedad

El análisis de varianza al 95 % de significancia indicó que la temperatura del aire de secado tiene efecto sobre la humedad del producto. El mayor contenido de humedad se obtuvo en el ensayo con una temperatura de 60 °C.

Los valores de humedad en el polvo de mora obtenido fueron 3.8 y 2.6 %, para las temperaturas 60 y 70 °C, respectivamente, lo cual se ajusta al 5 % máximo permitido por la NTC 5767 para mezclas en polvo para preparar refrescos o bebidas instantáneas. En polvos de mora obtenidos por otros métodos de secado, como liofilización, altas presiones y secado por aspersión, también se obtienen humedades inferiores al 5 % (Yamashita, 2017; Viteri y Cornejo, s.d.).

Los bajos niveles de contenido de humedad dan como resultado una disponibilidad limitada de agua para el crecimiento de microorganismos y posibles reacciones químicas. De hecho, propiedades como la fluidez, la adherencia y la estabilidad de almacenamiento del polvo están directamente relacionadas con el contenido de humedad (Bazaria y Kumar, 2016).

pH

Los valores obtenidos para el producto en las dos temperaturas de aire de secado 60 y 70 °C, se encuentran dentro de los valores especificados por la NTC 5767, con valores de 2.91 y 2.90. La norma permite un valor máximo de pH de 4.2 y no reporta un valor mínimo exigido.

El pH del polvo de mora para las temperaturas de aire de secado 60 y 70 °C no cambió significativamente ($p > 0,05$), sin embargo, la diferencia pudo haber contribuido a la conservación de los compuestos fenólicos, es decir, la muestra deshidratada a 70 °C, con un menor valor de pH, presentó mayores contenidos de polifenoles, coincidiendo con estudios



realizados por Yamashita *et al.* (2017), ya que estos compuestos son más estables en pH más bajos.

En estudios realizados por Viteri y Cornejo (s.d.) en polvo de mora liofilizado, encontraron un pH de 3.11, superior, aunque similar a los encontrados en el presente estudio.

Color

Las coordenadas de color determinadas para los polvos de mora revelaron que el polvo seco a 60 °C en comparación con el seco a 70 °C fue más luminoso o claro y presentó un color rojo un poco menos intenso (menor a^*). Por su parte, un valor b^* superior para el polvo de mora a 70 °C representa una mayor amarillez. La posible razón de la ligereza podría ser la destrucción de antocianinas en el proceso, tal y como Saikia *et al.* (2015) sugieren asociando la reducción de pigmento con muestras más claras de zarzamora (*Rubus spp.*) deshidratadas. Entre las muestras secas a 60 °C y 70 °C se obtuvieron valores de ΔE^* 37.19. El color refleja el atractivo sensorial y es un factor de calidad importante para los alimentos secos, particularmente para productos como la mora, que también se usa como colorante.

En la figura 49 se muestran las coordenadas de color para las muestras secas a 60 y 70 °C.

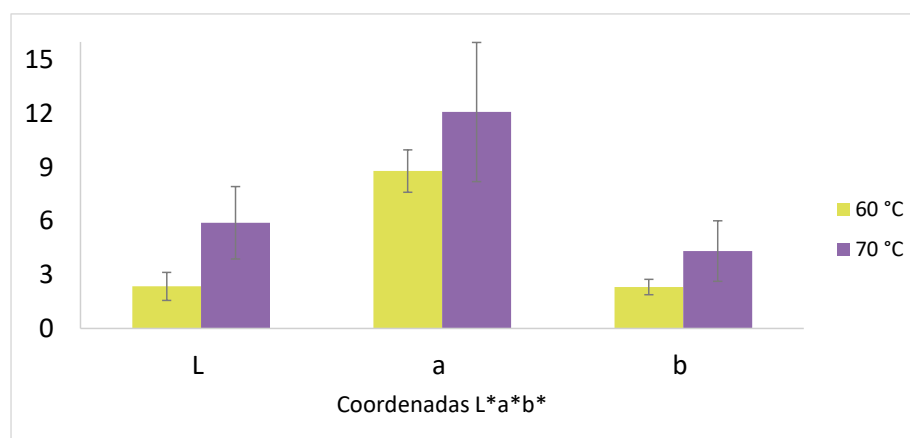


Figura 49. Coordenadas de color. L: luminosidad, a^* y b^* coordenadas cromáticas: verde a rojo y azul a amarillo, respectivamente
Fuente: elaboración propia.

Contenido de polifenoles totales

La temperatura del aire de secado con respecto al contenido de polifenoles de las muestras no presentó un efecto significativo ($p > 0.05$), sin embargo, se encontraron valores superiores en el polvo que fue deshidratado a 70 °C. La principal diferencia entre las dos temperaturas de secado (60 y 70 °C) es el tiempo requerido para lograr la deshidratación de las muestras, siendo que el tiempo de secado es casi el doble con la temperatura de 60 °C.



Esta mayor exposición al tratamiento térmico no contribuyó en la conservación de los compuestos fenólicos. El período de secado de 8 h favoreció el contenido de polifenoles totales del producto seco en polvo debido a que algunos compuestos de esta familia son termosensibles.

La muestra que fue secada a 70 °C no presentó cambios significativos en el contenido de polifenoles con respecto a la muestra inicial de mora fresca, lo cual coincide con Patras *et al.* (2009), quienes en sus estudios no detectaron diferencias significativas en la concentración fenólica después de los tratamientos térmicos.

Los resultados de polifenoles totales obtenidos son presentados en la tabla 38, 135 y 147 mg Eq ácido gálico/100 g de polvo de mora son cercanos al reportado por Márquez, Ciro y Rojano (2003) de 139.4 mg Eq ácido gálico/100 g mora deshidratada (producto secado con aire caliente por convección forzada y extracción acuosa del material de análisis). Es importante tener en cuenta que dada la importancia de este grupo de fitoquímicos y su abundancia en esta fruta, numerosos estudios han medido el contenido total de compuestos fenólicos en todas las especies de mora. Estos estudios muestran notables diferencias en cuanto a la cantidad de compuestos fenólicos presentes en esta fruta.

La variabilidad del contenido de compuestos fenólicos en los frutos depende de muchos factores, como el grado de maduración durante la cosecha, diferencias entre variedades, prácticas culturales o factores medioambientales (temperatura, humedad, luz) durante el desarrollo del fruto (Zadernowski *et al.*, 2005; Gundogdu *et al.*, 2011).

Otros estudios específicos de frutas del grupo de las bayas reportaron que sobre todo el genotipo (Scalzo *et al.*, 2005), la localización del cultivo y la técnica de cultivo (Hakkinen y Torronen, 2000) son los factores que más afectan al contenido de fenoles totales de mora. Además, el disolvente empleado y la técnica de extracción de los compuestos fenólicos utilizada también afecta a la variabilidad de los resultados presentados en diferentes estudios (Garau *et al.*, 2007).

Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante del producto seco en polvo no presentó alteraciones significativas por el aumento de la temperatura de 60 °C a 70 °C \pm 2 °C, ($p > 0.05$), es decir, los resultados fueron iguales para los dos tratamientos, con un valor de 309 μ mol Eq. de Trolox/g muestra seca, cercanos a lo reportado por Gagnetten *et al.* (2019) con un valor de capacidad antioxidante para mora secada por liofilización, de 331.64 μ mol Eq. de Trolox/g de muestra, utilizando el método de DPPH y extracción etanólica, en condiciones similares a las de la metodología realizada en el presente estudio.



Márquez, Ciro y Rojano (2003) encontraron que la capacidad antioxidante de la mora de Castilla es poco afectada por la temperatura de secado, lo cual coincide con los resultados obtenidos durante los tres estados de la mora (fresca, pulpa y polvo). Algunos autores también han informado de un aumento en la capacidad antioxidante (Patras *et al.*, 2008a, Patras *et al.*, 2008b).

Además de la estabilidad proporcionada por el método de secado, otras ventajas podrían ser atractivas para el presente proceso, especialmente porque los alimentos secos se pueden almacenar y transportar a un costo relativamente bajo, así como presentar costos de empaque de bajo precio. Sin embargo, las consecuencias particulares de cada técnica de secado en los principales antioxidantes de frutas y verduras, los cambios en el perfil de compuestos bioactivos y la actividad antioxidante son muy difíciles de predecir (Kamiloglu *et al.*, 2016).

Teniendo en cuenta que el contenido de humedad y pH de las dos muestras secas (60 y 70 °C) cumplió con los límites establecidos en la NTC 5767, que la capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles no se vieron afectados de manera significativa para la muestra de pulpa deshidratada a temperatura de aire de secado a 70 °C, se decide utilizar la temperatura de secado de 70 °C, ya que seca la pulpa de mora en un periodo de 6-8 h, favoreciendo tiempos de operación, lo que implican gastos energéticos y de logística, adicionalmente las láminas secas presentaban una textura elástica, lo cual dificultaba el proceso de molienda para la obtención de polvo.

