UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TESIS

"Efecto del pH, temperatura y tiempo de pasteurización en el contenido de antocianinas, fenoles totales y capacidad antioxidante de una bebida refrescante de macha macha (*Vaccinium floribundum* Kunth)"

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

PRESENTADO POR:

Bach. Domingo UTUS RAMIRES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

HUANCAVELICA, PERÚ

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creada por la Ley 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la Ciudad Acobamba, a los 09 días del mes de diciembre, a horas 9:00 am, del año 2021, se reunieron los miembros del Jurador Evaluador, designado con **Resolución N° 048-2021-D-FCA-UNH**, con fecha de 07 de mayo del 2021 conformado de la siguiente manera:

PRESIDENTE : *Dr. RUIZ VILCHEZ, David*
https://orcid.org/0000-0001-8871-5833
DNI N°: 20033973

SECRETARIO : *Dra. DURAND VILLARROEL, Adveli*
https://orcid.org/0000-0002-5857-8492
DNI N°: 40215771

VOCAL : *Mtro. CORILLA FLORES, Denis Dante*
https://orcid.org/0000-0002-5233-8666
DNI N°: 47301715

Con la finalidad de llevar a cabo el acto académico de sustentación de tesis virtual, cuyo enlace: https://meet.google.com/nqf-crnv-jbx, titulado **"EFECTO DEL PH, TEMPERATURA Y TIEMPO DE PASTEURIZACIÓN EN EL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS, FENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE UNA BEBIDA REFRESCANTE DE MACHA MACHA (*Vaccinium floribundum* Kunth)"**, aprobada mediante **Resolución N° 126-2021-D-FCA-UNH**; donde fija la hora y fecha para el mencionado acto.

Sustentante:
Bach. UTUS RAMIRES, Domingo
DNI N°: 47616076
Asesor:
Dr. CHUQUILÍN GOICOCHEA, Roberto Carlos
https://orcid.org/0000-0002-8751-691X
DNI N°: 42154955

Luego de haber absuelto las preguntas que le fueron formuladas por los miembros del jurado, se procede a la deliberación con el resultado:

APROBADO [X] **DESAPROBADO** [ ] **POR:** MAYORIA

Para constancia se expide la presente Acta, en la ciudad de Acobamba a los 09 días del mes de diciembre del 2021.

PRESIDENTE **SECRETARIO**

VOCAL

Título

"Efecto del pH, temperatura y tiempo de pasteurización en el contenido de antocianinas, fenoles totales y capacidad antioxidante de una bebida refrescante de macha macha (*Vaccinium floribundum* Kunth)"

Autor

Bach. Domingo UTUS RAMIRES

Asesor

Dr. Roberto Carlos CHUQUILÍN GOICOCHEA

Agradecimiento

Quiero expresar mi agradecimiento, admiración y respeto a mis padres Agapito y Sabina y mis hermanos Sonia, Lucy, Carlos, Isidro, Hermelinda y Renee por darme el apoyo incondicional para realizar el estudio y este proyecto de investigación.

Mis más sinceros agradecimientos a mi asesor ingeniero M. Sc. Roberto Carlos Chuquilín Goicochea por su apoyo incondicional y admirable.

Mis más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que colaboraron de una u otra manera al desarrollo y término de esta tesis.

A mi alma máter la UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA por abrirme sus puertas para conseguir mi carrera profesional, así mismo a la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, a todos los catedráticos que laboran en esta Escuela por compartir sus conocimientos científicos, experiencias y exigencias.

Domingo

Tabla de contenidos

Título ii
Autor iv
Asesor v
Agradecimiento vi
Tabla de contenidos vii
Tabla de contenidos de Tablas ix
Tabla de contenidos de Figuras ix
Resumen x
Abstract xi
Introducción xii
CAPÍTULO I 14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 14
1.1. Descripción del problema 14
1.2. Formulación del problema 15
1.3. Objetivos 15
1.4. Justificación 15
CAPÍTULO II 17
MARCO TEÓRICO 17
2.1. Antecedentes 17
2.2. Bases teóricas sobre el tema de investigación 21
2.3. Hipótesis 28
2.4. Operacionalización de variables 28
CAPÍTULO III 30
MATERIALES Y MÉTODOS 30
3.1. Ámbito temporal y espacial 30
3.2. Tipo de Investigación 30

3.3. Nivel de Investigación 30
3.4. Población, muestra y muestreo 30
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 30
3.6. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos 34
CAPÍTULO IV 35
DISCUSIÓN DE RESULTADOS 35
4.1. Análisis de varianza del diseño factorial 35
4.2. Contenido de antocianinas totales 36
4.3. Contenido de fenoles totales 38
4.4. Capacidad antioxidante 40
Conclusiones 42
Recomendaciones 43
Referencia bibliográfica 44
Apéndice 51

Tabla de contenidos de Tablas

Tabla 1. Composición nutricional del fruto de macha macha.....24
Tabla 2. Definición operativa e indicadores 28
Tabla 3. Diseño Factorial Completo 31
Tabla 4. Análisis de varianza del diseño factorial.....35
Tabla 5. Coeficientes de regresión para el modelo factorial.....36

Tabla de contenidos de Figuras

Figura 1. Diagrama de flujo de obtención de la bebida de macha macha.....32
Figura 2. Efectos principales sobre el contenido de antocianinas.....37
Figura 3. Efectos principales sobre el contenido de fenoles totales.....38
Figura 4. Efectos principales sobre la capacidad antioxidante. 40

Resumen

Esta investigación buscó evaluar el efecto del pH, la temperatura y el tiempo de pasteurización en el contenido de antocianinas totales, fenoles totales y capacidad antioxidante en una bebida de macha macha (*Vaccinium floribundum* Kunth). Mediante un diseño factorial se evaluaron el pH (3 a 4), la temperatura (80 a 85 °C) y tiempo (20 a 40 min); y los datos se colectaron con método pH diferencial (antocianinas), Folin – Ciocalteau (fenoles) y DPPH (capacidad antioxidante). Se encontró que, las variables de estudio tuvieron efecto significativo ($p < 0,05$) en el contenido de antocianinas y fenoles totales, mientras que sólo el tiempo y temperatura en la capacidad antioxidante. Los resultados indican que la bebida puede tener efectos nutracéuticos y que debe optimizarse con investigaciones posteriores.

Palabras clave: *Vaccinium floribundum* Kunth, polifenoles totales, cianidina, bebida.

Abstract

This research sought to evaluate the effect of pH, temperature, and pasteurization time on the content of total anthocyanins, total phenols and antioxidant capacity in a drink of macha macha (*Vaccinium floribundum* Kunth). Using a factorial design, pH (3 to 4), temperature (80 to 85 ° C) and time (20 to 40 min) were evaluated; and the data were collected with the differential pH method (anthocyanins), Folin - Ciocalteau (phenols) and DPPH (antioxidant capacity). It was found that the study variables had a significant effect ($p < 0.05$) on the content of anthocyanins and total phenols, while only time and temperature on the antioxidant capacity. The results indicate that the drink may have nutraceutical effects and that it should be optimized with further research.

Keywords: *Vaccinium floribundum* Kunth, total polyphenols, cyanidin, beverage.

Introducción

La macha macha es el fruto de un arbusto perenne caducifolio endémico de los Andes de América del Sur, perteneciente a la familia Ericaceae, capaz de crecer entre 1600 y 4000 m. s. n. m. (Cobo *et al*. 2016). A pesar de que, se ha estudiado sus propiedades nutracéuticas debido a su alto contenido en antioxidantes, sigue siendo una especie silvestre subexplotada, pero con potencial para su producción agrícola y aprovechamiento agroindustrial. El género Vaccinium comprende cultivos industriales como V. corymbosum, V. ashei y V. angustifolium, que son considerados a nivel mundial como "superfrutas" debido a su alto contenido de polifenoles, antocianinas y antioxidantes (Grace *et al*. 2009; Martín-Gómez *et al.* 2020; Wang *et al. 2012)*.

En estado maduro y fresco, la macha macha posee una alta actividad antioxidante (1203 ± 94 mg Trolox/100 g)(Vasco *et al.* 2009b), y un contenido de polifenoles totales de 66,83 mg de ácido gálico por 100 g de materia seca (Guerra Vaca, 2017) según estudios en frutos ecuatorianos. Se han realizado trabajos sobre su potencial antioxidante y se ha llegado a la conclusión que se puede utilizar como suplemento alimenticio (Prencipe *et al*. 2014).

El interés sobre compuestos fenólicos en frutas y efectos benéficos en la salud ha crecido en los últimos años. Las bayas y sus productos derivados han demostrado poseer varios efectos positivos gracias al alto contenido de polifenoles y a la actividad quimiopreventiva contra enfermedades degenerativas, que incluyen estrés oxidativo, inflamación y carcinogénesis (Zafra-Stone *et al*. 2007). Los polifenoles son antioxidantes fuertes de especies reactivas de oxígeno (Agati *et al*. 2012), presentes especialmente en bayas del género Vaccinium (Martín-Gómez *et al*. 2020).

Otra especie *Vaccinium meridionale*, ha sido caracterizada y ha mostrado un patrón único de antocianinas al mostrar un elevado contenido de delfinidina y cianidina, que lee ha llevado a ser recomendada como fuente de antioxidantes y colorantes naturales, e ingrediente de alimentos funcionales (Garzón *et al*. 2010).

Alarcón-Barrera *et al.* (2018) encontraron que *Rubus glaucus* Benth y *Vaccinium floribundum* Kunth atenúan el daño oxidativo en fibroblastos dérmicos humanos

adultos, mostrando que, ambas frutas pueden representar una fuente relevante de compuestos bioactivos con beneficios prometedores para la salud humana.

El prometedor futuro agroindustrial del fruto de macha macha, propone a su vez retos en cuanto a la máxima retención de sus compuestos bioactivos, durante su procesamiento, debido a que siempre existirán pérdidas por diversos factores como la temperatura, el pH, tiempo de proceso entre otros. Por ejemplo, en el secado de *Vaccinium floribundum* Kunth, se usó un pretratamiento de inmersión en solución acuosa de oleato de etilo y carbonato de potasio, para retener compuestos fenólicos y antocianinas. Se logró retener 98.2% de antocianinas y 99.7% de polifenoles solubles en liofilizado, pero sólo 88.5% de antocianinas y 99.7% de polifenoles solubles en secado solar híbrido (García & Ruales, 2018).

Durante el procesamiento de jugo de *Vaccinium corymbosum* L. las pérdidas de polifenoles y antocianinas fueron relativamente bajas cuando se concentró el jugo pasteurizado de concentración única, a excepción de las procianidinas, que mostraron una marcada reducción (Skrede *et al*. 2000).

Se hace necesario tener en cuenta estos hallazgos al evaluar los productos procesados por sus posibles beneficios para la salud; en este trabajo, se ha estudiado la estabilidad térmica de los polifenoles totales y la capacidad antioxidante controlando el pH, tiempo y temperatura de pasteurización, al obtener una bebida de macha macha.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

En la Región de Huancavelica en la provincia de Huancavelica y distrito de Acoria presenta recursos andinos no tradicionales subutilizados que por falta de su promoción y/o revaloración de estos recursos no son aprovechados ni por los mismos campesinos por ende en el sector agroindustrial.

