



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA
AGRICULTURA**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA: EFECTO DE LA TEMPERATURA Y MÉTODO DE INMERSIÓN
EN LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE ANTOCIANINAS DE
MORTIÑO (*Vaccinium floribundum*) ADICIONADAS EN UVILLA (*Physalis
peruviana* L.) DESHIDRATADA**

AUTOR: ALMEIDA AYALA, ESTEBAN PATRICIO

DIRECTOR: ING. LARREA CEDEÑO, GABRIEL ALEJANDRO Mg.

SANGOLQUÍ

2020

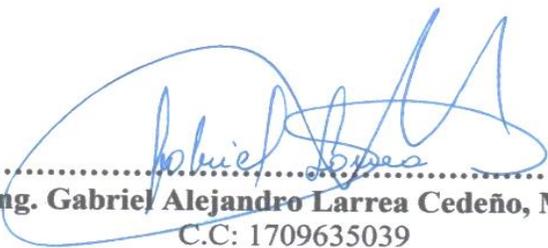


**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, ***“EFECTO DE LA TEMPERATURA Y MÉTODO DE INMERSIÓN EN LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE ANTOCIANINAS DE MORTIÑO (*Vaccinium floribundum*) ADICIONADAS EN UVILLA (*Physalis peruviana* L.) DESHIDRATADA”*** fue realizado por el señor ***Almeida Ayala, Esteban Patricio***, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 24 de enero del 2020


.....
Ing. Gabriel Alejandro Larrea Cedeño, Mgs.
C.C: 1709635039



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Almeida Ayala, Esteban Patricio*, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: *“Efecto de la Temperatura y Método de Inmersión en la Capacidad Antioxidante de Antocianinas de Mortiño (Vaccinium floribundum) Adicionadas en Uvilla (Physalis peruviana L.) Deshidratada”* es de mi autoría y responsabilidad, cumplimiento con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 24 de enero del 2020

.....
Almeida Ayala Esteban Patricio
C.C: 1720606928



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA**

AUTORIZACIÓN

Yo, *Almeida Ayala, Esteban Patricio*, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: *“Efecto de la Temperatura y Método de Inmersión en la Capacidad Antioxidante de Antocianinas de Mortiño (Vaccinium floribundum) Adicionadas en Uvilla (Physalis peruviana L.) Deshidratada”* en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 24 de enero del 2020

.....
Almeida Ayala Esteban Patricio
C.C: 1720606928

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada con mucho amor para toda mi familia, docentes y amigos ya que ellos son un pilar fundamental para alcanzar mi meta, su ayuda ha sido muy importante y necesaria, siempre tuve el apoyo incondicional cuando lo necesite.

Dedico este trabajo especialmente a mis padres Galo Almeida y Susana Ayala y a mis queridas hermanas Maribel y Andrea, para ellos que han sido los que me han apoyado durante todos estos años de mi formación para poder culminar con mi estudio.

Se lo dedico con mucho amor a mi querida esposa Evelyn Palacios, que ha sido mi apoyo incondicional y mi sostén, mi principal fuente de inspiración para poder culminar y no renunciar en medio del camino

A mis suegros Manuel Palacios y Fanny Rondal, a mis cuñadas Tamara Palacios y Cristina Palacios que han sido un soporte incondicional siempre, que me han sabido abrir las puertas de su casa y de su corazón.

A la empresa DefoodSCO. quienes me ayudaron económicamente para que este proyecto se pueda realizar.

A mis profesores que dedicaron valiosas horas y conocimiento en mi formación académica en especial al Ing. Gabriel Larrea y a la Dra. Raluca Mihai que con su paciencia, experiencia y motivación han sabido guiarme para culminar con mucho éxito mi tesis.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por colmarme de bendiciones, por siempre iluminarme de su amor y sabiduría.

A toda mi familia por siempre estar a mi lado brindándome apoyo incondicional durante estos años.

A mi esposa por tenerme paciencia y mucho amor por siempre estar a mi lado y nunca dejarme rendir.

A la universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por otorgarme una educación de calidad, con profesores especialmente preparados para brindar altos conocimientos, especialmente a mi director de tesis el Ing. Gabriel Larrea por el apoyo en el desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN.....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Hipótesis.....	4

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Uvilla.....	5
2.1.1 Generalidades	5
2.1.2 Composición Nutricional	5
2.2 Mortiño.....	6
2.2.1 Generalidades	6
2.2.2 Composición nutricional	7
2.3 Antocianinas.....	8
2.3.1 Generalidades	8
2.3.2 Extracción y purificación de antocianinas.....	9
2.3.3 Análisis de antocianinas por espectrofotometría UV-Vis.....	9

2.3.4	Determinación de la actividad antioxidante mediante el uso de espectrofotometría uv-vis.	11
2.4	Rehidratación de frutas deshidratadas.....	12

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	Características de la unidad experimental.....	13
3.2	Metodología para la aplicación del experimento, medición de antocianinas y capacidad antioxidante.....	14
3.2.1	Extracción de las antocianinas de mortiño.....	14
3.2.2	Método de inmersión de las uvillas deshidratadas en el extracto de mortiño.....	15
3.2.3	Deshidratación de uvillas rehidratadas con extracto de mortiño.....	16
3.2.4	Muestreo para análisis de antocianinas y capacidad antioxidante.....	16
3.2.5	Medición de la cantidad de antocianinas monoméricas por método pH diferencial.....	16
3.2.6	Medición de fenoles totales por el método Folin-ciocalteu.....	18
3.2.7	Medición de la capacidad antioxidante por DPPH.....	18
3.3	Análisis Sensorial.....	20
3.3.1	Selección del lugar y participantes.....	21
3.3.2	Preparación de muestras de uvillas deshidratadas.....	21
3.3.3	Aplicación del análisis organoléptico.....	21
3.4	Ubicación del lugar de investigación.....	21
3.4.1	Ubicación Política “Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”.....	21
3.4.2	Ubicación Geográfica “Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”.....	22
3.4.3	Condiciones ambientales del lugar de experimentación.....	22
3.5	Métodos de análisis.....	22
3.5.1	Diseño Experimental.....	22
3.5.1.1	Factores a probar.....	22
3.5.1.2	Tratamientos a probar.....	22
3.5.1.3	Tipo de diseño.....	23
3.5.1.4	Croquis del diseño.....	24
3.5.2	Análisis estadístico.....	24
3.5.2.1	Esquema del análisis de varianza.....	24
3.5.3	VARIABLES A MEDIR.....	25

3.5.3.1 Contenido de antocianinas	25
3.5.3.2 Capacidad antioxidante	25
3.5.3.3 Análisis sensorial.....	25

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Cantidad de fenoles presentes en los tratamientos	26
4.2 Contenido de antocianinas monoméricas	29
4.3 Capacidad antioxidante	33
4.4 Fase organoléptica.....	37
4.4.1 Color.....	37
4.4.2 Aroma.....	38
4.4.3 Sabor.....	39
4.4.4 Textura	40
4.4.5 Aceptabilidad	41

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones	43
5.2 Recomendaciones.....	44
5.3 Bibliografía.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Composición nutricional Uvilla (<i>Physalis peruviana</i>).....</i>	6
Tabla 2	<i>Composición nutricional del Mortiño</i>	7
Tabla 3	<i>Factores y niveles del experimento.....</i>	22
Tabla 4	<i>Fuentes de variación y grados de libertad del análisis del experimento.....</i>	24
Tabla 5	<i>Análisis de varianza de la cantidad de fenoles obtenida de los tratamientos aplicados.....</i>	26
Tabla 6	<i>Test de comparaciones múltiples de Duncan del contenido de fenoles obtenidos de los tratamientos aplicados.....</i>	26
Tabla 7	<i>Análisis de varianza del contenido de fenoles en uvillas deshidratadas a 3 temperaturas y 2 métodos de inmersión.....</i>	28
Tabla 8	<i>Test de comparaciones múltiples de Duncan del contenido de fenoles a 3 temperaturas (50, 55, 60 °C).....</i>	28
Tabla 9	<i>Análisis de varianza de la cantidad de antocianinas monoméricas obtenida de los tratamientos aplicados.....</i>	30
Tabla 10	<i>Test de comparaciones múltiples de Duncan del contenido de antocianinas monoméricas obtenidos de los tratamientos aplicados.....</i>	30
Tabla 11	<i>Análisis de varianza del contenido de antocianinas monoméricas en uvillas deshidratadas a 3 temperaturas y 2 métodos de inmersión.....</i>	32
Tabla 12	<i>Test de comparaciones múltiples de Duncan del contenido de antocianinas monoméricas a 3 temperaturas (50, 55, 6 °C).....</i>	32
Tabla 13	<i>Análisis de varianza de la capacidad antioxidante obtenida de los tratamientos aplicados.....</i>	34
Tabla 14	<i>Test de comparaciones múltiples de Duncan de la capacidad antioxidante obtenida de los tratamientos aplicados.....</i>	34
Tabla 15	<i>Análisis de varianza a la capacidad antioxidante en uvillas deshidratadas a 3 temperaturas y 2 métodos de inmersión.....</i>	36
Tabla 16	<i>Test de comparaciones múltiples de Duncan de la capacidad antioxidante a 3 temperaturas (50, 55, 60 °C).....</i>	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Espectros UV-Vis de las antocianinas aciladas y 3,5-glucosiladas (línea continua); no aciladas y 3-glucosiladas (línea discontinua).....	10
Figura 2	Uvillas en horno de deshidratación por flujo de aire caliente 20 de septiembre 2019.....	13
Figura 3	Escala de madurez del mortiño (<i>Vaccinium floribundum</i>).....	14
Figura 4	Uvillas rehidratadas con extracto de mortiño 5 de octubre del 2019.....	15
Figura 5	Calibración de espectrofotómetro para medición de fenoles.....	17
Figura 6	Preparación de muestras para medición de Fenoles enero 6 del 2020.....	18
Figura 7	Preparación de muestras para medición de la capacidad antioxidante.....	20
Figura 8	Proceso de catación de los tratamientos realizado en el laboratorio de poscosecha IASA I.....	20
Figura 9	Distribución aleatorizada al azar del experimento.....	24
Figura 10	Diagrama de barras del contenido de fenoles obtenidos mediante la aplicación de los tratamientos y sus respectivos errores estándar.....	27
Figura 11	Diagrama de barras del contenido de fenoles de uvillas deshidratadas a 3 temperaturas (50, 55, 60 °C) y sus respectivos errores estándar.....	29
Figura 12	Diagrama de barras del contenido de antocianinas monoméricas obtenidos mediante la aplicación de los tratamientos y sus respectivos errores estándar.....	31
Figura 13	Diagrama de barras del contenido de antocianinas monoméricas de uvillas deshidratadas a 3 temperaturas (50, 55, 60 °C) y sus respectivos errores estándar.....	33
Figura 14	Diagrama de barras la capacidad antioxidante obtenida mediante la aplicación de los tratamientos y sus respectivos errores estándar.....	35
Figura 15	Diagrama de barras de la capacidad antioxidante de uvillas deshidratadas a 3 temperaturas (50, 55, 60 °C) y sus respectivos errores estándar.....	37

Figura 16	Porcentaje de aceptación de la variable color en las uvillas tratadas con antocianinas con tres temperaturas y dos métodos de inmersión.....	38
Figura 17	Porcentaje de aceptación de la variable aroma en las uvillas tratadas con antocianinas con tres temperaturas y dos métodos de inmersión.....	39
Figura 18	Porcentaje de aceptación de la variable sabor en las uvillas tratadas Con antocianinas con tres temperaturas y dos métodos de inmersión.....	40
Figura 19	Porcentaje de aceptación de la variable textura en las uvillas tratadas con antocianinas con tres temperaturas y dos métodos de inmersión.....	41
Figura 20	Porcentaje de aceptación de la variable aceptabilidad en las uvillas tratadas con antocianinas con tres temperaturas y dos métodos de inmersión.....	42

RESUMEN

Esta investigación se realizó y formo parte del proyecto de investigación e innovación de la empresa DEFOODSCO. Cía. Ltda. El estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de tres temperaturas de deshidratación (50, 55 y 60°C) y dos métodos de rehidratación (agitación y sin agitación) con extracto etanólico de mortiño en la cantidad de antocianinas y capacidad antioxidante en uvillas deshidratadas. Las variables examinadas en el producto final fueron, cantidad de fenoles totales, cantidad de antocianinas y capacidad antioxidante. Las cuales se midieron mediante el método de folin-ciocalteu para fenoles, pH diferencial para antocianinas y DPPH para capacidad antioxidante. Adicional a esto se realizó un análisis sensorial con un panel de 5 catadores previamente entrenados en el tema con los cuales evaluaron el color, aroma, textura, sabor y aceptabilidad del producto. Las uvillas deshidratadas a temperaturas de 50 y 55°C presentaron un mayor contenido de fenoles, antocianinas y una mayor capacidad antioxidante que las deshidratadas a una temperatura de 60°C independientemente del método de rehidratación aplicado. El análisis organoléptico que se hizo en las uvillas que tenían características más llamativas para los catadores, presentó que las deshidratadas a 50 y 55°C fueron las más aceptadas lo que corrobora que las uvillas que recibieron el tratamiento de adición de extracto de mortiño también mejoraron sus características organolépticas.