Vitamina C

El contenido medio de ácido ascórbico o vitamina C en el polvo de mora seca a 70 °C fue de 169 ± 30 mg de A.A/100 g de muestra seca, que, de acuerdo con el análisis estadístico, presentó un efecto significativo ($p < 0.05$) con respecto a la mora seca a 60 °C con un valor de 118 ± 8 mg de mg de A.A/100 g de muestra seca. En comparación con otros estudios (Cervera, 2016), que reportaron valores de 32.36 mg de A.A/100 g de muestra seca, el contenido medio de ácido ascórbico del polvo de mora fue superior.

El ácido ascórbico es una vitamina hidrosoluble que se oxida en poco tiempo y es muy termolábil, lo que produce que su contenido disminuya rápidamente debido a procesos de deshidratación (Klimczak *et al.*, 2007). Sin embargo, algunos estudios muestran que la degradación de la vitamina C en productos vegetales liofilizados durante el almacenamiento es más lenta que en los productos en fresco (Shafiur *et al.*, 2015). En este sentido, las tecnologías de secado como secado por convección o liofilización mejorarían su estabilidad en los productos en polvo durante mayor tiempo.



Actividad de agua

La temperatura de secado no tuvo un efecto significativo en la actividad de agua del polvo de mora ($p > 0.05$). Para la temperatura de secado de 70°C , se obtuvo un valor de 0.26 ± 0.01 , inferior a los valores reportados por Serna, Torres y Ayala (2015), en polvo de cáscaras de mango con un rango de valores de 0.298 a 0.410. La aplicación de métodos de conservación como la tecnología de secado brinda los medios para conservar los alimentos en condiciones estables y seguras, pues reduce la actividad de agua y extiende el tiempo de caducidad.

Solubilidad

La temperatura de secado no tuvo ningún efecto significativo en la solubilidad del polvo de mora ($p > 0.05$).

3.1.5.3 Análisis microbiológico

Se realizaron análisis microbiológicos al polvo de mora en el laboratorio externo Microquim, que se basó en la resolución 003929 de oct/2013: frutas, jugos, pulpas y concentrados, para realizar los respectivos análisis.

Se analizaron cuatro muestras, las correspondientes a muestras deshidratadas a 60°C y 70°C y sus respectivas réplicas. Los análisis que se realizaron fueron: recuento de mohos y levaduras, por el método de filtración de membrana, NMP de coliformes totales, por el método de tubos múltiples, y E. Coli, por el método reportado en la NTC 4899. Los resultados se encuentran en la tabla 38.

Tabla 39. Análisis microbiológicos de polvo de mora.

Muestra	Recuento de mohos y levaduras (UFC/g)	Coliformes totales (NMP/g)	E. Coli (NMP/g)
1 (60°C)	<10	<3	<3
2 (60°CR)	<100	<3	<3
3 (70°C)	<100	<3	<3
4 (70°CR)	<10	120	<3

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los resultados de mohos y levaduras que se muestran en la tabla 39, las muestras no cumplieron totalmente con lo exigido por la NTC 5767 para las mezclas en polvo para preparar refrescos o bebidas instantáneas, sin embargo, son resultados potencialmente mejorables, por lo cual se recomienda que las áreas de procesamiento, tales como área de escaldado, despulpado, secado, molienda y tamizado, se encuentren con la asepsia que se requiere para la manipulación y producción de alimentos, aplicando las



buenas prácticas de manufactura (BPMs). Durante el desarrollo del producto se tuvieron en cuenta medidas de limpieza y desinfección, así como las buenas prácticas de manufactura, incluyendo la vestimenta adecuada. Sin embargo, en los laboratorios de alimentos la Universidad del Valle se realizan diferentes experimentos al mismo tiempo, en áreas muy cercanas, razón por la cual es posible que se presente contaminación cruzada.

Los resultados de coliformes totales sí se ajustaron a la norma, a excepción de la muestra número 4, sin embargo, es posible que la justificación sea similar a la anterior.

3.1.5.4 Proceso de elaboración de polvo de mora de Castilla

En la figura 50 se observa el diagrama de flujo del proceso de elaboración de polvo de mora de Castilla.

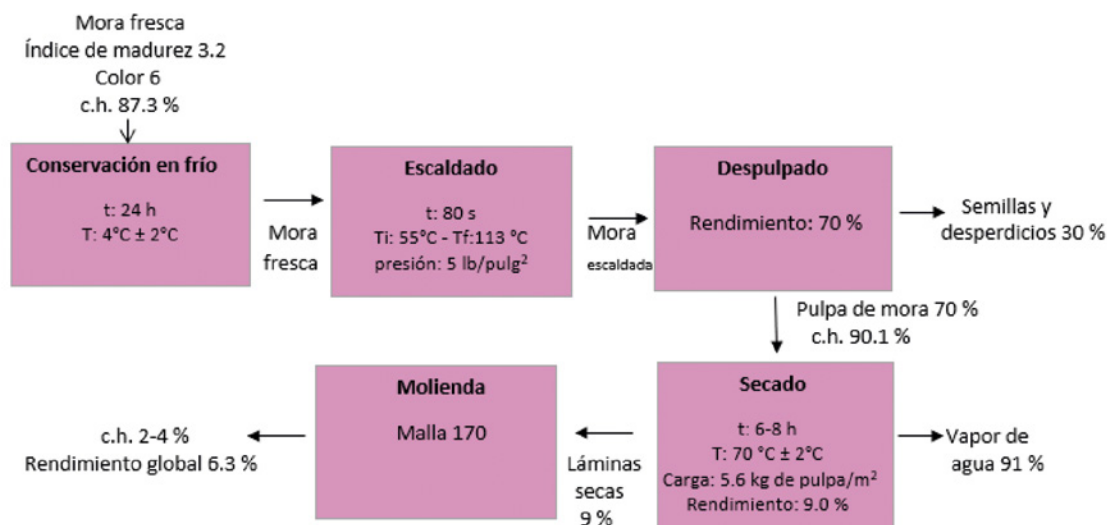


Figura 50. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de polvo de mora de Castilla

Fuente: elaboración propia.

• 3.1.6 Conclusiones


La mora fresca debe ser procesada en la madurez de cosecha que corresponde al rango de color 5-6, de acuerdo con la *tabla de color de mora de Castilla* de la NTC 4106, el cual hace referencia a los dos últimos estados de madurez y corresponde a un color rojo intenso con algunas drupillas de color morado y morado oscuro, respectivamente.

El producto seco en polvo cumple con las especificaciones de la NTC 5767 para mezclas en polvo en cuanto a contenido de humedad y pH. Por lo tanto, se considera que la metodología de secado cumple el objetivo de obtener un producto seco en polvo de mora de Castilla con los requisitos fisicoquímicos mínimos especificados en la norma.



El secado de mora en un secador de bandejas, con aire caliente, es uno de los métodos más tradicionales y ha resultado ser una buena alternativa para escalar un proceso de producción industrial. La metodología del proceso y sus condiciones de operación deben ser estrictamente controladas. Entre sus beneficios se encuentra que es una tecnología asequible y común en la industria colombiana, lo cual facilita el mantenimiento y reparación de los equipos necesarios.

• 3.1.7 Ficha técnica del producto

	FICHA TÉCNICA
Nombre	Polvo de mora de Castilla–<i>Rubus glaucus Benth</i>
Descripción del producto	Polvo de mora natural, sin coadyuvantes para secado, deshidratada en bandejas por el método convección forzada, a una temperatura del aire de 70 °c
Características principales	Parámetros fisicoquímicos <ul style="list-style-type: none">- Contenido de humedad (%bh): 2.6 ± 0.4- pH: 2.90 ± 0.05- Actividad de agua a_w: 0.26 ± 0.01- Solubilidad (%): 36 ± 2- Color: Delta E: 25,1; Croma: 14.0; Luminosidad (L): 6.63 ± 1.82.
Características secundarias	Parámetros funcionales <ul style="list-style-type: none">- Ácido ascórbico (vitamina c): 169 ± 30 mg ác ascórbico / 100g de muestra seca- Contenido de polifenoles totales (mg Eq. de ácido gálico/100g de muestra): 147 ± 0- Capacidad antioxidante ($\mu\text{mol Eq. de trolox/g}$ muestra seca): 309 ± 2.
Ingredientes	Mora de Castilla, grado de madurez 5-6 (de acuerdo con la carta de color de la NTC 4106).