En el centro poblado de san Juan de Ampurhuay actual mente presenta abundantes frutales andinos silvestres como es el caso de macha macha (*Vaccinium floribundum Kunth)*, que por falta de un manejo adecuado de su producto, y el desconocimiento de sus beneficios polifónicos es te fruto frecuente mente se pierde y no le sirve de nada a los campesinos, por lo tanto el presente trabajo de investigación plantea dar un valor agregado en beneficio de los pobladores y consumidores sumara a su vez mejorar la calidad de vida de las mismas.

En la actualidad las plantas silvestres andinas en su totalidad es desperdiciadas en especial la macha macha (*Vaccinium floribundum Kunth)*, los pobladores por falta de conocimientos de su prestigio de la planta no dan la importancia solo los niños de las comunidades alto andinas del distrito de Acoria de la comunidad de Ampurhuay aprovechan en consumo directo como fruta silvestre en fresco los meses de febrero a mayo de todos los años en realidad este prestigioso producto presenta una gran cantidad de poli fenoles (colorantes naturales) en el Perú sufren la mayoría de las personas con enfermedades como cáncer al estómago por el consumo de colorantes artificiales es por tal razón la investigación se plantea una alternativa de elaborar una bebida refrescante con la coloración de macha macha (*Vaccinium floribundum Kunth*) y así alargar su vida útil para el consumo con la cual con fines de disminuir enfermedades como mencionados anteriormente ala ves dando un valor agregado al producto y una revaloración de las plantas silvestres andinos dando un realce.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto del pH, temperatura y tiempo de pasteurización en el contenido de antocianinas, fenoles totales y capacidad antioxidante de una bebida de macha macha (Vaccinium floribundum Kunth)?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar el efecto del pH, temperatura y tiempo de pasteurización en el contenido de antocianinas, fenoles totales y capacidad antioxidante de una bebida de macha macha (*Vaccinium floribundum* Kunth).

1.3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto del pH, temperatura y tiempo de pasteurización en el contenido de antocianinas de una bebida de macha macha (*Vaccinium florbundum Kunth*).
- Evaluar el efecto del pH, temperatura y tiempo de pasteurización en la capacidad antioxidante de una bebida de macha macha (*Vaccinium floribundum Kunth*).
- Evaluar el efecto del pH, temperatura y tiempo de pasteurización en el contenido de fenoles totales de una bebida de macha macha (*Vaccinium floribundum Kunth*).

1.4. Justificación

Entre los arbustos nativos de la región de Huancavelica se encuentra diversas especies como la planta de macha macha, no se ha realizado estudios de esta planta solo una pequeña porcentaje de los pobladores nos menciona que este planta sirve para el teñido de lanas y para una elaboración de chicha como refrescante y ala ves vemos que por su misma naturaleza presenta una pigmentación característica que aporta antocianina; dicho compuesto por su potencial como colorante natural ha sido estudiados en otras como en las uvas, sauco, mora, arándano, zarzamora, fresa, cereza, etc., siendo para ellos una

característica decisiva en la apertura de nuevos mercados, lo cual no ha sucedido en el caso de macha macha.

El fruto de macha macha, al igual que otras plantas arbustos ricas en antocianinas, presenta interesante actividad antioxidante, junto con sus propiedades sensoriales agradables que permiten potenciar productos alimenticios, bajo este contexto se pretende valorar este fruto nativo de la región. Promoviendo el cultivo, producción e industrialización, por ende, optimizando la cadena productiva de lo mismo.

Bajo la consideración de dar un valor agregado al fruto de macha macha se presenta como una alternativa de aprovechamiento agroindustrial de plantas silvestres de la región Huancavelica, dando un realce a la calidad de vida de los consumidores.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Se han encontrado investigaciones del entorno internacional, nacional y local, las mismas que a continuación se mencionan.

Ojasild Ramírez (2009) evaluó el potencial benéfico de las bebidas elaboradas a partir de frutas con actividad nutracéutica elevada, se desarrollaron néctares de gulupa y de curuba, que cumplieran con la normatividad y tuvieran un alto grado de aceptación en el análisis sensorial. Para elegir la formulación adecuada para los néctares, se desarrollaron 18 diferentes corridas que seguían el diseño de experimentos basado en el método estadístico del Dr. Genechi Taguchi. Las variables de control fueron: presencia o no de mesocarpio, porcentaje (%) de pulpa, °Brix, Temperatura de pasteurización se tomó como variable para el arreglo ortogonal, y sus tres niveles fueron 72°C por 15 segundos, 80°C por 5 segundos y 90°C por 1 segundo, edulcorante y estabilizante. Como característica de calidad "mayor es mejor" se evaluó la viscosidad.

Berradre *et al.* (2011) formularon dos bebidas denominadas como E1 y E2, partiendo de dos formulaciones comerciales, A y B y una propuesta por Gil y Lobos (2005), denominada C. Todas las bebidas: A, B, C, E_1 y E_2 fueron sometidas a un análisis sensorial, donde se evaluaron las propiedades sensoriales sabor, aroma y color, en tres escalas: agradable, moderadamente agradable y desagradable. La formulación seleccionada de acuerdo con el panel de degustación fue sometida a análisis fisicoquímicos como sólidos solubles, acidez titulable, pH, acidez volátil, etanol, metabisulfito libre y total y los minerales contaminantes hierro (Fe), zinc (Zn) y cobre (Cu). La calidad microbiológica de la bebida se determinó mediante recuento de microorganismos aerobios en placas petri, recuento de mohos y levaduras. De acuerdo con la evaluación sensorial, la formulación E_2 obtuvo la mayor preferencia (superior al 80%) del panel para las características evaluadas. La

formulación fue: 70% de agua, 30% de jugo de uva, ácido ascórbico (1,875 g), ácido cítrico (37,5 g), extracto de uva (0,147 L), azúcar refinada (1,759 kg) y pectina (0,3 g). Los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y minerales contaminantes analizados en la bebida, cumplieron con lo establecido en las normas e investigaciones consultadas.

Torres Núñez (2011) aplicó el análisis estadístico a todas las variables en estudio a: sólidos solubles, acidez azúcares reductores, vitamina C, proteína, determinación de minerales (Ca, P, K), ceniza, humedad, densidad relativa, pH, se lo realizó mediante un diseño completamente al azar (DCA), con un arreglo factorial A x B x C, las características del experimento fueron de tres repeticiones, doce tratamientos y treinta seis unidades experimentales. Se calculó el coeficiente de variación (C.V), prueba de Tukey para tratamientos y para factores se realizó la prueba de diferencia mínima significativa (D.M.S), se aplicó la prueba de los rangos de Friedman para el análisis organoléptico (sabor, olor y color), para poder determinar si la investigación fue llevada de manera correcta. Terminado el análisis estadístico, se estableció a los mejores tratamientos, para realizar el néctar de uvilla (*Physalis peruviana L.*) edulcorado con sacarina, resultando como mejores tratamientos a los T5, de la concentración número dos: (Edulcorante (0,0096% de sacarina), CMC (0,1%), 85ºC/10minutos), y T6 (Edulcorante (0,0096 % de sacarina), CMC (0,1 %), 85ºC/15minutos), por conservar las características naturales similares de la fruta de uvilla.

Claudio *et al*. (2012) determinaron la actividad antioxidante de *Vaccinium floribundum* luego de ser sometida a cocción en agua a diferentes condiciones de tiempo y temperatura. Se utilizó una extracción con etanol y acetona juntamente con centrifugación para obtener un licor rico en antioxidantes el cual se cuantificó espectrofotométricamente a 734 nm. Un análisis de ANOVA determinó que los tratamientos de cocción, el tiempo y la temperatura, así como su interacción, influyen significativamente en la actividad antioxidante de *V. floribundum.* Mediante la prueba de Tukey se definió que los mejores

tratamientos fueron: 15 min a 90 °C, 15 min a 70 °C y 30 min a 70 °C, por presentar mayores incrementos de la actividad antioxidante.

Garzón *et al*. (2010) analizaron las bayas de *Vaccinium meridionale* Swartz nativas de Colombia en cuanto a composición química, contenido fenólico total, contenido de antocianinas y actividad antioxidante. Además, se utilizó cromatografía líquida de alta resolución con detección de matriz de fotodiodos (HPLC-DAD) y espectrometría de masas en tándem de ionización por electrospray HPLC (ESI-MS / MS) para determinar la composición fenólica y de antocianinas. El contenido de antocianinas fue 329,0 ± 28,0 mg equivalentes de cianidina 3-glucósido / 100 g (peso fresco) FW y el contenido fenólico total fue 758,6 ± 62,3 mg equivalente de ácido gálico / 100 g FW. La cianidina 3-galactósido fue la antocianina principal, mientras que el fenólico sin antocianina más abundante fue el ácido clorogénico. La actividad captadora de radicales ABTS fue de 45,5 ± 2,3 lmol de equivalentes de Trolox / g de FW y el valor del potencial antioxidante reductor férrico (FRAP) fue de 87,0 ± 17,8 lmol de TE / g de FW o 116,0 ± 23,7 lmol de hierro férrico reducido / g de FW. La composición única de antocianinas de esta fruta, identificada mediante técnicas clásicas y ESI-MS / MS, puede diferenciarse de otros arándanos y quizás sea útil en los procedimientos de autenticación. En general, los resultados de este estudio muestran que la fruta del arándano silvestre colombiano tiene una alta actividad antioxidante y aplicaciones potenciales como fuente de fitoquímicos en el mercado de alimentos funcionales y nutracéuticos.

Prencipe *et al*. (2014) realizaron una investigación detallada sobre la composición química y la actividad quimiopreventiva de las bayas de *Vaccinium floribundum* Kunth en comparación con las de *Vaccinium myrtillus* L. Los polifenoles de las bayas se extrajeron mediante dos pasos secuenciales de maceración dinámica, que permitieron maximizar los rendimientos de metabolitos secundarios. En particular, los ácidos fenólicos y los flavonoles se extrajeron de las bayas utilizando acetato de etilo (EtOAc), mientras que las antocianinas se extrajeron del residuo con HCl 0,6 M en metanol (MeOH). El

análisis de metabolitos secundarios en extractos de bayas se realizó mediante dos métodos específicos de HPLC. Los ácidos fenólicos y flavonoles se analizaron en una columna Ascentis C18 (250 mm x 4,6 mm D.I., 5 mm), con una fase móvil en gradiente compuesta por HCOOH 0,1 M en H2O y ACN. El análisis de antocianinas se realizó en una columna Zorbax SB-C18 (150 mm × 4,6 mm DI, 5 mm), con una fase móvil gradiente compuesta por H2O-HCOOH (9: 1, v / v) y MeOH-H2O-HCOOH (5 : 4: 1, v / v / v). La detección se realizó mediante UV / DAD, MS y MS2. Se estudió en detalle la composición de polifenoles de *V. floribundum* y *V. myrtillus*. Las muestras de *V. floribundum* analizadas en este estudio tenían un contenido mucho más alto de ácidos fenólicos y flavonoles en comparación con *V. myrtillus* (valor medio 41,6 ± 10,2 y 13,7 ± 0,2 mg / 100 g FW, respectivamente), mientras que *V. myrtillus* mostró una mayor cantidad de antocianinas en comparación con *V. floribundum* (568,8 ± 8,8 y valor medio 376,2 ± 49,9 mg / 100 g FW, respectivamente). Los extractos dieron resultados negativos en ensayos antimutagénicos contra los carcinógenos 2-amino-3,4-dimetilimidazo [4,5-f] quinolina (MeIQ) y 4-nitroquinolina-1-óxido (4-NQO), mientras que tuvieron un desempeño similar en ambos Ensayos antioxidantes ABTS • + y DPPH •.

