

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

AGROINDUSTRIAL



TESIS

**“EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINA Y
SUS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA PULPA
CONCENTRADA DE ARÁNDANO SILVESTRE”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

PRESENTADO POR:

Bach. Yeni Liz CUTTI TAIPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

HUANCABELICA, PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



ACTA DE APROBACIÓN PARA SUSTENTACIÓN

En la Ciudad de Universitaria “Común Era”; auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Huancavelica, a los 18 días del mes de julio del año 2019, a horas 3:00 pm, se reunieron; el jurado calificador, conformando de la siguiente manera:

PRESIDENTE : M. Sc. Roberto Carlos CHUQUILIN GOICOCHEA
SECRETARIO : Mtro. Franklin ORE ARECHE
VOCAL : Mtro. Miguel Ángel CASTRO MATTOS
ACCESITARIO : Mtro. Milthon MORALES MIRANDA

Designados con resolución N° 190 – 2019-D-FCA-UNH; del proyecto de investigación, titulado; **“EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINA Y SUS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA PULPA CONCENTRADA DE ARÁNDANO SILVESTRE”**. Cuyo autor es el graduado:

BACHILLER: Yeni Liz, CUTTI TAIPE

ASESOR POR: Mtro. Alfonso RUÍZ RODRIGUEZ

A fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación del: proyecto de investigación, antes citado.

Finalizando la evaluación; se invitó al público presente y al sustentante abandonar el recinto; y, luego de una amplia deliberación por parte del jurado, se llegó al siguiente resultado:

APROBADO



POR... MAYORIA

DESAPROBADO

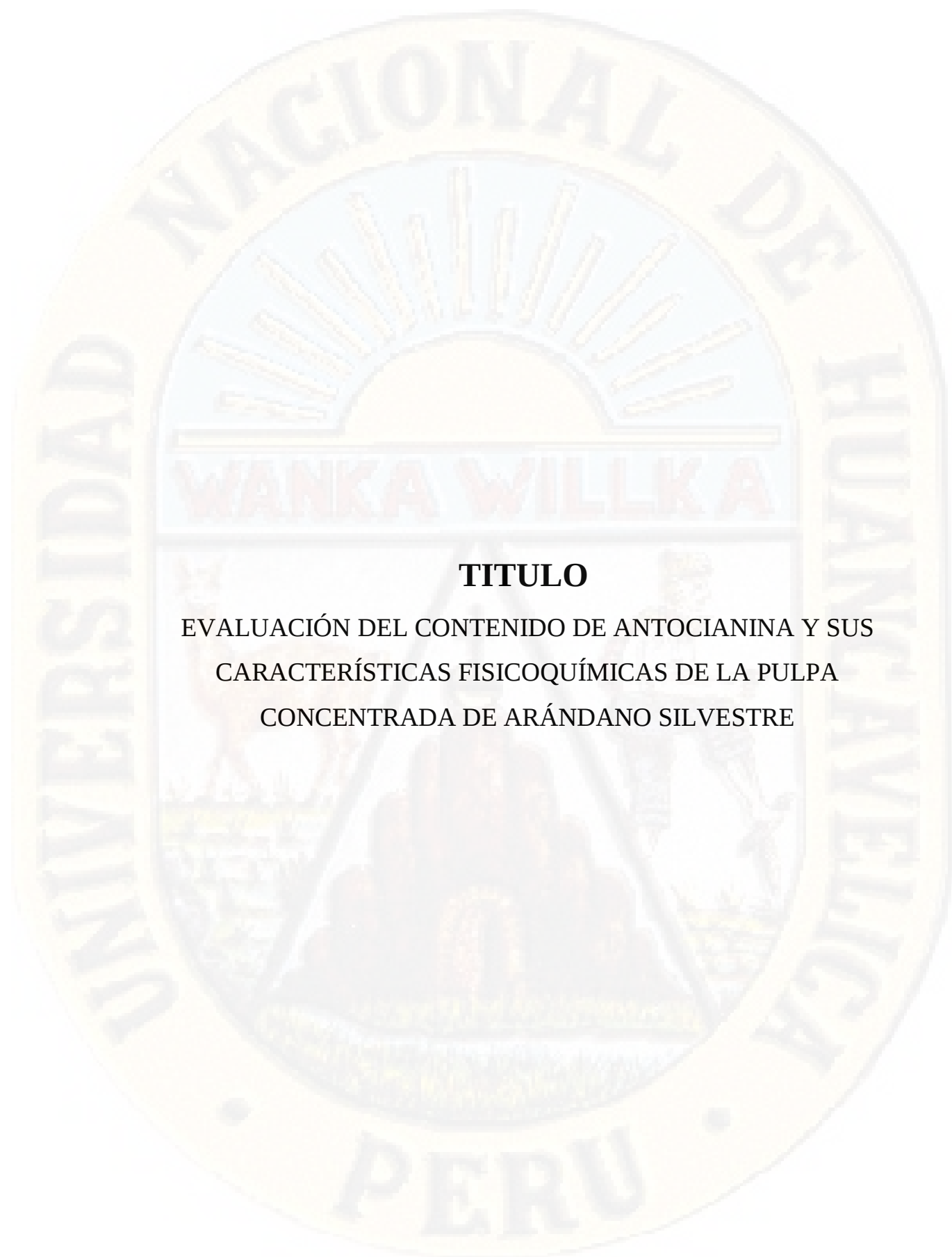


En conformidad a lo actuado firmamos al pie.
El título fue modificado

M. Sc. Roberto Carlos CHUQUILIN GOICOCHEA
PRESIDENTE

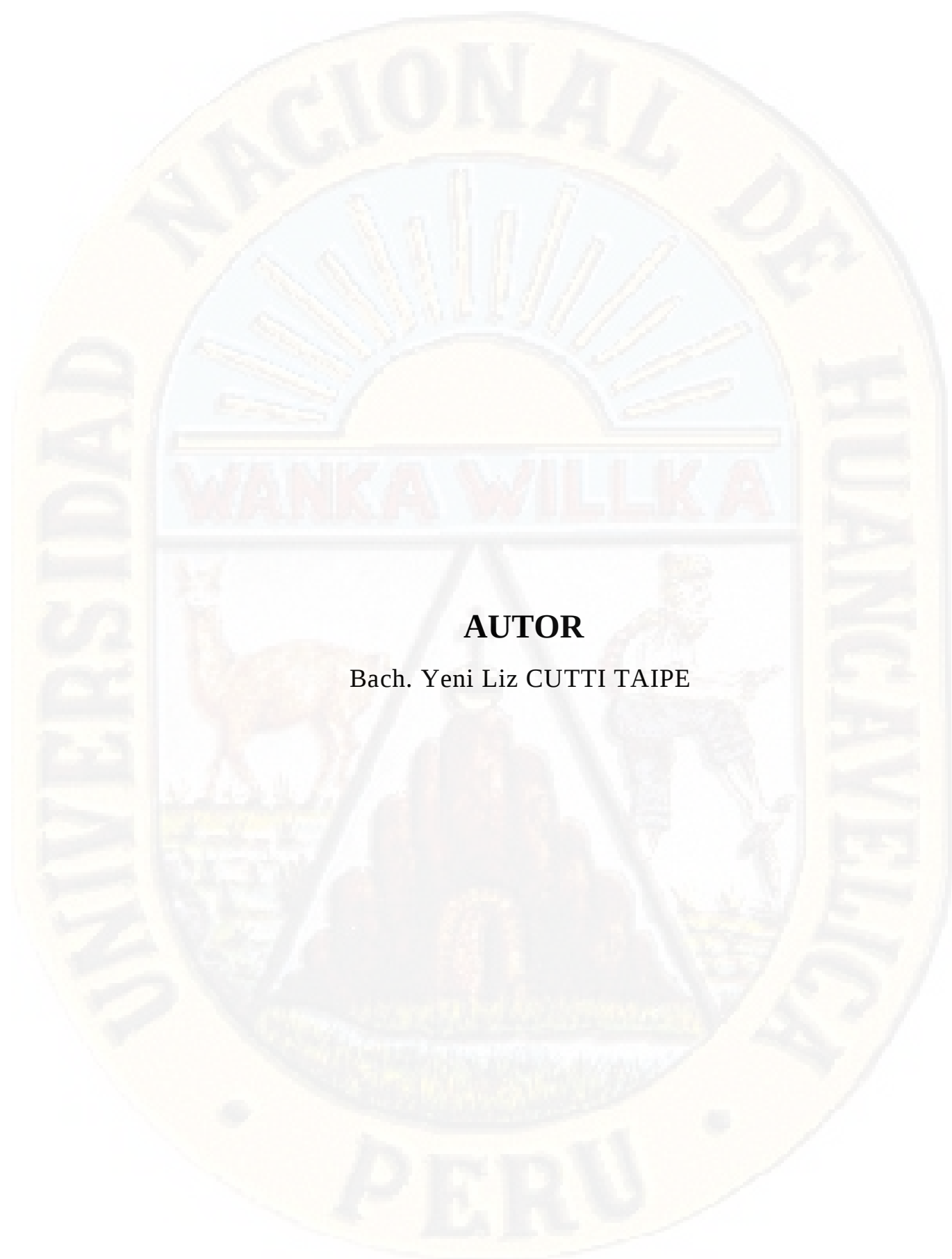
Mtro. Milthon MORALES MIRANDA
ACCESITARIO

Mtro. Miguel Ángel CASTRO MATTOS
VOCAL



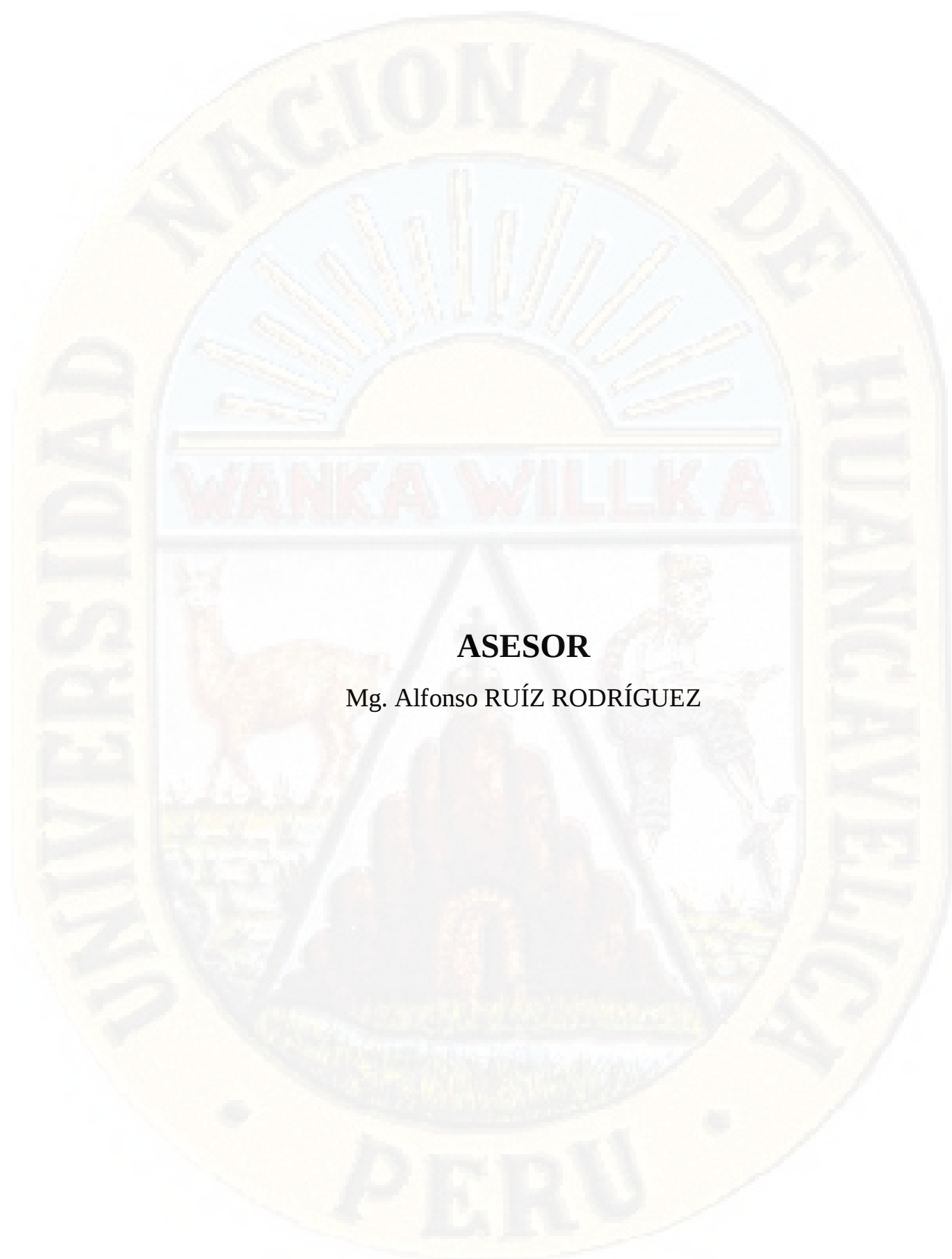
TITULO

**EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINA Y SUS
CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA PULPA
CONCENTRADA DE ARÁNDANO SILVESTRE**



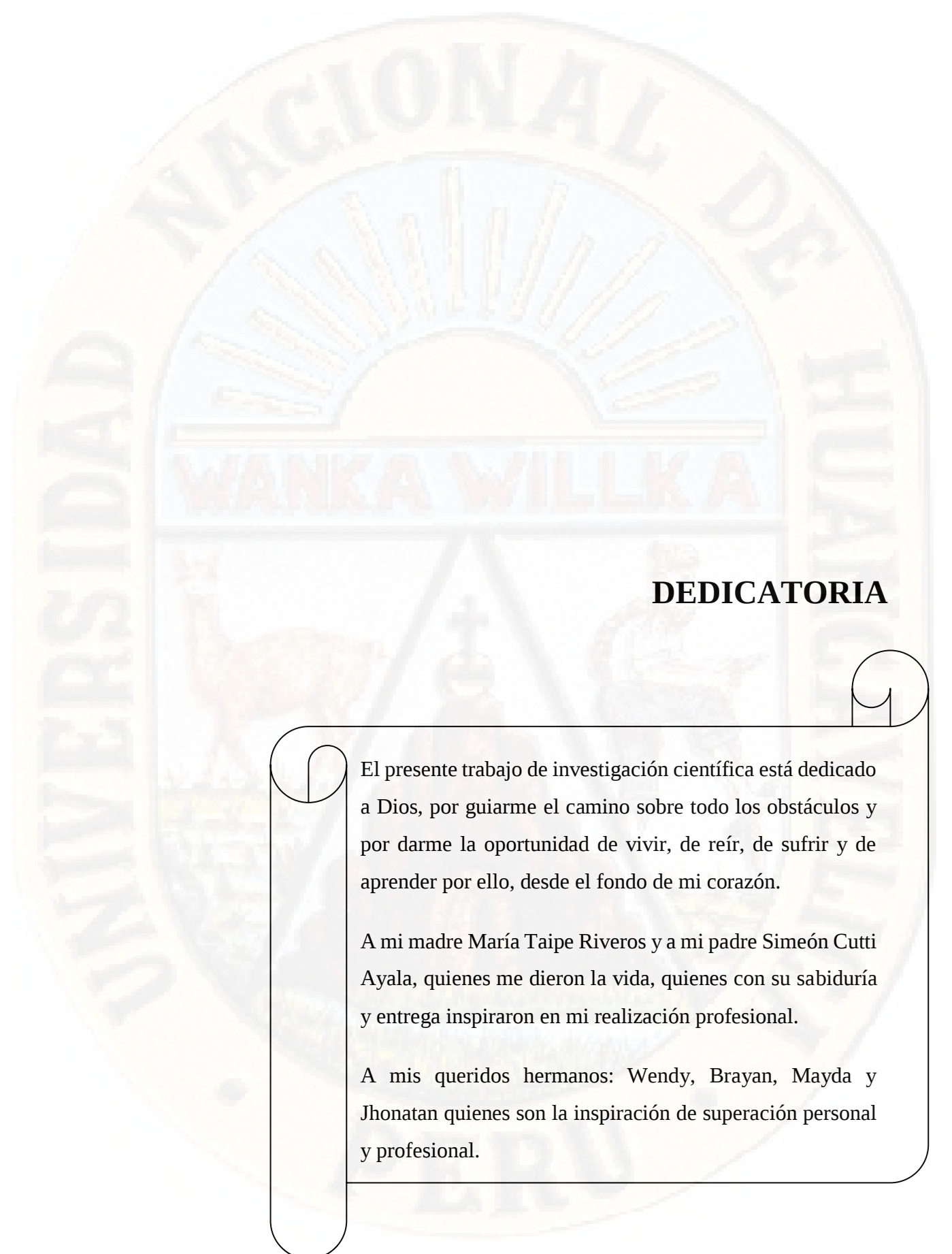
AUTOR

Bach. Yeni Liz CUTTI TAIPE



ASESOR

Mg. Alfonso RUÍZ RODRÍGUEZ



DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación científica está dedicado a Dios, por guiarme el camino sobre todo los obstáculos y por darme la oportunidad de vivir, de reír, de sufrir y de aprender por ello, desde el fondo de mi corazón.

A mi madre María Taipe Riveros y a mi padre Simeón Cutti Ayala, quienes me dieron la vida, quienes con su sabiduría y entrega inspiraron en mi realización profesional.