<p>Descripción del proceso de elaboración</p>	<p>Recepción: la fruta debe procesarse en el menor tiempo posible, sin embargo, se puede almacenar a $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta por 24 h antes del proceso.</p> <p>Escaldado: se realiza en una cámara de escaldado (Colcocinas, modelo CCV, serie 2, N.º 2.) con vapor de agua saturado a una presión manométrica de 5 lb/pulg² (rango de temperatura 53-113 °C) por 80 s.</p> <p>Despulpado: se realiza en una despulpadora (Essen modelo D-50 K-H, serie 16-2-91) con alimentación continua del fruto al equipo.</p> <p>Secado: se realiza en un secador piloto de bandejas de flujo continuo de aire caliente, fabricado por Industria Metalmecánica Alimenicia, modelo FBC40, serie 2009. Sobre las bandejas de acero inoxidable se coloca una superficie de secado de material Mylar® de 250 μ de calibre. La carga de pulpa que se utiliza es 5,6 kg de pulpa/m² y una temperatura del aire de secado de 70°C, con variaciones de 2°C en promedio, por entre 6-8 h.</p> <p>Molienda: la reducción de tamaño de partícula se realiza en un molino pulverizador de cuchillas (Cgoldenwall) utilizando muestras de 300 g de láminas de mora seca durante 100 s.</p> <p>Empaque: el producto en polvo se empaqueta en bolsas de aluminio trilaminadas con sistema de cerrado zipper con capacidad de 250 g.</p> <p>Almacenamiento: se almacena en un congelador convencional a $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.</p>
<p>Condiciones de conservación recomendadas</p>	<p>Almacenamiento en bolsas de aluminio trilaminadas con sistema de cerrado zipper en refrigerador convencional a $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.</p>
<p>Tiempo de vida útil estimado</p>	<p>Mínimo 6 meses.</p>

Fuente: elaboración propia; Fotografías: Díaz, Ochoa, Vélez, Ayala, Fernández, Delgado, Plaza, Terán, González, Benítez, González, Vargas y Escobar (2020).

• 3.1.8 Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Sistema General de Regalías con el proyecto BPIN 2014000100010: “Incremento de la competitividad sostenible de la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, Occidente”, ejecutado por la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, la Universidad del Valle, sede Cali y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Así mismo, expresan su agradecimiento con el proveedor de mora de Castilla, procedente de cultivos que practican “agricultura limpia” en la vereda Moravia, corregimiento los Cocuyos, municipio de Ginebra, Valle del Cauca.

• 3.1.9 Referencias

- Ayala, L.; Valenzuela, C. y Bohórquez, Y. (2013). Variables determinantes de la madurez comercial en la mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth). *Revista Scientia Agroalimentaria*, 1, 39-44. <http://revistas.ut.edu.co/index.php/scientiaagro/article/view/29>
- Ayala, L., Valenzuela, C. y Bohórquez, Y. (2013). Caracterización fisicoquímica de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth.) en seis estados de madurez. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(2), 10-18.
- Barreto, M. y Montoya F. (2013). Estudio de algunos parámetros de secado durante la producción de un polvo de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) obtenido por aspersión [trabajo de



- grado de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Valle]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7040>
- Bazaria, B. y Kumar, P. (2016). Efecto del concentrado de proteína de suero como auxiliar de secado y parámetros de secado sobre las propiedades fisicoquímicas y funcionales del concentrado de jugo de remolacha secado por aspersión. *Food Bioscience*, 14, 21-27.
- Bernal, L, Melo, L. y Díaz, C. (2012). Evaluación del perfil aromático y propiedades antioxidantes durante la maduración mora (*Rubus glaucus Benth*). Universidad Nacional. *Acta Horti*, 1016, 39-45. Doi: 10.17660/ActaHortic.2014.1016.3
- Bohórquez, Y. (2006). Evaluación y proyección de desarrollo tecnológico en el manejo postcosecha de mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*) en la cuenca del cañón del Combeima en Ibagué [Tesis de maestría en Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional de Colombia].
- Brand-Williams, W., Cuvelier M., y Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Sci Technol*, 20, 25-30.
- Cabezas Carrillo. M. D. (2008). Evaluación nutritiva y nutracéutica de la mora de castilla (*Rubus glaucus*.) deshidratada a tres temperaturas por el método de secado de bandejas [trabajo de grado para optar al título de Bioquímico farmacéutico, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/200/1/56T00172.pdf>
- Cano, M., Stringheta, P., Ramos, A. y Cal, J. (2005). Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science y Emerging Technologies*, 6(4), 420-428.
- Cervera, J. (2016). Evaluación del potencial nutraceutico de extractos de mora (*Morus alba*) [trabajo de grado para optar al título de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/68962>
- Cuq, B., Gaiani, C., Turchiuli, C., Galet, L., Scher, L., Jeantet, R., Mandato, S., Petit, J., Murrieta, I., Barkouti, A., Schuck, P., Rondet, E., Delalone, M., Dumoulin, G., Delaplace, G. y Ruiz, T. (2013). Chapter Two – Advances in Food Powder Agglomeration Engineering. *Advances in Food and Nutrition Research*, 69, 41-103.
- Eastman, J. y Moore, C. (1984). Cold water soluble granular starch for gelled food composition. U.S. Patent 4465702.
- Ferrari, C., Germer, S. y Aguirre, J. (2012). Effects of Spray Drying Conditions on the Physicochemical Properties of Blackberry Powder. *Drying Technology*, 30, 154-163.
- Gagneten, M., Corfield, R., Gómez, M., Sozzi, A., Leiva, G., Salvatori, D. y Schebor, C. (2019). Polvos secados por aspersión de extractos de bayas obtenidos en varios pasos de procesamiento para mejorar el contenido de componentes bioactivos. *Tecnología de polvo*, 342, 1008-1015.
- Garau, M., Garau, M., Simal, S., Rosselló, C. y Femenia, A. (2007). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium v. Canoneta*) by-products. *Food Chemistry*, 104, 1014-1024.
- Gundogdu, M., Muradoğlu, F., Sensoy, R. y Yilmaz, H. (2011). Determination of fruit chemical properties of *Morus nigra* L., *Morus alba* L. and *Morus rubra* L. by HPLC. *Scientia Horticulturae*, 132(5), 37-41.



- Hakkinen, S. y Torronen, A. (2000). Content of flavonols and selected phenolic acids in strawberries and *Vaccinium* species: influence of cultivar, cultivation site and technique. *Food Research International*, 33, 517-524.
- Heldman D. y Singh R. (1981). *Food Process Engineering*. Westport: Avi Publishing Company Inc.
- ISO 1842. (1991). Productos de frutas y verduras. Determinación del pH. Organización de Estándares Internacionales.
- ISO 1842. (1991). Productos de frutas y verduras.determinación del Ph. Organización de estándares internacionales.
- Kamiloglu, S., Toydemir, G., Boyacioglu, D., Beekwilder, J., Hall, R. y Capanoglu E. (2016). Una revisión sobre el efecto del secado sobre el potencial antioxidante de frutas y verduras. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56 (sup1), S110-S129.
- Klimczak, I.; Malecka, M.; Szlachta, M. y Gliszczynska-Swiglo, A. (2007). Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and theantioxidant activity of orange juices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20, 313-322.
- Márquez, J., Ciro, H. y Rojano, B. (2003). Efecto de un proceso de deshidratación con aire forzado en la composición química y nutricional de la mora de castilla (*Rubus glaucus*). *Rev.Fac.Nal. Agr.Medellín*, 56(1), 1865-1876.
- Minagricultura. (2018). *Cadena nacional de mora*. Ministerio de agricultura y desarrollo rural. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Mora/Documentos/2018-09-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Minagricultura. (2019). *Subsector Productivo de la Mora*. Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales. <https://doi.org/https://sioc.minagricultura.gov.co/Mora/Documentos/2019-03-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Muzaffar, K., Nayik, G. y Kumar, P. (2018). Production of Fruit Juices Powders by Spray Drying Technology. *International Journal of Advance Research in Science and Engineering*, 7(3), 59-67.
- NTC 4106. (1997). *Frutas frescas, Mora de Castilla. Especificaciones*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/632/Anexo%201%20NTC4106-%20mora.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- NTC 4592. (1999). *productos de frutas y verduras.determinación delph*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). <https://pt.scribd.com/document/263463580/NTC-4592-pH>
- NTC 4623 (1999). *Productos de frutas y verduras. Determinación de la acidez titulable*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec).
- NTC 5767. (2010). *Mezclas en polvo para preparar refrescos o bebidas instantáneas. Requisitos*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec).
- NTC 5468 (2012). *Jugo (zumo), pulpa, néctar de frutas y sus concentrados*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec).
- NTC 440. (2015). *Productos Alimenticios. Métodos De Ensayo*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). <https://pt.scribd.com/document/237933154/NTC-440-Productos-alimenticios-Metodos-de-ensayo-pdf>