García & Ruales (2018) estudiaron el efecto de los pretratamientos sobre el secado del "mortiño", sobre la velocidad de secado y el contenido total de polifenoles solubles y antocianinas. Se aplicó a fruta fresca pretratamiento de baño de inmersión de solución acuosa de oleato de etilo y carbonato de potasio. Se utilizó un diseño factorial 22 con puntos axiales, para evaluar su efecto en la velocidad de secado y contenido de compuestos fenólicos. Se realizó un segundo pretratamiento con SO2, se utilizó un diseño factorial 22 para estudiar su efecto sobre el contenido de compuestos fenólicos. Los ensayos de estabilidad se realizaron con frutos secos almacenados en una película multicapa laminada y metalizados durante 2 meses en refrigeración (4 ° C), congelación (-17 ° C) y 25 ° C a 90% de HR. Se evaluó el contenido de humedad, color, polifenoles solubles y antocianinas. Se realizó un análisis sensorial del producto. Las mejores condiciones para secar 'mortiño' son 40 ºC, caudal de aire de 0,24 m3 / s,

concentración en baño de inmersión de 1,55% K_2CO_3 (p / p) - 1,25% de oleato de etilo (V / V), concentración de SO2 2000 ppm y sulfuración 2 h. El producto se secó hasta un 5% de humedad en el horno en un 40% menos de tiempo requerido para secar sin pretratamientos. El mortiño seco retuvo el 98,2% de antocianinas y el 99,7% de polifenoles solubles en relación con el 'mortiño' liofilizado. En tanto, el 'mortiño' secado por secador solar híbrido retuvo el 88,5% de antocianinas y el 99,7% de polifenoles solubles. El producto almacenado a 18 °C en un film multicapa laminado y metalizado, retiene el 50% de antocianinas en relación a su contenido inicial en 4 meses y 11 días.

Huarancca Huarcaya (2019) estudió la cinética de degradación de las antocianinas en extractos alaybilí (*Vaccinium floribundum* Kunth) y macha macha (*Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer) (obsérvese que el nombre vulgar no determina la especie en estudio). Se evaluaron las temperaturas a 30, 40, 50 y 60 ºC mediante cinéticas de orden cero, primer y segundo orden, y mediante el modelo de Arrhenius se evaluó la dependencia de la velocidad de degradación de antocianinas con respecto a la temperatura. Siguió una cinética de primer orden con alta correlación en extracto alaybilí (R^2= 0,9943; 0,9909; 0,9882 y 0,9749) y macha macha (R^2 = 98,73 %, 99,89 %, 99,81 % y 99,78 %). Las energías de activación fueron Ea =13,783 kcal/mol y Ea=15,223 kcal/mol, en alaybilí y macha macha, respectivamente. Los tiempos de vida media ($t_{1/2}$) fueron 117,481 h y 40,773 h en extractos de alaybilí y macha macha respectivamente a la temperatura 60 ºC y los valores Q_{10} en los intervalos 30 – 40 ºC fueron 2,71 y 2,65 en los extractos de alaybili y macha macha respectivamente.

2.2. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.2.1. Macha macha

Noboa Silva (2011) describe algunos aspectos de la macha macha:

a. Descripción taxonómica

Reino: Plantae

Filo: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Ericales

Familia: Ericaceae

Nombre científico: *Vaccinium floribundum* Kunth

b. Sinonimia y nombres vulgares:

Sinomimia: *Vaccinium mortinia*

Nombres vulgares: Ecuador: Mortiño, Uva de los andes, Manzanilla del cerro, Raspadura quemada, Uva del monte. Colombia: Agraz. Perú: Macha macha, Congama, Pushgay.

c. Descripción morfológica

Es un arbusto pequeño de hasta 3,5 m de altura con hojas pequeñas, coriáceas, elípticas a ovado lanceoladas y márgenes finamente aserrados. Las inflorescencias son racimos que salen de las axilas de tallos y hojas, con 6 – 10 flores pequeñas con cáliz articulado, corola con forma de olla de color blanco, rosa o rojo. El fruto es una baya esférica de 5 – 8 mm de diámetro de color entre azul y azul oscuro, lisa a veces glauca. Las hojas contienen tanino, flavona, glucoquitina, arbutina e hidroquinina y los frutos por su lado contienen azúcar invertido, ácidos orgánicos, mirtilina, tanino, pectina y vitaminas B y C.

d. Uso de las flores y frutos

El fruto del mortiño se usa principalmente como alimento humano en jaleas, mermeladas, vino y harina. Los frutos también se utilizan en la elaboración de postres, los mismos que se comercializan en prestigiosas pastelerías de la ciudad de Quito (Hamburguesas de Rusty) y también en la elaboración de helados vendidos en las heladerías Corfu en Quito, aunque El principal uso es en la tradicional colada morada en la época de difuntos a inicios de noviembre en el Ecuador. Los frutos también se utilizan para tinturajes de ropa de lana, para lo cual se machaca los frutos y se pone a hervir durante media hora, luego se introduce la lana o prenda

que se desee tinturar y se deja hervir juntamente con los frutos machacados y para fijar el color se agregan gotas de limón. Se le atribuyen virtudes medicinales a las flores y a los frutos. En forma de bebida se toma para curar reumatismos, fiebres, cólicos, borrachera, gripe, dolencias del hígado, debilidad y otros. El fruto machacado sirve para el pulmón y el riñón También al mortiño se lo usa como leña.

e. Uso de las raíces y hojas

Se las utiliza en forma medicinal para curar borracheras y para el dolor de estómago.

f. Valor antioxidante

Un grupo de investigadores de la UN en Medellín, en cooperación con la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (Corantioquia) y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), estudiaron el agraz o mortiño cuya conclusión la publicaron en marzo 2009, donde manifiestan que este es uno de los frutos con mayor potencial antioxidante de los hasta ahora estudiados por el grupo. De acuerdo con esto, comparativamente el mortiño tendría más presencia de polifenoles que otros frutos como la fresa, la curuba, la mora y la gran mayoría de frutas tropicales colombianas. La presencia de antioxidantes en los alimentos retarda y previene la oxidación de otras moléculas, y constituye un factor determinante para aprovechar en otros usos farmacológicos como el tratamiento para accidentes cerebrovasculares y enfermedades neurodegenerativas. Expertos aseguran que las personas que consumen altas cantidades de polifenoles y antocianinas en los alimentos tienen un riesgo más bajo de contraer cáncer, enfermedades cardíacas y algunas otras neurológicas. Los investigadores consideran que a partir de este fruto se pueden encontrar grandes ventajas químicas y obtener

mediante procesos tecnológicos productos fermentados de alto valor agregado como vinos, salsas y vinagres balsámicos.

Tabla 1

Composición nutricional del fruto de macha macha

Parámetro	Porcentaje
Humedad	81,0 ± 2,0
Grasa	1,0 ± 0,04
Proteína	0,7 ± 0,02
Cenizas	0,4 ± 0,03
Carbohidratos totales	16,9 ± 0,1
Fibra dietética total	7,9 ± 2,2
Fibra dietética soluble	1,2 ± 1,0
Fibra dietética insoluble	6,5 ± 2,5
Azúcares solubles	
Fructuosa	4,4 ± 0,4
Glucosa	2,6 ± 0,3
Valor calórico (kcal/100 g)	84,0 ± 0,4
Ácidos orgánicos	
Ácido cítrico	3142 ± 614
Ácido málico	1823 ± 274
Iones metálicos	
Hierro (Fe)	0,64 ± 0,2
Potasio (K)	607 ± 0,2
Calcio (Ca)	17,0 ± 2,3
Magnesio (Mg)	10,2 ± 1,1
Cobre (Cu)	0,12 ± 0,02
Zinc (Zn)	0,13 ± 0,02
Antioxidantes	
Ácido ascórbico (mg/100 g)	9,0 ± 2,0
β-caroteno (µg/100 g)	36,0 ±6,0

Capacidad antioxidante (eq. Trolox)	1203 ±94

Fuente: Vasco *et al.* (2009)

2.2.2. Estabilidad térmica de antocianinas

Las antocianinas, glucósidos de las antocianidinas, pertenecen a un grupo de pigmentos vegetales (Brouillard, 1981). Las antocianidinas son derivados polihidroxi y polimetoxi de sales de 2-fenilbenzopirilio (flavilio). Los glucósidos de las siguientes seis antocianidinas prevalecen en la fruta: cianidina, pelargonidina, peonidina, delfinidina, petunidina y malvidina. Las estructuras de estos compuestos se representan en la Fig. 1. Las antocianinas extraídas de la fruta, p. Ej. Las uvas, las guindas y los arándanos se pueden emplear en la industria alimentaria para la coloración de alimentos. La importancia de las antocianinas aumenta como resultado del esfuerzo actual para restringir el uso de colorantes alimentarios sintéticos. En las regiones geográficas de Checoslovaquia y en toda la región de Europa Central, las bayas de saúco, frutos de saúco (*Sambucus nigra* L.) son una fuente importante y económicamente ventajosa de antocianinas. Los glicósidos de cianidina, a saber, cianidina 3-glucósido (65,7%), cianidina 3-sambubiósido (32,4%), cianidina 3,5 diglucósido (0,8%) y cianidina 3-sambubiósido-5-glucósido (1,1%), fueron identificados como los principales pigmentos de bayas de saúco (Bronnum-Hansen & Hansen, 1983).

La estabilidad térmica de las antocianinas depende de su estructura, valor de pH del medio, presencia de oxígeno atmosférico y componentes naturales de las materias primas, etc. Con algunas excepciones (Adams, 1973; Simard *et al*., 1981), se han encontrado cinéticas de primer orden (Adams, 1973; Calvi & Francis, 1978; Daravingas & Cain, 1968; Ioncheva & Tanchev, 1974; Keith & Powers, 1965; Lukton *et al*. 1956; Markaris *et al*. 1957; Segal & Negutz, 1969; Tinsley & Bockian, 1960) para descomposición de antocianinas en condiciones aeróbicas y anaeróbicas. Se ha demostrado la validez de la ecuación de Arrhenius

para la dependencia de la tasa de destrucción de antocianinas de la temperatura (Lukton *et al*. 1956; Tinsley & Bockian, 1960). La influencia de la estructura sobre la estabilidad térmica se puede juzgar desde varios puntos de vista. La hidroxilación de las antocianinas en el anillo lateral conduce a una disminución de la estabilidad, mientras que la metoxilación muestra un efecto opuesto (Hrazdina *et al*. 1970; Ioncheva & Tanchev, 1974). La estabilidad también aumenta mediante la glicosilación de un anillo de pirilio o benceno (Daravingas & Cain, 1968). En comparación con los monogilcósidos, los antocianidin-3,5-diglicósidos son significativamente más estables (Diaz *et al*. 1976; Hrazdina *et al*. 1970). El efecto del pH depende del tipo de glicosidación de las antocianinas: la mayor estabilidad de los 3,5-diglicósidos de las antocianidinas se produce a valores de pH de 4 – 5 (Calvi & Francis, 1978; Ioncheva & Tanchev, 1974), es decir, a valores en los que las antocianinas se encuentran principalmente en forma de pseudobase. Por otro lado, la tasa de destrucción de los monoglucósidos aumenta al aumentar la cantidad de pigmentos en la forma pseudobase (Daravingas & Cain, 1968; Ioncheva & Tanchev, 1974; Lukton *et al*. 1956; Segal & Negutz, 1969; Simard *et al*. 1981). La tendencia es opuesta en un medio fuertemente ácido. Se ha observado la máxima estabilidad térmica de los 3-monoglucósidos de antocianidina en el intervalo de pH de 1,8 a 2,0 (Daravingas & Cain, 1968; Meschter, 1953; Thakur & Arya, 1989).