A mis queridos hermanos: Wendy, Brayan, Mayda y Jhonatan quienes son la inspiración de superación personal y profesional.

ÍNDICE

TITULO	ii
AUTOR.....	iii
ASESOR	iv
DEDICATORIA	v
INDICE DE TABLA.....	viii
INDICE DE APENDICE	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción del problema.....	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. Objetivo General	2
1.3.2. Objetivos Específicos.....	2
1.4. Justificación	2
1.5. Limitaciones	3
CAPÍTULO II	4
MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Antecedentes.....	4
2.2. Bases teóricas	12
2.3. Bases conceptuales	20
2.4. Hipótesis	25

2.5. Definición de términos	25
2.6. Operacionalización de variables	27
CAPÍTULO III.....	28
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	28
3.1. Ámbito temporal y espacial.....	28
3.2. Tipo de investigación.....	28
3.3. nivel de Investigación.....	28
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.....	33
CAPÍTULO IV.....	34
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	34
4.1. Análisis de información	34
4.2. Prueba de hipótesis.....	40
4.3. Discusión de resultados	41
CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES	46
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
Apéndice	57

INDICE DE TABLA

TABLA	pág.
Tabla 1	Presencia de antocianinas en algunas frutas y verduras:..... 16
Tabla 2	Las antocianinas..... 23
Tabla 3	Definición operativa de variables..... 27
Tabla 4	Diseño experimental..... 29
Tabla 5	Corridas experimentales que se darán para el experimento..... 29
Tabla 6	Composición química proximal del fruto de arándano silvestre..... 34
Tabla 7	Análisis de varianza del contenido de antocianinas monoméricas..... 40
Tabla 8	Coeficientes del modelo de regresión..... 40
Tabla 9	Análisis de varianza de los sólidos solubles (°Bx)..... 41
Tabla 10	Coeficientes del modelo de regresión de los sólidos solubles (°Bx).... 41
Tabla 11	Resultados de contenido en antocianinas monoméricas..... 57
Tabla 12	Datos experimentales para el tratamiento de 85 °C y 50 min..... 57
	Datos experimentales de la cinética de reacción para el tratamiento de
Tabla 13	85 °C y 50 min..... 58
Tabla 14	Datos experimentales para el tratamiento de 80 °C y 95 min..... 58
	Datos experimentales de la cinética de reacción para el tratamiento de
Tabla 15	80 °C y 95 min..... 59
Tabla 16	Datos experimentales para el tratamiento de 85 °C y 95 min..... 60
	Datos experimentales de la cinética de reacción para el tratamiento de
Tabla 17	85 °C y 95 min..... 60
Tabla 18	Datos experimentales para el tratamiento de 80 °C y 50 min..... 61
Tabla 19	Datos experimentales de la cinética de reacción para el tratamiento de
	80 °C y 50 min..... 62

INDICE DE FIGURA

Figura.		pág.
	Posible mecanismo de degradación térmica de dos antocianinas	
Figura 1	comunes.....	19
Figura 2	Estructura básica de las antocianinas.....	23
	Estructura de los monosacáridos más comunes encontrados en las	
Figura 3	estructuras de las antocianinas.....	24
	Diagrama de flujo de obtención de pulpa concentrada de arándano	
Figura 4	silvestre.....	30
Figura 5	Gráfico de efectos principales de contenido de antocianinas totales.	35
	Gráfico de interacciones de factores para contenido de antocianinas	
Figura 6	totales.....	35
	Gráfico de Pareto para efectos estandarizados de contenido de	
Figura 7	antocianinas totales. A: temperatura, B: tiempo.....	36
	Gráfico contornos para el contenido de antocianinas totales versus	
Figura 8	temperatura y tiempo de concentración.....	36
	Gráfico optimizador de respuesta para el contenido de antocianinas	
Figura 9	totales.	37
Figura 10	Gráfico de efectos principales para sólidos solubles (°Bx).....	37
Figura 11	Gráfico de interacciones de factores de sólidos solubles (°Bx).....	38
	Gráfico de Pareto para efectos estandarizados de sólidos solubles	
Figura 12	(°Bx). A: temperatura, B: tiempo.....	38
	Gráfico contornos para sólidos solubles (°Bx) versus temperatura y	
Figura 13	tiempo de concentración.....	39
Figura 14	Gráfico optimizador de respuesta para sólidos solubles (°Bx).....	39

INDICE DE APENDICE

Figura	pág.
Apendice 1 Resultados experimentales.....	57
Apendice 2 Analisis de taxonomia.....	63
Apendice 3 Analisis fisicoquímico.....	64
Apendice 4 Analisis de solidos solubles.....	65
Apendice 5 Analisis de antocianina.....	66
Apendice 6 Testimonio fotográfico.....	67

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se evaluó el efecto de la temperatura y tiempo en el contenido de antocianinas y características fisicoquímicas de la pulpa concentrada de arándano. Se empleó un diseño factorial completo 2^2 con tres repeticiones. El contenido de antocianinas se determinó con el método pH diferencial y los sólidos solubles con refractometría. Se determinó la composición fisicoquímica del fruto y su clasificación taxonómica, siendo esta última *Disterigma empetrifolium* (Kunth) Dudre. Hubo efecto significativo y negativo en el contenido de antocianina y positivo en el contenido en sólidos solubles de la pulpa concentrada de arándano silvestre, tanto por el factor temperatura y tiempo de concentración. La interacción del tiempo y temperatura no tuvo efecto significativo en el contenido de antocianina y sólidos solubles de la pulpa concentrada de arándano silvestre. Se determinó que, una temperatura de 85 °C y 30 minutos permite concentrar la pulpa a 15 °Brix de acuerdo a la norma Codex.

Palabras clave: Pulpa concentrada, antocianina, sólidos solubles, *Disterigma empetrifolium* (Kunth) Dudre.

ABSTRACT

In the present work of investigation, the effect of the temperature and time in the content of anthocyanins and physicochemical characteristics of the concentrated pulp of cranberry was evaluated. A complete factorial design 22 with three repetitions was used. The anthocyanin content was determined with the differential pH method and the soluble solids with refractometry. The physicochemical composition of the fruit and its taxonomic classification were determined, the latter being *Disterigma empetrifolium* (Kunth) Dudre. There was significant and negative effect on the anthocyanin content and positive on the soluble solids content of the wild blueberry concentrated pulp, both by the factor temperature and time of concentration. The interaction of time and temperature had no significant effect on the content of anthocyanin and soluble solids of the concentrated blueberry flesh. It was determined that, a temperature of 85 ° C and 30 minutes allows to concentrate the pulp at 15 ° Brix according to the Codex standard.

Keywords: Concentrated pulp, anthocyanin, soluble solids, *Disterigma empetrifolium* (Kunth) Dudre.

INTRODUCCIÓN

El arándano silvestre conocida como Awilancancha es un fruto que crece en climas templados, como en el departamento de Huancavelica, sobre todo en el distrito de Secclla. Es un fruto silvestre poco utilizado, pero bastante apreciado por su atractivo color, aroma y sabor además por sus propiedades antioxidantes. El propósito de esta investigación fue obtener un producto concentrado que preserve los compuestos fitoquímicos al terminar las etapas de procesamiento. Para ello se obtuvo una pulpa concentrada que fue evaluada para determinar la cantidad de antocianinas y sólidos solubles. En la actualidad hay escasos reportes de la actividad antioxidantes que presentan los polifenoles en la pulpa concentrada de arándano silvestre, lo cual conllevó a realizar esta investigación teniendo como objetivo el efecto de la temperatura y tiempo de concentración en el contenido de antocianinas y sólidos solubles de la pulpa de arándano silvestre. Los hallazgos de la presente investigación develarán bases teóricas desconocidas y dará pie a más investigaciones sobre este fruto silvestre y desconocido.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.Descripción del problema

Hoy en día en el Perú y sus departamentos como Huancavelica, este producto andino considerado como planta silvestre arándano, se encuentra en pequeñas parcelas del ande peruano, lamentablemente desaprovechados por la población que viven en el entorno por el simple hecho de no tener conocimiento de las propiedades nutricionales y medicinales que brinda el producto. Pero en la realidad la población no lo sabe aprovechar de manera correcta y valoran poca importancia a estos productos. En la actualidad los alimentos naturales se presentan como una posible solución a la actual carencia nutricional, ocasionada por una pobre alimentación o por una mala alimentación y los efectos benéficos que presentan en la salud. El consumo de dietas ricas en este tipo de alimentos, generalmente son vegetales, han sido atribuidos principalmente a compuestos bioactivos antioxidantes como: compuestos fenólicos, vitaminas, antocianinas, antioxidantes y carotenoides presentes en estos productos. Para dar una alternativa de solución a este problema muy común nace la iniciativa de investigar las propiedades que contiene este fruto, como los antioxidantes y algunos polifenoles, y dar el uso correcto a estos productos transformando en un producto agroindustrial así aprovechar las propiedades que poseen. El lugar de producción silvestre de awilancancha del que se ha obtenido se conoce como centro poblado de Tranca, distrito de Seclla, provincia de Angaraes y región Huancavelica. El aprovechamiento agroindustrial de este fruto podría mejorar los ingresos de los pobladores de esta zona, y demás aledañas.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál será el efecto del tiempo y temperatura del contenido de antocianina y sus características fisicoquímicas de la pulpa concentrada de arándano silvestre?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar el efecto del tiempo y temperatura del contenido de antocianina y sus características fisicoquímicas de la pulpa concentrada de arándano silvestre.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar el efecto del tiempo en el contenido de antocianina y características fisicoquímicas de la pulpa concentrada de arándano silvestre.
- Determinar el efecto de la temperatura en el contenido de antocianina y características fisicoquímicas de la pulpa concentrada de arándano silvestre.
- Determinar el efecto de la interacción del tiempo y temperatura en el contenido de antocianina y características fisicoquímicas de la pulpa concentrada de arándano silvestre.
- Clasificar taxonómicamente el arándano silvestre.

1.4. Justificación

En la sierra central tenemos los frutos como el arándano silvestre o awilancancha, que tiene un potencial agroindustrial debido a sus bondades, como son los antioxidantes y las antocianinas que son de gran importancia para combatir la oxidación de las células causante de Stress oxidativo, enfermedades cardiovasculares, cáncer y problemas de enfermedades crónicas de esta época. Los antioxidantes y las antocianinas sirven para la prevención de diversas enfermedades causadas por la degeneración de tejidos debida al oxígeno altamente reactivo, los radicales libres y los componentes tóxicos del medio, que causan daños en los vasos sanguíneos y en las células nerviosas. El consumo de dietas

ricas en este tipo de alimentos, que generalmente son vegetales, porque se le han atribuido compuestos bioactivos antioxidantes como vitaminas, carotenoides, antocianinas presentes en estos alimentos y el arándano. Esta investigación ampara se justifica científicamente en el desconocimiento del efecto del tiempo y temperatura en el contenido de antocianina y sus características fisicoquímicas de la pulpa concentrada de arándano silvestre. Su justificación práctica se encuentre en los efectos benéficos, que se han atribuido a la propiedad fisicoquímica de las antocianinas a través de la desactivación de los radicales libres, otorgándole propiedades nutritivas y curativas, que convierte al arándano silvestre en una alternativa para contrarrestar las enfermedades que son comunes en los departamentos andinos y sus comunidades como Huancavelica. La justificación social no está demás, resaltarla pues esta investigación tiene la iniciativa ofrecer una alternativa de solución a esta realidad de darle uso apropiado a este fruto, convertir en un producto agroindustrial como nutraceuticos, funcionales, por las bondades que posee, generando un valor agregado que impactaría en el desarrollo económico y social de la región.

1.5.Limitaciones

La presente investigación se limita a los siguientes aspectos:

- a) Reporta esencialmente datos de concentración de pulpa, como son: fisicoquímicos, composición y otros.
- b) Los resultados se limitan al ámbito espacial del estudio.
- c) Aquellos aspectos que no se reportan ni discuten serán puestos en la sección de recomendaciones.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

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

Los productos de panadería con rellenos de fruta están creciendo rápidamente. Los pasteles rellenos de arándanos son ampliamente consumidos en China. Este estudio tuvo como objetivo investigar los efectos de dos procedimientos de procesamiento térmico (freír y hornear) sobre el perfil de los flavonoides, las propiedades antioxidantes y la formación de hidroximetilfurfural (HMF) durante la preparación de pasteles rellenos de arándanos. La fritura fue la que más contribuyó a las variaciones en estos valores en el llenado de arándanos. Las antocianinas (48% - 53% de reducción en total) fueron más susceptibles al procesamiento térmico que los flavonoles (11% -16%). Entre las antocianinas, los glucósidos de delfinidina (61% a 67% de reducción) fueron los más inestables, seguidos de malvidina (52% a 58%), petunidina (40% a 45%) y cianidina (38% a 41%). Se formó un alto nivel de HMF (300 mg / kg) durante la agitación. Excepto por las antocianinas, la cocción no influyó significativamente en la formación de HMF, la degradación del flavonol y la propiedad antioxidante en los rellenos. Las condiciones de procesamiento de freír en lugar de hornear deben investigarse más para la retención de nutrientes y la inhibición de HMF (Yang, y otros, 2019).

Chávez-Tapia, y otros (2016) evaluaron la calidad y la estabilidad de los purés de guayaba concentrados preparados al vacío (345,23 kPa a 45 ° C, 50 ° C y 55 ° C, 30 min), añadidos con extracto de Hibiscus sabdariffa y stevia o glucosa, durante el almacenamiento refrigerado (6 meses a 10 °C). Midieron las propiedades físico-químicas, la composición química, las propiedades microbiológicas y sensoriales,

los contenidos de compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante. Observaron un efecto significativo ($p < 0,05$) de la concentración de vacío. Los purés de control tuvieron una baja calidad sensorial en comparación con los purés concentrados bajo presión de vacío reducida. En estos purés, la adición de extracto de Hibiscus sabdariffa proporcionó un atractivo color rojo que contiene 1,15 – 1,31 g·kg⁻¹ de antocianinas. Los purés eran ricos en fibra dietética total, tenían contenidos de vitamina C de 1,39 g·kg⁻¹ a 1,63 g·kg⁻¹, y contenían polifenoles solubles totales de 4,10 g·kg⁻¹ a 7,02 g·kg⁻¹ independientemente de la concentración. La temperatura, por lo tanto la capacidad antioxidante por el método 2-difenil-1-picrihidrazilo fue de 151,45 a 183,01 $\mu\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ (expresada como equivalentes de Trolox). El almacenamiento causó ligeros cambios en los parámetros de composición físico-química y química en todos los purés. Los purés fueron microbiológicamente estables, sensoriales aceptables y se registró una alta capacidad antioxidante durante el almacenamiento. La combinación de pulpa de guayaba y extracto de Hibiscus sabdariffa para preparar purés concentrados a presión reducida al vacío tiene propiedades fitoquímicas muy prometedoras e interesantes, y son fuente de fibra dietética y polifenoles.

Herrera Quiñones & Rodríguez Castillo (2016) evaluaron del extracto de flavonoles y antocianinas contenidos en el agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) obtenidos a nivel laboratorio por medio de los métodos de extracción por solventes y extracción asistida por microondas. “Los flavonoides son pigmentos naturales presentes en los vegetales y que protegen al organismo del daño producido por agentes oxidantes, como los rayos ultravioletas, la polución ambiental y sustancias químicas presentes en los alimentos”. Además, contienen excelentes propiedades de quelación del hierro y otros metales de transición, lo que les confiere una gran capacidad antioxidante. Los flavonoles y antocianinas hacen parte de ellos, asimismo se encuentran presentes en el agraz. Inicialmente a partir de bibliografía de especies del género *Vaccinium* a los cuales se les realizaron procedimientos similares, se determinaron las condiciones iniciales y preparación de la muestra, definiendo propiedades como pH de 2.1, temperatura de secado de 40°C y liofilizado del fruto de -86°C a -55°C y una temperatura constante en las bandejas

de 25°C y el tipo de solvente a utilizar de acuerdo a la aplicación que se le quiera dar, en este caso etanol debido a que no es toxico y tiene alta polaridad.

Nowicka & Wojdyło (2015) describieron un perfil fitoquímico, incluidos los compuestos fenólicos, la capacidad antioxidante, el color y los atributos de calidad sensorial (color, aroma, consistencia, intensidad de dulzor y deseabilidad) de un puré de cereza (SCP) complementado con diferentes edulcorantes naturales. La suplementación de SCP con los edulcorantes solo afectó levemente el contenido de polifenoles, que fue de un 9% (SCP con glicósidos de esteviol) a un 26% (SCP con eritritol) más bajo que en el SCP puro. Además, los productos con edulcorantes naturales se caracterizaron por la actividad antioxidante más baja que la muestra de SCP, especialmente en SCP con eritritol y xilitol. Además de tener un alto contenido de polifenoles y una alta actividad antioxidante, estos productos también eran atractivos para los consumidores, especialmente cuando se suplementaban con xilitol, azúcar de palma o sacarosa, pero no con la fruta Luo Han Kuo, que se consideró inaceptable. Los resultados mostraron que la mayoría de los SCP obtenidos tenían propiedades fitoquímicas y perfiles sensoriales muy prometedores e interesantes.