Palabras claves:

- **ANTOCIANINAS**
- **CAPACIDAD ANTIOXIDANTE**
- **ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO**

ABSTRACT

This research was carried out and I am part of the research and innovation project of the DEFOODSCO company. Inc. Ltda. The study aimed to evaluate the effect of three dehydration temperatures (50, 55 and 60 ° C) and two methods of rehydration (agitation and without agitation) with ethanolic extract of mortiño in the amount of anthocyanins and antioxidant capacity in uvlas dehydrated. The variables examined in the final product were, amount of total phenols, amount of anthocyanins and antioxidant capacity. Which were measured by the folin-ciocalteu method for phenols, differential pH for anthocyanins and DPPH for antioxidant capacity. In addition to this, a sensory analysis was performed with a panel of 5 tasters previously trained in the subject with which they evaluated the color, aroma, texture, flavor and acceptability of the product. Dehydrated grapes at temperatures of 50 and 55 ° C had a higher content of phenols, anthocyanins and a greater antioxidant capacity than those dehydrated at a temperature of 60 ° C regardless of the rehydration method applied. The organoleptic analysis that was carried out on the balls that had the most striking characteristics for the tasters, presented that those dehydrated at 50 and 55 ° C were the most accepted, which corroborates that the balls that received the addition treatment of mortiño extract also improved its organoleptic characteristics.

Keywords:

- **ANTOCIANINS**
- **ANTIOXIDANT CAPACITY**
- **ORGANOLEPTIC ANALYSIS**

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En Ecuador se han reconocido tres especies de mortiño, *Vaccinium floribundum*, *Vaccinium distichum* y *Vaccinium crenatum*, que se los encuentran en zonas del país tales como la sierra y oriente, siendo la primera especie la que se encuentra con una mayor distribución (Pérez, 2007)

El mortiño tiene la habilidad de inhibir la oxidación en lípidos y proteínas debido a que en su composición presenta compuestos fenólicos, como las antocianinas, cuyos extractos alcohólicos han demostrado tanto su poder antioxidante como también la propiedad de ser un antimicrobiano sobre cepas de *Streptococcus mutans*, las cuales causan caries dentales (Jácome, 2016).

Las antocianinas son pigmentos que encontramos desde tonalidades rojas hasta violetas, de acuerdo al pH al que estas presenten (Avendaño & López, 2013).

(Schreckinger, Wang, Yousef, & Gonzáles, 2010), determino que las antocianinas presentes en muestras de polvo comercial de mortiño (*Vaccinium floribundum*) y frutos liofilizados, son de cinco tipos principales:

- Delfinidina-3-galactosida
- Cianidina-3-galactosida
- delfinidina-3-arabinosa
- Cianidina-3-glucósida
- Cianidina-3-arabinosa.

La que se presentó mayormente es estos productos fue para delphinina-3- arabinosa con 42.45 % y cianidina-3-glucosida con 31.25 %.

Las antocianinas pertenecen a un gran y muy distribuido grupo de metabolitos secundarios, que se conocen colectivamente como fenoles. Las antocianinas naturales más comunes son las 3-O-glicósidos y las 3di-O-glicósidos.

Las antocianinas son los componentes que le confieren a las plantas colores rojos, azules, morados, en lugares específicos de las plantas tales como frutos, flores y hojas. Estos pigmentos han sido consumidos a lo largo de muchas generaciones sin llegar a presentar efectos adversos a la salud humana (Csernoch, Gallo, & Mazzobre, 2017). El beneficio que esta fruta presenta en la industria alimentaria y en la salud humana ha despertado un elevado interés para ser usado como colorante natural y alimento funcional.

1.2 Justificación

En los últimos años, el daño que causa a la salud los pigmentos sintéticos ha sido discutido, llevando a que la tendencia sea una reducción de colorantes en la elaboración de alimentos. En tales casos han ido presentándose alternativas como las antocianinas que son pigmentos naturales que se disuelven en agua, por tal motivo son ideales para ser añadidos en sistemas acuosos alimentarios (Santacruz Cifuentes, 2011).

Estas características atractivas hacen que estos compuestos conocidos como colorantes naturales inocuos sean considerados potenciales aditivos en la industria alimentaria de productos que tengan un pH ligeramente ácido ya que esto favorece a su conservación. Además de presentar colores interesantes, también se ha reportado que las antocianinas presentan beneficios para la salud de las personas como poderosos antioxidantes y en determinados casos pueden incrementar la

agudeza visual. También se ha observado que poseen acción antineoplásica, vaso-tónica, vaso protector, antiinflamatoria y hepato-protectora (Nolasco & Alberto, 2013).

Continuamente se realizan nuevos estudios que demuestran con evidencias científicas que el papel de las antocianinas está directamente relacionado con prevenir y tratar enfermedades crónicas y degenerativas, como lo son el cáncer, las enfermedades cardiovasculares y los desórdenes y alteraciones de los lípidos. Este papel fundamental hace que elaborar productos donde se utilicen estos metabolitos, sea significativo para tener una opción alternativa a la hora de producir alimentos y bebidas, con énfasis en el sector de los llamados “alimentos funcionales” los cuales han ido teniendo un gran aumento tanto en mercados nacionales como internacionales (Cid-Ortega & Guerrero-Beltran, 2012).

El poder antioxidante de las antocianinas ha sido validado por estudios muchas veces, las cuales estando presentes en productos con un pH ácido hace que sea el medio ideal para actuar como inhibidores radicales libres e impedir la oxidación de lípidos de baja densidad causando un aumento en la salud cardiovascular. Sin embargo, la incorporación de estos en alimentos ya elaborados es restringida por su baja estabilidad durante la elaboración y almacenamiento de dichos productos. Algunos elementos tales como la estructura química, pH, temperatura, presencia de oxígeno, ácido ascórbico, concentración y actividad de agua de la matriz hacen que las propiedades tanto físicas, químicas y funcionales de estos metabolitos se vean mermadas. Estas limitaciones se pueden superar parcialmente utilizando tecnologías como la incorporación en alimentos deshidratados, los cuales pueden brindar una protección importante frente a las condiciones desfavorables y aumentar su disponibilidad y funcionalidad en períodos prolongados de almacenamiento. De este modo, se podría aplicar en alimentos procesados como uvillas

deshidratadas que, debido a su pH ácido, ayudarían a mantener la estabilidad de las antocianinas y sería potencializado con la adición de estos antioxidantes (Garzón, 2008).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar el efecto de la temperatura y método de inmersión en la capacidad antioxidante de antocianinas de mortiño (*Vaccinium floribundum*) adicionadas en uvilla (*Physalis peruviana* L.) deshidratada.

1.3.2 Objetivos específicos

- Cuantificar la cantidad de antocianinas monoméricas y fenoles totales en uvillas deshidratadas antes y después de la aplicación de tratamientos con mortiño.
- Determinar la capacidad antioxidante en uvillas deshidratadas y en los productos con tratamientos de mortiño, por el método DPPH.
- Analizar la aceptabilidad comercial en los tratamientos que presenten mayor capacidad antioxidante, mediante una evaluación organoléptica por un focus-group.

1.4 Hipótesis

H0: Al menos uno de los tratamientos aplicados aumenta la capacidad antioxidante de la uvilla deshidratada.

H1: Ninguno de los tratamientos aplicados aumentan la capacidad antioxidante de la uvilla deshidratada.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Uvilla

2.1.1 Generalidades

Según (Mancheno, 2003) la uvilla (*Physalis peruviana* L.) es una especie que se encuentra originalmente en los Andes, hace algunos años se la consideraba como una maleza, no obstante, se descubrió que poseía características organolépticas y medicinales, las cuales permitieron que este cultivo se lo fuera considerando para fines comerciales.

Como una de sus características en cuanto al desarrollo, se tiene que la uvilla tarda entre 4 a 5 meses para ser cosechada a partir de su siembra, siempre dependiendo de la zona geográfica en el que se cultive, El cultivo en general tiene con una vida útil de 3 a 4 años, dependiendo del manejo agronómico que se le brinde (Álvarez, Campoverde, & Espinoza, 2012).

En nuestro país Ecuador, las zonas más apropiadas para este cultivo se encuentran en los valles del callejón interandino y la cordillera de todas las provincias de la sierra ecuatoriana. La altitud adecuada para su desarrollo oscila entre 2000 y 3000 m.s.n.m. (Mancheno, 2003).

2.1.2 Composición Nutricional

La uvilla es una fruta con una excelente cantidad de vitamina A (300 I. U. de caroteno por 100 g.) y vitamina C, como también vitaminas complejo B (tiamina, niacina, y vitamina B12). Esta fruta tiene altos contenidos de proteínas y fósforo. La uvilla tiene la característica peculiar de contener solamente 78.9% de agua, 0.3% de proteína, 0.2% de grasa, 14.7% de carbohidratos totales, 4.9% de fibra y 1.0% de cenizas. Por cada 100 gramos se tiene 73 calorías, 8mg de calcio, 55 mg de fósforo, 1.2mg de hierro, cerca de 1mg de sodio, 320 mg de potasio, 1,460 mg de beta

caroteno equivalente, 0.1 mg de tiamina, 0.03 mg de riboflavina, 1.70 mg de niacina y 43 mg de ácido ascórbico (Molina & Napoléon, 2019)

Tabla 1

Composición nutricional Uvilla (Physalis peruviana L.)

Componentes	Contenido de 100 gr de la parte comestible	Valores diarios recomendados (basados en una dieta de 2000 calorías)
Humedad	78,90 %	
Carbohidratos	16 g	300 g
Ceniza	1,01 g	
Fibra	4,90 g	25 g
Grasa total	0,16 g	66 g
Proteína	0,05 g	
Ácido ascórbico	43 mg	60 mg
Calcio	8 g	162 mg
Caroteno	1,61 mg	5000 IU
Fosforo	55,30 mg	125 mg
Hierro	1,23 mg	18 mg
Niacina	1,73 mg	20 mg
Riboflavina	0,03 mg	1,7 mg

Fuente: (Molina & Napoléon, 2019)

2.2 Mortiño

2.2.1 Generalidades

El mortiño (*Vaccinium floribundum*) es un fruto originario de los páramos andinos, se lo puede encontrar en países como Perú, Colombia, Ecuador y Venezuela, se desarrolla desde los 1600 hasta 4000 msnm. Crece en temperaturas que están entre los 8 y 17 °C, en climas fríos y templados (Egas, 2019). La planta de mortiño se caracteriza por tener una inflorescencia racimosa de 6 a 10 bayas, las cuales se presentan en un aspecto pequeño esférico de color azul y al ser consumidas cuando están frescas estas poseen un sabor sutilmente agrio (Flores, Cristina, Guijarro, & Flores, 2019).

En países de Sudamérica, los frutos que pertenecen al género *Vaccinium* se los encuentra muy escasamente como cultivos de explotación debido a que aún se realizan estudios para poder aprovechar las cualidades de estos frutos en la elaboración de diferentes alimentos, así como también en la fabricación de medicamentos. Las especies más explotadas de manera comercial son el *Vaccinium meridionale* Swartz y el *Vaccinium floribundum* (Ochoa et al.,2018).

2.2.2 Composición nutricional

Tabla 2

Composición nutricional del Mortiño

Nutrientes	Cantidad en 100g
Energía (Kcal)	75
Proteína %	0,80
Agua %	80
Grasa total (g)	0,80
Carbohidratos totales %	19,6
Glúcidos	18,10
Fibra (g)	2,90
Calcio (g)	0,026
Hierro (g)	0,090
Vitamina A (g)	0,167
Vitamina C (g)	0,011
Vitamina B1 (g)	0,005
Vitamina B2 (g)	0,005
Niacina (g)	0,018
Vitamina B5 (g)	0,009
Fosforo	0,015

Fuente: (Coba, et al., 2012)

2.3 Antocianinas

2.3.1 Generalidades

El término “antocianina” se deriva del griego Anthos, flor y Cyanos, azul; y se usa para nombrar a los pigmentos de los tonos rojos, azules y violetas de flores, frutos, tallos, hojas y raíces. Las antocianinas son conocidas como fitonutrientes con un alto valor, y se los distingue porque su color es muy característico cuando está presente en los alimentos, siendo especialmente rojos oscuros, azules o púrpuras. Estos metabolitos se los ha llegado a conocer como bioflavonoides, debido a que tienen la función de mejorar la salud humana. Es así que estos compuestos se han hecho cada vez más presentes en el mercado de los productos llamados “nutracéuticos”, que contienen ingredientes que no solo son fuentes de nutrientes, sino que también generan en efecto beneficioso en la salud humana (Csernoch, Gallo, & Mazzobre, 2017).