Aunque el mecanismo de degradación por calor ha sido estudiado por muchos autores (Adams, 1973; Ioncheva & Tanchev, 1974; Markaris *et al*. 1957), no se ha formulado exactamente hasta ahora. Como productos de degradación de los 3-glucósidos de cianidina, se han identificado chalconas (Adams, 1973), e-dicetonas (Adams & Ongley, 1973), ácido protocatecuico, quercetina y floroglucinalaldehído (Tanchev & Ioncheva, 1976).

2.2.3. Los polifenoles

Los polifenoles son uno de los grupos más abundantes y ubicuos de metabolitos secundarios de las plantas que se encuentran en fuentes de alimentos naturales, como frutas, verduras, legumbres, vino tinto y té verde. Hasta ahora, hay más de ~8000 compuestos polifenólicos que se han identificado y caracterizado en diferentes especies de plantas. Debido a sus efectos beneficiosos para la salud, incluidas las actividades antiinflamatorias y antioxidantes y la prevención de enfermedades cardiovasculares, se recomienda encarecidamente ingerir más verduras y frutas en nuestra dieta diaria de acuerdo con las Pautas dietéticas para estadounidenses 2015-2020 (Ahmad *et al*. 2015). En particular, se desarrollan cada vez más suplementos dietéticos que contienen polifenoles y productos alimenticios ricos en polifenoles en los mercados de alimentos saludables para satisfacer las necesidades de las personas que no pueden consumir cantidades adecuadas de verduras y frutas en todo el mundo. Técnicamente, los compuestos beneficiosos de la dieta se extraen, purifican y concentran a partir de recursos alimenticios vegetales naturales utilizando diferentes técnicas y se procesan en tabletas o cápsulas para el consumo público. Sin embargo, los polifenoles son inestables y muy propensos a degradarse y / o reaccionar con algunos factores, como el oxígeno y los iones metálicos durante sus etapas de procesamiento y almacenamiento, lo que resulta en un cambio en las estructuras y una disminución en las actividades biológicas de los polifenoles. Por tanto, la estabilidad de los polifenoles en diferentes condiciones es uno de los aspectos más importantes, que involucra pH, temperatura, luz, oxígeno, enzimas, proteínas, iones metálicos o interacción con otros constituyentes alimentarios (Deng *et al*. 2018).

2.2.4. Estabilidad de los polifenoles

La estabilidad de los polifenoles es crucial para el valor nutricional de los alimentos y está directamente asociada con sus estructuras químicas. Los polifenoles se dividen en algunas subclases según sus orígenes,

actividades biológicas y estructuras. Químicamente, la estructura de los polifenoles contiene uno o más anillos de benceno a los que al menos dos se unen grupos hidroxilo (OH). Estos grupos se hacen reaccionar fácilmente dando como resultado una estabilidad reducida de estos compuestos. La epimerización, la autooxidación y algunas otras reacciones de modificación, como la esterificación, la alquilación, etc., son reacciones importantes que son críticas para la estabilidad de los polifenoles, como se describe a continuación.

Muchos factores en los sistemas alimentarios contribuyen a los cambios químicos de los polifenoles, lo que conduce a su inestabilidad. Por lo general, las condiciones fisicoquímicas como el pH, la temperatura, la luz, la disponibilidad de oxígeno, los iones metálicos, la modificación química, la enzima, las proteínas, la sal de nitrito y el dióxido de azufre, así como el ácido ascórbico (Vc), deben tenerse en cuenta para evaluar la estabilidad de polifenoles (Deng *et al.* 2018; Deng *et al*. 2018; Tsao & Deng, 2004).

2.3. Hipótesis

La hipótesis de la investigación es:

No existe efecto del pH, temperatura y tiempo de pasteurización en el contenido de antocianinas, fenoles totales y capacidad antioxidante de una bebida refrescante de macha macha (*Vaccinium floribundum* Kunth).

2.4. Operacionalización de variables

Tabla 2

Definición operativa e indicadores

Variable	Tipo de variable	Indicador	Unidad
pH de la bebida	Independiente	pH	Adimensional
Tiempo de pasteurización	Independiente	Tiempo	min

Temperatura de pasteurización	Independiente	Temperatura	°C
Antocianinas	Dependiente	pH diferencial	mg/mL
Polifenoles	Dependiente	Tiempo	mg/mL
Capacidad antioxidante	Dependiente	mg Trolox/L	mg/L

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito temporal y espacial

El experimento se realizó con materia prima de la comunidad campesina de Ampurhuay, distrito de Acoria y departamento de Huancavelica. La ejecución se realizó en el Laboratorio de Procesos Agroindustriales y Análisis Instrumental 02 en la filial Acobamba de la Universidad Nacional de Huancavelica. Dicho trabajo se inició el 2019 y concluyó el 2020.

3.2. Tipo de Investigación

La presente investigación fue de tipo aplicada.

3.3. Nivel de Investigación

El nivel de investigación fue experimental.

3.4. Población, muestra y muestreo

3.4.1. Población

Se utilizaron bayas de macha macha de la comunidad campesina de Ampuhuay, distrito de Acoria, Huancavelica.

3.4.2. Muestra

Se usaron 15,94 kg de bayas de macha macha.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Diseño de Investigación

El experimento se efectuará DFC (Diseño Factorial Completo). Los niveles (alto y bajo) de las variables serán: pH_{bajo} = 3, pHalto = 4.0; $T°_{baja}$ = 80°C, $T°_{alta}$ = 85°C; t_{bajo} = 20min, t_{alto} = 40min.

Se hicieron cuatro tratamientos y tres repeticiones para cada uno y se determinaron como variables respuesta: el contenido de antocianinas totales, polifenoles totales y actividad antioxidante.

Tabla 3

Diseño Factorial Completo

Tratamiento	pH	t	T°	Polifenoles	Actividad Antioxidante	Antocianinas
1	3	80	40			
2	4	85	20			
3	3	85	40			
4	4	80	40			
5	3	80	20			
6	4	85	40			
7	3	85	20			
8	4	80	20			

3.5.2. Método de investigación

El método general utilizado en la investigación fue el método hipotético –deductivo.

3.5.3. Obtención de la bebida refrescante

Materia prima: la materia prima utilizada fue macha macha en estado maduro.

Selección: se separaron los frutos en mal estado que deterioren la calidad del producto final.

Lavado y desinfección: se realizaron tres lavados con agua potable y luego una inmersión por 15 minutos en agua con cloro residual a 80 ppm, finalmente se enjuagó con agua potable.

Acondicionado: el proceso consistió en separar las semillas y cáscara de la pulpa con extractor en una malla 0,5 mm de acero inoxidable.

Pesado: se realizó un pesado de la materia prima y los insumos con anterioridad para el balance de materia adecuado.

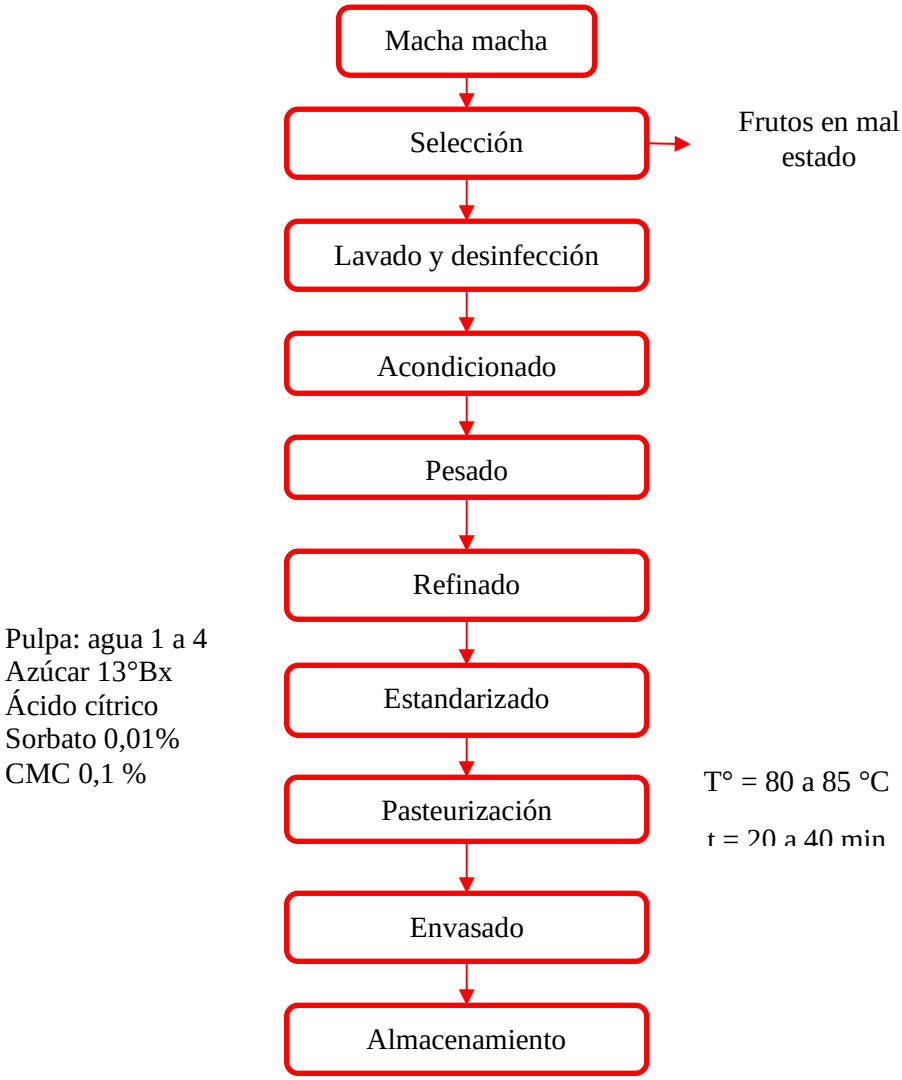
Refinado: la pulpa obtenida es pasada por un tamiz de 0,5 mm que permita minimizar y homogeneizar el tamaño de partícula. Esta etapa es necesaria para evitar la formación de doble fase en el producto final.