Zapata, y otros (2014) investigó la influencia de variables del proceso de extracción sólido-líquido de antocianinas de arándanos. Así, se obtuvo una combinación de variables que maximizó su recuperación: etanol acidificado con ácido cítrico al 1% como solvente de extracción, proporción materia prima/solvente 1:3 kg/kg, temperatura 36 ± 1 °C y tiempo de extracción 2 h. A partir de la caracterización del extracto obtenido se obtuvo que la concentración de antocianinas totales fue de $879,0 \pm 12,9$ mg cianidina-3-glucósido/100 mL, el contenido de fenoles totales de 1424 ± 67 mg GAE/100 mL y la actividad antioxidante de 5730 ± 103 y 4872 ± 124 mg EAA/100 mL, medidos por los métodos ABTS y DPPH, respectivamente.

Watanabe, Yoshimoto, Okada, & Nomura (2011) examinaron los efectos sobre la estabilidad de las antocianinas y el color de la mermelada de fresa impregnada con sacarosa. La cantidad de sacarosa en la fresa impregnada dependía de la

concentración de la solución de sacarosa y del tiempo de operación para la impregnación. En comparación con solo la adición de sacarosa a la preparación de mermelada, la impregnación de fresa antes de la preparación de mermelada estabilizó las antocianinas en la mermelada. La capacidad antioxidante de la mermelada de fresa se correlacionó con la cantidad de antocianina. Además, se estimaron las constantes de velocidad del modelo de Weibull para la degradación de las antocianinas y el deterioro cromático del atasco, y se encontró que la relación entre las dos constantes de velocidad era casi lineal. Se demostró que la impregnación de fresa con sacarosa fue eficaz para mejorar las funciones, como la actividad antioxidante y el color de su mermelada.

Ahmed, Shivhare, & Raghavan (2004) estudiaron la cinética de degradación térmica de la antocianina y el color visual (valores triestímulo L, a y b) del puré de ciruela se a temperaturas seleccionadas (50 – 90 °C) durante un tiempo de residencia de 20 min. Los resultados indicaron que la degradación térmica de la antocianina, el color triestímulo de un valor (que representa el enrojecimiento) y el valor de $L \times a \times b$ (que representa el color total) seguido de cinética de reacción de primer orden. Los valores de energía de activación para antocianina, color rojo y color total fueron 37,48, 25,86 y 30,68 kJ / mol respectivamente. Una mayor energía de activación significó una mayor sensibilidad térmica de la antocianina durante el procesamiento térmico del puré de ciruela. Una relación lineal describió bien la variación del color visual total ($L \times a \times b$) con el contenido de antocianina del puré de ciruela durante el procesamiento térmico.

Kim & Padilla-Zakour (2004) analizaron cuatro cultivares de guindas (Balaton, Karneol, Kroeker y Northstar), 2 cultivares de ciruelas (POR 8158.50 y Methley), y 1 cv de frambuesa roja en busca de fenólicos totales, capacidad antioxidante y antocianinas totales antes y después de la producción de mermeladas para evaluar sus cambios después del procesamiento térmico. Las frutas tenían fenólicos totales que variaban de 245,7 a 398,5 mg de equivalente de ácido gálico (GAE) / 100 g. La capacidad antioxidante de las frutas varió de 354,8 a 692,3 mg / 100 g, expresada como capacidad antioxidante equivalente de vitamina C (VCEAC). Las

antocianinas totales de frutas oscilaron entre 30,9 y 67,1 mg de cianidina 3-glucósido equivalente (CGE) / 100 g. En 100 g de mermelada, los fenólicos totales variaron de 132,9 a 218,9 mg de GAE, mientras que la capacidad antioxidante varió de 205,6 a 373,5 mg / 100 g de VCEAC. Las mermeladas tenían antocianinas totales de 5,4 a 30,4 mg CGE / 100 g. Sobre la base de fruta fresca (100 g), el procesamiento y calentamiento durante la elaboración de mermeladas generalmente disminuyeron los contenidos de fenólicos totales, VCEAC y antocianinas totales. Las mayores pérdidas se produjeron en el contenido de antocianinas, donde la retención general varió de 89% a 21%. El análisis por HPLC de antocianinas individuales de cherry cv. Balaton a su mermelada mostró que el procesamiento causó una disminución del 90% en antocianinas. Los resultados indicaron que más del 73% de fenólicos totales y más del 65% de la capacidad antioxidante se conservaron después de procesar las frutas en mermeladas. La optimización del procesamiento de alimentos ayudaría a conservar los compuestos fenólicos bioactivos en las frutas.

Cemeroglu, Vueoglu, & Isik (1994) determinaron los efectos de la temperatura y los sólidos solubles en la degradación de las antocianinas en el concentrado de cereza amarga en los rangos de temperatura (-18 a 37) °C y 50 a 80 ° C. La degradación de la antocianina podría modelarse como una reacción de velocidad de primer orden, con tasas de $33,97 \times 10^3 \text{ h}^{-1}$ (15 °Brix), $59,19 \times 10^3 \text{ h}^{-1}$ (45 °Brix) y $97,14 \times 10^3 \text{ h}^{-1}$ (71 °Brix) a 80 °C. La dependencia de la temperatura de la reacción fue descrita por la relación de Arrhenius. La energía de activación para un contenido de sólidos de °Brix 15 – 71 osciló entre 16,37 – 19,14 kcal.mol⁻¹ con un promedio de 17,45 kcal.mol⁻¹.

La clasificación taxonómica realizada en la presente investigación revela que la especie a la que pertenece el arándano silvestre es: *Disterigma empetrifolium* (Kunth) Dudre. A continuación se citarán todos trabajos relacionados a este especie o su género en especial, evidenciando que, este trabajo es completamente nuevo y original.

Los páramos son ecosistemas andinos de gran altitud en América del Sur tropical. Se consideran "fábricas de agua" porque proporcionan agua a 100 millones de personas en los Andes. Su extraordinaria capacidad para regular el agua depende de un suelo específico

características, tales como altas tasas de infiltración, alta porosidad, alto contenido de materia orgánica (OM) y baja densidad aparente. Sin embargo, los cambios en la cobertura de tierras nativas para actividades agrícolas representan una amenaza para su eficiencia en el almacenamiento y regulación de los flujos de agua. Durante un estudio de un año, medimos las tasas de infiltración, OM, carbono orgánico (OC), nitrógeno total (TN), densidad aparente del suelo (SBD) y contenido de agua relativa (RWC) en tres coberturas nativas de la tierra (arbustos no manejados [*Diplostephium* sp], plantas de cojín [*Disterigma empetrifolium*], y pasto tussock [*Calamagrostis effusa*] y tres usos de la tierra (pastos, pasto, papa [*Solanum tuberosum*] y arbustos manejados [ceras vivas]) en dos cuencas en Paramo Paja Blanca en Colombia. Los tres usos de la tierra se cambiaron de las cubiertas de tierras nativas en 1985. Los suelos bajo pastos de ganado mostraron los daños más críticos, como la compactación y el agotamiento de OM, OC y TN, con valores peores que los reportados en publicaciones anteriores. En comparación con las cubiertas terrestres nativas, los usos de la tierra mostraron en promedio 10 veces menores tasas de infiltración; tres veces menor OM, OC y N total; RWC dos veces más bajo; y un 18% más de SBD. Los suelos bajo cultivos de papa no mostraron tasas de infiltración diferentes de las cubiertas de tierras nativas, que es un artefacto causado por el aumento de la porosidad y el aumento en el movimiento vertical del agua por la labranza. Sin embargo, mostraron una menor SBD, OC, OM y TN, y una menor capacidad de almacenamiento de agua. Estos resultados señalan la asociación entre la cobertura de la tierra y el uso de la tierra con las propiedades del suelo y las tasas de infiltración, como se ha sugerido en estudios previos realizados en Paramos. La interacción entre la cubierta vegetal y el estado físico-químico del suelo debe considerarse para el manejo de la tierra y la restauración ecológica en Paja Blanca (Benavides, y otros, 2018).

Hay muchos arándanos neotropicales, y estudios recientes han demostrado que algunos tienen una actividad antioxidante aún más fuerte que los conocidos arándanos norteamericanos comestibles. Los compuestos marcadores antioxidantes se predijeron mediante la aplicación de estadísticas multivariadas a los datos del análisis LC-TOF-MS y los ensayos de antioxidantes de 3 de América del Norte especies de arándanos (*Vaccinium corymbosum*, *Vaccinium angustifolium*, y una mezcla definida de *Vaccinium virgatum* con *V. corymbosum*) y 12 especies de arándanos neotropicales (*Anthopterus wardii*, *Cavendishia grandusolias* de las partes de las partes de la piel), *Satyria boliviana*, *Sphyrropermum buxifolium*, *Sphyrropermum cordifolium*, y *Sphyrropermum ellipticum*). Se detectaron catorce marcadores antioxidantes, y se identificaron 12 de estos, incluidos 7 antocianinas, 3 flavonoles, 1 ácido hidroxicinámico y 1 glucósido iridoide. Esta aplicación del análisis multivariado a la bioactividad y los datos de masa puede usarse para la identificación de productos naturales farmacológicamente activos y puede ayudar a determinar qué especies de arándanos neotropicales se priorizarán para el desarrollo agrícola. Además, las diferencias de composición entre los arándanos norteamericanos y neotropicales se determinaron mediante análisis quimiométrico, y se identificaron 44 compuestos marcadores que incluyen 16 antocianinas, 15 flavonoides, 7 derivados del ácido hidroxicinámico, 5 glicósidos de triterpeno y 1 glicósido de iridoide (Ma, y otros, 2013).

Vaccinium floribundum Kunth y *Disterigma alaternoides* (Kunth) Niedenzu son dos especies frutales de la familia Ericaceae, nativas del bosque andino. Dado el muy escaso conocimiento divulgado sobre su ecofisiología, no se conoce como propagar estas plantas, lo que limita la posibilidad de introducirlas como cultivo comercial. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el potencial de enraizamiento de las estacas jóvenes y semileñosas de *V. floribundum* y *D. alaternoides* utilizando 50-400 mg L⁻¹ del ácido naftalenacético (ANA) y del ácido indolbutírico (AIB) como hormonas enraizadoras en un sustrato orgánico-mineral. Las estacas jóvenes provenientes de primordios apicales de la rama tuvieron hasta 47,0% de enraizamiento en *V. floribundum* y hasta 77,2% en *D.*

alaternoides al día 60, mientras que estacas semileñosas provenientes del tercio medio de la rama presentaron más bajas tasas de enraizamiento, entre 8,1 y 24.0% en *V. floribundum* y entre 6,8 y 34,5% en *D. alaternoides*. Las estacas jóvenes de *V. floribundum* y *D. alaternoides* tratadas con 400 mg L⁻¹ de ANA permanecieron viables hasta 64 y 86% respectivamente, mientras que el porcentaje de enraizamiento fue de 44,4 y 77,2% y el número promedio de las raíces fue de 8,4 y 6,3. Los resultados del estudio ofrecen una base para la elaboración del protocolo de la propagación vegetativa de estas especies (Magnitskiy, Ligarreto, & Lancheros, 2011).

Varios autores han expresado recientemente dudas de que los "síndromes de polinización" como se expresan habitualmente son una descripción adecuada de conjuntos correlacionados de caracteres florales, o que describen de manera adecuada asociaciones evolutivas o ecológicas de plantas con polinizadores. *Disterigma stereophyllum* es una Ericaceae neotropical con características florales intermedias entre el síndrome "entomófilo" y el síndrome "ornitófilo": la corola es corta, blanca y urceolada, pero las flores producen grandes cantidades de néctar diluido. Estudiamos la ecología de la polinización de esta especie en el sudoeste de Colombia y descubrimos que la polinización se realiza casi exclusivamente por colibríes en nuestro sitio de estudio. Dos especies de colibríes fueron responsables de alrededor de 75 de las visitas. A pesar del hecho de que el cultivo permanente de néctar se mantuvo más o menos constante a lo largo del día, las frecuencias de visita fueron más altas en la mañana y disminuyeron a lo largo del día. La eficiencia del polinizador, medida como el número de granos de polen depositados en un estigma virgen por cada visitante después de una visita, no difirió entre las especies de colibríes, pero fue menor para un ave que roba néctar, *Diglossa albilatera*. Esta especie no entra en contacto con la superficie del estigma durante el robo de néctar, pero puede producir algo de autopolinización indirectamente porque sacude las ramas vigorosamente mientras perfora la flor. Estos hallazgos indican la necesidad de estudios adicionales sobre las Ericáceas neotropicales para dilucidar si los visitantes florales de especies como *D. stereophyllum* fluctúan en el tiempo o el espacio, y si las características florales reflejan un compromiso entre

visitantes diferentes, o una etapa de transición entre los síndromes de polinización. o alguna otra posibilidad (Navarro, Guitián, & Ayensa, 2008).

La comunidad de epífitas es la comunidad de plantas más diversa en los bosques nubosos neotropicales y su biomasa colectiva puede exceder la de los arbustos y hierbas terrestres. Sin embargo, poco se sabe sobre el papel de las micorrizas en esta comunidad. Se evaluó el estado de las micorrizas de las plantas epifíticas (Araceae, Clusiaceae, Ericaceae y Piperaceae) y terrestres (Clusiaceae, Ericaceae) en un bosque nuboso de montaña baja en Costa Rica. Se observaron micorrizas arbusculares en taxones de Araceae y Clusiaceae; Se observaron micorrizas ericoides en plantas ericáceas. Este es el primer informe de bobinas hifales intracelulares características de las micorrizas ericoides en las raíces de *Cavendishia melastomoides*, *Disterigma humboldtii* y *Gaultheria erecta*. Las raíces óseas también estaban cubiertas por un manto hifal intermitente que penetraba entre las células epidérmicas. Los mantos, observados únicamente en las raíces ericáceas, fueron más abundantes en las raíces terrestres que en las epífitas. La abundancia del manto se correlacionó negativamente con el contenido de agua gravimétrica del suelo para las muestras epífitas. Las raíces colonizadas por los hongos endófitos septados oscuros (DSE) de las cuatro familias. Para la epífita común *D. humboldtii*, las estructuras de DSE fueron más abundantes en las muestras recolectadas de micrositios expuestos en el dosel. La presencia de micorrizas en todas las epífitas excepto *Peperomia* sp. sugiere que los niveles de inóculo y las condiciones ambientales en el dosel de los bosques nubosos tropicales son generalmente propicios para la formación de micorrizas. Estos pueden afectar la dinámica de los nutrientes y el agua en los ecosistemas arbóreos (Rains, Nadkarni, & Bledsoe, 2003).

2.2.Bases teóricas

2.2.1. Zumo (jugo) concentrado de frutas

Para definir este concepto el Codex (2005), primero define zumo de frutas hasta concentrado, así que para entenderlo mejor se citará lo siguiente:

2.2.1.1. Zumo (jugo) de fruta

Por zumo (jugo) de fruta se entiende el líquido sin fermentar, pero fermentable, que se obtiene de la parte comestible de frutas en buen estado, debidamente maduras y frescas o frutas que se han mantenido en buen estado por procedimientos adecuados, inclusive por tratamientos de superficie aplicados después de la cosecha de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Comisión del Codex Alimentarius. Algunos zumos (jugos) podrán elaborarse junto con sus pepitas, semillas y pieles, que normalmente no se incorporan al zumo (jugo), aunque serán aceptables algunas partes o componentes de pepitas, semillas y pieles que no puedan eliminarse mediante las buenas prácticas de fabricación (BPF). Los zumos (jugos) se preparan mediante procedimientos adecuados que mantienen las características físicas, químicas, organolépticas y nutricionales esenciales de los zumos (jugos) de la fruta de que proceden. Podrán ser turbios o claros y podrán contener componentes restablecidos (Se permite la introducción de aromas y aromatizantes para restablecer el nivel de estos componentes hasta alcanzar la concentración normal que se obtiene en el mismo tipo de fruta) de sustancias aromáticas y aromatizantes volátiles, elementos todos ellos que deberán obtenerse por procedimientos físicos adecuados y que deberán proceder del mismo tipo de fruta. Podrán añadirse pulpa y células (En el caso de los cítricos, la pulpa y las células son la envoltura del zumo (jugo) obtenido del endocarpio) obtenidas por procedimientos físicos adecuados del mismo tipo de fruta. Un zumo (jugo) de un solo tipo es el que se obtiene de un solo tipo de fruta. Un zumo (jugo) mixto es el que se obtiene mezclando dos o más zumos (jugos), o zumos (jugos) y purés de diferentes tipos de frutas. El zumo (jugo) de fruta se obtiene como sigue:

2.2.1.1.1. Zumo (jugo) de fruta exprimido directamente por procedimientos de extracción mecánica.

2.2.1.1.2. Zumo (jugo) de fruta a partir de concentrados, mediante reconstitución del zumo (jugo) concentrado de fruta, tal como se define en la **Sección 2.2.2.2.** con agua potable que se ajuste a los criterios descritos en la Sección 3.1.1 c) del CODEX STAN 247-2005.

2.2.1.2. Zumo (jugo) concentrado de fruta

Por zumo (jugo) concentrado de fruta se entiende el producto que se ajusta a la definición dada anteriormente en la Sección 2.2.2.1, salvo que se ha eliminado físicamente el agua en una cantidad suficiente para elevar el nivel de grados Brix al menos en un 50% más que el valor Brix establecido para el zumo (jugo) reconstituido de la misma fruta, según se indica en el Anexo del CODEX STAN 247-2005. En la producción de zumo (jugo) destinado a la elaboración de concentrados se utilizarán procedimientos adecuados, que podrán combinarse con la difusión simultánea con agua de pulpa y células y/o el orujo de fruta, siempre que los sólidos solubles de fruta extraídos con agua se añadan al zumo (jugo) primario en la línea de producción antes de proceder a la concentración. Los concentrados de zumos (jugos) de fruta podrán contener componentes restablecidos (Se permite la introducción de aromas y aromatizantes para restablecer el nivel de estos componentes hasta alcanzar la concentración normal que se obtiene en el mismo tipo de fruta) de sustancias aromáticas y aromatizantes volátiles, elementos todos ellos que deberán obtenerse por procedimientos físicos adecuados y que deberán proceder del mismo tipo de fruta. Podrán añadirse pulpa y células (En el caso de los cítricos, la pulpa y las células son la envoltura del zumo (jugo) obtenido del endocarpio) obtenidas por procedimientos físicos adecuados del mismo tipo de fruta.