El estudio más a fondo de las antocianinas en frutas, ha tomado fuerza en los últimos 10 años no solo por sus propiedades como colorante, sino que también por su beneficioso poder antioxidante. Es así como los extractos de distintas frutas como mora, frambuesa, mortiño, etc. han confirmado que actúan de manera eficiente como inhibidores de radicales libres. Muchas de las frutas que están distribuidas en todo el mundo son ricas en antocianinas y en gran parte de los estudios publicados en los últimos años se ha hecho énfasis en la identificación y cuantificación de estos pigmentos por métodos como HPLC-EM y HPLC-DAD (cromatografía líquida de alto rendimiento). Mazza y Miniati han sido autores de una gran revisión sobre antocianinas hasta el año 1987 encontrando cerca de 20 compuestos responsables del color rojo y azul en frutas. (Santacruz Cifuentes, 2011).

2.3.2 Extracción y purificación de antocianinas

La extracción de estos pigmentos ya sea para ser analizados o utilizados en procesos industriales, debe hacerse siempre teniendo en consideración los factores que pueden afectar las propiedades de los mismos; por este motivo este paso es muy importante porque los resultados que se espera tener dependen fundamentalmente del proceso de extracción que se realice (Revilla, Ryan, & Ortega, 2014).

Las antocianinas son compuestos que se disuelven en solventes polares y comúnmente se los extrae de sus fuentes naturales con el uso de metanol o etanol, con la adición de pequeñas cantidades de algunos ácidos como ácido clorhídrico, acético o fórmico, ya que el ácido de estos compuestos mantiene el pH ácido lo que evita la alteración de los equilibrios químicos de hidratación y puede darse la formación de chalconas por la degradación de los pigmentos. Adicionalmente el uso de ácidos débiles como el ácido cítrico evitan la alteración de las antocianinas no aciladas las cuales presentan mayor estabilidad. Sin embargo, durante procesos como la deshidratación la evaporación del solvente acidificado puede generar degradación de las antocianinas aciladas, por la hidrólisis parcial o total de los ácidos enlazados a los azúcares, especialmente en antocianinas aciladas con ácidos dicarboxílicos como el ácido malónico (Santacruz Cifuentes, 2011).

2.3.3 Análisis de antocianinas por espectrofotometría UV-Vis

Por su peculiar forma estructural, las antocianinas presentan máximos de absorción tanto en la región visible como en la ultravioleta lo que resulta muy considerable a la hora de caracterizar estructuralmente dichos compuestos. Sus espectros de absorción se caracterizan por tener dos bandas separadas una en la región visible entre 465 y 550 nm y otra más pequeña en el UV

alrededor de 275nm (Figura 1). Es así como se pueden identificar las antocianinas por su absorción en la región visible (Shikamaru, 2014).

La glicosidación conlleva a un desplazamiento hipsocrómico de los máximos de absorción en el visible. Así, por ejemplo, entre (λ_{\max} 520nm) de la pelargonidina y de la pelargonidina-3-glucósido (505nm), ocurre un desplazamiento de $\Delta \lambda$ de 15/nm; entre cianidina (λ_{\max} 535nm) y cianidina-3-glucósido (λ_{\max} 523nm) un $\Delta \lambda$ de 12/nm, entre delphinidina (λ_{\max} 544) y delphinidina-3-glucósido (λ_{\max} . 534nm) un $\Delta \lambda$ de 10/nm.

Los derivados acilados no muestran diferencia con respecto a los correspondientes no acilados en la zona del visible, sin embargo, en la región del ultravioleta suelen presentar un máximo adicional en el intervalo de λ 310-335 nm, correspondiente a la absorción del grupo acilo; la esterificación con ácido p-cumárico aumenta la absorción en torno a 308-313 nm y con ácido caféico en λ 326-329 nm. Este efecto no se presenta cuando el ácido sustituyente es el ácido acético. (Santacruz Cifuentes, 2011).

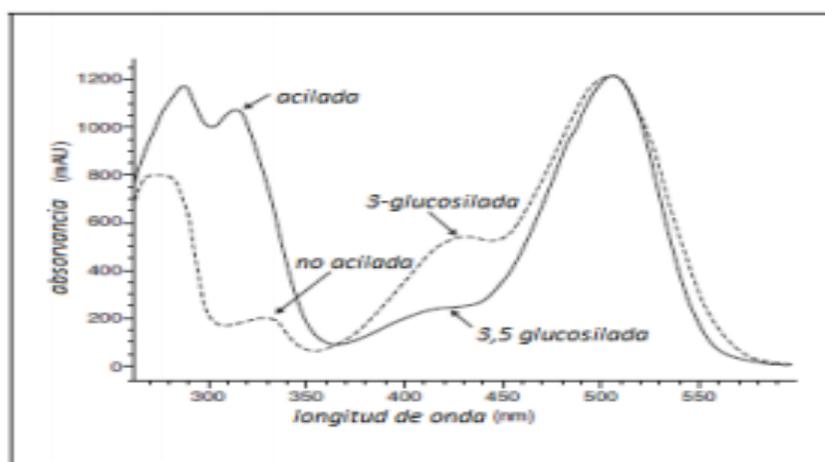


Figura 1. Espectros UV-Vis de las antocianinas aciladas y 3,5-glucosiladas (línea continua); no aciladas y 3-glucosiladas (línea discontinua)
Fuente: (Santacruz Cifuentes, 2011)

2.3.4 Determinación de la actividad antioxidante mediante el uso de espectrofotometría *uv-vis*.

Existen variados métodos para cuantificar la actividad antioxidante *in vitro* de antocianinas y otros polifenoles en una muestra. Su estructura característica, la cual es deficiente en electrones provoca que estos compuestos sean muy reactivos ante las especies reactivas de oxígeno (ROS) y de nitrógeno (RONS) (Halliwell, 2016). En términos generales, los antioxidantes son sustancias que se encuentran en pequeñas concentraciones en comparación con un sustrato oxidable y que a pesar de eso retrasan o inhiben en gran medida la oxidación de dicho sustrato.

También estabilizan las sustancias ROS mediante la cesión de un H⁺ y las transforman en compuestos sin radicales (Osorio, Carriazo, & Almanza, 2011). Es necesario emplear algunos métodos que permitan medir la actividad antioxidante para obtener un valor más exacto de la capacidad antioxidante de la muestra, debido a que los antioxidantes pueden ser hidrofílicos o lipofílicos, la medición de los antioxidantes individuales por separado no permite determinar con certeza la capacidad antioxidante total de un fluido biológico por los efectos sinérgicos y cooperativos que puedan establecerse entre los antioxidantes presentes en él (Heredia, Álvarez, González-Mire, & Ramirez, 2004).

Esto indica que la capacidad antioxidante está sujeta a la acción en conjunto de antioxidantes de muy variada reactividad presentes en un extracto y de los cuales no todos se pueden disolver en agua (hidrofílicos). Los radicales libres son los responsables de los daños causados sobre los lípidos y proteínas por medio del fenómeno de la oxidación, el cual compromete la integridad del ADN de los seres humanos y son reconocidos en gran medida como uno de los factores causantes de enfermedades degenerativas como el cáncer (Osorio, Carriazo, & Almanza, 2011). Los

antioxidantes se desempeñan como inhibidores de procesos neoplásicos y ayudan a proteger a las células del daño corrosivo de la oxidación.

Diferentes métodos se han desarrollado para determinar la actividad antioxidante de fluidos. Todos son métodos de inhibición, donde se usa una especie generadora de 31 radicales libres, y otra que las detecta. La actividad antioxidante de la muestra añadida inhibe la generación de estos radicales, usualmente con absorbancias significativas en el rango de luz visible para poder detectar la disminución en su concentración por efecto del antioxidante (Santacruz Cifuentes, 2011).

2.4 Rehidratación de frutas deshidratadas

La generación de turbulencia en el medio de rehidratación logra una mayor homogenización, aumentando la entropía del sistema y la facilidad del intercambio de materia (agua y solutos), siempre teniendo en cuenta la velocidad de agitación. (Marín, Lemus, Flores, & Vega, 2006)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Características de la unidad experimental

Se tuvo 5250 gramos de uvilla deshidratada, de los cuales se dispuso 250 gramos de uvilla por cada tratamiento, las cuales fueron entregadas por la compañía DEFOODSCO Cía. Ltda. Que fue la responsable de elaborar las uvillas deshidratadas bajo normas NTE INEN 2996. Los 6 tratamientos se aplicaron a cada Unidad Experimental por separado 3 veces. Adicionalmente se efectuó un tratamiento control el cual no recibió ningún tratamiento y se lo realizó en 3 repeticiones.



Figura 2. Uvillas en horno de deshidratación por flujo de aire caliente 20 de septiembre 2019

3.2 Metodología para la aplicación del experimento, medición de antocianinas y capacidad antioxidante

Los pasos que se realizaron para la medición de antocianinas monoméricas y capacidad antioxidante en uvillas deshidratadas adicionadas antocianinas de mortiño se los aplicó de la siguiente manera:

3.2.1 Extracción de las antocianinas de mortiño

El mortiño (*Vaccinium floribundum*) se obtuvo de un mercado local (mercado Mayorista) de la ciudad de Quito. Se eligieron los frutos en buen estado, sin daños en la superficie, y con un grado de madurez entre 4 y 5, de acuerdo a la escala presentada en la Figura 3. Se escogió este grado de madurez porque la cantidad de compuestos fenólicos incrementa en frutos maduros (Coba, et al., 2012).

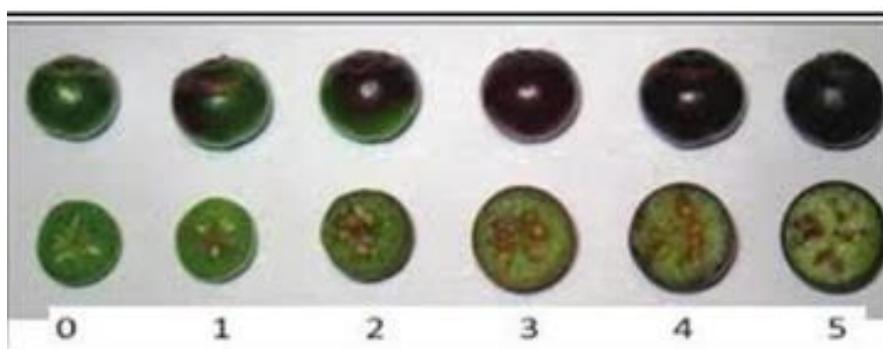


Figura 3. Escala de madurez del mortiño (*Vaccinium floribundum*)

Fuente: (Buitrago, 2014)

La extracción de las antocianinas a partir del mortiño se efectuó usando como disolvente Etanol al 90% y Ácido Cítrico en concentraciones de 0,03%.

El extracto se obtuvo a partir de 50 gr. de mortiño en estado natural respectivamente con 500 ml. de solvente (Etanol-Ácido Cítrico), se mantuvieron las muestras a temperatura de refrigeración (10 °C) por 24 horas para cada repetición de los tratamientos (Suárez Munoz , 2018).

3.2.2 Método de inmersión de las uvillas deshidratadas en el extracto de mortiño

Para cada tratamiento se contó con 250 gramos de uvillas deshidratadas las cuales fueron sumergidas en 500ml de extracto en tarrinas plásticas por 6h sin agitación y con agitación magnética para los tratamientos que así lo requerían. El tiempo de 6h se basa en las curvas de rehidratación de uvillas deshidratadas propuestas por (Marín, Lemus, Flores, & Vega, 2006).



Figura 4. Uvillas rehidratadas con extracto de mortiño 5 de octubre del 2019

3.2.3 Deshidratación de uvillas rehidratadas con extracto de mortiño

Las uvillas rehidratadas fueron deshidratadas a 3 temperaturas (50, 55 y 60 °C) en una deshidratadora de horno de aire forzado marca Kenton. Las temperaturas de deshidratación fueron aplicadas por 12 horas según (Hincapié & Zapata, 2019).