Estandarizado: en esta etapa se mezclan la pulpa, el agua y los insumos. Se diluyó la pulpa con agua en una proporción 1 a 4, el azúcar hasta

alcanzar 13 °Brix, y un pH de 3,3. El CMC se agregó al 0,1 % y sorbato de potasio a 0,01 %. No precisó usar ácido cítrico como acidulante.

Figura 1

Diagrama de flujo de obtención de la bebida de macha macha



Estandarizado: en esta etapa se mezclan la pulpa, el agua y los insumos. Se diluyó la pulpa con agua en una proporción 1 a 4, el azúcar hasta alcanzar 13 °Brix, y un pH de 3,3. El CMC se agregó al 0,1 % y sorbato de potasio a 0,01 %. Se usó ácido cítrico como acidulante acorde con el pH que se requirió (3 a 4).

Pasteurización: la mezcla se llevó a calentamiento lento y en marmita abierta hasta alcanzar la temperatura en estudio (80 a 85 °C), durante el

tiempo en estudio (20 a 40 °C), ya que estos fueron factores principales en el diseño experimental.

Envasado: luego de terminada la pasteurización se envasaron en botellas de 330 mL y luego enfriado hasta 20 °C, para evitar la sobrecocción.

Almacenamiento: las botellas con la bebida refrescante fueron puestas en "cuarentena" seis días para verificar su estabilidad antes de su evaluación.

3.5.4. Determinación de antocianinas totales

Se utilizó el método establecido por Giusti & Wrolstad (2001). Se realizó en el laboratorio de Análisis Instrumental 2, en el espectrofotómetro marca Zuzi modelo 4251/50.

3.5.5. Determinación de polifenoles totales

El contenido de fenoles totales se determinó en términos equivalentes de ácido gálico (GAE)/100 g de bebida usando el método descrito por Waterhouse (2001). Primero la bebida se diluyó 1/100 con una solución de etanol absoluto y agua destilada (50:50), acidificada con 0,01% de ácido clorhídrico. Se mezcló una muestra alícuota de 0,5 ml de bebida con 2,5 ml de reactivo de Folin-Ciocalteau diluido 1:10. Después de agitar en vórtex e incubar a temperatura ambiente durante 5 minutos, se añadieron 2 ml de solución acuosa de carbonato de sodio al 7,5%. Las muestras se sometieron a vórtice y se mantuvieron a 45 °C durante 15 min. La absorbancia de la solución de color azul se registró a 765 nm en un espectrofotómetro marca Zuzi modelo 4251/50 UV-visible, utilizando celdas desechables de 1 cm. Todas las mediciones fueron replicadas cuatro veces.

3.5.6. Determinación de capacidad antioxidante

Las mediciones y evaluaciones de los DPPH• espectrofotométricos se realizaron como se informó Scartezzini *et al*. (2006). Los valores de IC_{50} (μg / ml) de las bebidas refrescantes se calcularon a partir de una solución madre a 0,54 mg/mL, que se diluyó adicionalmente 1: 2, 1: 5 y 1: 1 (v /

v). El poder antirradical (ARP): cuanto mayor es el ARP, más eficaz es el antioxidante y se obtiene con la inversa del IC_{50}.

3.6. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Los experimentos se realizaron con un diseño factorial con tres factores y 3 repeticiones constituido por 24 experimentos. Las variables independientes consideradas fueron el pH (3 – 4), la temperatura (80 – 85 °C) y el tiempo de pasteurización (20 – 40 min). Las variables dependientes fueron el contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante. Se utilizó un programa ejecutado con el software MS Excel.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de varianza del diseño factorial

La tabla 4 presenta el análisis de varianza para el diseño factorial, se puede observar que, hubo influencia de las tres variables de estudio: pH, temperatura y tiempo, así como sus interacciones. El procesamiento térmico convencional de alimentos sigue siendo la tecnología más adoptada en la industria alimentaria en todo el mundo. Las técnicas térmicas inactivan significativamente enzimas y microorganismos, lo que garantiza la seguridad alimentaria y prolonga la vida útil de los productos alimenticios; sin embargo, también da como resultado la inestabilidad de los compuestos bioactivos, como antocianinas y polifenoles, lo que afecta su actividad antioxidante.

Tabla 4

Análisis de varianza del diseño factorial

Efecto	ANT	CPT	CA
		p	
pH	0,000*	0,031*	0,076
Temperatura	0,000*	0,002*	0,000*
Tiempo	0,000*	0,005*	0,031*
pH*Temperatura	0,040*	0,683	0,002*
pH*Tiempo	0,000*	0,000*	0,000*
Temperatura*tiempo	0,000*	0,385	0,004*
pH*Temperatura*tiempo	0,000*	0,945	0,183

**Significativo a p < 0,05.*

CPT: contenido de polifenoles totales, CA: capacidad antioxidante, ANT: antocianinas

En la Tabla 5, se pueden observar los coeficientes de regresión para un modelo factorial, para las variables codificadas. El signo positivo del coeficiente indica una relación directa y el signo negativo indica una relación inversa. Para corroborarlo se pueden comparar con las figuras de los efectos principales, cabe

señalar que las interacciones pueden, tener signos contrarios a los efectos principales, y su interpretación es distinta para cada variable de estudio.

Tabla 5

Coeficientes de regresión para el modelo factorial

Términos	**ANT**	**CPT**	**CA**
Constante	84,03	9,776	1,875
pH	33,63	0,436	0,0533
Temperatura	-8,78	-0,755	0,1529
Tiempo	-18,26	0,637	-0,0685
pH*Temperatura	0,81	0,071	0,1201
pH*Tiempo	-36,55	-1,014	-0,1851
Temperatura*tiempo	12,93	0,153	-0,1038
pH*Temperatura*tiempo	30,114	-0,012	-0,0381

ANT: antocianinas, CPT: contenido de polifenoles totales, CA: capacidad antioxidante

4.2. Contenido de antocianinas totales

La tabla 4 presenta el análisis de varianza para el diseño factorial, se puede observar que, el contenido de antocianinas totales fue afectado significativamente ($p < 0,05$) por las tres variables (pH, temperatura y tiempo) así como por sus interacciones. Las altas temperaturas involucradas en el procesamiento de los arándanos en puré resultaron en una pérdida del 43% en las antocianinas monoméricas totales en comparación con la fruta fresca (Hager *et al*. 2008).

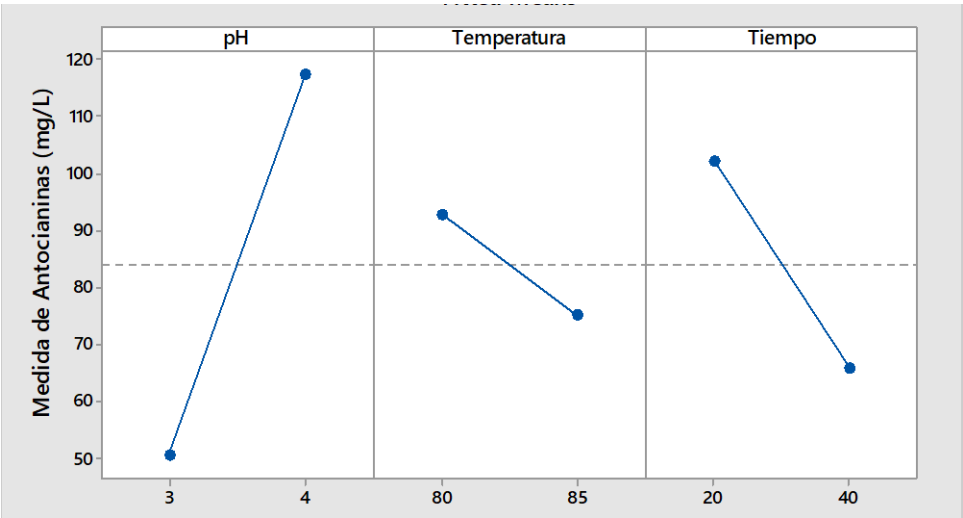
Varios estudios informaron un curso logarítmico de destrucción de antocianinas con un aumento aritmético de la temperatura (Drdak & Daucik, 1990; Rhim, 2002). Marszałek *et al.* (2017) observaron que los contenidos de antocianinas (Cy-3-Glc, Pg-3-Glc, Pg-3-Rut) y polifenoles de la fresa eran sensibles al tratamiento térmico. Después de 15 min de calentamiento, el 86% y el 57% de las antocianinas se retuvieron a 95 °C, respectivamente.

Sobre el contenido de antocianinas totales, las antocianinas más representativas en la mora andina (*Rubus glaucus* Benth) (Vasco *et al*. 2009a), mientras que en el arándano andino (*Vaccinium floribumdum* Kunth) solo se ha informado de cianidina (Vasco *et al*. 2009b). En este trabajo, se hizo la medida de antocianinas calculando en base a la cianidina-3-glucósido.

Cuando se procesaron arándanos congelados (*Vaccinium corymbosum* L.) en jugo y concentrado, y se monitorearon los cambios en los pigmentos de antocianina y polifenoles (cinamatos, procianidinas, glicósidos de flavonol), se observaron pérdidas pronunciadas, en los procesos de molienda y despectinización debidos a la polifenoloxidasa (Skrede *et al*. 2000).

Figura 2

Efectos principales sobre el contenido de antocianinas.



La Tabla 5 y la Figura 2 corroboran que existe un efecto positivo del pH en el contenido de antocianinas y la temperatura y tiempo de pasteurización presentan, por el contrario, un efecto negativo en el contenido de antocianinas de la bebida de Vaccinium floribumdum Kunth.

Cuando se procesaron arándanos congelados (Vaccinium corymbosum L.) en jugo y concentrado, y se monitorearon los cambios en los pigmentos de antocianina y polifenoles (cinamatos, procianidinas, glicósidos de flavonol), se observaron pérdidas pronunciadas, en los procesos de molienda y

despectinización debidos a la polifenoloxidasa. Se produjeron cambios notables en el perfil de antocianinas, siendo los glucósidos de malvidina los más estables y los glucósidos de delfinidina los menos (Skrede *et al.* 2000).

4.3. Contenido de fenoles totales

La tabla 4 presenta el análisis de varianza para el diseño factorial, se puede observar que, el contenido en polifenoles totales se vio significativamente ($p < 0,05$) influenciado por el pH, temperatura y tiempo de pasteurización, y la interacción pH*tiempo. La magnitud y la duración del calentamiento tienen una gran influencia en la estabilidad de los polifenoles. Santhirasegaram *et al.* (2013) informaron que se observó una disminución significativa en el contenido total de polifenoles durante el tratamiento térmico de jugos (reducción del 37,8%).

La Tabla 5 presenta los coeficientes del modelo factorial, se puede observar que, hubo una relación positiva entre el contenido de polifenoles totales y el pH, tiempo, la interacción pH*temperatura y temperatura*tiempo.

La macha macha es una especie que se ha estudiado en diferentes países de Sudamérica, al respecto, se ha informado que los fenólicos vegetales muestran una variación cualitativa y cuantitativa en diferentes niveles genéticos (entre y dentro de especies y clones) (Hakulinen *et al*. 1995) y entre diferentes etapas fisiológicas y de desarrollo (Kause *et al*. 1999). Los fenólicos también varían en respuesta a factores ambientales, tales como la intensidad de la luz y la disponibilidad de nutrientes (Herms & Mattson, 1992).