2.2.2. Efecto del procesamiento térmico sobre la estabilidad de antocianinas en alimentos: Mecanismos y cinéticas de degradación

Patras, Brunton, O'Donnell, & Tiwari (2010) señalan que, el procesamiento térmico de los alimentos implica el calentamiento a temperaturas de 50 a 150 °C, dependiendo del pH del producto y la vida útil deseada. La estabilidad química de las antocianinas es el foco principal de muchos estudios recientes debido a sus abundantes aplicaciones potenciales, sus efectos beneficiosos y su uso como alternativa a los colorantes artificiales en los alimentos. A partir de estos estudios, parecería que la estabilidad de la antocianina no es simplemente una función de la temperatura de procesamiento final, sino que, a su vez, está influenciada por las propiedades intrínsecas del producto y el proceso, como el pH, la temperatura de almacenamiento, la estructura química y la concentración de las antocianinas presentes, la luz, oxígeno, la presencia de enzimas, proteínas e iones metálicos (Rein, 2005).

Las antocianinas predominantes presentes en frutas y verduras son cianidin-3-O-glucósido, delphinidin-3-O-glucósido, malvidin-3-O-glucósido, pelargonidin-3-O-glucósido, y petunidin-3-O-glucósido.

Rentzsch, Schwarz, & Winterhalter (2007) revisaron la aparición y la naturaleza de las antocianinas. Debido a los mecanismos de copigmentación, las piroantocianinas son estables e intactas en flores, frutas y vegetales (Rein & Heinonen, Stability and enhancement of berry juice color, 2004). La magnitud y la duración del calentamiento tienen una fuerte influencia en la estabilidad de la antocianina. En un estudio interesante, Sadilova, Stintzing, & Carle (2006) observaron que los contenidos de antocianina de saúco eran muy sensibles al tratamiento térmico. Después de 3 h de calentamiento, solo el 50% de los pigmentos de saúco se conservaron a 95 °C. Varios estudios informaron un curso logarítmico de destrucción de antocianinas con un aumento aritmético de la temperatura (Drdak & Daucik, 1990; Havlikova & Mikova, 1985; Rhim, 2002). Las altas temperaturas - (blanqueamiento (95 °C/ 3 min) en combinación con la pasteurización) involucrada en el procesamiento de los arándanos en purés dieron como

resultado una pérdida del 43% en el total de antocianinas monoméricas, en comparación con los niveles originales encontrados en frutas frescas (Brownmiller, Howard, & Prior, 2008) mientras que los valores de color poliméricos aumentaron de 1% a 12%. Esto sugiere que los factores lábiles al calor pueden acelerar la destrucción del pigmento antocianina y apoya firmemente la hipótesis de que las enzimas endógenas en las frutas causan la destrucción del pigmento en el procesamiento del jugo.

Tabla 1

Presencia de antocianinas en algunas frutas y verduras (Patras A. , Brunton, O'Donnell, & Tiwari, 2010)

Frutas y vegetales	Antocianina mayoritaria	Antocianinas minoritarias
Fresa	Pelargonidina – 3 – glucósido	Cianidina – 3 – glucósido, Pelargonidina – 3 – rutinósido
Mora	Cianidina – 3 – glucósido	Cianidina – 3 – rutinósido, malvidina – 3 – glucósido Pelargonidina – 3 –
Frambuesa	Cianidina – 3 – glucósido	glucósido, -Pelargonindina – 3 – rutinósido
Cerezas dulces	Cianidina – 3 – rutinósido	Cianidina – 3 – glucósido, Peonidina – 3 – rutinósido
Grosella negra	Cianidina – 3 – glucósido	Cianidina – 3 – glucósido, Delfinidina – 3 – glucósido
Arándano	Delfinidina – 3 – galactósido	Peonindina – 3 – glucósido, Peonindina – 3 – galactósido
Cebollas rojas	Cianidina – 3 – glucósido	Delfinidina – 3 – glucósido, Petunidina glucósido

Ochoa, Kessler, Vullioud, & Lozano (1999) reportaron pérdidas similares en los purés de frambuesa. García-Viguera & Zafrilla (2001) informaron que la fabricación de mermeladas produjo pérdidas de antocianinas que

oscilaron entre el 10% y el 80% cuando el tiempo de ebullición varió (10 a 15 minutos). García-Viguera, y otros (1999) informaron que la temperatura de almacenamiento juega un papel crítico para la pérdida de antocianinas durante el almacenamiento. Observaron una degradación mucho más lenta a 20 °C en comparación con 37 °C. Así, la estabilidad de las antocianinas está fuertemente influenciada por la temperatura (Jackman & Smith, 1996). Una combinación de operaciones unitarias que impliquen calor como el escaldado, la pasteurización y la duración también pueden afectar notablemente el contenido de antocianinas de las frutas y verduras. Por ejemplo, Volden, y otros (2008) informaron recientemente que el escaldado, la ebullición y la cocción al vapor, resultaron en pérdidas del 59%, 41% y 29%, respectivamente, en el contenido de antocianinas de la col roja. Lee, Durst, & Wrolstad (2002) informaron resultados similares; Srivastava, Akoh, Yi, Fischer, & Krewer (2007) en productos de arándanos. Kirca, Özkan, & Cemeroglu (2006) informó que las antocianinas de zanahorias negras eran razonablemente estables durante el calentamiento a 70 a 80 °C, lo que concuerda con los datos cinéticos de Rhim (2002) sobre la estabilidad térmica de las antocianinas de zanahoria negra entre 70 y 90 °C. Hager, Howard, Prior, & Brownmiller (2008) encontraron que el procesamiento de bayas enlatadas en agua o jarabe daba como resultado pérdidas totales de antocianinas de 42% y 51%, respectivamente. Patras A., Brunton, Gormely, & Butler (2009) demostraron que las antocianinas (cianindin-3-glucósido y pelargonidin-3-glucósido) en el puré de moras y fresas se vieron significativamente afectadas por los tratamientos de procesos térmicos de 70 °C durante tiempos de mantenimiento de 2 min. En común con otros polifenoles, las antocianinas se degradan enzimáticamente en presencia de polifenol oxidasa. Esta enzima puede inactivarse por calentamiento suave y, por lo tanto, algunos autores han informado que la inclusión de una etapa de blanqueo (calentamiento a aproximadamente 50 °C) puede tener un efecto positivo en la retención de antocianinas. Por ejemplo, Skrede, Wrolstad, & Durst (2000) demostraron que la adición de un extracto de pulpa de arándano blanqueado al jugo de arándano no produjo una degradación de

las antocianinas, mientras que la adición de un extracto no ramificado causó una pérdida del 50% de las antocianinas, lo que sugiere una enzima con cierto papel en la degradación de antocianinas. Rossi, y otros (2003) sugirieron que un paso de escaldado adicional en el procesamiento del jugo puede ser vital, al evaluar los productos de frutas por sus efectos en la salud, ya que el escaldado inactiva la polifenol oxidasa. La copigmentación también parece desempeñar un papel en la estabilidad de la antocianina. Por ejemplo, en un estudio realizado por Dyrby, Westergaard, & Stapelfeldt (2001), los autores informaron una mayor estabilidad térmica de las antocianinas presentes en la col roja en comparación con las antocianinas de grosella negra, piel de uva y saúco en el sistema modelo de refresco debido a la protección del sistema flavilium a través de la copigmentación. Kırca, Özkan, & Cemeroglu (2007) informaron que la estabilidad de las antocianinas monoméricas en el jugo y los concentrados de zanahoria negra dependía de la temperatura, el contenido de sólidos y el pH. Las antocianinas de la zanahoria negra se relacionaron relativamente con el calor y el cambio de pH en comparación con las antocianinas de otras fuentes debido a la diacilación de la estructura de la antocianina. Se cree acilación de la molécula Para mejorar la estabilidad de antocianinas protegiéndola de la hidratación (Brouillard, 1981; Goto, Hoshino, & Takase, 1979). Del mismo modo, Rubinskiene, Viskelis, Jasutiene, Viskeliene, & Bobinas (2005) demostraron que la cianidina-3-rutinosida mostró la mayor estabilidad al efecto del tratamiento térmico a una temperatura de 95 ° C en la grosella negra.

Sadilova, Stintzing, & Carle (2006) informaron que la metoxilación del resto acilo mejora la integridad estructural frente al calor. Las tasas de degradación de las antocianinas aumentaron al aumentar el contenido de sólidos durante el calentamiento. Esto podría deberse a la proximidad de las moléculas reactivas en el jugo con mayor contenido de sólidos solubles (Nielsen, Marcy, & Sadler, 1993).

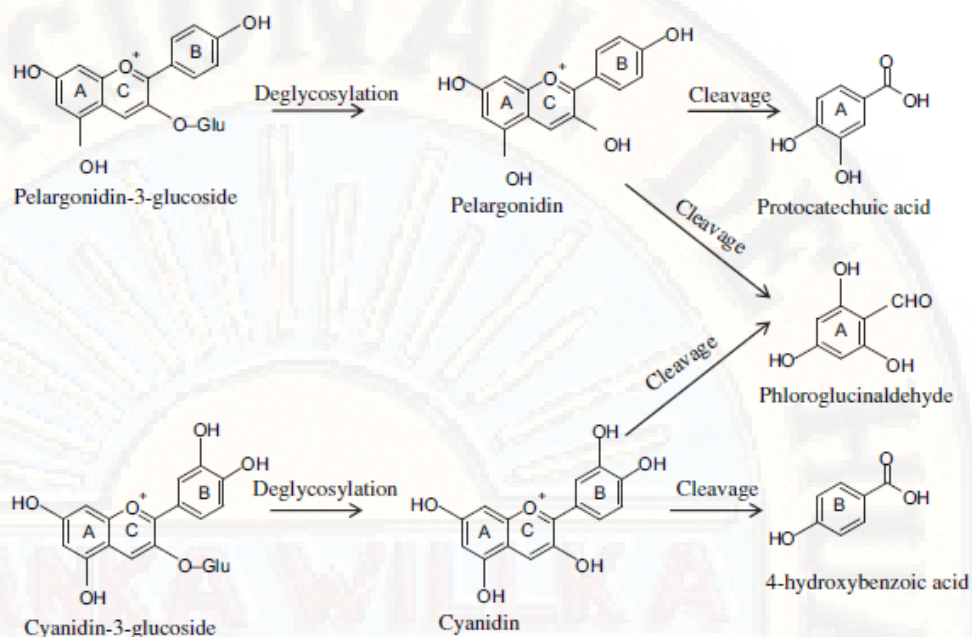


Figura 1. Posible mecanismo de degradación térmica de dos antocianinas comunes (Patras A. , Brunton, O'Donnell, & Tiwari, 2010).

En la fresa, la degradación de la antocianina ocurre tan pronto como las fresas se procesan en jugo o concentrado y continúan durante el almacenamiento. Esta degradación de las antocianinas es mayor en concentrados en comparación con los jugos (Garzon & Wrolstad, 2002). Se notificaron tendencias similares para las antocianinas en guinda (Cemeroglu, Vueoglu, & Isik, 1994). En resumen, co-pigmentación inter e intramolecular con otras fracciones, las antocianinas poliglicosiladas y poliaciladas proporcionan una mayor estabilidad frente al cambio en el pH, el calor y la luz (Francis, 1992). Algunas investigaciones también demostraron que la co-pigmentación de las antocianinas con otros compuestos (co-pigmentos) es el principal mecanismo de estabilización del color en las plantas (Davies & Mazza, 1993). A partir de los hallazgos recientes anteriores, realmente suena lógico que la industria vuelva a evaluar los tratamientos con procesos térmicos existentes basándose en estudios que demuestran una mayor degradación de los pigmentos de antocianina.

2.3.Bases conceptuales

2.3.1.Arándano

De acuerdo con Cronquist (1981) y Retamales & Hancock (2012), taxonómicamente el arándano se clasifica de la siguiente manera:

Reino : Plantae
División : Magnoliophytas
Subdivisión : Angiosperma
Clase : Dicotiledónea
Subclase : Dilleniidae
Orden : Ericales
Familia : Ericaceae
Subfamilia : Vaccinioideae
Tribu : Vaccinieae
Sección : Cyanococcus
Género : Vaccinium
Especie : *Vaccinium corymbosum* L.

2.3.1.1. Generalidades

El arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) es un arbusto frutal perteneciente a la familia de las Ericáceas, natural del este y medio oeste de Norteamérica, donde es denominado como Highbush blueberry o arbusto alto. El género *Vaccinium* presenta especies nativas en los Andes peruanos, tal como *V. meridionale* Sw., conocido como Gongapa o Agraz, ampliamente estudiada en Colombia. Géneros muy estudiados conjuntamente con *V. corymbosum* son *V. ashei* Reade, denominado Ojo de conejo (Rabbit-eye blueberry), y *V. angustifolium* (Aiton) Benth. denominado arbusto bajo (Lowbush blueberry) (MacBride, 1946; García-Alonso, 2006; Ávila, 2007).

2.3.1.2. Propiedades nutricionales del arándano

El arándano es un producto que ha ganado gran popularidad en los últimos años a nivel internacional. Estados Unidos, un tradicional consumidor de arándanos, ha pasado de 250 a 600 g de consumo por habitante entre 1990 y 2013. Esto debido en gran parte a la calidad nutricional y perfil fitoquímico que posee, y a la gran cantidad de estudios que avalan los beneficios que su consumo contribuiría a la salud humana (García, García, & Ciorda, 2013).

Los principales componentes bioactivos del arándano son el ácido ascórbico (vitamina C), flavonoides como la quercetina, miricetina y kaemferol, derivados del ácido cinámico (ácido ferúlico, p -cumárico, cafeico y sinápico) y del ácido benzoico (ácido gálico, protocatéutico, vanílico y singírico), pterostilbeno, resveratrol y antocianinas (Chen, Li, & Xu, 2010). Los arándanos poseen en promedio de 600 a 2000 mg/kg de antocianinas. Las antocianidinas, componente no glucósido de las antocianinas, más importantes presentes en los arándanos son la pelargonidina, cianidina, delfinidina, peonidina, petunidina y la malvidina (Rodríguez-Mateos, Cifuentes-Gómez, Tabatabaee, Lecras, & Spencer, 2011; García-Alonso, 2006).

El consumo de arándanos incorpora al organismo dichos componentes que combaten el estrés oxidativo, causado por especies reactivas del Oxígeno (ROS). Los ROS producen una gran cantidad de patologías como hepatitis, envejecimiento prematuro, enfermedades cardíacas, Parkinson, Alzheimer, pancreatitis, artritis y el mismo cáncer (García-Alonso, 2006). Además, su consumo ha demostrado mejorar la función visual a través de la regeneración de la rodopsina y eliminar las altas poblaciones de microorganismos causantes de infecciones del tracto urinario femenino (Chen, Li, & Xu, 2010). Shi, Loftus, McAinch, & Su (2016) reportan que los componentes del arándano pueden ser

beneficioso para combatir el desarrollo y avance de la obesidad y diabetes tipo dos.

2.3.2. Antocianinas

Las antocianinas son compuestos bioactivos presentes en muchas frutas, verduras y sus productos. Son responsables de la amplia gama de colores presentes en flores, pétalos Las hojas, las frutas y los vegetales son un subgrupo dentro de los flavonoides caracterizados por un esqueleto C₆-C₃-C₆. Dado que las antocianinas imparten un color característico a las frutas y verduras, impactan en un parámetro de calidad clave al influir en la aceptación sensorial del consumidor. Una propiedad importante de las antocianinas es su actividad antioxidante, que desempeña un papel importante en la prevención de enfermedades neuronales y cardiovasculares, cáncer y diabetes, entre otras (Konczak & Zhang, 2004). Existen varios estudios que centran el efecto de las antocianinas en los tratamientos contra el cáncer (Lule & Xia, 2005), nutrición humana (Stintzing & Carle, 2004) y su actividad biológica (Kong, Chia, Goh, Chia, & Brouillard, 2003). Una serie de revisiones recientes han resumido y evaluado exhaustivamente los beneficios para la salud del consumo de antocianinas (Clifford, 2000; Duthie, Duthie, & Kyle, 2000). Muchos factores pueden influir en el contenido intrínseco de antocianinas, incluidos los factores de especies, ambientales y agronómicos. Muchos alimentos que contienen antocianinas se procesan térmicamente antes del consumo y este proceso puede influir enormemente en el contenido de antocianinas en el producto final (Giusti & Wrolstad, 2003).

Las antocianinas serían los sustitutos ideales de los colorantes rojos artificiales debido a sus colores brillantes que varían de rojo a azul, solubilidad en agua y no toxicidad. Sin embargo, el uso de estos pigmentos en los alimentos se ha visto obstaculizado por su poca estabilidad, que se ve afectada por factores físicos y químicos como la temperatura, el pH, la luz, el disolvente y la estructura del pigmento en sí (Mercadante & Bobbio, 2008). De hecho, el catión flavilio, el coloreado La forma de antocianina solo predomina a valores de pH inferiores a 3 (Maçanita, y otros, 2002).