- Patras, A., Brunton, N., Tiwari, N. y Butler F. (2008a). Modelling the effect of different sterilization treatments on antioxidant activity and colour of carrot slices during storage [Modelando el efecto de diferentes tratamientos de esterilización sobre la actividad antioxidante y el color de las rodajas de zanahoria durante el almacenamiento]. *Food Chemistry*, 114(2), 484-491.
- Patras, A., Brunton, N., Butler F. y Gerard D. (2008b). Effect of thermal and high pressure processing on antioxidant activity and instrumental colour of tomato and carrot purées [Efecto del procesamiento térmico y de alta presión sobre la actividad antioxidante y el color instrumental de los purés de tomate y zanahoria]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10(1), 16-22.
- Patras, A., Bruton, N., Da pieve, S. y Butler, F. (2009). Impact of high pressure processing on total antioxidant activity, phenolic, ascorbic acid, anthocyanin content and colour of strawberry and blackberry purées. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10(3), 308-313.
- Ratti, C. (2001). Hot air freeze-drying of high-value foods: a review. *Journal of Food Engineering*, 49, 311-319.
- Salazar, V. (2012). *Alternativas de mejora en el manejo poscosecha y comercialización de la mora de castilla (Rubus glaucus Benth) proveniente de la provincia de Tungurahua* [tesis de grado para optar al título de Ingeniería Agroindustrial, Escuela Politécnica Nacional]. <https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/handle/41000/244>
- Scalzo, J. (2005). Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. *Nutrition*, 21, 207-213.
- Serna-Cock, L., Torres-León, C. y Ayala, A. (2015). Evaluación de polvos alimentarios obtenidos de cáscaras de mango (*Mangifera indica*) como fuente de ingredientes funcionales. *Información Tecnológica*, 26(2), 41-50.
- Shafiur Rahman, M.; Hamed Al-Rizeiqi, M.; Guizani, N.; Salom Al-Ruzaiqi, M.; Hamed Al-Aamri, A. y Zainab, S. (2015). Stability of vitamin C in fresh and freeze-dried capsicum stored at different temperatures. *Journal of Food Science and Technology*, 52(3): 1691-1697.
- Singleton, V. y Rossi, J. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.
- Sora, A., Fischer, G. y Flórez, R. (2006). Almacenamiento refrigerado de frutos de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth). En empaques con atmósfera modificada. *Agronomía Colombiana*, 24(2), 306-316.
- Vega, H., Góngora M. y Barbosa, G. 2001. Advances in dehydration of foods. *Journal of Food Engineering*, 49, 271-281.
- Viteri, P. y Cornejo, F. (s.d.). Estudio de estabilidad de la pulpa de mora sometida a un proceso de liofilización [tesis de grado para optar al título de Ingeniería de Alimentos, Escuela superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/13705>
- Yamashita, C. Mi Song Chung, M., dos Santos, C., Malacrida, C., Freitas, I. y Guilherme, I. (2017). Microencapsulation of an anthocyanin-rich blackberry (*Rubus* spp.) by-product extract by freeze-drying [Microencapsulación de un extracto de subproducto de zarzamora



(*Rubus* spp.) rico en antocianinas mediante liofilización], *LWT–Food Science and Technology*, 84, 256-262.

Zadernowski, R.; Naczek, M. y Nesterowicz, J. (2005). Phenolic acid profiles in some small berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 2118-2124.

3.2 Empaque innovador desarrollado

• 3.2.1 Generalidades del producto a empacar

La mora (*Rubus sp.*) proviene de la zona andina de Suramérica (Espinosa-Bayer et al., 2009; Rincón-Bonilla et al., 2015). Perteneció a la familia de las rosáceas y está compuesta por agregación de pequeñas drupas insertadas de forma ordenada y cónica, formando una baya (Márquez y Ciro, 2002; Espinosa-Bayer et al., 2009). Cada drupa presenta una semilla en su interior, su coloración varía del rojo al vino de acuerdo con su estado de maduración y tiene un elevado contenido de bioactivos, que incluyen ascorbato, antocianinas, ácidos fenólicos y carotenoides (Moreno y Oyola, 2016).

Específicamente, la mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) es considerada como la variedad más cultivada en el país. Esto obedece a las buenas características agronómicas del cultivo, específicamente en cuanto a su adaptabilidad (DANE, 2013; SENA, 1998), características nutricionales, propiedad antioxidante (potencial nutraceutico) y la gran aceptación como producto fresco por parte del consumidor (DANE, 2013).

Sin embargo, la mora es una fruta climatérica, es decir, su maduración no continúa una vez ha sido cosechada. Por consiguiente, la madurez de cosecha debe ser igual o muy cercana a la madurez de su consumo para que no pierda características fisicoquímicas y organolépticas (Rincón-Bonilla et al., 2015). Este hecho hace que la vida útil de esta fruta en las condiciones convencionales de conservación, como lo es la refrigeración, sea de aproximadamente de 2 a 5 días (Giacalone y Chiabrandi, 2012; Mitcham et al., 2009). Por ello, se hace necesario desarrollar alternativas en el empaque y presentación para extender su vida útil.

El proceso de deshidratación por aire forzado es una alternativa viable que permite remover humedad de un alimento a través de un calentamiento constante y de transferencia de masa (Maisnam et al., 2017). Las ventajas que presenta es el bajo peso y volumen del producto final, lo que facilita su comercialización y almacenamiento en condiciones poco favorables (Márquez y Ciro, 2002). El proceso de deshidratación además podría concentrar y conservar los compuestos bioactivos de interés en la mora de Castilla, como se ha evidenciado en la deshidratación de algunas frutas como mango, guayaba y limón, preservando estos compuestos en porcentajes importantes que cumplen con los RDA para cada caso (vitamina C, fibra dietaria y minerales) (Estrada et al., 2018), y en algunos berries (Bustos et al., 2018). Existe evidencia de que el uso de la deshidratación de frutas



conserva las características fisicoquímicas y antioxidantes de frutos como fresas y otros *berries*, entre otras (Bustos *et al.*, 2018).

Características del producto a empacar

Mora deshidratada en polvo obtenida por secado directo con aire caliente, molienda y tamizado. Buena fuente de antioxidantes naturales, incluyendo antocianinas y ácidos fenólicos (Sweeny *et al.*, 1981; Sondheimer, 1948).

Factores causantes de deterioro y pérdida de calidad

Uno de los micronutrientes más importantes de la mora son las antocianinas, moléculas que le otorgan el característico color al fruto. Existen varias fuentes de pérdida de calidad o degradación de las antocianinas. Por ejemplo, el pH genera un cambio en su estructura química, lo cual conlleva a cambio en el color. Con pH ácido se obtienen los colores característicos del fruto, que son los deseados, por lo que, si se emplea como colorante, es necesario garantizar un pH cercano a 4 (Broulliard, 1982).

El efecto de la temperatura inicialmente genera pérdida de coloración debido a que la antocianina se transforma químicamente a chalcona, la cual es incolora, pero no se ha entendido aún este mecanismo completamente (Brouillard y Delaporte, 1978). Otro producto formado por degradación térmica es un precipitado café, el cual se ha estudiado y se cree que se da debido a la apertura del anillo fenólico o hidrólisis de los azúcares presentes en el fruto, semejante a las reacciones de Maillard (Timberlake y Bridle, 1966).

Por otra parte, se ha encontrado que las antocianinas de mora poseen una cinética de degradación de primer orden (Song *et al.*, 2020). En cuanto a la degradación por luz, se sabe que los polifenoles presentes en el fruto actúan como antioxidantes, como se ha reportado en la mejora de la fotoestabilidad de las antocianinas en presencia de flavona, isoflavona y aurona (Sweeny *et al.*, 1981). El efecto del oxígeno, junto con el de la temperatura, son los factores que más afectan la estabilidad de las antocianinas. La manera en que el oxígeno afecta estas moléculas se da por reacciones con moléculas propias de las frutas, como es el caso del ácido ascórbico, el cual posee entre sus mecanismos de oxidación uno que genera peróxido de hidrógeno, molécula que degrada las antocianinas (Sondheimer, 1948). Por otra parte, también se ha registrado un efecto protector debido a la actividad antioxidante de flavonoides que protegen a las antocianinas (Harper *et al.*, 2007). Por último, en el caso de los metales, ya sea presentes en el alimento o en el empaque, Co, Fe y Al tienen la propiedad de formar quelatos entre pH 3-5 con las estructuras aromáticas y los electrones libres en los oxígenos, lo cual aumenta la estabilidad significativamente, pero no se recomienda su uso debido a que un cambio mínimo de pH puede cambiar su



color a azul oscuro o café por el complejo metal-tanino formado (Starr y Francis, 1973; Asen *et al.*, 1969).

Se ha observado en secado por vacío que un incremento en el vacío conlleva a una mayor retención de antocianinas en el fruto, pero un tratamiento con microondas aumenta el riesgo de pérdida de antocianinas (Song *et al.*, 2020). Por otra parte, en el secado por *spray-drying* se observó que las condiciones ideales son a temperaturas entre 140 °C y 150 °C, debido a que una mayor temperatura genera degradación de antocianinas y, por ende, pérdida del color y del micronutriente (Ferrari *et al.*, 2012).

• **3.2.2 Propuesta de sistema de empaque innovador para el producto**

Considerando las características y factores causantes de deterioro de mora deshidratada en polvo, se propuso el siguiente sistema de empaque para este producto.

Sistema de empaque biodegradable estilo sobre semitransparente de 70 x 70 mm elaborado con láminas de ácido poliláctico (PLA) compuesto con un 1 % de microcelulosa funcionalizada con ácido láurico para conferir mayor hidrofobicidad a la lámina, reduciendo, así, la permeación de humedad. El empaque propuesto tiene un espesor aproximado de 0,060mm y una capacidad de 20 g de mora en polvo.