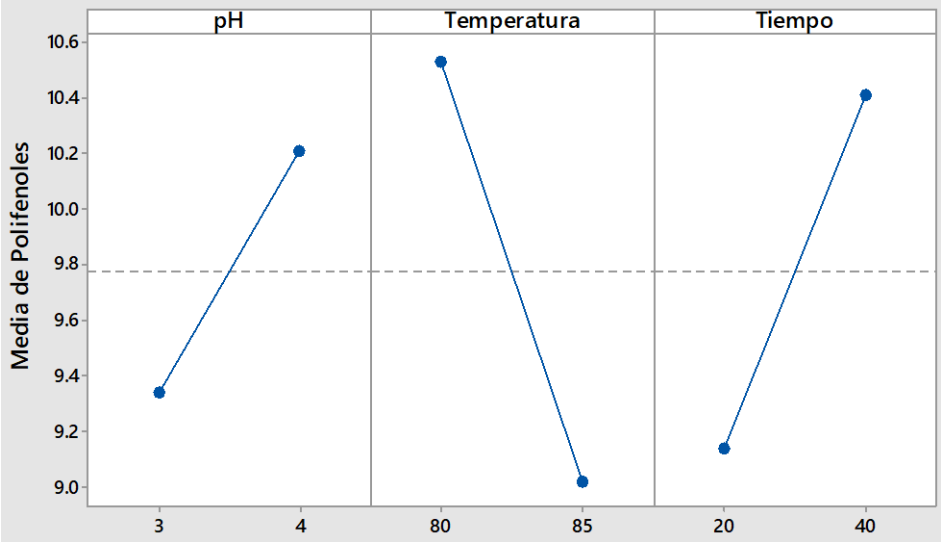
La Figura 3 explica como varió el contenido de fenoles totales, con las variables en estudio. Los fenoles totales de la bebida aumentan con el aumento del pH, se reducen con la temperatura y se incrementa con el tiempo de pasteurización.

Durante el procesamiento térmico de los alimentos y su almacenamiento, la temperatura tiene una gran influencia sobre los polifenoles. El estricto control de la temperatura es importante para mantener los niveles y la estabilidad de los polifenoles. Los estudios sobre la estabilidad de los polifenoles demostraron que

pueden sufrir epimerización a altas temperaturas. Liu *et al.* (2016) informaron que el contenido fenólico total disminuyó en un 20,21% al calentar a 70 ° C durante 30 min. De manera similar, el contenido total de polifenoles disminuyó significativamente cuando la temperatura fue de 90 ° C durante el tiempo de procesamiento.

Figura 3

Efectos principales sobre el contenido de fenoles totales



Existen varios mecanismos de inestabilidad de fenoles tales como: epimerización y autoxidación, entre otros; la epimerización es uno de los mecanismos más importantes que conducen a la inestabilidad de los polifenoles. Ocurre fácilmente cuando factores como la temperatura, el pH y los iones metálicos cambian en un sistema alimentario (Deng *et al*. 2018). La autooxidación es otra reacción importante que causa la inestabilidad de los polifenoles. Los polifenoles son propensos a la autooxidación en presencia de oxígeno y se forman peróxidos e hidroperóxidos (Deng *et al*. 2018). En este estudio, probablemente no hubo oxidación ya que la pasteurización de la bebida elimina el oxígeno, se envasa con un nivel de vacío en el espacio de cabeza.

Además de la modificación por oxidación, otras modificaciones químicas también juegan un papel importante en la inestabilidad de los polifenoles. Las reacciones de modificación relacionadas con los grupos OH incluyen

esterificación, alquilación, carboximetilación, formación de carbamato, desalquilación, formación de quelatos, etc. (Deng *et al*. 2018). Se puede señalar, que en futuros trabajos no se considere la macha macha para diseñar alimentos para combatir la anemia, ya que los polifenoles tienden a formar quelatos con metales como el hierro.

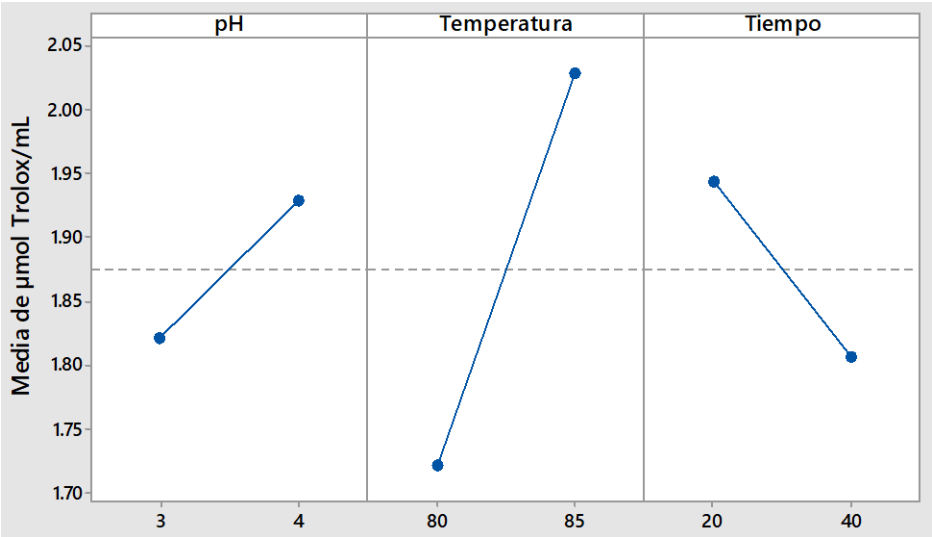
El efecto del pH es el principal factor que afecta la estabilidad de los polifenoles en frutas y verduras. En general, cuanto menor es el valor de pH de las soluciones, mayor es la estabilidad de los polifenoles. Por ejemplo, el contenido fenólico del extracto de la fracción de la cáscara de la semilla de mijo permaneció constante a un pH muy ácido a casi neutro (6,5) pero disminuyó a medida que la alcalinidad aumentaba a pH (10) (Chethan & Malleshi, 2007).

Se ha demostrado que el ácido clorogénico y el ácido cafeico son buenos sustratos para la polifenol oxidasa de arándanos (Kader *et al*. 1997a), y los mismos autores han demostrado que se produce una degradación extensa del ácido clorogénico cuando se homogeneizan arándanos frescos (Kader *et al*. 1997b).

4.4. Capacidad antioxidante

Figura 4

Efectos principales sobre la capacidad antioxidante.



La tabla 4 presenta el análisis de varianza para el diseño factorial, se puede observar que, la capacidad antioxidante fue influenciada significativamente ($p < 0,05$) solo por la temperatura, tiempo y la interacción pH*temperatura, pH*tiempo y temperatura*tiempo.

La tabla 5 presenta los coeficientes del modelo factorial, se puede observar que, existe una relación positiva entre la capacidad antioxidante y la interacción pH*temperatura, pH*tiempo y temperatura*tiempo. Esto coincide con Claudio *et al*. (2012b) quien señaló que el tiempo, la temperatura y su interacción influyeron en la actividad antioxidante de *V. floribundum*.

El aumento de la actividad antioxidante puede relacionarse con la ruptura de la membrana celular y la inactivación enzimática, entre otras (Dewanto *et al*. 2002). De acuerdo con Yamaguchi *et al*. (2001), la degradación térmica de las antocianinas puede resultar en la formación de compuestos derivados que también presentan propiedades antioxidantes.

Además, las catequinas del té en soluciones acuosas son muy estables cuando el pH es inferior a 4, mientras que son inestables en soluciones con pH> 6 (Ananingsih *et al*. 2013). El mismo estudio demostró que las soluciones de extractos de Galla chinensis, que contienen cantidades sustanciales de taninos, no eran estables en condiciones neutras y alcalinas (Huang *et al*. 2012). El efecto del pH sobre la estabilidad de los polifenoles también se refleja en la absorción de polifenoles in vivo. Los polifenoles tienen muchos efectos beneficiosos para la salud, pero solo una pequeña proporción permanece disponible después de la administración oral, las concentraciones de polifenoles que parecen ser efectivos in vitro son más altas que los niveles medidos in vivo. Probablemente sea por el mecanismo de los polifenoles que no se absorben bien como consecuencia de la degradación en el intestino donde el pH es neutro o alcalino (Del Pino-García *et al*. 2016).

Conclusiones

- ✓ El pH, temperatura y tiempo de pasteurización tuvo un efecto significativo en el contenido de antocianinas de una bebida de macha macha (*Vaccinium floribundum* Kunth), siendo el efecto positivo del pH y negativo de la temperatura y el tiempo.

- ✓ El pH, temperatura y tiempo de pasteurización tuvo un efecto significativo en el contenido de fenoles totales de una bebida de macha macha (*Vaccinium floribundum* Kunth), siendo el efecto positivo del pH y tiempo, y negativo de la temperatura.

- ✓ El pH, temperatura y tiempo de pasteurización tuvo un efecto significativo en el contenido de fenoles totales de una bebida de macha macha (*Vaccinium floribundum* Kunth), siendo el efecto positivo del pH y de la temperatura, y negativo del tiempo.

Recomendaciones

- ✓ No tomar en cuenta el fruto de macha macha para el diseño de alimentos para combatir la anemia.
- ✓ Optimizar el proceso mediante las variables estudiadas para lograr la máxima retención de compuestos bioactivos.
- ✓ Determinar la vida útil del producto mediante pruebas aceleradas.

Referencia bibliográfica

Adams, J. B. (1973). Thermal degradation of anthocyanins with particular reference to the 3-glycosides of cyanidin. I. In acidified aqueous solution at 100° C. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *24*(7), 747–762.

Adams, J. B., & Ongley, M. H. (1973). The degradation of anthocyanins in canned strawberries: Part II. The effect of various additives on the retention of pelargonidin-3-glucoside. *International Journal of Food Science & Technology*, *8*(3), 305–307.

Agati, G., Azzarello, E., Pollastri, S., & Tattini, M. (2012). Flavonoids as antioxidants in plants: Location and functional significance. In *Plant Science* (Vol. 196, pp. 67–76). Plant Sci. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2012.07.014

Ahmad, S., Manjuran, R. J., Sivasankaran, S., Nair, T., & Koshy, G. A. (2015). Editorial Round Table on Dietary Guidelines for Americans (DGA) 2015-2020. *Kerala Heart Journal*, *5*(2).

Alarcón-Barrera, K. S., Armijos-Montesinos, D. S., García-Tenesaca, M., Iturralde, G., Jaramilo-Vivanco, T., Granda-Albuja, M. G., Giampieri, F., & Alvarez-Suarez, J. M. (2018). Wild Andean blackberry (Rubus glaucus Benth) and Andean blueberry (Vaccinium floribundum Kunth) from the Highlands of Ecuador: Nutritional composition and protective effect on human dermal fibroblasts against cytotoxic oxidative damage. *Journal of Berry Research*, *8*(3), 223–236. https://doi.org/10.3233/JBR-180316

Ananingsih, V. K., Sharma, A., & Zhou, W. (2013). Green tea catechins during food processing and storage: A review on stability and detection. *Food Research International*, *50*(2), 469–479.