Los antocianos - del griego anthos (flor) y kyanos (azul)- reciben este nombre cuando están bajo la forma heterósida (unidos por enlace glucosídico en posición 3 a una molécula de glucosa), que es la que se encuentra en las uvas de las variedades tintas de *Vitis vinifera* (Picque, Lieben, Chretien, Beguin, & Guerin, 2010).

Se encuentran en forma más estable como glucósidos (antocianinas) que como agliconas (antocianidinas); aunque su estructura química básica es en su forma de aglicona contiene dos anillos bencénicos unidos por un heterociclo insaturado catiónico y oxigenado; habiéndose relacionado su síntesis a la de los azúcares (Pirie & Mullins, 1977; Souquet, Cheynier, & Moutounet, 2000), y su estructura se representa en la figura 1.

Se distinguen seis tipos de moléculas de antocianinas, en función de los sustituyentes R_1 y R_2 la figura 1.

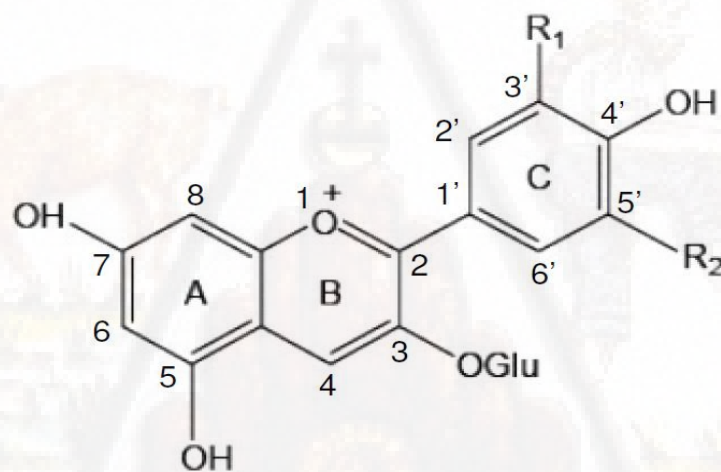


Figura 2. Estructura básica de las antocianidinas (Durst & Wrolstad, Separation and characterization of anthocyanins by HPLC, 2004).

Tabla 2

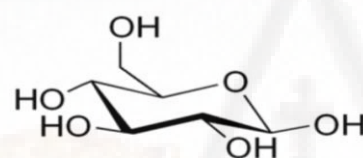
Las antocianinas (Durst & Wrolstad, Separation and characterization of anthocyanins by HPLC, 2004).

Antocianinas	R_1	R_2	Espectro visible λ_{MAX} (nm)
Pelargonidina (*)	H	H	494 (naranja)
Cianidina	OH	H	506 (Naranja-rojo)

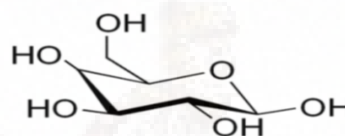
Delfinidina	OH	OH	508 ((Azul-rojo)
Peonidina	OCH ₃	H	506 (Naranja-rojo)
Petunidina	OCH ₃	OH	508 ((Azul-rojo)
Malvidina	OCH ₃	OCH ₃	510 (Azul-rojo)

(*) No hallada en *Vitis vinífera*.

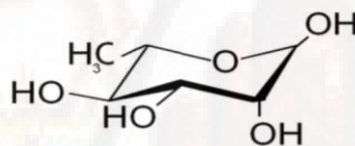
Los monosacáridos comúnmente encontrados son D-glucosa, L-ramnosa, D-arabinosa y D-xilosa (figura 2) aunque también pueden contener oligosacáridos como gentobiosa, rutinosa y soforosa. Normalmente los monosacáridos se unen con los grupos hidroxilo de la posición 3 de la antocianidina, mientras que los disacáridos sustituyen los hidroxilos 3 y 5 o los de la posición 3 y 7 (Gould, Davies, & Winefield, 2009)



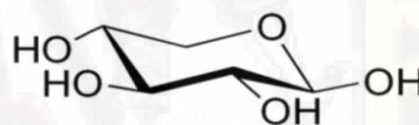
β -D-glucopiranososa



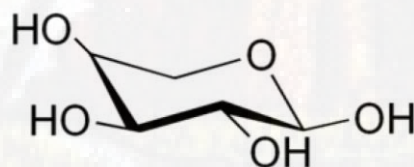
β -D-galactopiranososa



α -L-ramnopiranososa



β -D-xilopiranososa



α -L-arabinopiranososa

Figura 3. Estructura de los monosacáridos más comunes encontrados en las estructuras de las antocianinas (Boulton, 2001).

2.4.Hipótesis

De lo anteriormente expuesto se pensó en plantear la siguiente hipótesis de investigación:

Hi

- El tiempo y temperatura de concentración de la pulpa de arándano influyen significativamente en la estabilidad adecuada de las antocianinas y características fisicoquímicas.

Ho

- El tiempo y temperatura de concentración de la pulpa de arándano no influyen significativamente en la estabilidad adecuada de las antocianinas y características fisicoquímicas.

2.5.Definición de términos

- a) **Antocianinas:** son colorantes naturales que pertenecen a la familia de los flavonoides. Son responsables de color rojo intenso a colores azules o zarzamora. Son pigmentos solubles en agua. Las antocianinas son pigmentos responsables de la gama de colores que abarcan desde el rojo hasta el azul de muchas frutas, vegetales y cereales (Clifford, 2000).
- b) **Acidez total:** determina la cantidad de iones H^+ libres en la solución. Como parte de la caracterización fisicoquímica en los frutos de zarzamora se encuentra la determinación de pH en el jugo fresco (Codex, 2005).
- c) **Alelopatía:** término utilizado para referirse a los efectos perjudiciales o benéficos que son ya sea directa o indirectamente el resultado de la acción de compuestos químicos que, liberados por una planta, ejercen su acción en otra (Duthie, Duthie, & Kyle, 2000).
- d) **Calidad de los alimentos:** Conjunto de atributos que hacen referencia de una parte a la presentación, composición y pureza, tratamiento tecnológico y conservación que hacen del alimento algo más o menos apetecible al consumidor y por otra parte al aspecto sanitario y valor nutritivo del alimento (Badui-Dergal, 2006).

- e) Capacidad Antioxidante:** es la capacidad que tiene una sustancia antioxidante para disminuir la presencia de las especies reactivas de oxígeno antes de reaccionar con diversos sustratos (lípidos, proteínas, ADN) (Yang, y otros, 2019).
- f) Fitoquímicos:** es el nombre genérico con el que se conoce a una serie de sustancias que se encuentran en las plantas, principalmente, se utiliza para hacer referencia a sus compuestos bioactivos que no tienen valor nutricional. Las frutas y vegetales ayudan a reducir de manera considerable las enfermedades crónicas, como cáncer o enfermedades cardiovasculares (Stintzing & Carle, 2004).
- g) In vitro:** un cultivo in vitro significa hacer el cultivo en recipientes de vidrio bajo condiciones asépticas en el laboratorio. Técnica para realizar un determinado experimento en un tubo de ensayo, o generalmente en un ambiente controlado fuera de un organismo vivo. Ejemplo la fecundación in vitro es ampliamente conocido (Rojas Guerra, 2012).
- h) Metabolitos secundarios:** son aquellos compuestos orgánicos sintetizados por el organismo que no tienen un rol directo en el crecimiento reproducción del mismo. A diferencia de lo que sucede con los metabolitos primarios, la ausencia de algún metabolito secundario no le impide la supervivencia, si bien se verá afectado por ella, a veces gravemente (Giusti & Wrolstad, 2003).
- i) Pulpa de fruta:** se define como el producto no fermentado, pero fermentable, obtenido mediante la desintegración y tamizado de la parte comestible de la fruta fresca, o preservada adecuadamente, sanas y limpias, sin remover el jugo (Codex, 2005).
- j) Radicales libres:** son moléculas que contienen un electrón no apareado, esta característica los hace sumamente reactivos y capaces de dañar a otras moléculas transformándolas a su vez en moléculas muy reactivas, una reacción en cadena que causa daño oxidativo, desde células hasta tejidos (Urgartondo-Casadevall, 2009; Dorado-Martínez, 2003).

2.6.Operacionalización de variables

Tabla 3

Definición operativa de variables

Variables	Indicador	Unidad	Fuente y/o instrumento	
Variable Independiente				
Tiempo	10 – 30	min	Cronómetro	
Temperatura	60 – 90	°C	Termómetro	
Variable dependiente				
Contenido de antocianina	Contenido antocianinas monoméricas	mg/g	Espectrofotometría	
Variable dependiente:				
Características fisicoquímicas	Sólidos solubles	°Brix	Método recomendado por la NTP 203-010 INDECOPI.	

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1.Ámbito temporal y espacial

La materia prima procederá del centro poblado de Tranca, Distrito de Secclla de la provincia de Angaraes de la Región Huancavelica, se realizó la evaluación de sus características y componentes en los laboratorios de UNMSM, UNALM y UNH.

a. Ubicación política

Latitud : 13° 43' 37"

Longitud : 74° 39' 51" del meridiano de Greenwich.

Altitud : 3772 m.s.n.m.

b. Ubicación geográfica

Precipitación pluvial : 650 mm promedio anual.

Temperatura promedio : 12°C

Humedad relativa : 55%

c. Duración

Fecha de inicio : Febrero, 2016.

Fecha de culminación : julio, 2019.

3.2.Tipo de investigación

La presente investigación fue de tipo aplicada (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2013).

3.3.nivel de Investigación

El nivel de investigación en el presente trabajo de investigación fue experimental (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2013).

Se aplicó un Diseño Factorial Completo 2^2 con tres repeticiones. Los resultados derivados por cada tratamiento se sometieron a un análisis de varianza (ANVA) para determinar los efectos principales e interacciones.

Tabla 4

Diseño experimental

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	
	80	85
50	R ₁₁₁	R ₂₁₁
	R ₁₁₂	R ₂₁₂
	R ₁₁₃	R ₂₁₃
	R ₁₂₁	R ₂₂₁
95	R ₁₂₂	R ₂₂₂
	R ₁₂₃	R ₂₂₃

Tabla 5

Corridas experimentales que se darán para el experimento

N°	Tiempo	Temperatura
1	50	80
2	50	80
3	50	80
4	95	85
5	95	85
6	95	85
7	50	85
8	50	85
9	50	85
10	95	80
11	95	80
12	95	80

Se hicieron cuatro tratamientos y tres repeticiones para cada uno y se determinaron como variables respuesta: contenido en antocianinas y sólidos solubles.

3.4. Población, Muestra y muestreo

3.4.1. Población

Se recolectaron y utilizaron los frutos de arándano silvestre procedentes del Centro Poblado de Tranca, distrito de Seclla – Angaraes.

3.4.2. Muestra

Se realizó con 5 kg de producto, separándose equivalentemente y aleatoriamente en forma al azar de la pulpa concentrada.

3.4.3. Muestreo

el muestreo fue tomado en forma aleatoria (al azar) de la pulpa concentrada.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos utilizados para recolección de datos fueron las siguientes:

3.5.1. Procedimiento de obtención de pulpa concentra de arándano silvestre

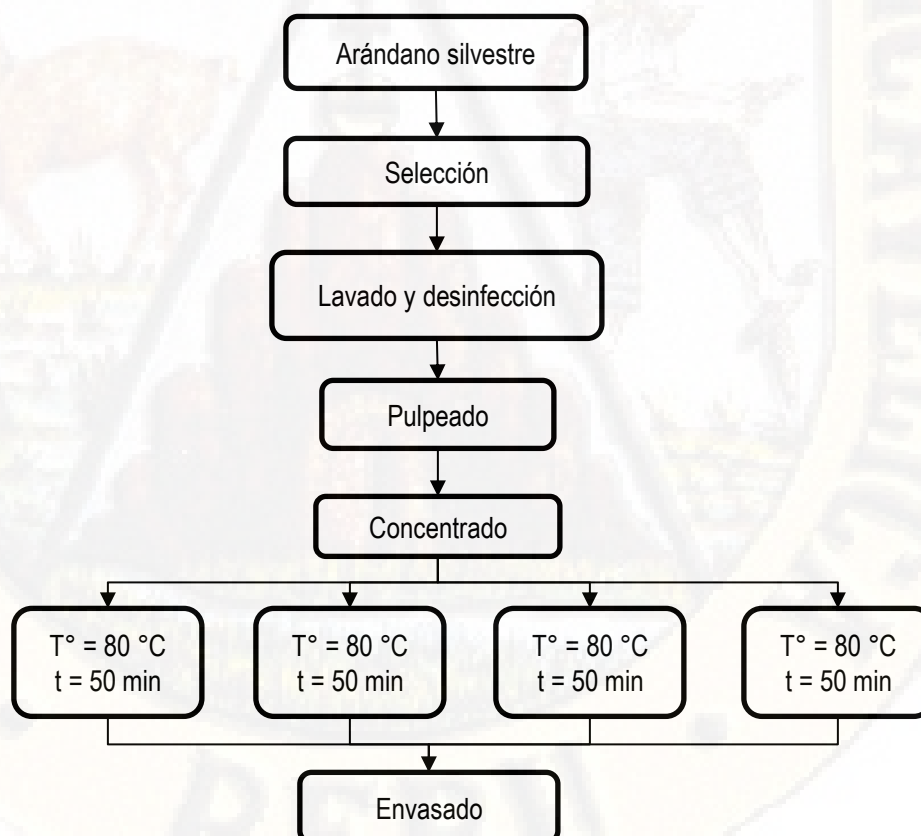


Figura 4. Diagrama de flujo de obtención de pulpa concentrada de arándano silvestre.

3.5.2. Descripción del proceso

- a. **Materia prima:** En la presente investigación se utilizó fruto de arándano silvestre recolectados en un estado maduro.
- b. **Selección:** Consistió en separar los frutos dañados o con hongo de los frutos que mostraban un buen estado.
- c. **Lavado y desinfección:** las frutas fueron lavadas para eliminar impurezas de la superficie como tierra, el proceso fue manual, para la desinfección de los frutos fueron sumergidos en una solución de 100 ppm de hipoclorito de sodio por 5 minutos (López, 2010).
- d. **Pulpeado – Refinado:** Se realizó un licuado del fruto para mejorar el rendimiento de zumo así mismo para obtener una pulpa refinada, luego se pasó por un tamiz con perforaciones de 1 mm. Finalmente se separó las semillas del producto y fibras que quedaron.
- e. **Concentrado:** Las pulpas obtenidas fueron sometidas a una concentración a presión atmosférica a temperaturas de 80 °C y 85 °C, y tiempos de 50 a 95 min llegando a más de 30 °Bx (% Sólidos solubles) aproximadamente. Se realizó en una olla que funcionó como una marmita abierta y se agitó constantemente, durante el tiempo que tuvo que hacerse la concentración, de acuerdo a cada tratamiento. La fuente de calor fue una cocinilla eléctrica que tenía un sistema de control de temperatura constante.
- f. **Envasado y almacenado:** Los concentrados obtenidos fueron guardados en frasco de vidrio transparente y refrigeración por debajo de -2 °C (Durante todo el tiempo en que se desarrollaron las pruebas), para luego ser utilizados en las pruebas que permitan la caracterización del extracto.

3.5.3. Determinación de Sólidos solubles

Método: Refractometría (AOAC, 2007).

Fundamento: Expresado en °Brix que indican la concentración de sacarosa en una solución pura y a temperatura ambiente de 20 °C. Se realizó en el laboratorio de Análisis Instrumental 2, utilizando un refractómetro digital Hanna, modelo HI96801.

3.5.4. Determinación de antocianinas monoméricas

Se utilizará el método establecido por Giusti & Wrolstad (2005) que está detallado en el Anexo 1. Se realizó en el laboratorio de Análisis Instrumental 2, en el espectrofotómetro marca Zuzi modelo 4251/50.

3.5.4.1. Procedimiento de Extracción

Se tomó una muestra de pulpa concentrada de arándano, y se diluyó a 0,5 en una fiola a 10 mL con el solvente indicado, en esta prueba se usó etanol: agua destilada 50/50 y acidificado con 0,01% de la mezcla con HCl al 37%. Se colocó la muestra en un tubo de centrifugación y se sometió a 80 °C en bañomaría. Luego se centrifugó la muestra a 5000 rpm por 10 min en una centrífuga Nahita Modelo Blue. Se retiró el sobrenadante y el precipitado se volvió a diluir a 10 mL con el solvente. Se colocó en unos viales color ámbar, se etiquetaron, se forraron con papel aluminio y colocar en el freezer (parte superior de la refrigeradora).

3.5.4.2. Procedimiento analítico

La muestra puesta en viales, se diluyeron 1/50 con soluciones buffer, de pH 4,5 y 1,0 respectivamente (aunque eso depende de la lectura de absorbancia que no pase de 0,7 ni menos de 0). Luego se tomó la muestra con pH 4,5 y se midió la absorbancia a 510 nm. Luego la misma muestra se midió a 700 nm. Se anotó la lectura por triplicado.

Luego se tomó la muestra con pH 1,0 y se midió la absorbancia a 510 nm. Luego la misma muestra se midió a 700 nm. Se anotó la lectura por triplicado.