Como embalaje se puede utilizar una bolsa de papel para contener varios de los sobres del empaque biodegradable primario, idealmente entre 5 y 10 sobres, facilitando su uso sin desperdiciar el producto.

• **3.2.2.1 Desarrollo de los elementos y materiales de empaque**

Para el desarrollo de las láminas de ácido poliláctico (PLA) compuesto con celulosa, se hicieron los siguientes experimentos.

Inicialmente, se empleó ácido poliláctico (PLA) proveniente de la Empresa Corbion referencia Luminy LX175, el cual se llevó a secado por 24 horas a una temperatura promedio de 90 °C. El PLA se encontraba en pellet, por lo que, para la realización de las películas, se usó una solución al 3,15 % w/v en cloroformo como buen solvente para *solvent-casting*. El PLA fue caracterizado por RMN y FTIR-ATR, como se muestra en los siguientes espectros (ver figuras 51 y 52):

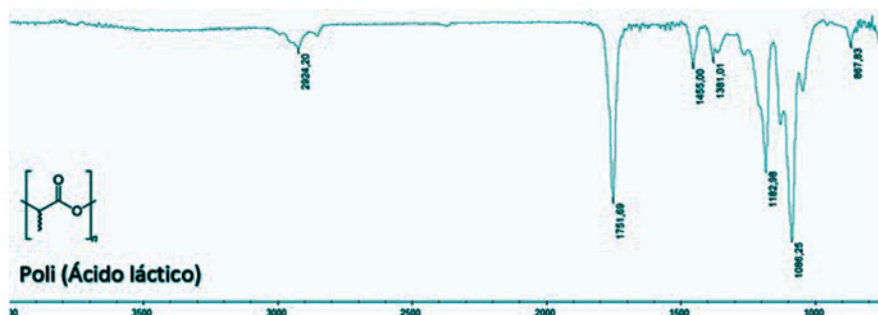


Figura 51. Espectro FTIR-ATR de ácido poliláctico (PLA) empleado experimentalmente

Fuente: elaboración propia; fotografías: N. Posada; G. Baron; D. Moncayo; A. Rada; D. Castellano (2020).

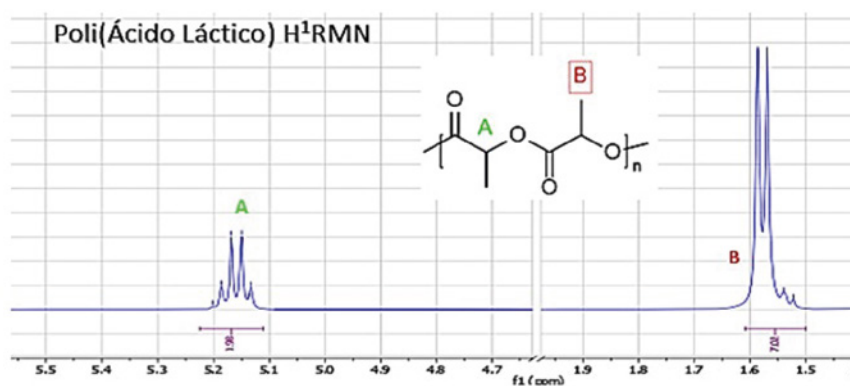


Figura 52. Espectro ^1H -RMN del ácido poliláctico (PLA) empleado experimentalmente

Fuente: elaboración propia. Fotografías: N. Posada; G. Baron; D. Moncayo; A. Rada; D. Castellano (2020).

Como se evidencia en la figura 51, el espectro del PLA posee estiramientos C-H de carbonos sp^3 de la cadena principal a 2924 cm^{-1} y una banda característica del estiramiento carbonilo del éster alifático C=O a 1751 cm^{-1} . Por otra parte, se observa el rocking H-C-H de carbonos sp^3 a 1182 cm^{-1} y la banda de estiramiento C-O a 1086 cm^{-1} .

Como se observa en la figura 52, el espectro de ^1H -RMN presenta dos cambios químicos correspondientes al H del carbón A con señal en $\delta 5.16$ (q, $J = 7.0\text{ Hz}$, 3H) que corresponde un tetraplete por el metilo vecino marcado como B, así mismo se evidencia una señal a 1.58 (d, $J = 7.0\text{ Hz}$, 1H) correspondiente a la señal del metilo B y un duplete a raíz del H vecino de A. Las señales mencionadas presentan las integrales de A: y B: guardando la relación entre los protones confirmando que el producto recepcionado es PLA sin contaminación. Se puede afirmar, por la ausencia de la señal en 1.60 o cercana, que el polímero tiene una tacticidad tipo sindiotáctico.

Se empleó microcelulosa (MC) funcionalizada con ácido oleico (MC-Ole) y ácido láurico (MC-Lau) como material hidrófobo. Estas fueron obtenidas en las reacciones de tipo *one-step* descritas a continuación:



Se realizó la síntesis de MC-Ole y MC-Lau para escalar la formación de películas mediante el método modificado *One-spot* [2], modificando las cantidades empleadas y el tiempo de reacción para asegurar mayor esterificación de los ácidos grasos. Se adicionaron 0,5 g de microcelulosa (MC), 15 cm³ de piridina, 3,5 g de cloruro de tosilo (TsCl) y 5 g de ácido láurico o ácido oléico a un balón de reacción de 100 cm³. Se mantuvo la reacción a 50 °C y se dejó por 48 h. Se adicionó 30 cm³ de agua destilada para detener la reacción, se filtró al vacío y se lavó con 100 cm³ de etanol/metanol 1:1. Posteriormente, se realizó una destilación Soxhlet con 100 cm³ de etanol/metanol/acetona 1:1:1 por 6 horas y se secó a 40 °C en horno de vacío. El material obtenido se puede observar en la figura 53.



Figura 53. MC-Ole y MC-Lau sintetizadas para el uso en películas de PLA

Fuente: elaboración propia; fotografías: N. Posada; G. Baron; D. Moncayo; A. Rada; D. Castellano (2020).

Se determinó el espectro FTIR-ATR de la MC-Ole y MC-Lau para comprobar la formación del enlace éster entre la celulosa y el ácido graso.

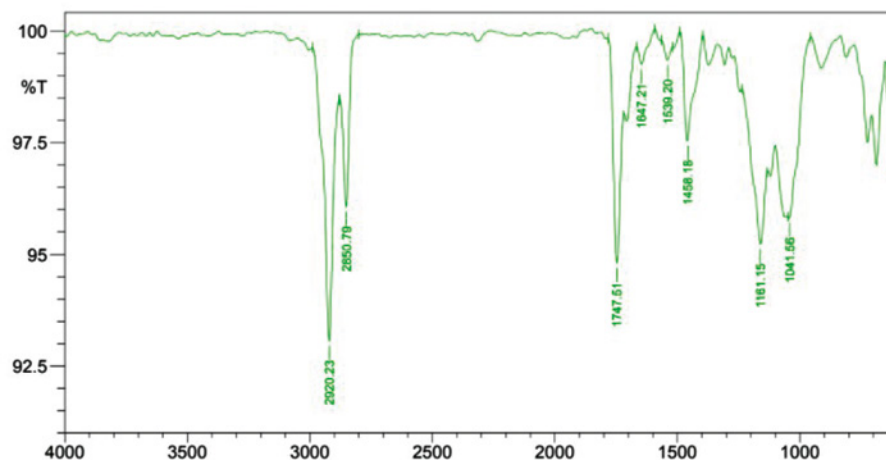


Figura 54. Espectro FTIR-ATR de la MC-Ole sintetizada

Fuente: elaboración propia; fotografías: N. Posada; G. Baron; D. Moncayo; A. Rada; D. Castellano (2020).

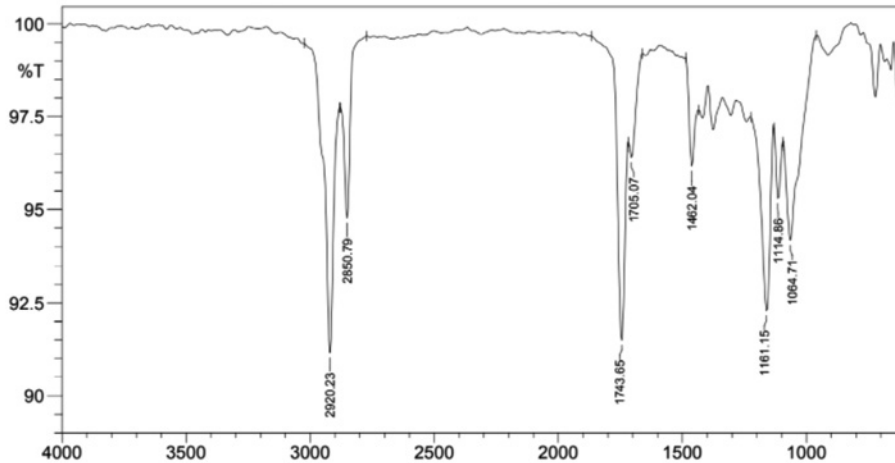


Figura 55. Espectro FTIR-ATR de la MC-Lau sintetizada

Fuente: elaboración propia. Fotografías: N. Posada; G. Baron; D. Moncayo; A. Rada; D. Castellano (2020).