Berradre, M., Sulbarán, B., de Rodríguez, G. O., Fernández, V., & Martínez, J. (2011). Formulación y caracterización de bebida a base de jugo de uva de la variedad Malvasía. *Rev. Fac. Agron.(LUZ)*, *28*, 242–259.

Bronnum-Hansen, K., & Hansen, S. H. (1983). High-performance liquid chromatographic separation of anthocyanins of Sambucus nigra L. *Journal of Chromatography*, *262*, 385–392.

Brouillard, R. (1981). Origin of the exceptional colour stability of the Zebrina

anthocyanin. *Phytochemistry*, *20*(1), 143–145. https://doi.org/10.1016/0031-9422(81)85234-X

Calvi, J. P., & Francis, F. J. (1978). Stability of concord grape (V. labrusca) anthocyanins in model systems. *Journal of Food Science*, *43*(5), 1448–1456.

Chethan, S., & Malleshi, N. G. (2007). Finger millet polyphenols: Optimization of extraction and the effect of pH on their stability. *Food Chemistry*, *105*(2), 862–870.

Claudio, R., Nájera, J., & Santacruz, S. (2012a). Evaluación de la actividad antioxidante de Vaccinium floribundum sometido a tratamiento térmico. *Vitae*, *19*(1), S352–S354. https://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914110.pdf

Claudio, R., Nájera, J., & Santacruz, S. (2012b). Evaluación de la actividad antioxidante de Vaccinium floribundum sometido a tratamiento térmico. *Vitae*, *19*(1), S352–S354.

Cobo, M. M., Gutiérrez, B., Torres, A. F., & Torres, M. de L. (2016). Preliminary analysis of the genetic diversity and population structure of mortiño (Vaccinium floribundum Kunth). *Biochemical Systematics and Ecology*, *64*, 14–21. https://doi.org/10.1016/j.bse.2015.11.008

Daravingas, G., & Cain, R. (1968). Thermal degradation of black raspberry anthocyanin pigments in model systems. *Journal of Food Science*, *33*(2), 138–142.

Del Pino-García, R., Rivero-Pérez, M. D., González-SanJosé, M. L., Croft, K. D., & Muñiz, P. (2016). Bioavailability of phenolic compounds and antioxidant effects of wine pomace seasoning after oral administration in rats. *Journal of Functional Foods*, *25*, 486–496.

Deng, J., Yang, H., Capanoglu, E., Cao, H., & Xiao, J. (2018). Technological aspects and stability of polyphenols. In *Polyphenols: Properties, recovery, and applications* (pp. 295–323). Elsevier.

Deng, Y., Bi, H., Yin, H., Yu, J., Dong, J., Yang, M., & Ma, Y. (2018). Influence of ultrasound assisted thermal processing on the physicochemical and sensorial properties of beer. *Ultrasonics Sonochemistry*, *40*, 166–173. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.07.017

Dewanto, V., Wu, X., & Liu, R. H. (2002). Processed sweet corn has higher

antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *50*(17), 4959–4964.

Diaz, L. S., Gasque, F., & Lafuente, B. (1976). Stability of anthocyanin pigments of both vinifera and hybrid red grape juices. *Revista de Agroquimica y Tecnologia de Alimentos*.

Drdak, M., & Daucik, P. (1990). Changes of elderbery (Sambucus nigra) pigments during the production of pigment concentrates. *Acta Alimentaria*, *19*(1), 3–7. https://jglobal.jst.go.jp/en/detail?JGLOBAL_ID=200902052963703211

García, A., & Ruales, J. (2018). Study the Effect of Pre-Treatment of Drying 'Mortiño' (Vaccinium Floribundum Kunth) with Reference to Drying Rate and Total Content of Soluble Polyphenols and Anthocyanins. *Revista Politécnica*, *40*(2), 47–57. https://doi.org/10.33333/rp.v40i2.625

Garzón, G. A., Narváez, C. E., Riedl, K. M., & Schwartz, S. J. (2010). Chemical composition, anthocyanins, non-anthocyanin phenolics and antioxidant activity of wild bilberry (Vaccinium meridionale Swartz) from Colombia. *Food Chemistry*, *122*(4), 980–986. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.017

Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2001). Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, *00*(1), F1.2.1-F1.2.13. https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0102s00

Grace, M. H., Ribnicky, D. M., Kuhn, P., Poulev, A., Logendra, S., Yousef, G. G., Raskin, I., & Lila, M. A. (2009). Hypoglycemic activity of a novel anthocyanin-rich formulation from lowbush blueberry, Vaccinium angustifolium Aiton. *Phytomedicine*, *16*(5), 406–415. https://doi.org/10.1016/j.phymed.2009.02.018

Guerra Vaca, C. L. (2017). *Caracterización y microencapsulación de compuestos bioactivos de mortiño (Vaccinium floribundum Kunth)* [Universidad De Las Américas]. http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/7946

Hager, A., Howard, L. R., Prior, R. L., & Brownmiller, C. (2008). Processing and storage effects on monomeric anthocyanins, percent polymeric color, and antioxidant capacity of processed black raspberry products. *Journal of Food Science*, *73*(6), H134–H140. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00855.x

Hakulinen, J., Julkunen-Tiitto, R., & Tahvanainen, J. (1995). Does nitrogen

fertilization have an impact on the trade-off between willow growth and defensive secondary metabolism? *Trees*, *9*(4), 235–240.

Herms, D. A., & Mattson, W. J. (1992). The dilemma of plants: to grow or defend. *The Quarterly Review of Biology*, *67*(3), 283–335.

Hrazdina, G., Borzell, A., & Robinson, W. (1970). Studies on the Stability of the Anthocyanidin-3, 5-Digucosides. *Am J Enol Vitic. January*, *21*, 201–204. https://www.ajevonline.org/content/21/4/201.short

Huang, X., Cheng, L., Exterkate, R. A. M., Liu, M., Zhou, X., Li, J., & Ten Cate, J. M. (2012). Effect of pH on Galla chinensis extract's stability and anti-caries properties in vitro. *Archives of Oral Biology*, *57*(8), 1093–1099.

Huarancca Huarcaya, E. (2019). *Cinética de la degradación térmica de las antocianinas en extracto de alaybilí (Vaccinium floribundum Kunth) y macha macha (Gaultheria glomerata (Cav.) Sleumer)* [Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac]. http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/748

Ioncheva, N., & Tanchev, S. (1974). Kinetics of thermal degradation of some anthocyanidin-3, 5-diglucosides. *Zeitschrift Für Lebensmittel-Untersuchung Und Forschung*, *155*(5), 257–262.

Kader, F., Rovel, B., Girardin, M., & Metche, M. (1997a). Mechanism of browning in fresh highbush blueberry fruit (Vaccinium corymbosum L). Partial purification and characterisation of blueberry polyphenol oxidase. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *73*(4), 513–516.

Kader, F., Rovel, B., Girardin, M., & Metche, M. (1997b). Mechanism of browning in fresh highbush blueberry fruit (Vaccinium corymbosum L). Role of blueberry polyphenol oxidase, chlorogenic acid and anthocyanins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *74*(1), 31–34.

Kause, A., Ossipov, V., Haukioja, E., Lempa, K., Hanhimäki, S., & Ossipova, S. (1999). Multiplicity of biochemical factors determining quality of growing birch leaves. *Oecologia*, *120*(1), 102–112.

Keith, E. S., & Powers, J. J. (1965). Plant pigments, polarographic measurement and thermal decomposition of anthocyanin compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *13*(6), 577–579.

Liu, S., Xu, Q., Li, X., Wang, Y., Zhu, J., Ning, C., Chang, X., & Meng, X. (2016).

Effects of high hydrostatic pressure on physicochemical properties, enzymes activity, and antioxidant capacities of anthocyanins extracts of wild Lonicera caerulea berry. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *36*, 48–58.

Lukton, A., Chichester, C. O., & Mackinney, G. (1956). The breakdown of strawberry anthocyanin pigment. *Food Technology*, *10*(9), 427–432.

Markaris, P., Livingston, G. E., & Fellers, C. R. (1957). Quantitative Aspects of Strawberry Pigment Degradation A, B. *Journal of Food Science*, *22*(2), 117–130.

Marszałek, K., Krzyżanowska, J., Woźniak, Ł., & Skąpska, S. (2017). Kinetic modelling of polyphenol oxidase, peroxidase, pectin esterase, polygalacturonase, degradation of the main pigments and polyphenols in beetroot juice during high pressure carbon dioxide treatment. *LWT-Food Science and Technology*, *85*, 412–417.

Martín-Gómez, J., Varo, M. Á., Mérida, J., & Serratosa, M. P. (2020). Influence of drying processes on anthocyanin profiles, total phenolic compounds and antioxidant activities of blueberry (Vaccinium corymbosum). *LWT*, *120*, 108931. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108931

Meschter, E. E. (1953). Fruit color loss, effects of carbohydrates and other factors on strawberry products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *1*(8), 574–579.

Noboa Silva, V. F. (2011). *Efecto de seis tipos de Sustratos y tres dosis de Ácido a Neftalenacético en la propagación vegetativo de Mortiño (Vaccinium floribundum Kunth)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Ojasild Ramírez, L. (2009). *Elaboración de néctares de gulupa (Passiflora edulis f. edulis) y curuba (Passiflora mollissima)*. Universidad Nacional de Colombia.

Prencipe, F. P., Bruni, R., Guerrini, A., Rossi, D., Benvenuti, S., & Pellati, F. (2014). Metabolite profiling of polyphenols in Vaccinium berries and determination of their chemopreventive properties. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, *89*, 257–267. https://doi.org/10.1016/j.jpba.2013.11.016

Rhim, J. (2002). Kinetics of Thermal Degradation of Anthocyanin Pigment Solutions Driven from Red Flower Cabbage. *Food Science and Biotechnology*, *11*(4), 361–364. https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE01794003&language=ko_KR

Santhirasegaram, V., Razali, Z., & Somasundram, C. (2013). Effects of thermal treatment and sonication on quality attributes of Chokanan mango (Mangifera indica L.) juice. *Ultrasonics Sonochemistry*, *20*(5), 1276–1282.

Scartezzini, P., Antognoni, F., Raggi, M. A., Poli, F., & Sabbioni, C. (2006). Vitamin C content and antioxidant activity of the fruit and of the Ayurvedic preparation of Emblica officinalis Gaertn. *Journal of Ethnopharmacology*, *104*(1–2), 113–118.

Segal, B., & Negutz, G. (1969). Thermal destruction of keracyanin. *Nahrung*, *13*, 531–535.

Simard, R. E., Bourzeix, M., & Heredia, N. (1981). Factors influencing colour degradation in black currant juice (Ribes nigrum L.). *Sci Aliments*, *1*, 388.

Skrede, G., Wrolstad, R. E., & Durst, R. W. (2000). Changes in anthocyanins and polyphenolics during juice processing of highbush blueberries (Vaccinium corymbosum L.). *Journal of Food Science*, *65*(2), 357–364. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb16007.x

Tanchev, S., & Ioncheva, N. (1976). Products of Thermal Degradation of the Anthocyanins Cyanidin-3-glucoside, Cyanidin-3-rutinoside and Cyanidin-3-sophoroside. *Food/Nahrung*, *20*(10), 889–893.