3.2.4 Muestreo para análisis de antocianinas y capacidad antioxidante

Para la extracción de muestras de los tratamientos necesarias para los análisis de laboratorio se tomó 10 gramos de cada tratamiento y se los pulverizo en un procesador de alimentos casero para extraer la mayor cantidad de concentrado posible. Por último, se añadió 20 mL de metanol y 0,6 g de ácido cítrico.

3.2.5 Medición de la cantidad de antocianinas monoméricas por método pH diferencial

Los pigmentos de las antocianinas monoméricas cambian reversiblemente de color en un rango de pH, el color que da forma al oxonio se presenta a pH 1, mientras que la forma hemiquetal incolora predomina en pH 4,5 la diferencia en la absorbancia de los pigmentos a 515 y 700 nm es proporcional a la concentración de pigmento.

Se prepararon diluciones del extracto de los tratamientos con soluciones buffer de cloruro de potasio ajustado a pH 1 y también con acetato de sodio a pH 4,5.

Se midió la absorbancia en dos longitudes de onda 515 y 700 nm.

Los resultados se expresaron en base a la antocianina evaluada que fue cianidina-3-glucósido de la siguiente manera:

$$\text{pigmento de antocianinas (mg/L)} = \frac{A * MW * DF * 10^3}{\epsilon * L}$$

Donde:

A = (A520nm-A700nm) pH 1,0- (A520nm-A700nm) pH 4,5.

MW (peso molecular) = 449,2 g / mol para cianidina-3 glucósido.

DF = factor de dilución establecido.

L = longitud del camino en cm.

ϵ = 26900 coeficiente de extinción molar, en $L * mol^{-1} * cm^{-1}$, para cianidina-3-glucosido.

10^{-3} = factor de conversión de gramos a mg.

Las antocianinas degradadas en forma polimérica son resistentes al cambio de color independientemente del pH y no se incluyen en las mediciones porque se absorben a pH 4,5 así como a pH 1,0 (Wrolstad, Durst, & Lee, 2011)



Figura 5. Calibración de espectrofotómetro para medición de fenoles

3.2.6 Medición de fenoles totales por el método Folin-ciocalteu

Para este ensayo se utilizó 250 uL del extracto metanólico y 500 de solución Folin-ciocalteu diluido en agua destilada (1:10), se mezclaron y se los dejó en reposo por 5 minutos. Luego se añadió 500 uL de solución al 7% de carbonato de sodio se mezcló y se dejó reposar por 90 minutos en oscuridad a 23°C y por último se midió la absorbancia de las muestras a 750 nm.



Figura 6. Preparación de muestras para medición de Fenoles enero 6 del 2020

3.2.7 Medición de la capacidad antioxidante por DPPH

Se siguió el método llevado a cabo por (Shikamaru, 2014) con modificaciones. Se preparó una solución de DPPH al 0,2 mM en metanol. Se evaluó el porcentaje de inhibición de DPPH de las muestras, por la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de inhibición} = \frac{A_o - A_m}{A_o} * 100$$

Dónde:

A_o= absorbancia del blanco

A_m= absorbancia de las muestras

Se evaluó el porcentaje de inhibición de las muestras y en caso de ser necesario se realizó diluciones hasta encontrar un porcentaje de inhibición que se encuentre entre el 20 y 80%. Para evaluar la absorbancia de la muestra o diluciones se agregó 100 µL de dilución o muestra en 2,9 mL de DPPH 0,2 mM. La medición se realizó a 517 nm y como blanco se utilizó metanol, con el mismo procesamiento de las muestras. Los resultados se expresaron como equivalentes de trolox (TEAC), para lo que se elaboró una curva de calibración de inhibición de DPPH, con soluciones de trolox de 3, 2.25, 1.5, 0.75 y 0,3 mM, después de encontrar el porcentaje de inhibición de entre 20 y 80 % de cada dilución, el TEAC se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$\text{TEAC} \left(\frac{\text{mg de Trolox}}{\text{g de muestra}} \right) = \frac{\text{IC}_{20-80} \text{ de Trolox} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right)}{\text{IC}_{20-80} \text{ de muestra} \left(\frac{\text{g}}{\text{L}} \right)}$$

Obteniendo el número de miligramos equivalentes de trolox por gramo de muestra.



Figura 7. Preparación de muestras para medición de la capacidad antioxidante

3.3 Análisis Sensorial



Figura 8. Proceso de catación de los tratamientos realizado en el laboratorio de poscosecha IASA I

Para el análisis sensorial se procedió a seguir las siguientes directrices:

3.3.1 Selección del lugar y participantes

Se seleccionó un lugar adecuado con iluminación y separación entre mesas para simular a una sala de catación. Este lugar fue el aula del laboratorio de poscosecha en la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, misma que debió estar a disposición durante el periodo del análisis.

Se eligió a 5 participantes con experiencia previa en ejercicios de catación, y se les indico previamente el objetivo del análisis sensorial (Costell, 2005).

3.3.2 Preparación de muestras de uvillas deshidratadas

Se tomó con una cuchara previamente desinfectada una muestra de aproximadamente 10 g por cada unidad y se colocó a dicha muestra en un envase de plástico desinfectado. Se preparo 5 muestras por cada tratamiento dentro de una cámara de flujo para evitar cualquier contaminación.

3.3.3 Aplicación del análisis organoléptico

Se realizó una escala hedónica para el análisis de 5 variables: sabor, color, olor, textura y aceptabilidad. Se elaboró una hoja de catación donde cada variable presento una escala del 1 a 5, resaltando aquellos atributos de preferencia (Costell, 2005)

Se colocó 7 muestras que representaran a los 7 tratamientos sobre la mesa de cada evaluador o catador. Cada catador evaluó las 7 muestras de izquierda a derecha, y bebieron un sorbo de agua por cada degustación.

3.4 Ubicación del lugar de investigación

3.4.1 Ubicación Política “Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”

Provincia: Pichincha

Cantón: Rumiñahui

Parroquia: Sangolquí

3.4.2 Ubicación Geográfica “Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”

Latitud: 0°23'1.99"S

Longitud: 78°24'51.79"O

3.4.3 Condiciones ambientales del lugar de experimentación

Altitud: 2500 m.s.n.m.

Temperatura media de la zona: 13.50 °C

Temperatura del área de trabajo: 17 °C

Humedad relativa del área de trabajo: 80%

3.5 Métodos de análisis

3.5.1 Diseño Experimental

3.5.1.1 Factores a probar

Tabla 3

Factores y niveles del experimento

Factores	Simbología	Niveles
Temperatura de deshidratación	D	D1= 50°C D2= 55°C D3= 60°C
Método de rehidratación	M	M1= Inmersión sin agitación M2= Inmersión + Agitación

3.5.1.2 Tratamientos a probar

Los tratamientos son la combinación de los factores:

- **T1**= Rehidratación sin agitación y posterior deshidratación a 50°C.
- **T2**= Rehidratación sin agitación y posterior deshidratación a 55°C.

- **T3**= Rehidratación sin agitación y posterior deshidratación a 60°C.
- **T4**= Rehidratación más agitación y posterior deshidratación a 55°C.
- **T5**= Rehidratación más agitación y posterior deshidratación a 60°C.
- **T6**= Rehidratación más agitación y posterior deshidratación a 50°C.
- **T0**= Control uvillas sin rehidratación ni posterior deshidratación.

3.5.1.3 Tipo de diseño

El tipo de diseño fue un (DCA) Bifactorial 3X2+1 control, con tres repeticiones completamente aleatorizado.

$$Y_{ijk} = \mu + D_i + M_j + DM_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Variables a medir

μ = Media general

D_i = Efecto de la i-ésima temperatura de deshidratación

M_j = Efecto del j-ésimo método de rehidratación

DM_{ij} = Efecto de la interacción temperatura x método

ϵ_{ijk} = Error Experimental

3.5.1.4 Croquis del diseño

T2	T4	T5	T3	T0	T1	T4
T5	T1	T2	T0	T5	T0	T6
T3	T6	T3	T1	T4	T6	T2

Figura 9. Distribución aleatorizada al azar del experimento

3.5.2 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANAVA) para todas las variables evaluadas. Las medias obtenidas de los tratamientos fueron evaluadas mediante el procedimiento de comparaciones de medias de Duncan a un nivel de significancia de $P \leq 0.05$. Se utilizó la prueba de Duncan al ser un método más restrictivo, en caso de que se detecte diferencias estadísticas entre los tratamientos establecidos.

3.5.2.1 Esquema del análisis de varianza

Tabla 4

Fuentes de variación y grados de libertad del análisis del experimento

Fuente de variación	Grados de libertad
Temperatura de deshidratación (D)	2
Método de rehidratación (M)	1
D x M	2
Error	33
Total	38

3.5.3 Variables a medir

3.5.3.1 Contenido de antocianinas

Para la obtención de la concentración de la antocianina en mg/g se utilizó el método del pH diferencial. La antocianina experimenta una transformación reversible con los cambios de pH manifestado por un llamativo cambio en la absorbancia y permite una rápida y exacta medida de la antocianina total incluso en presencia de otros compuestos interferentes. (Wrolstad, Durst, & Lee, 2011)

3.5.3.2 Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante será medida en los 6 tratamientos y el control por el método DPPH y el resultado será expresado mg trolox/g de muestra.

3.5.3.3 Análisis sensorial

La prueba que se utilizó es un perfil sensorial de escala hedónica, propuesta por, (Costell, 2005) con un panel de 5 jueces semi entrenados en la metodología.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Cantidad de fenoles presentes en los tratamientos

El análisis de la cantidad de fenoles presentes en los tratamientos se realizó mediante un ANAVA con un nivel de confiabilidad de 95%, aplicado a un modelo DCA (Diseño completamente al azar). Adicional a esto se realizó una comparación de medias para determinar la diferencia entre los tratamientos.

Tabla 5

Análisis de varianza de la cantidad de fenoles obtenida de los tratamientos aplicados

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	353035,31	6	58839,22	14,62	<0,0001
Tratamiento	353035,31	6	58839,22	14,62	<0,0001
Error	56335,68	14	4023,98		
Total	409371	20			

Como nos indica la (tabla 5), existe una diferencia significativa en la cantidad de fenoles entre los tratamientos aplicados ($F=14,6$; $p<0,0001$; $\alpha=0,05$).

Para establecer el mejor tratamiento se realizó una prueba de Duncan con un nivel de confiabilidad de 95%.

Tabla 6

Test de comparaciones múltiples de Duncan del contenido de fenoles obtenidos de los tratamientos aplicados

Tratamientos	Medias	E.E.	
55A	531,97	56,97	A
50S	524,25	32,5	A
55S	520,58	31,02	A
50A	486,53	62,73	A
60A	355,05	3,65	B
60S	348,3	13,28	B
Testigo	154,63	0,88	C

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

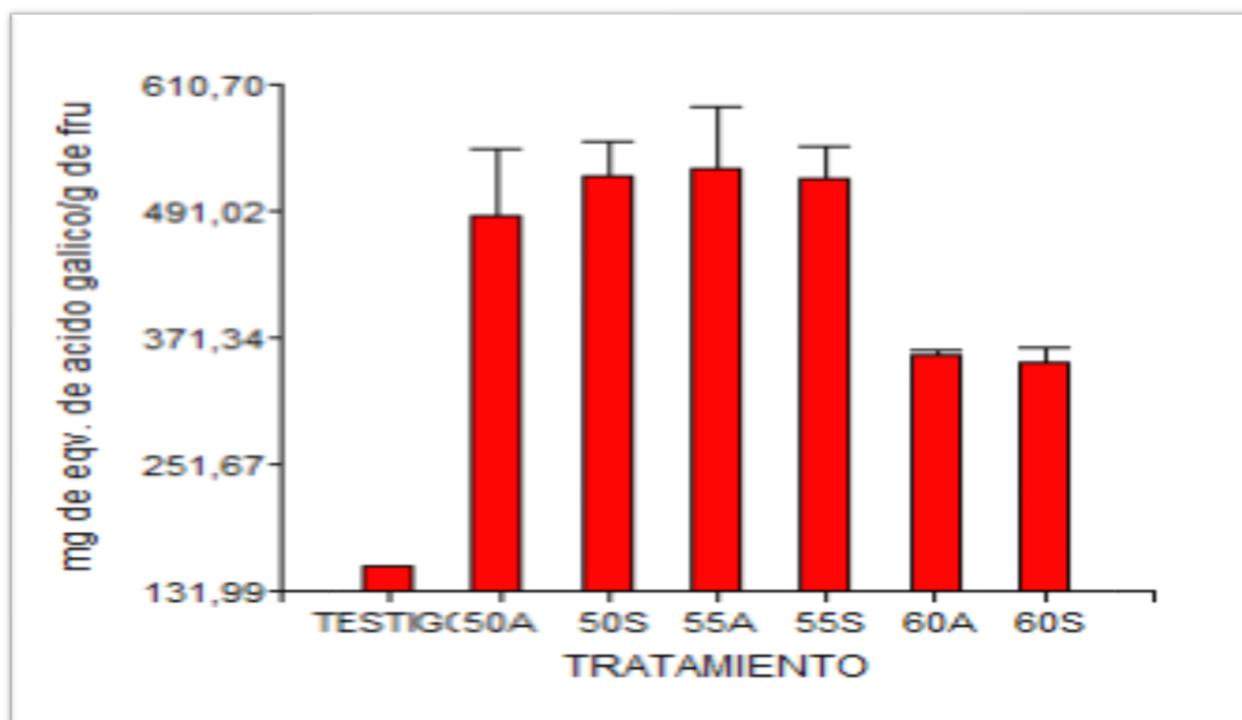


Figura 10. Diagrama de barras del contenido de fenoles obtenidos mediante la aplicación de los tratamientos y sus respectivos errores estándar

Los tratamientos que presentaron el mayor número de fenoles fueron en los que se aplicó una temperatura de deshidratación (50°C y 55°C) y con cualquiera de los métodos de inmersión (agitación, sin agitación) (tabla 6 y figura 10).