Como se observa en las figuras 54 y 55, se elucidan dos picos agudos de estiramientos C=O en las zonas de 1740 cm^{-1} y 1700 cm^{-1} , las cuales indican las distintas sustituciones en los hidroxilos disponibles de la microcelulosa para formar ésteres con los ácidos grasos. Adicionalmente, se observa la pérdida de la banda de estiramientos O-H en la zona entre 3500 cm^{-1} y 3000 cm^{-1} . En el caso de la MC-Ole, se observa la banda asociada al estiramiento C=C en 1647 cm^{-1} .

Una vez sintetizada la MC-funcionalizada, se realizaron películas mediante *solvent-casting*, ensayando en cajas de Petri de 9 cm de diámetro: a) la relación de espesor/volumen de PLA al 3 % en cloroformo, b) el efecto del solvente, c) la concentración de microcelulosa y d) la presencia de un aditivo.

Inicialmente, se realizaron películas de solución al 3 % de PLA en cloroformo de 10 cm^3 , 15 cm^3 y 20 cm^3 para determinar sus espesores. Esta medida se obtuvo mediante medición con micrómetro (KEX), con sensibilidad de 0,01 mm de 5 zonas distintas de la película por quintuplicado, y se promedió el valor de cada película de espesor distinto. Se llegó a la conclusión de estandarizar, así: en 15 cm^3 de solución en 3 % de PLA en cloroformo para obtener películas de 0,05 mm–0,07 mm.

Como se observa en la figura 55, las películas hechas con el solvente tetrahidrofurano (THF) tienen una gran fragilidad y son de fácil ruptura durante el secado. El caso contrario ocurre con el cloroformo, el cual requirió únicamente de una mejor dispersión de la celulosa en el medio, por las aglomeraciones que se observan.



Figura 56. Películas de PLA MC-Funcionalizada en THF y CHCl₃, siendo de izquierda a derecha THF MC-Ole 1 %, CHCl₃ MC-Ole 1 %, THF MC-Lau 1 % y CHCl₃ mc-Lau 1 %

Fuente: elaboración propia; fotografías: N. Posada; G. Baron; D. Moncayo; A. Rada; D. Castellano (2020).

En la figura 57 se evidencia cómo la adición de un mayor porcentaje de celulosa a la película de PLA genera una menor dispersión de esta y una mayor fragilidad, produciendo la ruptura de las películas en el momento de removerlas del molde. Este efecto se evidenció tanto en la MC-Lau como en la MC-Ole, por lo que se decidió tanto estandarizar el porcentaje de microcelulosa de la película en 1 % como dejar en agitación constante durante 1 día la solución de cloroformo, PLA y microcelulosa para aumentar la dispersión, evitar incrementar su fragilidad y mejorar la apariencia de esta.

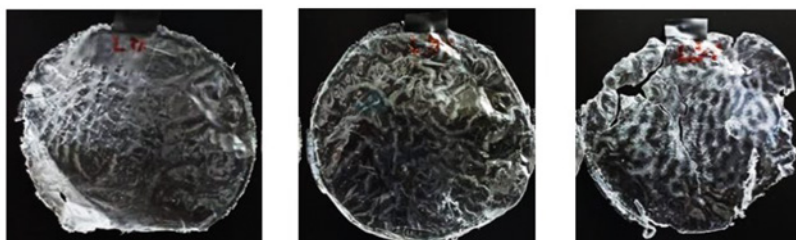


Figura 57. Películas de PLA MC-Lau al 1 % (izquierda), 3 % (medio) y 5 % (derecha)

Fuente: elaboración propia. Fotografías: N. Posada; G. Baron; D. Moncayo; A. Rada; D. Castellano (2020).

Finalmente, para evitar la ruptura de las películas cuando estas son retiradas del molde, se decidió adicionar el aditivo Tween 80. Este generó una gran facilidad de remoción en los moldes, así como una ligera plastificación de la película, disminuyendo su fragilidad, pero provocó una pérdida de la hidrofobicidad, la cual se ensayó mediante gotas de agua en la superficie, en comparación con las películas sin Tween 80, como se observa en la figura 58.

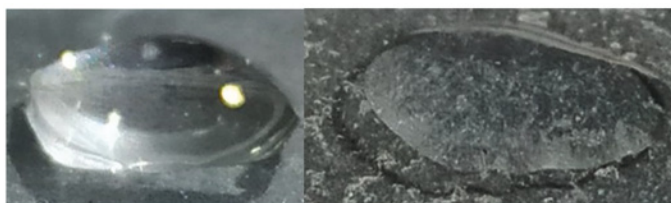


Figura 58. Prueba de hidrofobicidad de manera artesanal mediante medición de ángulo de contacto de las películas, PLA MC-Ole 1 % y Tween (izquierda) y PLA MC-Lau 1 % y Tween (derecha) con agua

Fuente: elaboración propia; fotografías: N. Posada; G. Baron; D. Moncayo; A. Rada; D. Castellano (2020).



Se decidió emplear aceite mineral como aditivo para conservar la hidrofobicidad y facilitar el retiro del molde, pero este provocó la ruptura de las películas, por lo que se decidió lavar las producidas con Tween 80 en agua destilada, eliminando el aditivo superficial y recuperando la hidrofobicidad.

A partir de los resultados obtenidos, se realizó un ensayo de hidrofobicidad mediante medición de ángulo de contacto de las películas de PLA y MC-funcionalizado al 1 %. Como se evidencia en la figura 59, el ángulo de contacto de la película de PLA de 0,05 mm–0,07 mm de espesor es de 69,3°(izquierda) y 70,1°(derecha), mientras que la película de PLA MC-Ole 1 % generó un ángulo de contacto de 93°(izquierda) y 97°(derecha), y la película de PLA MC-Lau generó un ángulo de contacto de 92°(izquierda) y 93°(derecha). De esta manera, se observa el aumento de hidrofobicidad por la adición de la microcelulosa funcionalizada en el PLA.

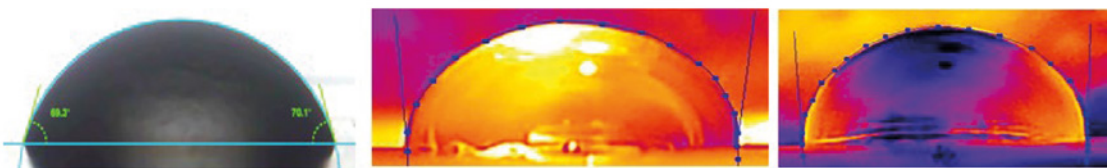


Figura 59. Prueba de hidrofobicidad mediante medición de ángulo de contacto de las películas de pla (izquierda), PLA MC-Ole 1 % (medio) y PLA MC-Lau 1 % (derecha) con agua

Fuente: elaboración propia; fotografías: N. Posada; G. Baron; D. Moncayo; A. Rada; D. Castellano (2020).

A partir de las pruebas realizadas a pequeña escala para estandarizar las condiciones en las cuales se realizaron los empaques, se empleó la MC-funcionalizada obtenida para generar películas por *solvent-casting* en tapas de cajas de Petri de 10 cm de diámetro. Las condiciones de escalamiento fueron determinadas asumiendo que la relación entre el volumen y el área es lineal, conservando el mismo espesor de película. De esta manera, se realizó el siguiente cálculo:

$$\text{Volumen (caja Petri 10 cm)} = \frac{15 \text{ mL (volumen en película de 9 cm diámetro)} * 78,5 \text{ cm}^2 \text{ (área caja de Petri 10 cm)}}{63,6 \text{ cm}^2 \text{ (área caja de Petri 9 cm)}} \quad (1)$$

A partir de este cálculo, y manteniendo la misma relación de una solución de PLA al 3 % p/v en cloroformo y MC-funcionalizada al 1 % p/p del peso de PLA, se emplearon 19 mL de cloroformo para disolver 0,55 g de PLA y 0.0055 g de MC-Lau y MC-Ole. A partir de estas películas, se realizaron cortes con bisturí para obtener empaques de 70 x 70 mm, con un espacio de 0,5 cm en cada borde, con el fin de permitir el correcto termosellado entre dos películas y generar el empaque correspondiente, obteniendo las películas de la figura 60.

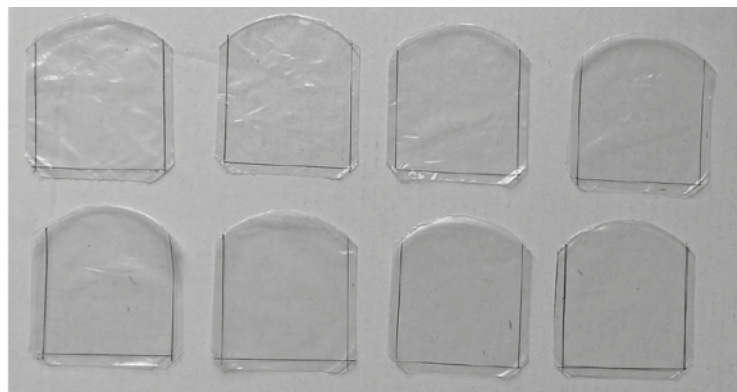


Figura 60. Empaques obtenidos de PLA MC-Ole y MC-Lau al 1 %, con Tween 80 como aditivo, para el almacenamiento de mora en polvo deshidratada

Fuente: elaboración propia; fotografías: N. Posada; G. Baron; D. Moncayo; A. Rada; D. Castellano (2020).