Con estas lecturas se calculó la absorbancia (A) con la siguiente fórmula:

$$A = (A_{510\text{ nm}} - A_{700\text{ nm}})_{\text{pH}=1} - (A_{510\text{ nm}} - A_{700\text{ nm}})_{\text{pH}=4,5}$$

Una vez calculada la absorbancia (A), se calculó la cantidad de antocianina monomérica (mg/L) con la siguiente fórmula:

$$\text{Antocianina monomérica} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\epsilon \times 1}$$

Donde:

MW = 449,2

$\square$ = 26900

DF = factor de dilución (50 para este caso)

A = Absorbancia de la muestra calculada.

Nota: Si la muestra es desconocida, calcule el pigmento como Cianidina – 3 – glucósido, con los datos anteriormente dados.

3.6. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Obtenidos los datos se procedió al procesamiento de los datos con apoyo del software MS Excel y Minitab v.16 para Windows. Estos datos fueron sometidos a diversas pruebas estadísticas de carácter inferencial para luego probar las hipótesis planteadas en el estudio.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de información

4.1.1. Composición química proximal del fruto de arándano silvestre

El análisis se hizo en el Centro Modelo de Tratamiento de Residuos, de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

Tabla 6

Composición química proximal del fruto de arándano silvestre

Análisis	Resultado (g/100 g)	Resultado (g/100 g) ^a
Humedad	80,24	84,61
Ceniza	2,36	0,21
Grasa	2,56	0,38
Proteína	6,51	0,67
Fibra	1,86	2,70
Carbohidratos	6,51	14,13
Energía total (kcal/100 g)	73,27	56 kcal
pH	3,395*	
Sólidos solubles (°Brix)	9,275*	

*Resultados determinados por el autor.

^aUSDA (2002).

4.1.2. Clasificación taxonómica de arándano silvestre

El arándano silvestre se hizo analizar en el Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Según el sistema de clasificación Cronquist (1988) se observó:

División : Magnoliophyta

Clase : Magnoliopsida

Sub clase: Dilleniidae

Orden : Ericales

Familia : Ericaceae

Género : Disterigma

Especie : *Disterigma empetrifolium* (Kunth) Drude

4.1.3. Contenido de antocianinas totales

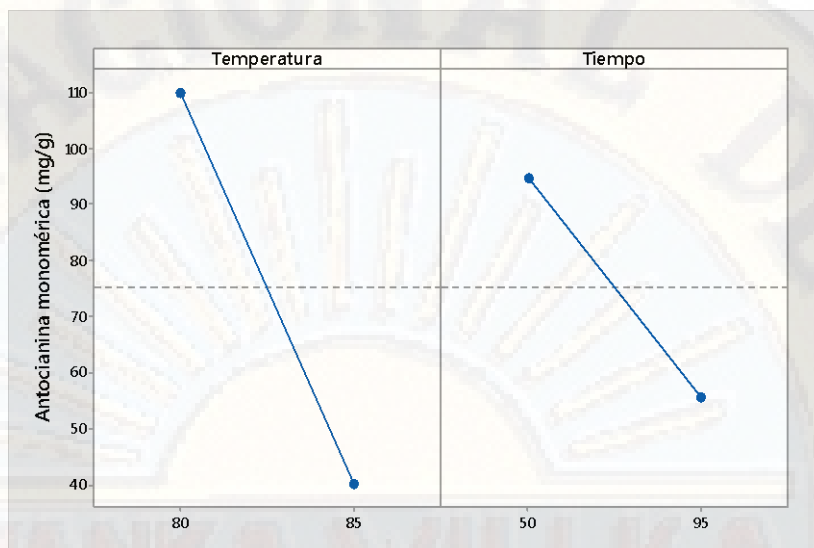


Figura 5. Gráfico de efectos principales de contenido de antocianinas totales.

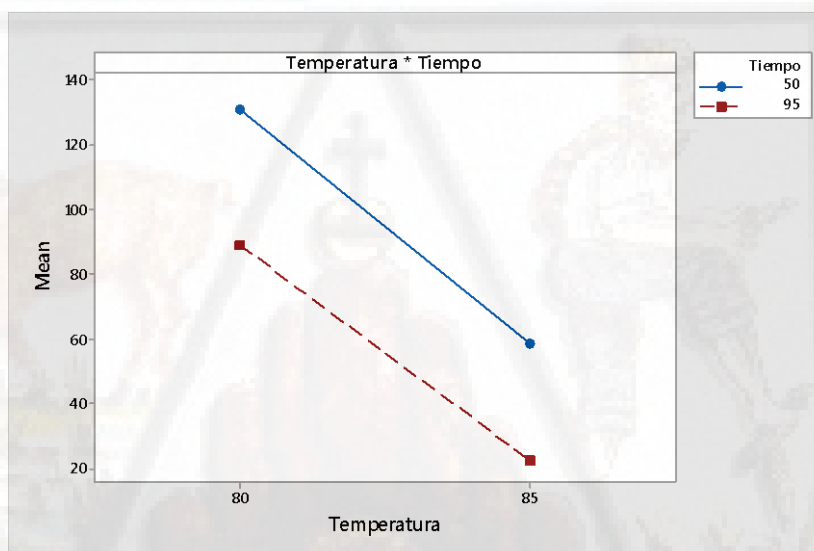


Figura 6. Gráfico de interacciones de factores para contenido de antocianinas totales.

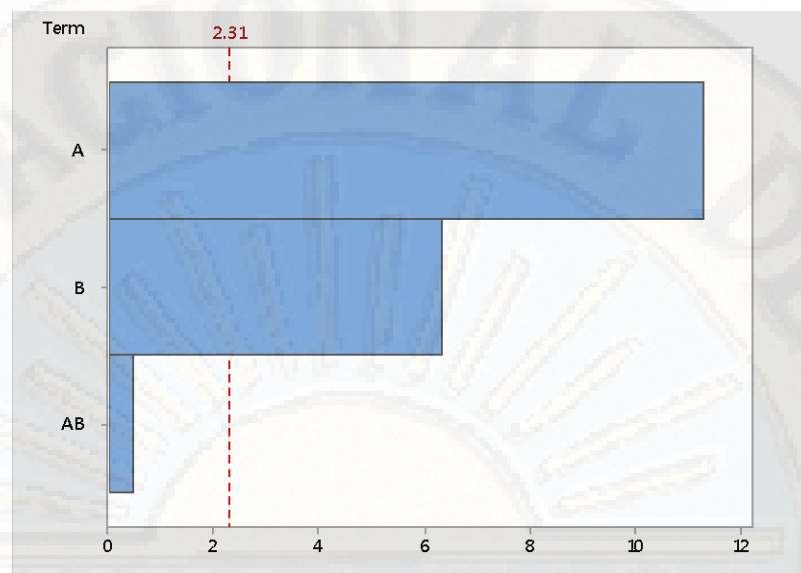


Figura 7. Gráfico de Pareto para efectos estandarizados de contenido de antocianinas totales. A: temperatura, B: tiempo.

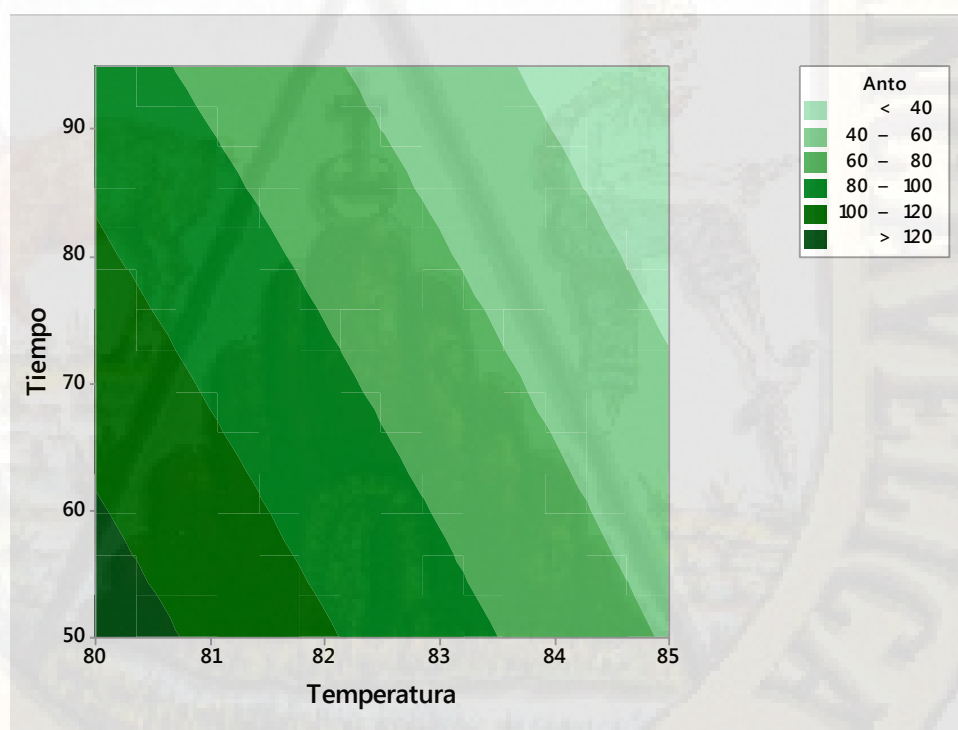


Figura 8. Gráfico contornos para el contenido de antocianinas totales versus temperatura y tiempo de concentración.

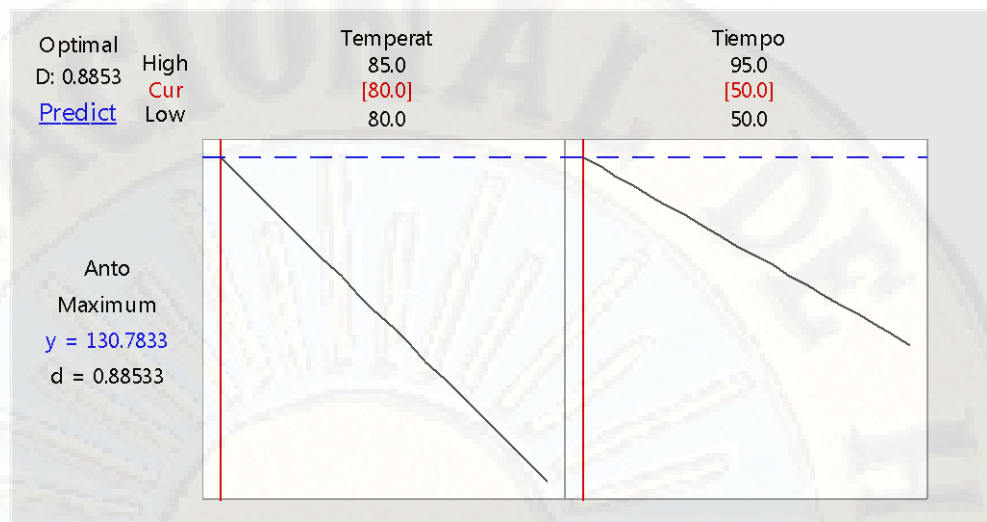


Figura 9. Gráfico optimizador de respuesta para el contenido de antocianinas totales.

4.1.4. Contenido de sólidos solubles

La pulpa de arándano silvestre concentrado se le midió la cantidad de sólidos solubles, y luego se hizo los análisis estadísticos que a continuación se presentan.

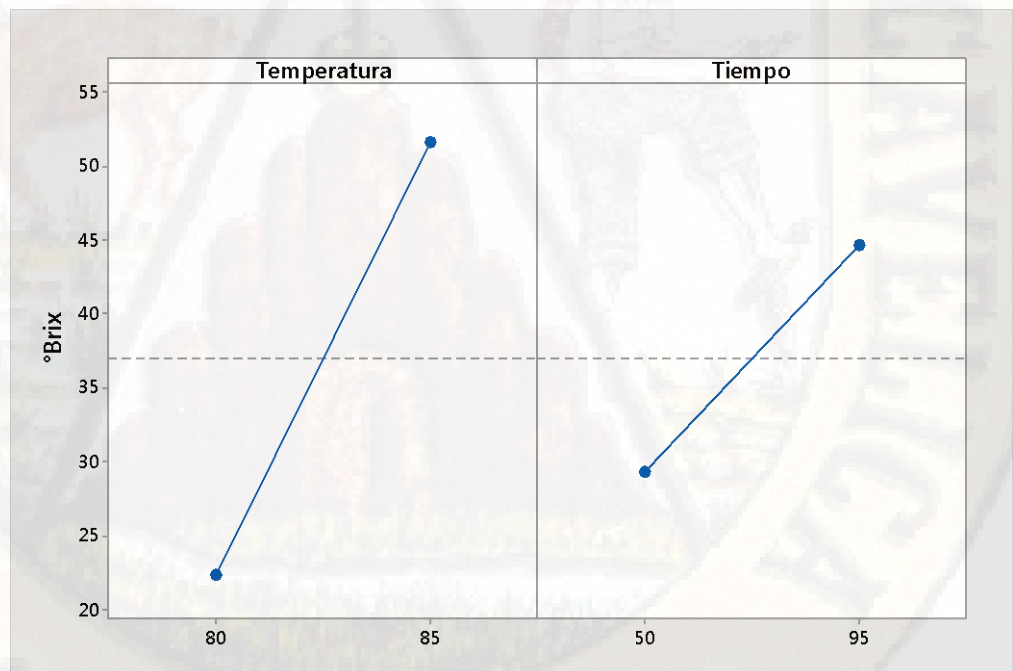


Figura 10. Gráfico de efectos principales para sólidos solubles (°Bx).

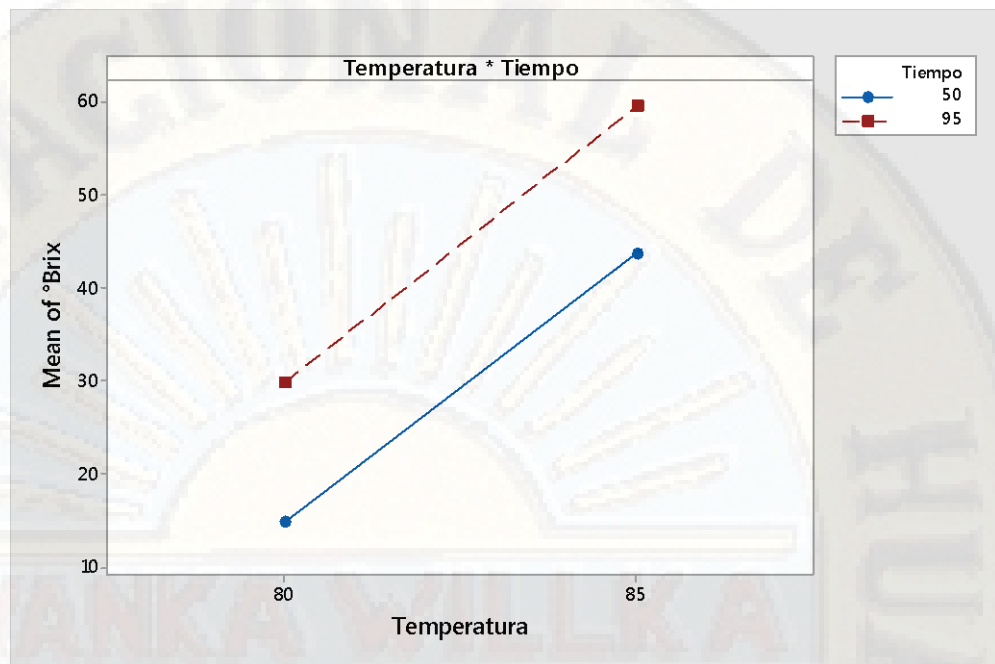


Figura 11. Gráfico de interacciones de factores de sólidos solubles (°Bx).

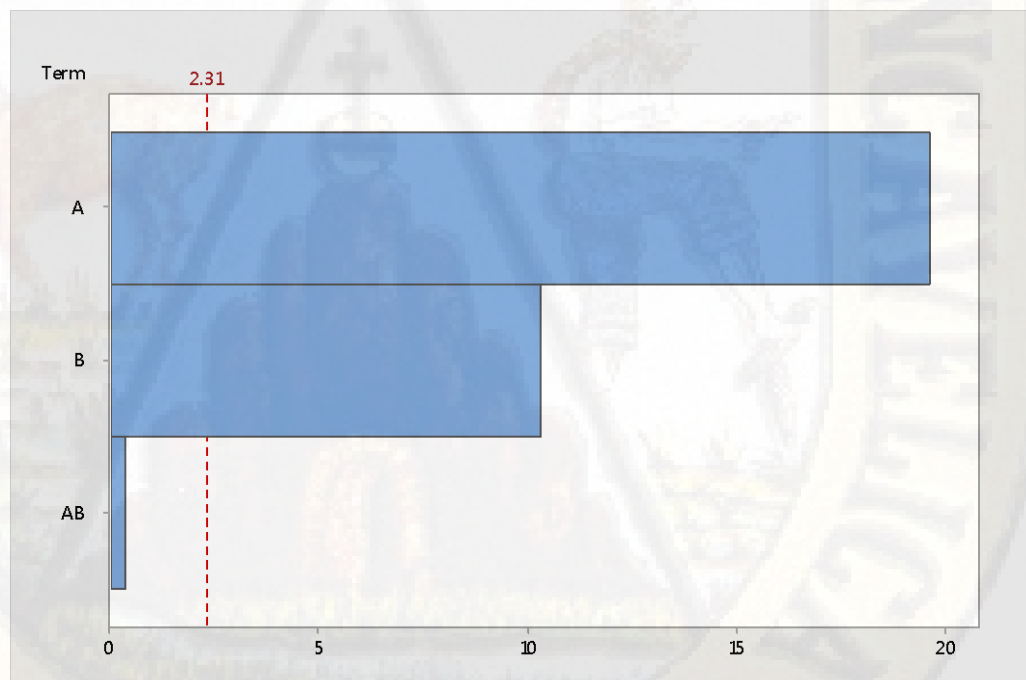


Figura 12. Gráfico de Pareto para efectos estandarizados de sólidos solubles (°Bx). A: temperatura, B: tiempo.