Las uvillas sometidas a enriquecimiento con extracto de mortiño demostraron ser muy superiores en contenidos de fenoles con respecto a las que no fueron enriquecidas con este extracto.

Para determinar si hubo interacción entre la temperatura y el método de inmersión en el contenido de fenoles se realizó un análisis de ANAVA al modelo bifactorial.

Tabla 7

Análisis de varianza del contenido de fenoles en uvillas deshidratadas a 3 temperaturas y 2 métodos de inmersión

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	111495,02	5	22299	4,75	0,0126
Temperatura	109097,61	2	54548,8	11,62	0,0016
Método de inmersión	191,65	1	191,65	0,04	0,8433
Temperatura*método de inmersión	2205,76	2	1102,88	0,23	0,7942
Error	56331,03	12	4694,25		
Total	167826,05	17			

El análisis de varianza no presentó una interacción entre la el factor temperatura y el método de inmersión ($F=0.23$; $p=0,7942$; $\alpha=0,05$). Debido a que los factores no presentaron interacción se analizaron por separado, en este caso el factor temperatura presento diferencias significativas ($F=11,62$; $p=0,0016$; $\alpha=0,05$). Mientras que el factor método de inmersión de presento ningún efecto sobre el contenido de fenoles ($F=0,04$; $p=0,8433$; $\alpha=0,05$) (tabla 7).

Para establecer la mejor temperatura de deshidratación se realizó una prueba de Duncan con un nivel de confiabilidad de 95%.

Tabla 8

Test de comparaciones múltiples de Duncan del contenido de fenoles a 3 temperaturas (50, 55, 60°C)

Tratamientos	Medias	E.E.	
55	526,27	29,12	A
50	505,39	32,7	A
60	351,68	6,34	B

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

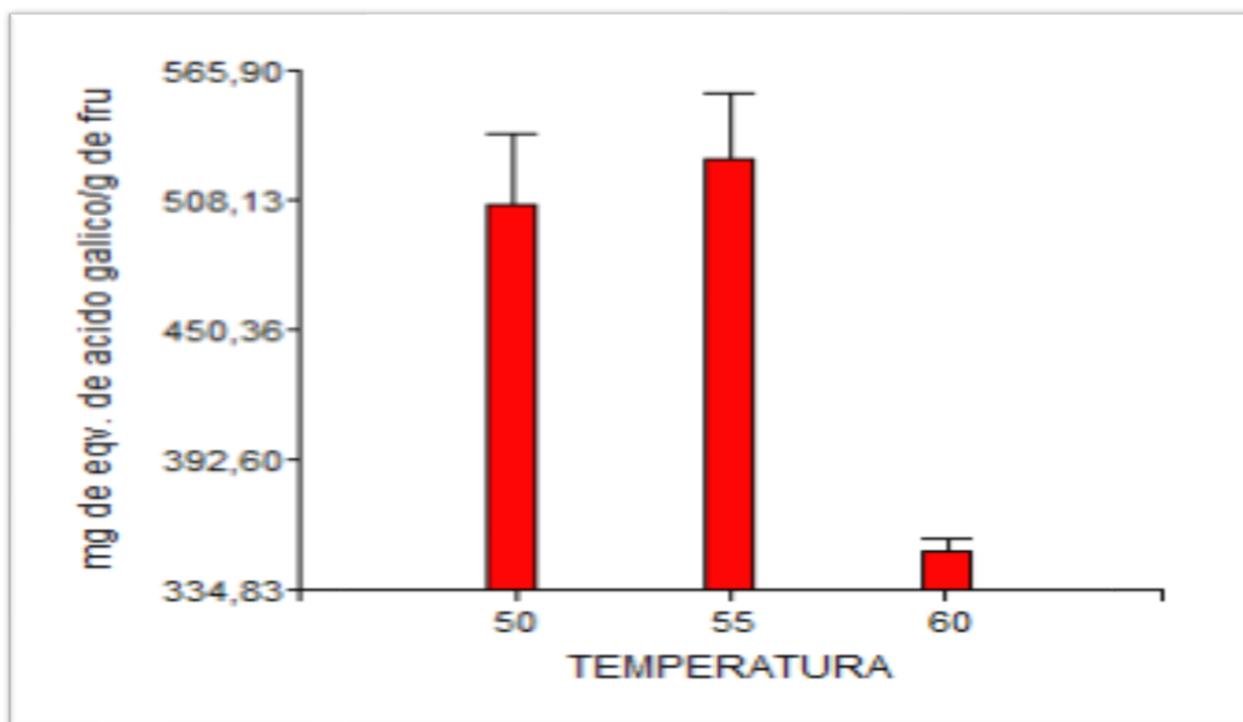


Figura 11. Diagrama de barras del contenido de fenoles de uvillas deshidratadas a 3 temperaturas (50, 55, 60 °C) y sus respectivos errores estándar

Se pudo observar que el contenido de fenoles en las uvillas deshidratadas a 60 °C fue muy inferior con respecto a las deshidratadas a temperaturas de 50 y 55 °C (tabla 8 y figura 11).

El mayor contenido de fenoles se presentó en las uvillas deshidratadas a 55 °C, el cual fue $526,27 \pm 29,12$ mg de eqv. De ácido gálico/g de fruta (tabla 8).

4.2 Contenido de antocianinas monoméricas

El análisis de la cantidad de antocianinas monoméricas presentes en los tratamientos se realizó mediante un ANAVA con un nivel de confiabilidad de 95%, aplicado a un modelo DCA (Diseño completamente al azar). Adicional a esto se realizó una comparación de medias para determinar la diferencia entre los tratamientos.

Tabla 9

Análisis de varianza de la cantidad de antocianinas monoméricas obtenida de los tratamientos aplicados

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	569,48	6	94,91	17,62	<0,0001
Tratamiento	569,48	6	94,91	17,62	<0,0001
Error	75,4	14	5,39		
Total	644,88	20			

Como indica la (tabla 9), existe una diferencia significativa en la cantidad de antocianinas monoméricas entre los tratamientos aplicados ($F=17,62$; $p<0,0001$; $\alpha=0,05$).

Para establecer el mejor tratamiento se realizó una prueba de Duncan con un nivel de confiabilidad de 95%.

Tabla 10

Test de comparaciones múltiples de Duncan del contenido de antocianinas monoméricas obtenidos de los tratamientos aplicados

Tratamientos	Medias	E.E.	
50A	19,65	0,48	A
55S	19,12	1,93	A
50S	18,54	1,71	A
55A	18,12	2,34	A
60S	13,86	0,44	B
60A	13,29	0,16	B
Testigo	3,82	0,16	C

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

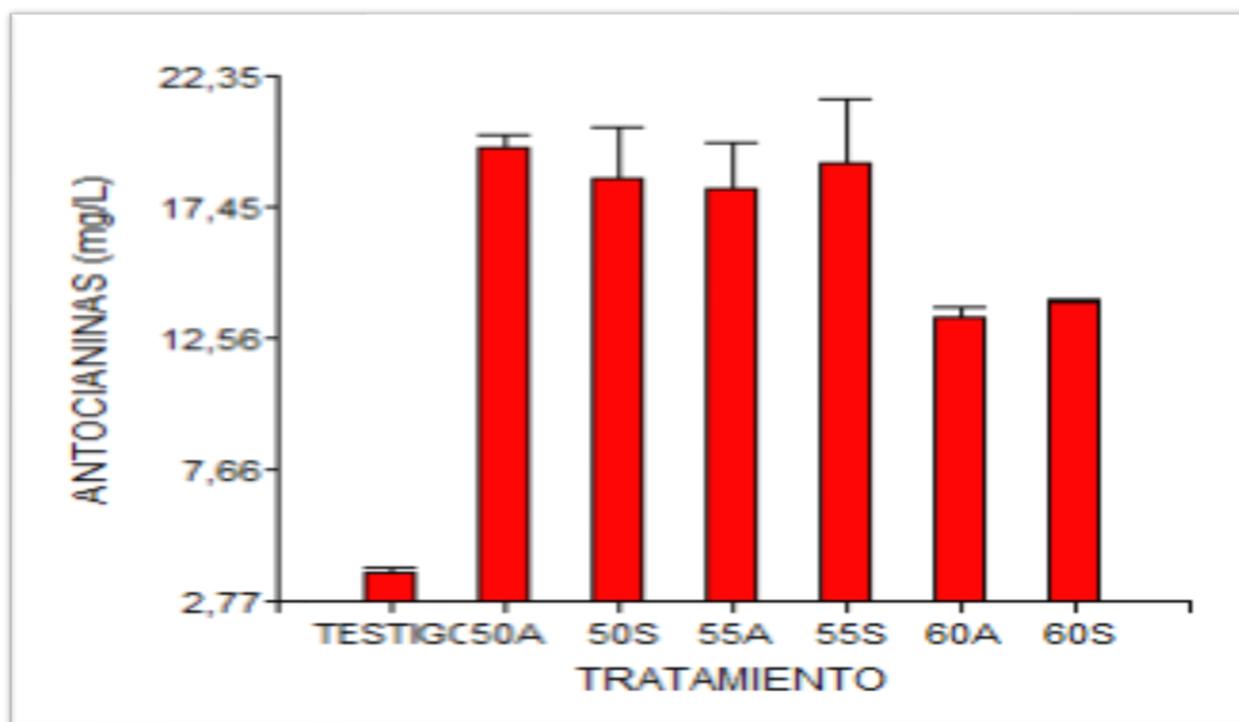


Figura 12. Diagrama de barras del contenido de antocianinas monoméricas obtenidos mediante la aplicación de los tratamientos y sus respectivos errores estándar

Los tratamientos que presentaron el mayor número de antocianinas monoméricas fueron en los que se aplicó una temperatura de deshidratación (50°C y 55°C) y con cualquiera de los métodos de inmersión (agitación, sin agitación) (tabla 10 y figura 12).

Las uvillas sometidas a enriquecimiento con extracto de mortiño demostraron ser muy superiores en contenidos de antocianinas monoméricas con respecto a las que no fueron enriquecidas con este extracto.

Para determinar si hubo interacción entre la temperatura y el método de inmersión en el contenido de antocianinas monoméricas se realizó un análisis de ANAVA al modelo bifactorial.

Tabla 11

Análisis de varianza del contenido de antocianinas monoméricas en uvillas deshidratadas a 3 temperaturas y 2 métodos de inmersión

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	116,06	5	23,21	3,7	0,029
Temperatura	112,22	2	56,11	8,95	0,004
Método de inmersión	0,1	1	0,1	0,02	0,901
Temperatura*método de inmersión	3,74	2	1,87	0,3	0,7480

El análisis de varianza no presentó una interacción entre la el factor temperatura y el método de inmersión ($F=0,3$; $p=0,7480$; $\alpha=0,05$). Debido a que los factores no presentaron interacción se analizaron por separado, en este caso el factor temperatura presento diferencias significativas ($F=8,95$; $p=0,004$; $\alpha=0,05$). Mientras que el factor método de inmersión no presento ningún efecto sobre el contenido de antocianinas monoméricas ($F=0,02$; $p=0,901$; $\alpha=0,05$) (tabla 11).