3.2.2.2 Reporte de pruebas de almacenamiento

Se realizó un ensayo exploratorio de almacenamiento acelerado mediante el uso de una cámara a condiciones controladas de temperatura y humedad. Para esto, se empacaron 20 gramos de muestra de mora deshidratada en los sobres de prueba de PLA/celulosa, los cuales fueron termosellados y almacenados a una temperatura de 38 °C y 60 % de humedad relativa. Se evaluaron entonces los cambios en el color, humedad y actividad de agua de las muestras para estimar la evolución en la calidad de la mora en polvo. El color de las muestras se determinó a partir de los parámetros de color en el espacio CIE-LAB, con coordenadas L* (luminosidad), a* (rojo – verde) y b* (amarillo – azul). El color fue medido utilizando un colorímetro ChromaMeter Minolta (Modelo CR-331, Minolta Camera Co., Osaka, Japón). La actividad de agua fue determinada por duplicado usando un medidor de la marca Ro-tronic (Hygrolab C1, Ro-tronic, Suiza). Para la medición de la humedad de la muestra, se empleó un medidor de humedad halógeno XM 60 (Precisa Gravimetrics, Suiza).

Tabla 40. Cambio en propiedades de mora en polvo almacenado en los sobres de pla a 38 °C

Parámetro	Tiempo de almacenamiento		
	Día 0	Día 7	Día 10
Aw	0,42±0.018	0,35±0.54	0,53±0.00
Humedad (%)	4.50±0.37	6.52±1.36	4.05±1.20
ΔE	-	13,97±0.45	17,40±1.55
L*	11.88±0.09	22.67±0.46	23.19±3.86
a*	17.76±0.09	25.38±0.33	25.54±2.79



Entre los resultados obtenidos (tabla 40), se pudieron evidenciar modificaciones en el color de la mora deshidratada vinculados principalmente a un incremento en el valor de la coordenada a^* . Este cambio puede estar asociado a la degradación de sustancias como las antocianinas presentes en este fruto. Autores como Weber *et al.* (2017) reportan un incremento en la variación del color en polvo de mora almacenado a temperatura de 35 °C y con efecto de la luz como variable del tratamiento. En cuanto a la coordenada a , es importante resaltar que a medida que se incrementa el tiempo de almacenamiento la luminosidad y el tono rojo tienden a aumentar. Adicionalmente, es importante resaltar que la actividad final del producto fue de 0.53. En cuanto a la humedad, el producto disminuyó entre el día 7 y 10 de almacenamiento a causa de las condiciones de almacenamiento establecidas, sin embargo, los valores reportados coinciden con estudios como los realizados por Ferrari *et al.*, (2013).

• 3.2.2.3 Vida útil estimada

Para estimar la vida útil del producto, es necesario primero establecer un valor límite en las propiedades de calidad evaluadas. Para este caso, la más interesante de considerar es la actividad de agua (a_w) debido a las implicaciones que tiene para el crecimiento de microorganismos. Para productos en polvo, el valor de a_w se encuentra entre 0.2-0.6, luego de lo cual el producto deja de ser granular y empieza a aglomerarse. Así mismo, el valor de 0.6 es el límite inferior para el crecimiento de microorganismos, por lo cual se puede tomar este valor como el límite para definir la vida útil de este producto (Sandulachi, s. f.).

Los datos de a_w en la tabla 40 son escasos para estimar una cinética de cambio de esta propiedad. Sin embargo, se puede hacer un estimativo basado en un sencillo modelo lineal. Para 10 días de almacenamiento hubo un incremento de 0.11 en a_w , pasando de 0.42 a 0.53, luego de una ligera reducción intermedia en el día 7. Con base en una tendencia lineal, se dedujo que para tener un incremento de 0.18 de 0.42 a 0.6 se requerirían 16.37 días a 38 °C.

Entonces y de acuerdo con los ensayos de almacenamiento realizados, la propuesta de empaque presentada en este documento puede permitir extender la vida útil del producto entre 16 y 17 días en las condiciones de prueba de 38 °C. A temperatura ambiente de 15-20 °C se puede esperar una vida útil de, por lo menos, el doble aproximadamente.

• 3.2.3 Ficha técnica del producto

Ficha técnica

Propuesta de empaque para mora deshidratada en polvo

Néstor C. Posada, Giovanni Barón, Diana C. Moncayo, Adriana I. Rada, Diego A. Castellanos
Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos-ICTA



CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO (*fruta procesada*)

La mora deshidratada en polvo es obtenida a través del secado directo con aire caliente, molienda y tamizado. Se ha demostrado que el proceso de deshidratación permite conservar los contenidos de compuestos fenólicos en la mora, que son la razón por la que es buena fuente de antioxidantes naturales, incluyendo antocianinas y ácidos fenólicos (Lutz *et al.*, 2015; Sondheimer, 1948; Sweeny *et al.*, 1981).

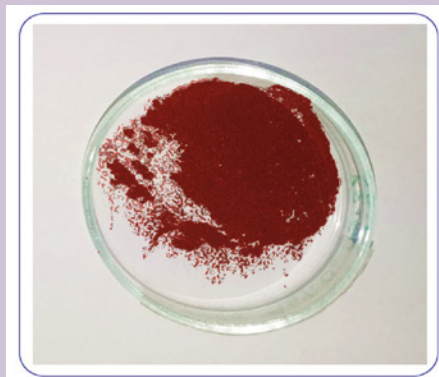


Figura 61. Mora deshidratada en polvo

Fuente: elaboración propia; fotografías: N. Posada; G. Baron; D. Moncayo; A. Rada; D. Castellano (2020).

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO EMPACADO

Polvo de mora natural sin coadyuvantes para secado, deshidratada en bandejas por el método convección forzada, a una temperatura del aire de 70 °C.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Parámetros fisicoquímicos

Contenido de humedad (%bh): 2.6 ± 0.4

pH: 2.90 ± 0.05

Actividad de agua a_w : 0.26 ± 0.01

Solubilidad (%): 36 ± 2

Color: Delta E: 25,1; Cromá: 14.0; Luminosidad (L): 6.63 ± 1.82

Ver ficha técnica: Polvo de mora de Castilla–*Rubus glaucus Benth* (Unidad 3 del documento).

VALOR NUTRICIONAL

Luego del proceso de deshidratación, la mayoría de los compuestos de la mora fresca se conserva en el producto deshidratado. En la tabla 41 se muestra los principales compuestos encontrados en la mora deshidratada.

Tabla 41. Valor nutricional de la mora deshidratada

Compuestos	Valor
Ácido ascórbico (vitamina C)	169 ± 30 mg ác ascórbico / 100g de muestra seca
Contenido de polifenoles totales	147 ± 0 mg Eq. de ácido gálico/100g de muestra
Capacidad antioxidante	309 ± 2 μ mol Eq. de trolox/g muestra seca

Ver ficha técnica: Polvo de mora de castilla–*Rubus glaucus Benth* (Unidad 3 del documento).



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN

Recepción: la mora seleccionada debe ser de grado de madurez 5-6 (de acuerdo con la carta de color de la NTC 4106 (1997): Frutas frescas. Mora de Castilla. Especificaciones). La fruta debe procesarse en el menor tiempo posible, sin embargo, se puede almacenar a $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta por 24 h antes del proceso.

Escaldado: en una cámara de escaldado (Colcocinas modelo CCV, serie 2 N.º 2.) con vapor de agua saturado a una presión manométrica de 5 lb/pulg^2 (rango de temperatura $53\text{-}113^{\circ}\text{C}$) por 80 s.

Despulpado: se realiza en una despulpadora (Essen modelo D-50 K-H, serie 16-2-91) con alimentación continua del fruto al equipo.

Secado: se realiza en un secador piloto de bandejas de flujo continuo de aire caliente, fabricado por Industria Metalmecánica Alimenicia, modelo FBC40, serie 2009. Sobre las bandejas de acero inoxidable se coloca una superficie de secado de material Mylar® de 250μ de calibre. La carga de pulpa que se utiliza es $5,6 \text{ kg de pulpa/m}^2$ y una temperatura del aire de secado de 70°C , con variaciones de 2°C en promedio, por un período de 6-8 h.

Molienda: la reducción de tamaño de partículas se realiza en un molino pulverizador de cuchillas (cgoldenwall), utilizando muestras de 300 g de láminas de mora seca durante 100 s.