Thakur, B. R., & Arya, S. S. (1989). Studies on stability of blue grape anthocyanins. *International Journal of Food Science & Technology*, *24*(3), 321–326.

Tinsley, I. J., & Bockian, A. H. (1960). Some effects of sugars on the breakdown of pelargonidin-3-glucoside in model systems at 90° C. *Journal of Food Science*, *25*(2), 161–173.

Torres Núñez, J. M. (2011). *Elaboración del néctar de uvilla physalis peruviana l, utilizando sacarina, dos concentraciones de estabilizante y dos tiempos de pasteurización*. Universidad Técnica del Norte. http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/754.

Tsao, R., & Deng, Z. (2004). Separation procedures for naturally occurring antioxidant phytochemicals. In *Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences* (Vol. 812, Issues 1-2 SPEC. ISS., pp. 85–99). https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2004.09.028

Vasco, C., Riihinen, K., Ruales, J., & Kamal-Eldin, A. (2009a). Phenolic compounds

in Rosaceae fruits from Ecuador. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *57*(4), 1204–1212.

Vasco, C., Riihinen, K., Ruales, J., & Kamal-Eldin, A. (2009b). Chemical composition and phenolic compound profile of mortiño (vaccinium floribundum kunth). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *57*(18), 8274–8281. https://doi.org/10.1021/jf9013586

Wang, S. Y., Chen, H., Camp, M. J., & Ehlenfeldt, M. K. (2012). Flavonoid constituents and their contribution to antioxidant activity in cultivars and hybrids of rabbiteye blueberry (Vaccinium ashei Reade). *Food Chemistry*, *132*(2), 855–864. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.050

Yamaguchi, T., Mizobuchi, T., Kajikawa, R., Kawashima, H., Miyabe, F., Terao, J., Takamura, H., & Matoba, T. (2001). Radical-scavenging activity of vegetables and the effect of cooking on their activity. *Food Science and Technology Research*, *7*(3), 250–257.

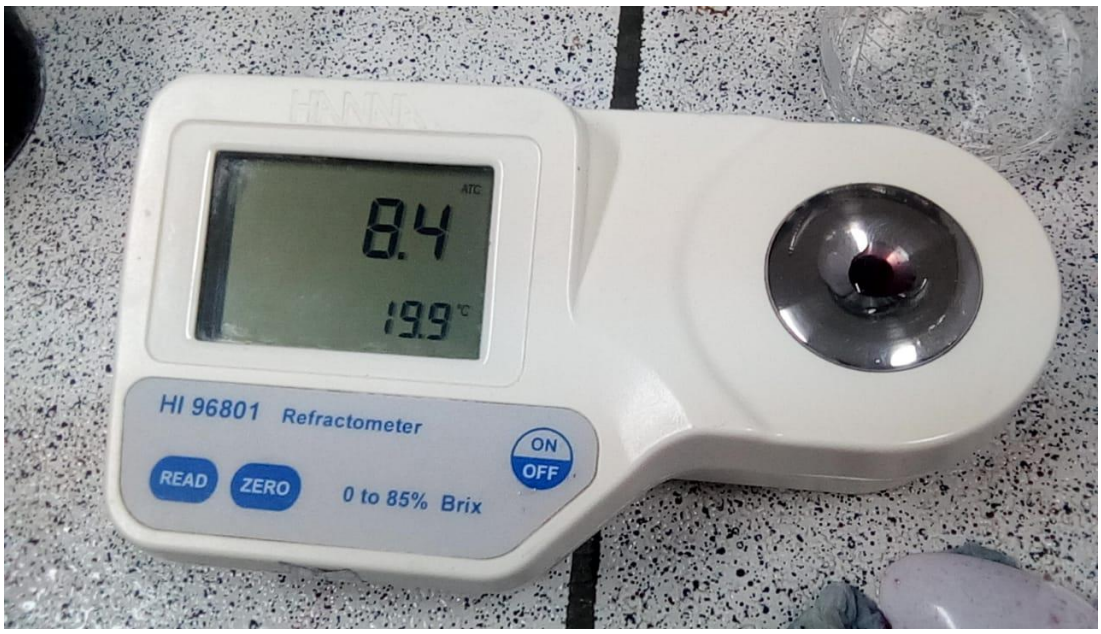
Zafra-Stone, S., Yasmin, T., Bagchi, M., Chatterjee, A., Vinson, J. A., & Bagchi, D. (2007). Berry anthocyanins as novel antioxidants in human health and disease prevention. *Molecular Nutrition and Food Research*, *51*(6), 675–683. https://doi.org/10.1002/mnfr.200700002

Apéndice

Apéndice 1

Testimonio fotográfico

Fotografía 1. Pasteurización en marmita abierta



Fotografía 2. Medida de sólidos solubles en el fruto

Fotografía 3. Recuperación de desechos del pulpeado

Fotografía 4. Preparación de muestra para medida de compuestos bioactivos

Fotografía 5. Producto final envasado

Apéndice2: Matriz de Consistencia

Título: "Efecto del pH, temperatura y tiempo de pasteurización en el contenido de antocianinas, fenoles totales y capacidad antioxidante de una bebida refrescante de macha macha (*Vaccinium floribundum* Kunth)"

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
¿Cuál es el efecto del pH, temperatura y tiempo de pasteurización en el contenido de antocianinas, fenoles totales y capacidad antioxidante de una bebida de macha macha (*Vaccinium floribundum* Kunth)?	**Objetivo General** Evaluar el efecto del pH, temperatura y tiempo de pasteurización en el contenido de antocianinas, fenoles totales y capacidad antioxidante de una bebida de macha macha (*Vaccinium floribundum* Kunth). **Objetivos Específicos** Determinar el efecto del pH, temperatura y tiempo de pasteurización en el contenido de antocianinas de una bebida de macha macha (*Vaccinium floribundum* Kunth). Evaluar el efecto del pH, temperatura y tiempo de pasteurización en la capacidad antioxidante de una bebida de macha macha (*Vaccinium floribundum* Kunth). Evaluar el efecto del pH, temperatura y tiempo de pasteurización en el contenido de fenoles totales de una bebida de macha macha (*Vaccinium floribundum* Kunth).	No existe efecto del pH, temperatura y tiempo de pasteurización en el contenido de antocianinas, fenoles totales y capacidad antioxidante de una bebida refrescante de macha macha (*Vaccinium floribundum* Kunth).	pH de la bebida Tiempo Temperatura Antocianinas Polifenoles Capacidad antioxidante	pH Tiempo Temperatura pH diferencial Tiempo mg Trolox/L

Apéndice 3: Certificado de análisis

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL 02

RESULTADO DE ANÁLISIS

SOLICITANTE : Bach. Domingo Utus Ramires
PRODUCTO DECLARADO : Bebida de Macha Macha
NÚMERO DE MUESTRAS : 16 muestras
MUESTRADO POR : El solicitante
FECHA DE RECEPCIÓN : 03 de Agosto del 2020
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS : 17 de Agosto del 2020
ENSAYO SOLICITADO : Fenoles totales (mg/L)

Muestra	Fenoles totales	Muestra	Fenoles totales
M1	11.42	M5	10,00
M1	9.25	M5	11.60
M2	8.68	M6	6.69
M2	11.89	M6	6.70
M3	11.42	M7	9.72
M3	11.23	M7	9.43
M4	11.04	M8	9.15
M4	8.68	M8	9.53

Método utilizado: Folin-Ciocalteau (Waterhouse, 2001)

N° Registro: 003-2020

Av. Evitamiento Este S/N, Acobamba, Acobamba, Huancavelica – Perú
Celular: 998793955
Email: roberto.chuquilin@unh.edu.pe

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL 02

RESULTADO DE ANÁLISIS

SOLICITANTE : Bach. Domingo Utus Ramires
PRODUCTO DECLARADO : Bebida de Macha Macha
NÚMERO DE MUESTRAS : 16 muestras
MUESTRADO POR : El solicitante
FECHA DE RECEPCIÓN : 03 de Agosto del 2020
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS : 17 de Agosto del 2020
ENSAYO SOLICITADO : Antocianinas totales (mg/L)

Muestra	Antocianina	Muestra	Antocianina
M1	93.79	M5	23.66
M1	97.13	M5	25.37
M2	120.78	M6	97.13
M2	122.12	M6	98.70
M3	41.19	M7	38.96
M3	42.65	M7	40.46
M4	26.99	M8	224.32
M4	28.54	M8	222.66

Método utilizado: pH diferencial (Giusti & Wrolstad, 2005)

N° Registro: 002-2020

Av. Evitamiento Este S/N, Acobamba, Acobamba, Huancavelica – Perú
Celular: 998793955
Email: roberto.chuquilin@unh.edu.pe

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL 02

RESULTADO DE ANÁLISIS

SOLICITANTE : Bach. Domingo Utus Ramires
PRODUCTO DECLARADO : Bebida de Macha Macha
NÚMERO DE MUESTRAS : 16 muestras
MUESTRADO POR : El solicitante
FECHA DE RECEPCIÓN : 03 de Agosto del 2020
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS : 17 de Agosto del 2020
ENSAYO SOLICITADO : Capacidad antioxidante (µmol Trolox/mL)

Muestra	Capacidad antioxidante	Muestra	Capacidad antioxidante
M1	1.56	M5	1.74
M1	1.65	M5	1.45
M2	1.75	M6	2.46
M2	1.64	M6	2.73
M3	1.89	M7	2.05
M3	1.85	M7	1.78
M4	1.97	M8	1.84
M4	1.79	M8	1.82

Método utilizado: DPPH descrito por Scartezzini *et al.* (2006)

N° Registro: 004-2020

Av. Evitamiento Este S/N, Acobamba, Acobamba, Huancavelica – Perú
Celular: 998793955
Email: roberto.chuquilin@unh.edu.pe

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
(Creada por ley N°25265)
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE PROMOCIÓN, DIFUSIÓN Y REPOSITORIO

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Por medio del presente y de acuerdo al siguiente detalle:

- trabajo de investigación titulado:
  "EFECTO DEL PH, TEMPERATURA Y TIEMPO DE PASTEURIZACION EN EL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS, FENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE UNA BEBIDA REFRESCANTE DE MACHA MACHA (*Vaccinium Floribundum Kunth*)"
- Presentado por el autor:
  UTUS RAMIRES, Domingo.
- Docente asesor:
  M.Sc. CHUQUILIN GOICOCHEA, Roberto Carlos.
- Para obtener:
  El Título Profesional de: **ingeniero agroindustrial**

La Unidad de Promoción, Difusión y Repositorio, **certifica que es un trabajo de investigación original** y que no ha sido presentado ni publicado en revistas científicas nacionales e internacionales, ni en sitio o portal electrónico.

Por tanto, en cumplimiento del Art.4° del Reglamento del Software Anti plagio de la Universidad Nacional de Huancavelica, se dictamina que el trabajo de investigación fue analizado por el software anti plagio TURNITIN (realizado por el docente Asesor), se expide el presente.

ORIGINALIDAD	SIMILITUD
84. 0 %	16. 0 %

El Certificado se expide el 25 de noviembre del año 2022.

DR. ESPINOZA QUISPE CARLOS ENRIQUE
JEFE(E) UNIDAD DE PROMOCIÓN, DIFUSIÓN Y REPOSITORIO

N° 498-2022