Para establecer la mejor temperatura de deshidratación se realizó una prueba de Duncan con un nivel de confiabilidad de 95%.

Tabla 12

Test de comparaciones múltiples de Duncan del contenido de antocianinas monoméricas a 3 temperaturas (50, 55, 60 °C)

Tratamientos	Medias	E.E.	
50	19,09	0,92	A
55	18,62	1,31	A
60	13,57	0,24	B

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

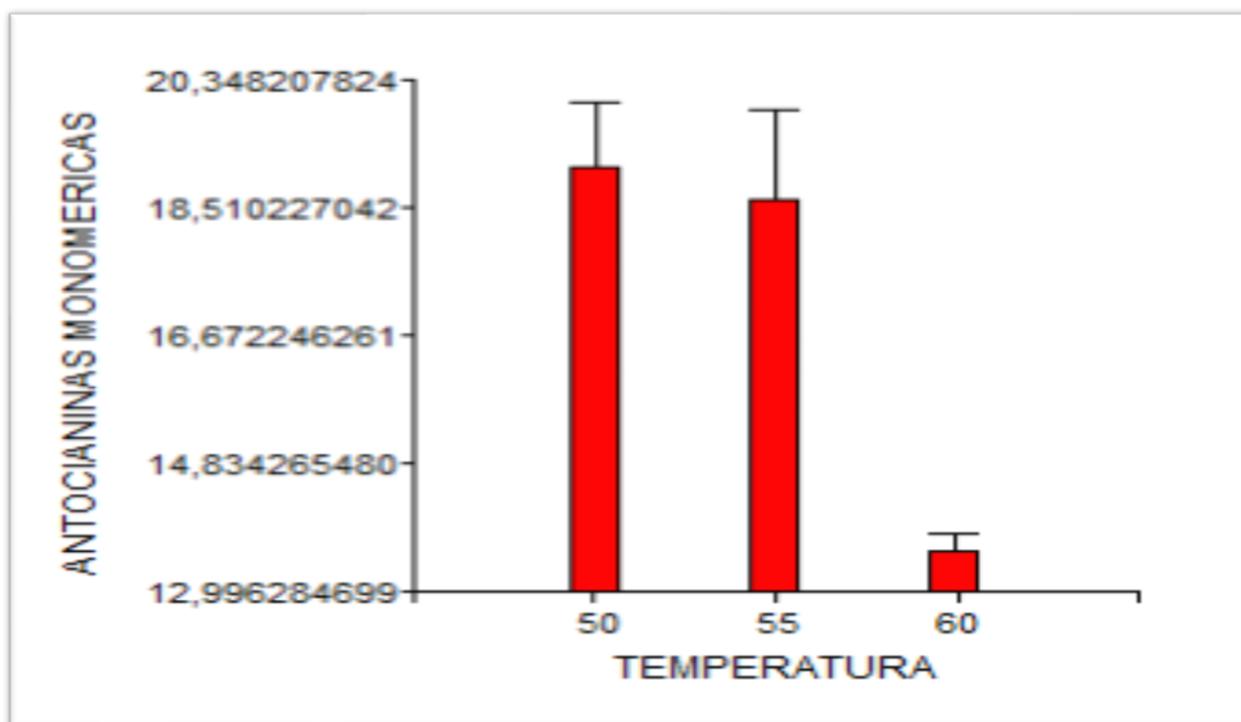


Figura 13. Diagrama de barras del contenido de antocianinas monoméricas de uvillas deshidratadas a 3 temperaturas (50, 55, 60 °C) y sus respectivos errores estándar

Se pudo observar que el contenido de antocianinas monoméricas en las uvillas deshidratadas a 60°C fue muy inferior con respecto a las deshidratadas a temperaturas de 50 y 55 °C (tabla 12 y figura 13).

El mayor contenido de antocianinas monoméricas se presentó en las uvillas deshidratadas a 50°C, el cual fue $19,09 \pm 0,92$ mg/L (tabla 12).

4.3 Capacidad antioxidante

El análisis de la capacidad antioxidante presente en los tratamientos se realizó mediante un ANAVA con un nivel de confiabilidad de 95%, aplicado a un modelo DCA (Diseño completamente al azar). Adicional a esto se realizó una comparación de medias de Duncan para determinar la diferencia entre los tratamientos.

Tabla 13

Análisis de varianza de la capacidad antioxidante obtenida de los tratamientos aplicados

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,092	6	0,182	7,675	0,0009
Tratamiento	1,092	6	0,182	7,675	0,0009
Error	0,332	14	0,024		
Total	1,424	20			

Como nos indica la (tabla 13), existe una diferencia significativa en la cantidad de antocianinas monoméricas entre los tratamientos aplicados ($F=7,675$; $p=0,0009$; $\alpha=0,05$).

Para establecer el mejor tratamiento se realizó una prueba de Duncan con un nivel de confiabilidad de 95%.

Tabla 14

Test de comparaciones múltiples de Duncan de la capacidad antioxidante obtenida de los tratamientos aplicados

Tratamientos	Medias	E.E.	
55S	1,66	0,05	A
50A	1,62	0,14	A
55A	1,62	0,12	A
50S	1,56	0,13	A
60S	1,24	0,02	B
60A	1,22	0,02	B
Testigo	1,05	0,03	B

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

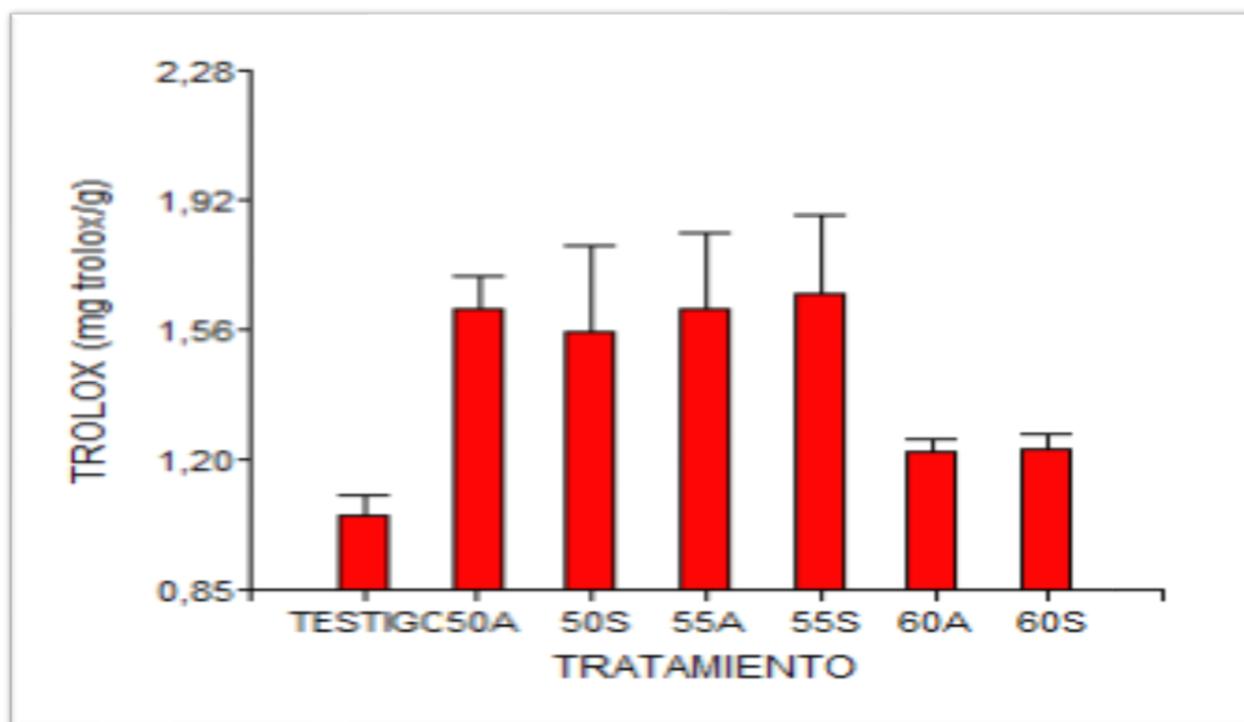


Figura 14. Diagrama de barras la capacidad antioxidante obtenida mediante la aplicación de los tratamientos y sus respectivos errores estándar

La capacidad antioxidante aumenta significativamente en los tratamientos que se usó deshidratación a temperaturas de 50 y 55°C (figura 14). Mientras que las uvillas deshidratadas a 60°C a pesar de mostrar un contenido superior de antocianinas en comparación con los testigos, estas no presentan una mayor capacidad antioxidante. Según (Hincapié & Zapata, 2019) este fenómeno se debe a que temperaturas mayores a 50 ° C los metabolitos secundarios se degradan o pierden propiedades tanto físicas como químicas.

Para determinar si hubo interacción entre la temperatura y el método de inmersión en la capacidad antioxidante se realizó un análisis de ANOVA al modelo bifactorial.

Tabla 15

Análisis de varianza a la capacidad antioxidante en uvillas deshidratadas a 3 temperaturas y 2 métodos de inmersión

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,6048	5	0,121	4,46	0,0158
Temperatura	0,5965	2	0,2982	10,99	0,0019
Método de inmersión	0	1	0	6×10^{-4}	0,981
Temperatura*método de inmersión	0,0083	2	0,0042	0,15	0,8592
Error	0,3256	12	0,0271		
Total	0,9304	17			

El análisis de varianza no presentó una interacción entre la el factor temperatura y el método de inmersión ($F=0,15$; $p=0,8592$; $\alpha=0,05$). Debido a que los factores no presentaron interacción se analizaron por separado, en este caso el factor temperatura presento diferencias significativas ($F=10,99$; $p=0,0019$; $\alpha=0,05$). Mientras que el factor método de inmersión de presento ningún efecto sobre la capacidad antioxidante ($F=6 \times 10^{-4}$; $p=0,981$; $\alpha=0,05$) (tabla 15).

Para establecer la mejor temperatura de deshidratación se realizó una prueba de Duncan con un nivel de confiabilidad de 95%.

Tabla 16

Test de comparaciones múltiples de Duncan de la capacidad antioxidante a 3 temperaturas (50, 55, 60 °C)

Tratamientos	Medias	E.E.	
55	1,64	0,08	A
50	1,59	0,07	A
60	1,23	0,01	B

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

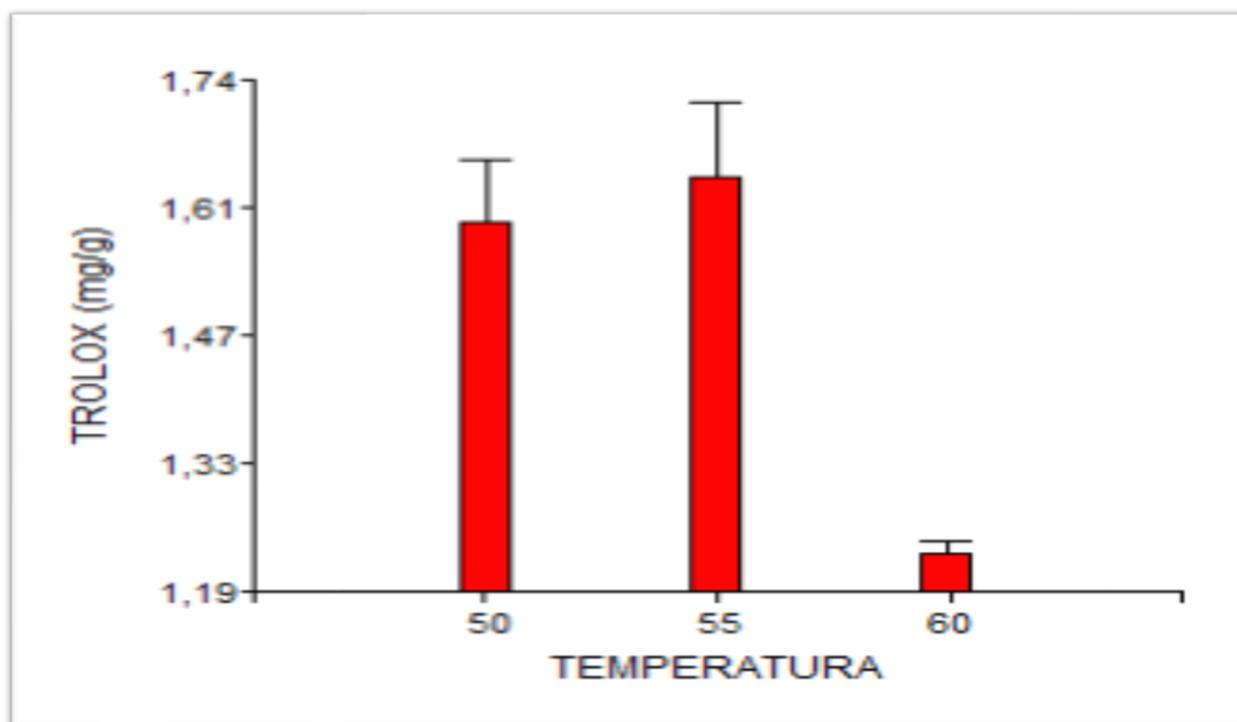


Figura 15. Diagrama de barras de la capacidad antioxidante de uvillas deshidratadas a 3 temperaturas (50, 55, 60 °C) y sus respectivos errores estándar

Se pudo observar que la capacidad antioxidante en las uvillas deshidratadas a 60°C fue muy inferior con respecto a las deshidratadas a temperaturas de 50 y 55 °C (tabla 16 y figura 15).