CARACTERÍSTICAS DEL EMPAQUE



Figura 62. empaque propuesto para mora deshidratada en polvo

Fuente: elaboración propia; fotografías: N. Posada; G. Baron; D. Moncayo; A. Rada; D. Castellano (2020).

Empaque transparente biodegradable de estilo sobre con dimensiones $70 \times 70 \text{ mm}$ y $0,06 \text{ mm}$ de espesor fabricado con dos láminas de ácido poliláctico (PLA) nanocompuesto con 1 % de microcelulosa funcionalizada con ácido láurico con características hidrofóbicas. capacidad de 20 g de mora en polvo. Opcionalmente, los sobres pueden empacarse en un embalaje de papel con capacidad para 5 sobres.

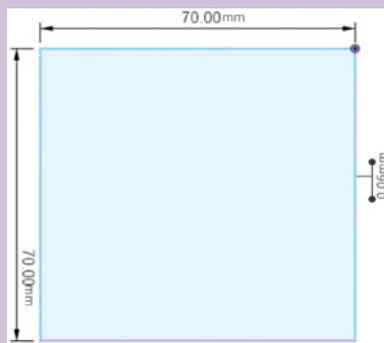


Figura 63. diagrama del empaque propuesto para mora deshidratada en polvo

Fuente: elaboración propia; fotografías: N. Posada; G. Baron; D. Moncayo; A. Rada; D. Castellano (2020).



CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO RECOMENDADAS

Se recomienda el almacenamiento de la mora deshidratada en polvo a 10-20 °C en condiciones de baja luz día y en un ambiente seco (Humedad relativa < 60 %).

VIDA ÚTIL ESTIMADA

Se estima una vida útil de 16-17 días a 38 °C y, aproximadamente, el doble a 20 °C.

REFERENCIAS

- NTC 4106. (1997). *Frutas frescas, Mora de Castilla. Especificaciones. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec)*. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/632/Anexo%201%20NTC4106-%20mora.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lutz, M., Hernandez, J., y Henríquez, C. (2015). Phenolic content and antioxidant capacity in fresh and dry fruits and vegetables grown in Chile. *CYTA – Journal of Food*, 13(4), 541-547. <http://doi.org/10.1080/19476337.2015.1012743>.
- Sondheimer, E. (1948). Anthocyanin Pigments–Colorimetric Determination in Strawberries and Strawberry Products. *Analytical Chemistry*, 20(3), 245-248.
- Sweeny, J.G., Wilkinson, M. M. y Iacobucci, G. A. (1981). Effect of Flavonoid Sulfonates on the Photo-bleaching of Anthocyanins in Acid Solution. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 29(3), 563-567.

• 3.2.4 Referencias

- Asen, S., Norris, K. H., y Stewart, R. N. (1969). Absorption spectra and color of aluminium-cyanidin 3-glucoside complexes as influenced by pH. *Phytochemistry*, 8(3), 653-659.
- Brouillard, R. (1982). Chemical Structure of Anthocyanins. En Pericles Markakis (ed.), *Anthocyanins as Food Colors* (pp. 1-40). New York: Academic Press.
- Brouillard R., y Delaporte, B. (1978). Chemistry of anthocyanin pigments. 2. Kinetic and thermodynamic study of proton transfer, hydration, and tautomeric reactions of malvidin 3-glucoside. *J. Am. Chem. Soc*, 99(26), 8461-8468.
- Bustos, M. C., Rocha-parra, D., Sampedro, I. R., Pascual-teresa, S. De, y León, A. E. (2018). The influence of different air-drying conditions on bioactive compounds and antioxidant activity of berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1-30. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b05395>
- DANE. (2013). El cultivo de la mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) frutal de clima frio moderado, con propiedades curativas para la salud humana. *Boletín Mensual Insumos y Factores Asociados a La Producción Agropecuaria*, 17, 1-64.
- Espinosa-Bayer, N., Medina-Cano, C., y Lobo-Arias, M. (2009). Identificación taxonómica de las especies del género rubus presentes en la colección colombiana de mora. En *Caracterización, Evaluación y Producción de Material Limpio de Mora Con Alto Valor Agregado* (pp. 25-33). Bogotá: Produmedios.



- Estrada, H. H., Restrepo, C. E., Saumett, H. G., y Perez, L. (2018). Deshidratación osmótica y secado por aire caliente en mango, guayaba y limón para la obtención de ingredientes funcionales. *Información Tecnológica*, 29(3), 197-204.
- Ferrari, C.C., Germer, S.P.M., y de Aguirre, J.M. (2012). Effects of Spray-Drying Conditions on the Physicochemical Properties of Blackberry Powder. *Dry. Technol.*, 30(2), 154-163.
- Giacalone, G., y Chiabrando, V. (2012). Problems and methods to improve the market-life of berry fruit. En Carlo Tuberoso, *Berries: Properties, Consumption and Nutrition* (pp. 179-196). New York: Nova Science Publishers.
- Harper, K. A., Morton, A. D., y Rolfe, E.J. (2007). The phenolic compounds of blackcurrant juice and their protective effect on ascorbic acid. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 4(3), 255-267.
- Maisnam, D., Rasane, P., Dey, A., Kaur, S., y Sarma, C. (2017). Recent advances in conventional drying of foods. *J. Food Technol. Pres.*, 1(1), 25-34.
- Márquez, C., y Ciro, H. (2002). Deshidratación de mora de Castilla (*Rubus glaucus*) bajo régimen convectivo con aire forzado. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*, 55(2), 1587-1600.
- Mitcham, E., J., Crisosto, C. H., y Kader, A. A. (2009). Bushberry: blackberry, cranberry, raspberry. Recomendations for Maintaining Postharvest Quality. *Postharvest Technology Research Information Center*. http://postharvest.ucdavis.edu/Commodity_Resources/Fact_Sheets/Datastores/Fruit_English/?uid=12&ds=798
- Moreno, B. L., y Oyola, Y. A. D. (2016). Caracterización de parámetros fisicoquímicos en frutos de mora (*Rubus alpinus* Macfad). *Acta Agronomica*, 65(2), 130-136. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n2.45587>
- Rincón-Bonilla, C., Moreno-Medina, B., y Deaquiz-Oyola, Y. (2015). Parámetros poscosecha en dos materiales de Mora (*Rubus glaucus* Benth y *Rubus alpinus* Macfad). *Cultura Científica*, 13, 16-25.
- Sandulachi, E. (s. f.). *Water Activity Concept and its Role in Food Preservation*. <http://81.180.74.21/handle/5014/780>
- SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje). (1998). *El cultivo de la mora. Principios agroecológicos para su manejo*. Rionegro, Antioquía.
- Sondheimer, E. (1948). Anthocyanin Pigments—Colorimetric Determination in Strawberries and Strawberry Products. *Anal. Chem.*, 20(3), 245-248.
- Song, C., Ma, X., Li, Z., Wu, T., Raghavan, G.V., y Chen, H. (2020). Mass transfer during osmotic dehydration and its effect on anthocyanin retention of microwave vacuum-dried blackberries. *J. Sci. Food Agric.*, 100(1), 102-109.
- Starr, M. S., y Francis, F. J. (1973). effect of metallic ions on color and pigment content of cranberry juice cocktail. *J. Food Sci.*, 30(6), 1043-1046.
- Sweeny, J. G., Wilkinson, M. M., y Lacobucci, G. A. (1981). Effect of Flavonoid Sulfonates on the Photobleaching of Anthocyanins in Acid Solution. *J. Agric. Food Chem.*, 29(3), 563-567.
- Timberlake C. F., y Bridle, P. (1966). Spectral studies of anthocyanin and anthocyanidin equilibria in aqueous solution. *Nature*, 212(5058), 158-159.

**PROCESOS AGROINDUSTRIALES
EN MORA DE CASTILLA**

Hace parte del Proyecto
Incremento de la competitividad
sostenible en la agricultura de
ladera en todo el departamento,
Valle del Cauca, Occidente

Se editó en la Editorial Universidad
Nacional de Colombia.

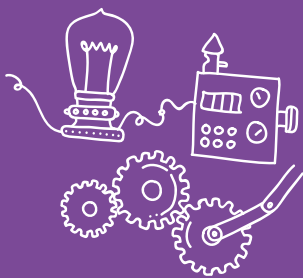
En su composición se utilizaron
caracteres Chaparral Pro.

Formato de 21,5 × 28 centímetros.

Se terminó de imprimir en DGP
Editores S. A. S., 300 ejemplares
en propalmate de 90 gr.

Se publicó en junio del 2022
Bogotá, D. C., Colombia.





Este proyecto es financiado por el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías del Departamento Nacional de Planeación y tiene como objetivo beneficiar a los productores de las zonas de ladera del Valle del Cauca. Está orientado a incrementar la competitividad sostenible en la agricultura de ladera del Valle del Cauca, mediante procesos de investigación y desarrollo en los diferentes eslabones de la cadena productiva, que va desde la etapa inicial del cultivo hasta la etapa agroindustrial de los tres frutales seleccionados: piña m2, aguacate Hass y mora de Castilla.

ISBN 978-958-794-755-7



9 789587 947557