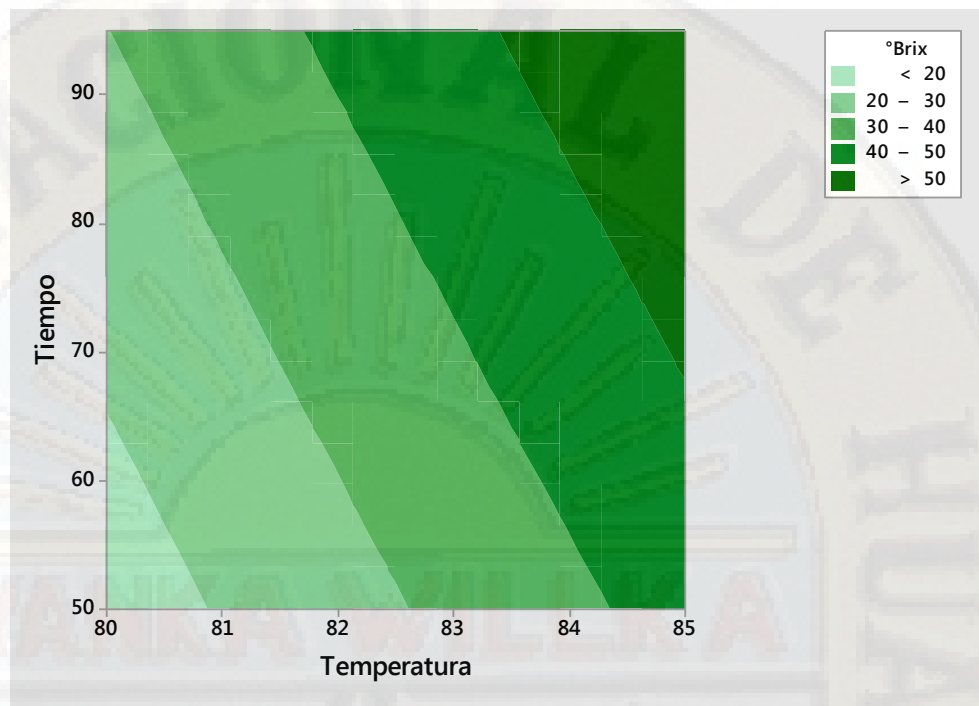


Figura 13. Gráfico contornos para sólidos solubles (°Bx) versus temperatura y tiempo de concentración.

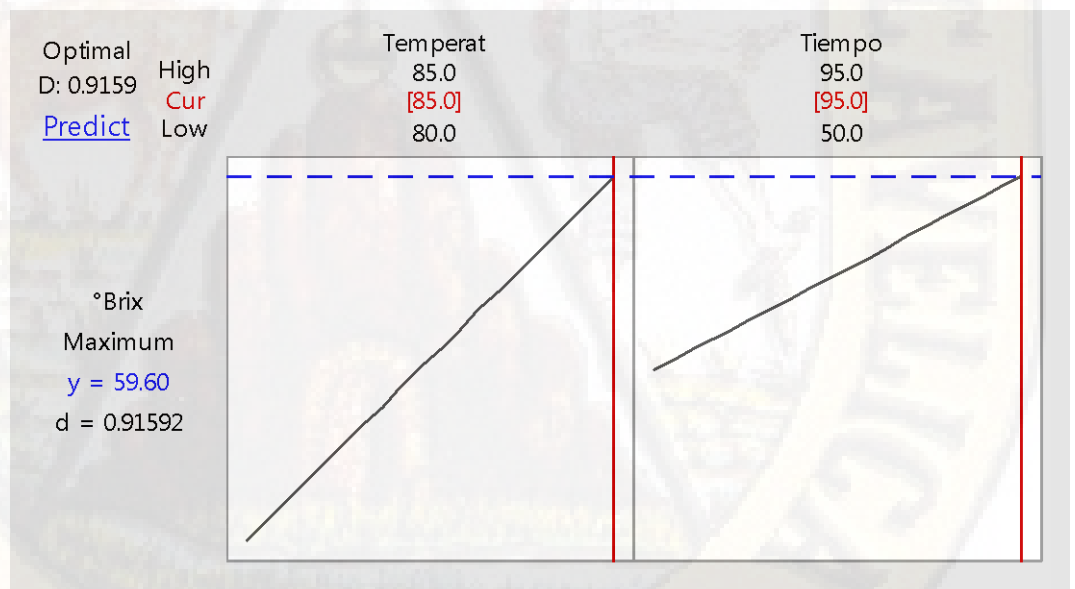


Figura 14. Gráfico optimizador de respuesta para sólidos solubles (°Bx).

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Contenido de antocianinas totales

Tabla 7

Análisis de varianza del contenido de antocianinas monoméricas

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F	P
Temperatura	1	14524,6	14524,6	128,11	0,000*
Tiempo	1	4548,3	4548,3	40,12	0,000*
Temperatura*Tiempo	1	23,3	23,3	0,21	0,663
Error	8	907,0	113,4		
Total	11	20003,2			

*Significativo a $\alpha = 0,05$.

$S = 10,6479$ $R^2 = 95,47\%$

Tabla 8

Coefficientes del modelo de regresión

Términos	Efecto	Coefficiente	p	VIF
Constante		75,13	0,000*	
Temperatura	-69,58	-34,79	0,000*	1,00
Tiempo	-38,94	-19,47	0,000*	1,00
Temperatura*Tiempo	2,79	1,39	0,663	1,00

*Significativo a $\alpha = 0,05$.

Ecuación de regresión

Antocianinas = $75,13 - 34,79 \text{ Temperatura} - 19,47 \text{ Tiempo} + 1,39 \text{ Temperatura} * \text{Tiempo}$

Tabla 9

Análisis de varianza de los sólidos solubles (°Bx)

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	F	p
Temperatura	1	2575,47	2575,47	385,84	0,000*
Tiempo	1	711,48	711,48	106,59	0,000*
Temperatura*Tiempo	1	0,75	0,75	0,11	0,746
Error	8	53,40	6,67		
Total	11	3341,10			

*Significativo a $\alpha = 0,05$.S = 2,5835 $R^2 = 98,40\%$ **Tabla 10**

Coeficientes del modelo de regresión de los sólidos solubles (°Bx)

Términos	Efecto	Coeficiente	p	VIF
Constante		37,00	0,000*	
Temperatura	29,30	14,65	0,000*	1,00
Tiempo	15,40	7,70	0,000*	1,00
Temperatura*Tiempo	0,50	0,25	0,746	1,00

*Significativo a $\alpha = 0,05$.**Ecuación de regresión**

$$^{\circ}\text{Brix} = 37 + 14,65 \text{ Temperatura} + 7,70 \text{ Tiempo} + 0,25 \text{ Temperatura} \times \text{Tiempo}$$

4.3. Discusión de resultados

El análisis del contenido de antocianinas totales reveló que existe efecto significativo de la temperatura ($p < 0,05$) y del tiempo ($p < 0,05$), mas no existe efecto significativo de la interacción temperatura*tiempo ($p > 0,05$) sobre el contenido de antocianinas (Tabla 7). Esto coincide con los hallazgos de Domínguez-López, Remondetto, & Navarro-Galindo (2008) cuando calentaron las infusiones de Roselle a diferentes temperaturas, la absorbancia disminuyó gradualmente. Esto indica una pérdida gradual de antocianinas.

Los coeficientes de la ecuación del modelo de regresión (Tabla 8) indican que, el efecto de la temperatura y del tiempo es negativo, es decir que son inversamente proporcionales al contenido de antocianinas, dichos resultados se confirman observando la Figura 5. La verificación de la cinética de primer orden se supone para la degradación de las antocianinas (Domínguez-López, Remondetto, & Navarro-Galindo, 2008). Este resultado coincide con el obtenido por Gradinaru, Biliaderis, Kallithraka, Kefalas, & García-Viguera (2003) utilizando antocianinas aisladas de cáliz roselle.

El diagrama de Pareto para efectos estandarizados (Figura 7) confirma los hallazgos del análisis de varianza, pues no existe efecto de la interacción de la temperatura y tiempo. Por lo tanto, se deduce que la temperatura y el tiempo de concentración de pulpa tienen un efecto independiente en el contenido en antocianinas totales. Las antocianinas son altamente inestables y fácilmente susceptibles a la degradación, cuya estabilidad de color se ve fuertemente afectada por el pH, la temperatura, la concentración de antocianinas, el oxígeno, la luz, las enzimas y otras sustancias acompañantes como el ácido ascórbico, azúcares, sulfitos, copigmentos, iones metálicos, entre otros (Bobbio & Mercadante, 2008; Francis, 1989; Markakis, 1982; Wilska-Jeszka, 2007).

Finalmente se ha logrado determinar que, los niveles bajos de temperatura y tiempo de concentración de pulpa permiten retener mayor cantidad de antocianinas. El gráfico de contornos (Figura 8) muestra que a niveles de 80 °C y 50 min se logran niveles superiores a 120 mg de antocianinas/ g de pulpa concentrada. El gráfico optimizador de respuesta (Figura 9) indica que a un nivel de 80 °C y 50 min puede alcanzarse un contenido máximo de 130,7833 mg de antocianina / g de pulpa concentrada. Al respecto, se puede decir que, la estabilidad de las antocianinas y todos los pigmentos encontrados en los alimentos disminuye durante el procesamiento y el almacenamiento a medida que aumenta la temperatura (Bobbio & Mercadante, 2008; Maccarone, Maccarrone, & Rapisarda, 1985). Finalmente, la degradación térmica conduce a productos marrones, especialmente en presencia de oxígeno (Markakis, 1982). Muchos autores han estudiado la influencia de la temperatura en la estabilidad de las antocianinas de diferentes fuentes que demuestran que el calentamiento tiene un

efecto perjudicial sobre el contenido de antocianinas (Ikeda, Yamazaki, Kumakura, & Hamamoto, 2009; Jiménez, y otros, 2010; Lin & Chou, 2009; Ochoa, Kessler, Vullioud, & Lozano, 1999; Rodrigues, Pérez-Gregorio, García-Falcón, & Simal-Gándara, 2009; Sadilova, Stintzing, Kammerer, & Carle, 2009). Los sólidos solubles fueron afectados significativamente ($p < 0,05$) por la temperatura y tiempo de concentración de pulpa de arándano silvestre, sin embargo, la interacción de ambos factores no tuvo un efecto significativo ($p > 0,05$) en el contenido de sólidos solubles (tabla 9). Está claro que, el grado de degradación térmica de las antocianinas se incrementó con un mayor contenido de sólidos solubles (Cemeroglu, Vueoglu, & Isik, 1994; Rhim, 2002).

Los coeficientes del modelo de regresión (tabla 10) muestran que, existe un efecto positivo de la temperatura y el tiempo de concentración de pulpa de arándano silvestre. Esto concuerda con Nowicka & Wojdyło (2015), quienes al elaborar puré de cereza agria, observaron que, el mayor aumento de sólidos solubles totales (19,80 °Brix) se encontró en el puré suplementado con sacarosa, y la adición de los otros edulcorantes no afectó considerablemente el valor de sólidos solubles totales.

El gráfico de efectos estandarizados (Figura 10) confirma que, los dos factores de estudio tienen un efecto significativo y positivo en el contenido de sólidos solubles, y el gráfico de interacciones (figura 12) confirma que, no existe efecto de la interacción de dichos factores. Del mismo modo, la gráfica de Pareto señala, lo anteriormente, afirmado.

El gráfico de contornos (Figura 13) indica que, la concentración de sólidos solubles aumenta con los niveles altos de tiempo y temperatura de concentración, y en el optimizador de respuesta (Figura 14) señala que, los niveles de 85 °C y 95 min maximiza a 59,6 °Brix el contenido de sólidos solubles. En contraposición a los resultados de esta investigación, la pulpa de tamarindo se calienta hasta una temperatura de 85 °C durante 10 minutos, ya que, si la temperatura sube de ese punto, puede ocurrir oscurecimiento y cambio de sabor del producto (IICA, 2008). De acuerdo con el Codex (2005), por zumo (jugo) concentrado de fruta se entiende el producto que se ha eliminado físicamente el agua en una cantidad suficiente para elevar el nivel de grados Brix al menos en un 50% más que el valor Brix

establecido para el zumo (jugo) reconstituido de la misma fruta, en este caso para zumo de arándano reconstituido es de 10 °Bx y el concentrado sería 15 °Bx como mínimo. Por lo tanto, para conseguir pulpa de arándano silvestre concentrada se puede lograr con una temperatura de 85 °C y tiempo entre 30 a 35 minutos, tal como, lo revelan los hallazgos en los anexos (Tabla 12 y tabla 14).

CONCLUSIONES

- La composición química proximal del fruto de awilancancha (*Disterigma empetrifolium* Kunth Drude), mostró un contenido de: 80,24 g de humedad, 2,36 g de ceniza, 2,56 g de grasa, 6,51 g de proteína, 1,86 g de fibra, 6,51 g de carbohidratos y 73,27 kcal, por cada 100 g de fruto.
- Se determinó que, el efecto del tiempo fue un efecto significativo e inversamente proporcional al contenido de antocianinas (50 min) y directamente proporcional en el contenido en sólidos solubles (95 min) de la pulpa concentrada de awilancancha.
- Hubo un efecto de la temperatura significativo e inversamente proporcional al contenido de antocianina (80 °C) y directamente proporcional al contenido en sólidos solubles (85 °C) de la pulpa concentrada de awilancancha.
- La interacción del tiempo y temperatura no tuvo efecto significativo en el contenido de antocianina y sólidos solubles de la pulpa concentrada de arándano silvestre.
- La clasificación taxonómica del arándano silvestre determinó que es la especie *Disterigma empetrifolium* (Kunth) Drude.
- Los valores de tiempo y temperatura recomendables fueron 65 min y 85 °C, con los cuales se obtienen 46,52 mg de Cianidina-3-glucósido/L de pulpa concentrada y 49,21 °Brix, de acuerdo a las ecuaciones de regresión no codificadas.

RECOMENDACIONES

- Evaluar otras alternativas tecnológicas para la conservación y transformación del arándano silvestre.
- Utilizar concentración de pulpa a presión de vacío para incrementar los sólidos solubles y reducir la pérdida de antocianinas.
- Determinar los compuestos bioactivos contenido en el arándano silvestre y sus efectos benéficos para la salud del consumidor.
- Evaluar la toxicología del fruto de arándano silvestre para descartar efectos secundarios perjudiciales en su consumo.
- Tecnología aplicada al vacío para mantener o incrementar las antocianinas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, J., Shivhare, U., & Raghavan, G. (2004). Thermal degradation kinetics of anthocyanin and visual colour. *Eur Food Res Technol*, 218, 525–528.
- AOAC. (2007). *Official Methods of Analysis* (Duodécima ed.). Washington: Association of Official Analytical Chemists.
- Ávila, E. (2007). Caracterización fisicoquímica y organoléptica del fruto de agraz. (*Vaccinium meridionale* Swartz) almacenado a 2°C. *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía de Medellín*, 60(2), 4179-4193.
- Badui-Dergal, S. (2006). *Química de Alimentos*. México DF: Editorial Alhambra.
- Benavides, I., Solarte, M., Pabón, V., Ordoñez, A., Beltrán, E., Rosero, S., & Torres, C. (2018). The variation of infiltration rates and physical-chemical soil properties across a land cover and land use gradient in a Paramo of southwestern Colombia. *Journal of Soil and Water Conservation*, 73(4), 400-410.
- Bobbio, F., & Mercadante, A. (2008). Anthocyanins in foods: Occurrence and physicochemical properties. En F. Bobbio, & A. Mercadante, *Food colorants: Chemical and functional properties* (Vol. I, pág. 241–276). Boca Raton: CRC Press.
- Boulton, R. (2001). The copigmentation of anthocyanins and its role in the colour of red wine: A critical review. *Am. J. Enol. Vitic.*, 52(1), 67-85.
- Brouillard, R. (1981). Origin of the exceptional colour stability of the Zebrina anthocyanin. *Phytochemistry*, 20(1), 143-145.
- Brownmiller, C., Howard, L., & Prior, R. (2008). Processing and storage effects on monomeric anthocyanins, percent polymeric colour, and antioxidant capacity of processed blueberry products. *Journal of Food Science*, 73(5), H72-H79.
- Cemeroglu, S., Vucoglu, S., & Isik, S. (1994). Degradation Kinetics of Anthocyanins in Sour Cherry Juice. *Journal of Food Science*, 59(6), 1216-1218.