La mayor capacidad antioxidante se presentó en las uvillas deshidratadas a 55°C, el cual fue $1,64 \pm 0,08$ mg Trolox/g (tabla 16).

4.4 Fase organoléptica

4.4.1 Color

Dentro de la fase organoléptica un aspecto importante que se tomó en cuenta fue el color de las muestras. Según (Moutoutnet, 2002), los colores más vivos son los que más despiertan la atención en el consumidor.

El tratamiento más aceptado en cuanto a color por los catadores fue el de las uvillas testigo a las cuales no se les aplicó ningún tratamiento. Sin embargo, las uvillas deshidratadas a 50 y 60°C sin agitación solo estuvieron a un 1% por debajo de las más aceptadas (figura 16).

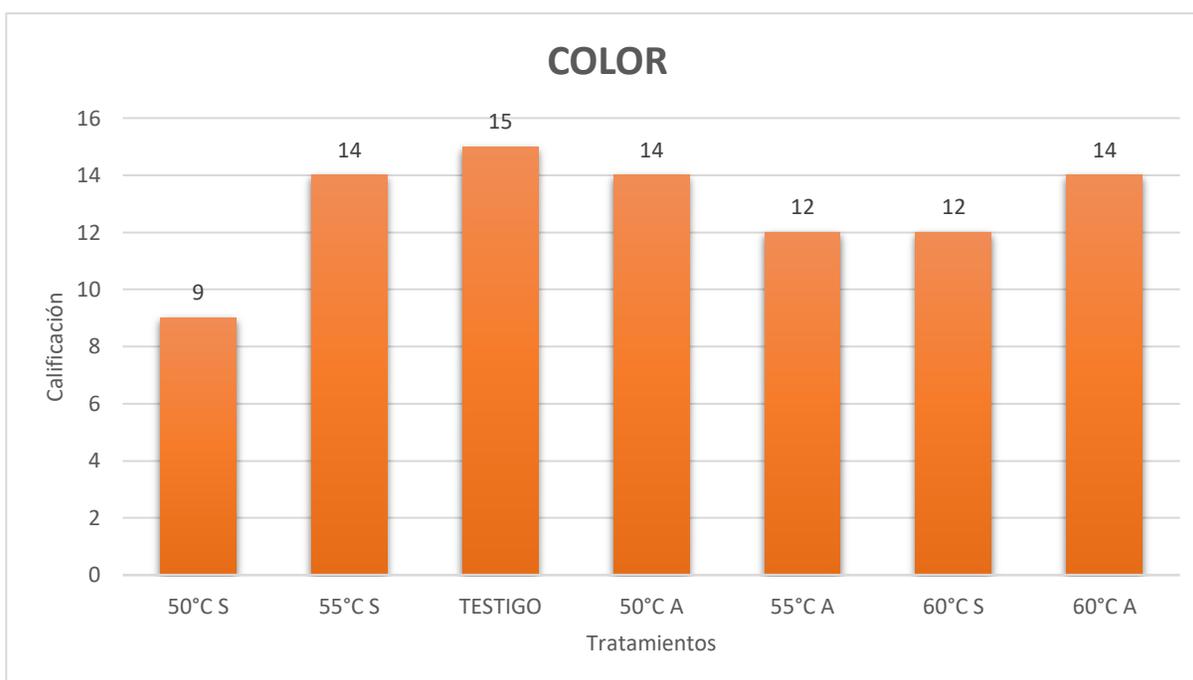


Figura 16. Porcentaje de aceptación de la variable color en las uvillas tratadas con antocianinas con tres temperaturas y dos métodos de inmersión

4.4.2 Aroma

Uno de los más importantes componentes que integran el sabor de los alimentos es el aroma el cual según (Costell, 2005), es más perceptible a la hora de introducir el alimento en la boca.

Según nuestros catadores el aroma que más les gustó fue el de las uvillas deshidratadas a 55°C sin agitación (figura 17).

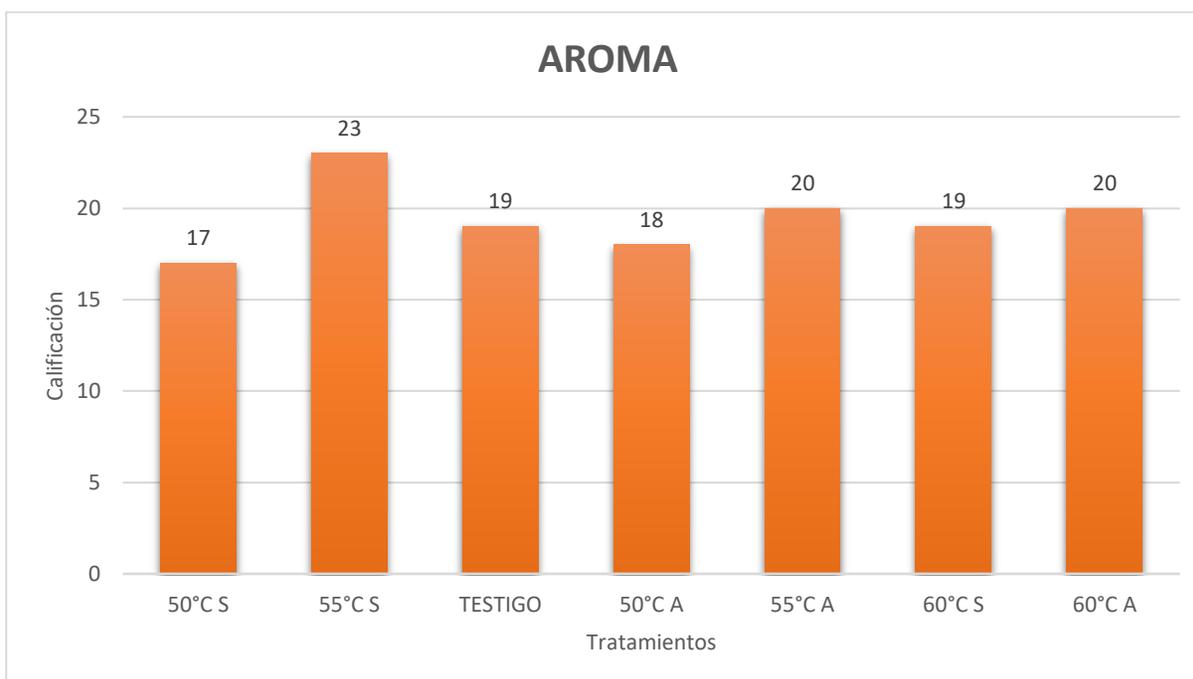


Figura 17. Porcentaje de aceptación de la variable aroma en las uvillas tratadas con antocianinas con tres temperaturas y dos métodos de inmersión

4.4.3 Sabor

El sabor está compuesto de una de las propiedades antes examinadas como son el aroma que en conjunto con el gusto componen esta propiedad, por lo tanto, es más importante y difícil de apreciar a que sus dos componentes por separado

Al ser una propiedad que depende del aroma, los catadores afirman que el tratamiento que mejor sabor tuvo fue el de las uvillas deshidratadas a 55° sin agitación (figura 18).

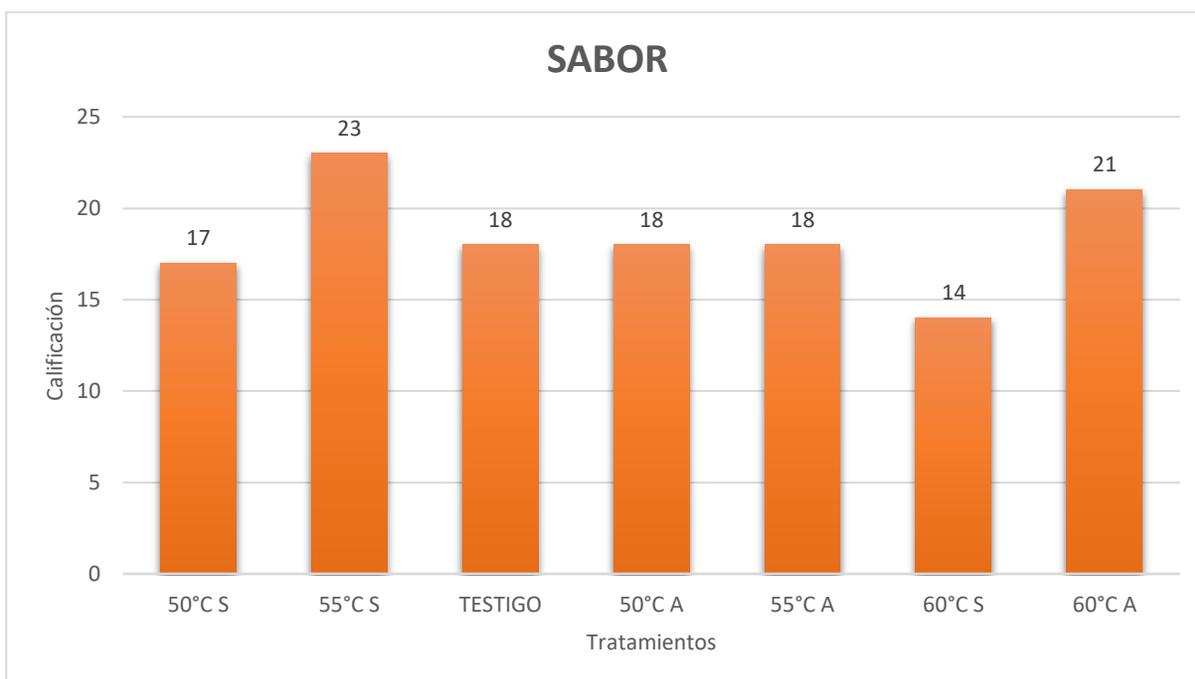


Figura 18. Porcentaje de aceptación de la variable sabor en las uvillas tratadas con antocianinas con tres temperaturas y dos métodos de inmersión

4.4.4 Textura

Esta característica evaluada por nuestros catadores muestra valores similares a la hora de ser evaluada, esto se debe a que todas las muestras se deshidrataron hasta obtener una humedad de aproximadamente 10% de humedad. Sin embargo, los tratamientos que más gustaron a los catadores fueron las uvillas deshidratadas a una temperatura de 50 y 55°C (figura 19).

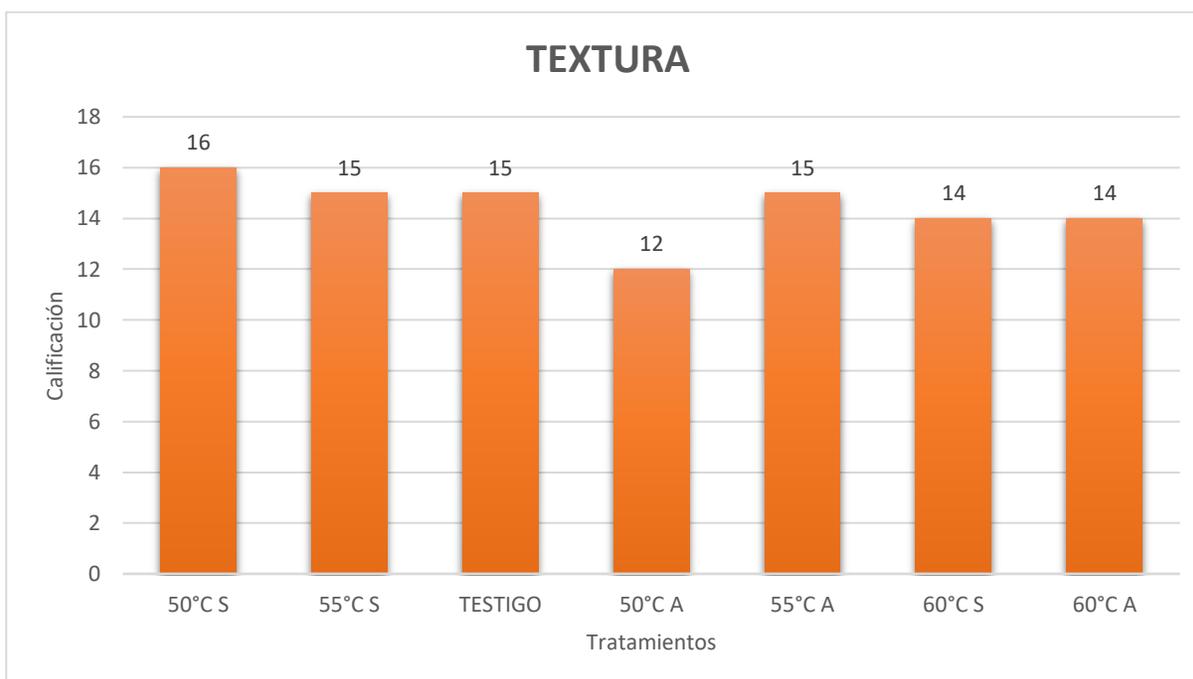


Figura 19. Porcentaje de aceptación de la variable textura en las uvillas tratadas con antocianinas con tres temperaturas y dos métodos de inmersión

4.4.5 Aceptabilidad

El tratamiento que mejor aceptabilidad por parte de los catadores fue el de las uvillas deshidratadas a 55°C sin agitación, esto concuerda con las variables organolépticas que se analizaron anteriormente donde este Tratamiento es el mejor puntuado (figura 20).

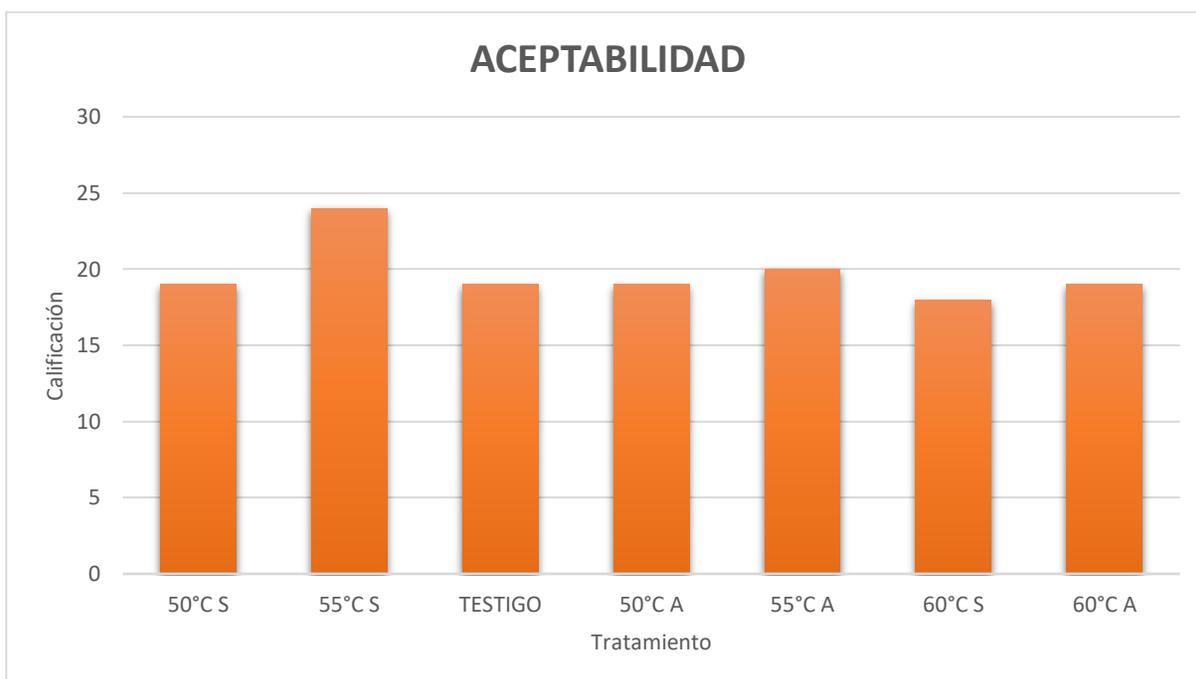


Figura 20. Porcentaje de aceptación de la variable aceptabilidad en las uvillas tratadas con antocianinas con tres temperaturas y dos métodos de inmersión

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El estudio acepto la hipótesis nula, porque se demostró que la temperatura utilizada en la deshidratación influye en el contenido de fenoles, antocianinas y capacidad antioxidante. Las temperaturas de 50 y 55°C fueron las que mejor conservaron estos compuestos como lo indica (Hincapié & Zapata, 2019), el cual afirma que temperaturas mayores a 55 °C destruyen metabolitos secundarios en productos deshidratados.
- El mayor contenido de fenoles, lo presentaron las uvillas tratadas con una temperatura de 50 y 55°C. Sin embargo, en los tratamientos que se utilizó temperaturas de 60°C también se presentaron fenoles conservados, pero en menor cantidad que las anteriores.
- El contenido de antocianinas en uvillas deshidratadas con temperaturas de 50 y 55 °C fue muy superior al de los testigos y las uvillas deshidratadas a 60 °C.
- La capacidad antioxidante permitió establecer que a pesar que las uvillas deshidratadas a 60°C presentan un mayor número de antocianinas relacionadas directamente con la capacidad antioxidante estas presentan una capacidad antioxidante estadísticamente igual a los testigos, los cuales no fueron enriquecidas con extracto de mortiño. Lo que permite afirmar que temperaturas mayores de 55°C los metabolitos secundarios tales como las antocianinas pierden propiedades tanto físicas como químicas.
- En cuanto a la aceptabilidad organoléptica, se puede acotar que las uvillas con extracto de mortiño son superiores en comparación a los testigos lo cual confirma que el extracto de

mortiño mejora la calidad organoléptica del producto a parte de mejorar sus propiedades antioxidantes.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda utilizar temperaturas de deshidratación que este oscilando los 55°C porque son las que presentan un menor tiempo de deshidratación que las tratadas con temperaturas de 50°C, por temas tales como ahorro de energía y recursos a la hora de producción de frutas deshidratadas.
- Probar un extracto de mortiño más denso en la rehidratación para mejor el intercambio de solutos entre el extracto y las uvillas deshidratadas, permitiendo que se incrementen las antocianinas
- La elaboración de un producto comercial piloto para evaluar la aceptación en el mercado real.
- Probar el uso de otras tecnologías de deshidratación menos agresivas para los metabolitos secundarios como la liofilización.

5.3 Bibliografía

- Álvarez, G., Campoverde, G., & Espinoza, M. (2012). *Manual Técnico para el Cultivo de Uvilla (Physalis peruviana. L.) en Loja*. Loja-Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Avendaño, G., & López, R. (2013). Propiedades del alginato y aplicaciones en alimentos. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 7(1), 87-96.
- Buitrago, C. R. (2014). Tipificación de diferentes estados de madurez del fruto de agraz (*Vaccinium meridionale Swartz*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 68(1),7521-7531.
- Cid-Ortega, S., & Guerrero-Beltran, J. A. (2012). Propiedades funcionales de la jamaica (*Hibiscus sabdariffa L.*). *Temas selectos de ingeniería de alimentos*, 6(2),47-48.
- Coba, P., Coronel, D., Verdugo, K., Paredes, M. F., Yugsi, E., & Huachi, L. (2012). Estudio Etnobotánico del mortiño (*Vaccinium floribundum*) como alimento ancestral y potencial aliento funcional. *La Granja. Revista de Ciencias de la vida*, 8(2), 17-24. Retrieved agosto 15, 2019, from <http://www.redalyc.org/pdf/4760/476047400002.pdf>
- Costell, E. (2005). El análisis sensorial en el control y aseguramiento de la calidad de los alimentos: una posibilidad real. *CSIC*, 1-7.
- Csernoch, C. E., Gallo, A. D., & Mazzobre, M. F. (2017). Optimización de Microcápsulas de Antocianinas y Maltodextrina por Liofilizado Revista Tecnología y Ciencia. *Revista Tecnología y Ciencia*, (30), 81-87.

- Egas, C. F. (2019). Evaluación de la callogénesis como alternativa de propagación in vitro del mortiño (*Vaccinium floribundum kunth*). (*Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Americas, 2019*).
- Flores, L. M., Cristina, C. A., Guijarro, C. A., & Flores, V. M. (2019). Obtención del colorante natural a partir de Mortiño (*Vaccinium myrtillus L.*) para uso alimenticio. *Ciencia Digital*, 3(3.2), 72-83.
- Garzón, G. (2008). Las antocianinas como Colorantes Naturales y Compuestos Bioactivos. *Acta Biológica Colombiana*, (págs. 13(3), 27-36).
- Halliwell, B. (2016). Antioxidant defence mechanisms: from the beginning to the end (of the beginning). *Free. Radic. Res*, 31, 261-272.
- Heredia, F. J., Álvarez, C., González-Mire, M. L., & Ramirez, A. (2004). Análisis de color. *Cromalab*, SE-1052-04. Sevilla, Spain.
- Hincapié, M. A., & Zapata, J. E. (2019). Estudio de la Cinética de Deshidratación de Uchuva (*Physalis peruviana L.*) en un Secador de Lecho Fluidizado. *Información tecnológica*, 30(2), 115-124.
- Jácome, M. (2016). *Efecto Inhibitorio del Extracto Alcohólico de Mortiño (Vaccinium floribundum kunth) Sobre el Streptococcus mutans*. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Odontología, Quito.
- Mancheno, E. (2003). *Manual para el cultivo sustentable de la Uvilla (Physalis peruviana L.)* (Vol. (1ra ed.)). Quito, Ecuador.

- Marín, E., Lemus, R., Flores, V., & Vega, A. (2006). La rehidratación de alimentos deshidratados. *Revista chilena de nutrición*, 33(3), 527-538.
- Molina, C., & Napoléon, O. (2019). *Evaluación del efecto de tres métodos de secado sobre la actividad antioxidante y fenoles totales de la uvilla Physalis peruviana L.* (Bachelor's thesis).
- Moutoutnet, M. (2002). LA FILTRACION EN ETNOLOGIA . *REVISTA INTERNET TÉCNICA DEL VINO*, 1,1-6.
- Nolasco, B., & Alberto, G. (2013). *Actividad antioxidante, polifenoles totales, antocianinas y oxidación lipídica de la pulpa de ungrahui (Oenacarpus bataua Mart).*
- Ochoa, C. I., Sánchez, N. Y., Medina, C. I., Lobo Arias, M., Galeano, P. L., Mosquera, A. J., & Gaviria, C. A. (2018). *Propiedades antioxidantes de los frutos de agraz o mortiño (Vaccinium meridionale Swartz).*
- Osorio, C., Carriazo, J. G., & Almanza, O. (2011). Antioxidant activity of corozo (Batris , guineensis) fruit by electron paramagnetic resonance (EPR) Spectroscopy. *Eur. Food Res. Tech.*
- Pérez, S. (2007). *Colección y caracterización morfológica In situ del mortiño. Tesis.* ESPE, Quito.
- Revilla, E., Ryan, J. M., & Ortega, M. G. (2014). Comparison of several procedures used for the extraction of anthocyanins from red grapes. *Agric. Food Chem*, 46, 4592–4597.

- Santacruz Cifuentes, L. A. (2011). *Análisis químico de antocianinas en frutos silvestres colombianos*. Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia.
- Schreckinger, M., Wang, J., Yousef, G. L., & Gonzáles, E. (2010). Antioxidant Capacity and in Vitro Inhibition of Adipogenesis and Inflammation by Phenolic Extracts of *Vaccinium floribundum* and *Aristolelia chilensis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(1), 8966-8976.
- Shikamaru, T. S. (2014). Applicability of the DPPH Assay for evaluating the antioxidant capacity of food additives-inter laboratory evaluation study. *Japan society for analytical chemistry*, 30, 717-721.
- Suárez Muñoz, M. I. (2018). *Evaluación de la capacidad antioxidante de una crema de mortiño (Vaccinium floribundum Kunth) en la*. Universidad de las Américas, matriz pastelera Bachelor's thesis, Quito.
- Wrolstad, R., Durst, R., & Lee, J. (2011). Seguimiento de cambios de color y pigmento en productos de antocianina. *Tendencias en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 16 (9), 423-428.