- Chávez-Tapia, A., Sáyago-Ayerdi, S., García-Galindo, H., García-Magaña, M., González-Aguilar, G., & Montalvo-González, E. (2016). Quality and stability of concentrated guava puree added with Hibiscus sabdariffa extract. *Journal of Food and Nutrition Research*, 55(2), 131–140.
- Chen, C., Li, Y., & Xu, Z. (2010). Chemical principles and bioactivities of blueberry. *Acta pharmaceutica Sinica*, 45(4), 422-429.
- Clifford, M. (2000). Anthocyanins nature, occurrence and dietary burden. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 1063-1072.
- Codex. (2005). *Norma general del CODEX para zumos (jugos) y néctares de frutas*. CODEX STAN 247-2005.
- Cronquist, A. (1981). *An Integrated system of clasification of flowering plants*. Columbia: Columbia University Press.
- Davies, A., & Mazza, G. (1993). Copigmentation of simple and acylated anthocyanins with colorless phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41(5), 716-720.
- Domínguez-López, A., Remondetto, G. E., & Navarro-Galindo, S. (2008). Thermal kinetic degradation of anthocyanins in a roselle (Hibiscus sabdariffa L. cv. ‘Criollo’) infusion. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 322–325.
- Drdak, M., & Daucik, P. (1990). Changes of elderberry (Sambucus nigra) pigments during the production of pigment concentrates. *Acta Alimentaria*, 19, 3-7.
- Durst, R., & Wrolstad, R. (2004). Separation and characterization of anthocyanins by HPLC. En W. e. al., *Handbook of Food Analytical Chemistry, Pigments, Colorants, Flavors, Texture and bioactive Food Components* (págs. 33-46). New York: Eds. John Wiley & Sons.
- Duthie, G., Duthie, S., & Kyle, J. (2000). Plant polyphenols in cancer and heart disease: implications as nutritional antioxidants. *Nutrition Research Reviews*, 13, 79-106.

- Dyrby, M., Westergaard, N., & Stapelfeldt, H. (2001). Light and heat sensitivity of red cabbage extract in soft drink model systems. *Food Chemistry*, 72(4), 431-437.
- Francis, F. (1989). Food colorants: Anthocyanins. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 28, 273-314.
- Francis, F. (1992). A new group of food colorants. *Trends in Food Science & Technology*, 3, 27-30.
- García, J., García, G., & Ciorda, M. (2013). *Situación actual del cultivo del arándano en el mundo*. Santiago de Chile: Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario.
- García-Alonso, F. (2006). *Evaluación in vitro e in vivo de la funcionalidad de un producto rico en antioxidantes*. Murcia: Universidad de Murcia.
- García-Viguera, C., & Zafrilla, P. (2001). Changes in anthocyanins during food processing: influence on color chemistry and physiology of selected food colorants. *ACS Symposium Series 775* (págs. 56-65). Washington: American Chemical Society.
- García-Viguera, C., Zafrilla, P., Romero, P., Abellán, P., Artés, F., & Tomás-Barberán, F. (1999). Color stability of strawberry jam as affected by cultivar and storage temperature. *Journal of Food Science*, 64(2), 243-247.
- Garzon, G., & Wrolstad, R. (2002). Comparison of the stability of pelargonidin-based anthocyanins in strawberry juice and concentrate. *Journal of Food Science*, 67(4), 1288-1299.
- Giusti, M., & Wrolstad, R. (2003). Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems. *Biochemical Engineering Journal*, 14(3), 217-225.
- Giusti, M., & Wrolstad, R. (2005). Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. En R. Wrolstad, T. Acree, E. Decker, M. Penner, D. Reid, S. J. Schwartz, . . . P. Sporns, *Handbook of Food Analytical Chemistry* (págs. 19-32). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

- Goto, T., Hoshino, T., & Takase, S. (1979). A proposed structure of commelinin, petals of commelina a sky-blue anthocyanin complex obtained from the flower. *Tetrahedron Letters*, 31, 2905-2908.
- Gould, K., Davies, K., & Winefield, C. (2009). *Anthocyanins Biosynthesis, Functions, and Applications*. New Zeland: Springer.
- Gradinaru, G., Biliaderis, C., Kallithraka, S., Kefalas, P., & Garcia-Viguera, C. (2003). Thermal stability of Hibiscus sabdariffa L. anthocyanins in solution and in solid state, effects of copigmentation and glass transition. *Food Chemistry*, 83, 423–436.
- Hager, A., Howard, L., Prior, R., & 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, H139-H143.
- Havlikova, L., & Mikova, K. (1985). Heat stability of anthocyanins. *Z LebensmUnters Forsch*, 181, 427-432.
- Herrera Quiñones, X., & Rodríguez Castillo, K. (2016). *Evaluación del extracto de flavonoles y antocianinas contenidos en el Agraz (Vaccinium meridionale swartz) obtenidos a nivel de laboratorio por medio de los mpetodos de extracción por solventes y asistida por computadoras*. Bogotá: Fundación Universidad de América.
- IICA. (2008). *Procesados de fruta*. Bogotá: FAO.
- Ikeda, T., Yamazaki, K., Kumakura, H., & Hamamoto, H. (2009). Effect of high temperature on fruit quality of pot-grown strawberry plants. *Acta Horticulturae*, 842, 679–682.
- Jackman, R., & Smith, J. (1996). Anthocyanin and betalains. En & J. G. A. F. Hendry, *Natural food colorants* (págs. 249-309). Glasgow: Blackie Academic & Professional.

- Jiménez, N., Bohuon, P., Lima, J., Dornier, M., Vaillant, F., & Pérez, A. (2010). Kinetics of anthocyanin degradation and browning in reconstituted blackberry juice treated at high temperatures (100–180 °C). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 2314–2322.
- Kim, D., & Padilla-Zakour, O. (2004). Jam Processing Effect on Phenolics and Antioxidant Capacity in Anthocyanin-rich Fruits: Cherry, Plum, and Raspberry. *Journal of Food Science*, 69(9), 395-400.
- Kırca, A., Özkan, M., & Cemeroglu, B. (2006). Stability of black carrot anthocyanins in various fruit juices and nectars. *Food Chemistry*, 97, 598-605.
- Kırca, A., Özkan, M., & Cemeroglu, B. (2007). Effects of temperature solid content and pH on the stability of black carrot anthocyanins. *Food Chemistry*, 101(1), 212-218.
- Konczak, I., & Zhang, W. (2004). Anthocyanins-more than nature's colours. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 5, 239-240.
- Kong, J., Chia, L., Goh, N., Chia, T., & Brouillard, R. (2003). Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry*, 64(5), 923-933.
- Lee, J., Durst, R., & Wrolstad, R. (2002). Impact of juice processing on blueberry anthocyanins and polyphenolics comparison of two pretreatments. *Journal of Food Science*, 67, 1660-1666.
- Lin, Y., & Chou, C. (2009). Effect of heat treatment on total phenolic and anthocyanin contents as well as antioxidant activity of the extract from *Aspergillus awamori*-fermented black soybeans, a healthy food ingredient. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60, 627–636.
- Lule, S., & Xia, W. (2005). Food phenolics, pros and cons: a review. *Food Reviews International*, 21(4), 367-388.
- Ma, C., Dastmalchi, K., Flores, G., Wu, S.-B., Pedraza-Peñalosa, P., Long, C., & Kennelly, E. (2013). Antioxidant and Metabolite Profiling of North American

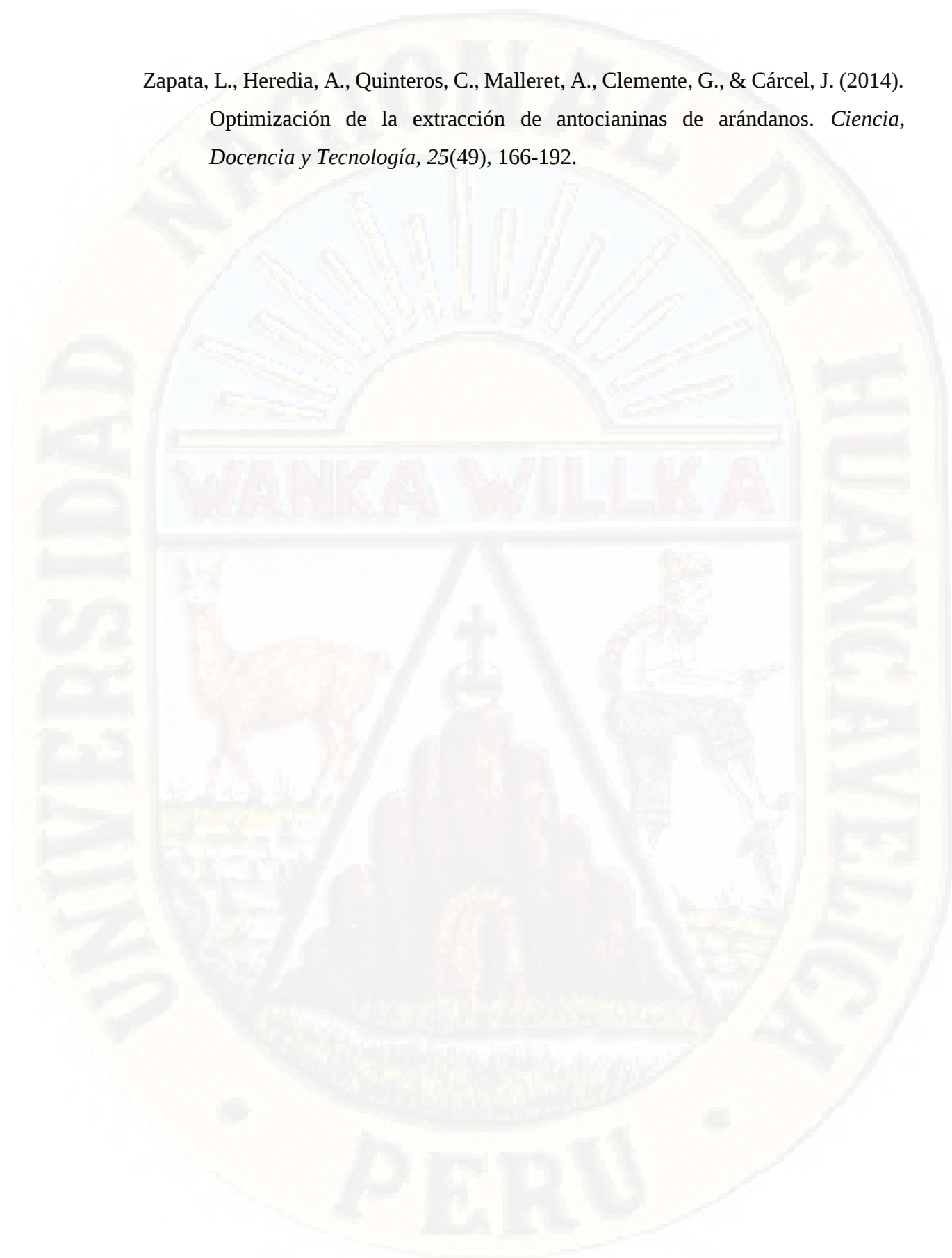
- and Neotropical Blueberries Using LC-TOF-MS and Multivariate Analyses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 3548–3559.
- Maçanita, A., Moreira, P., Lima, J., Quina, F., Yihwa, C., & Vautier-Giongo, C. (2002). Proton transfer in anthocyanins and related flavylium salts. Determination of ground-state rate constant with nanosecond laser flash photolysis. *J. Phys. Chem.*, 106, 1248-1255.
- MacBride, J. (1946). *Vaccinium and relatives in the Andes of Peru*. Wyoming: University of Wyoming Publications.
- Maccarone, E., Maccarrone, A., & Rapisarda, P. (1985). Stabilization of anthocyanins of blood orange fruit juice. *Journal of Food Science*, 50, 901–904.
- Magnitskiy, S., Ligarreto, G., & Lancheros, H. O. (2011). Enraizamiento de dos tipos de estacas de los frutales *Vaccinium floribundum* Kunth y *Disterigma alaternoides* (Kunth) Niedenzu (Ericaceae). *Agronomía Colombiana*, 29(2), 361-371.
- Markakis, P. (1982). Stability of anthocyanins in foods. En P. Markakis, *Anthocyanins as food colors* (pág. 163–178). New York: Academic Press Inc.
- Mercadante, A., & Bobbio, F. (2008). *Food Colorants: Chemical and Functional Properties* (Vol. 84). Boca Ratón: CRC Press.
- Navarro, L., Guitián, P., & Ayensa, G. (2008). Pollination ecology of *Disterigma stereophyllum* (Ericaceae) in south-western Colombia. *Plant Biology*, 10, 512–518.
- Nielsen, S., Marcy, J., & Sadler, G. (1993). Chemistry of aseptically processed foods. En J. Chambers, & E. Nelson, *Principles of aseptic processing and packing* (págs. 87-114). Washington DC: Food Processors Institute.
- Nowicka, P., & Wojdyło, A. (2015). Bioactive compounds and sensory attributes of sour cherry puree sweetened with natural sweeteners. *International Journal of Food Science and Technology*, 50, 585–591.

- Ochoa, M., Kessler, A., Vullioud, M., & Lozano, J. (1999). Physical and chemical characteristics of raspberry pulp: Storage effect on composition and color. *LWT-Food Science and Technology*, 32, 149–153.
- Patras, A., Brunton, N., Gormely, T., & Butler, F. (2009). Impact of high pressure processing on antioxidant activity, ascorbic acid anthocyanins and instrumental colour of blackberry and strawberry puree. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10(3), 308-313.
- Patras, A., Brunton, N., O'Donnell, C., & Tiwari, B. (2010). 2.2.4. Efecto del procesamiento térmico sobre la estabilidad de antocianinas en alimentos: Mecanismos y cinéticas de degradación. *Trends in Food Science & Technology*, 21, 3-11.
- Picque, D., Lieben, P., Chretien, P., Beguin, J., & Guerin, L. (2010). Assessment of maturity of Loire Valley wine grapes by mid-infrared spectroscopy. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 44(1), 219-229.
- Pirie, A., & Mullins, M. (1977). Interrelationships of sugars, anthocyanins, total phenols and dry weight in the skin of grape berries during ripening. *Am. J. Enol. Vitic.*, 28(4), 204-209.
- Rains, K. C., Nadkarni, N., & Bledsoe, C. (2003). Epiphytic and terrestrial mycorrhizas in a lower montane Costa Rican cloud forest. *Mycorrhiza*, 13, 257–264.
- Rein, M. (2005). *Copigmentation reactions and color stability of berry anthocyanins*. Helsinki: University of Helsinki.
- Rein, M., & Heinonen, M. (2004). Stability and enhancement of berry juice color. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 3106-3114.
- Rentzsch, M., Schwarz, M., & Winterhalter, P. (2007). Pyranoanthocyanins an overview on structures, occurrence, and pathways of formation. *Trends in Food Science & Technology*, 18(10), 526-534.

- Retamales, J., & Hancock, J. (2012). *Blueberries*. Massachusetts: Centre for Agricultural Bioscience International.
- Rhim, J. (2002). Kinetics of thermal degradation of anthocyanin pigment solutions driven from red flower cabbage. *Food Science*, 11, 361-364.
- Rodrigues, A., Pérez-Gregorio, M., García-Falcón, M., & Simal-Gándara, J. (2009). Effect of curing and cooking on flavonols and anthocyanins in traditional varieties of onion bulbs. *Food Research International*, 42, 1331–1336.
- Rodríguez-Mateos, A., Cifuentes-Gómez, T., Tabatabaee, S., Lecras, C., & Spencer, J. (2011). Procyanidin, Anthocyanin, and Chlorogenic Acid Contents of Highbush and Lowbush Blueberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 5772–5778.
- Rojas Guerra, N. (2012). *Evaluación de fenólicos totales y capacidad antioxidante en la pulpa concentrada de zarzamora (Rubus sp.) en dos estadios de madurez*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Rossi, M., Giussani, E., Morelli, R., Lo Scalzo, R., Nani, R., & Torreggiani, D. (2003). Effect of fruit blanching on phenolics and radical scavenging activity of highbush blueberry juice. *Food Research International*, 36, 999-1005.
- Rubinskiene, M., Viskelis, P., Jasutiene, I., Viskeliene, R., & Bobinas, C. (2005). Impact of various factors on the composition and stability of black currant anthocyanins. *Food Research International*, 38, 867-871.
- Sadilova, E., Stintzing, F., & Carle, R. (2006). Thermal degradation of acylated and nonacylated anthocyanins. *Journal of Food Science*, 71, C504-C512.
- Sadilova, E., Stintzing, F., Kammerer, D., & Carle, R. (2009). Matrix dependent impact of sugar and ascorbic acid addition on color and anthocyanin stability of black carrot, elderberry and strawberry single strength and from concentrate juices upon thermal treatment. *Food Research International*, 42, 1023–1033.

- Shi, M., Loftus, H., McAinch, A., & Su, X. (2016). Blueberry as a source of bioactive compounds for the treatment of obesity, type 2 diabetes and chronic inflammation. *Journal of Functional Foods*, 30, 16–29.
- Skrede, G., Wrolstad, R., & Durst, R. (2000). Changes in anthocyanins and polyphenolics during juice processing of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *Journal of Food Science*, 65, 357-364.
- Souquet, J., Cheynier, V., & Moutounet, M. (2000). *Les proanthocyanidines du raisin*. Bull: OIV.
- Srivastava, A., Akoh, C., Yi, W., Fischer, J., & Krewer, G. (2007). Effect of storage conditions on the biological activity of phenolic compounds of blueberry extract packed in glass bottles. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 55, 2705-2713.
- Stintzing, F., & Carle, R. (2004). Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition. *Trends in Food Science and Technology*, 15(1), 19-38.
- Volden, J., Grethe, I., Borge, A., Gunnar, B., Magnor, B., & Ingrid, H. (2008). Effect of thermal treatment on glucosinolates and antioxidant-related parameters in red cabbage (*Brassica oleracea* L. ssp. capitata f. rubra). *Food Chemistry*, 109(3), 595-605.
- Watanabe, Y., Yoshimoto, K., Okada, Y., & Nomura, M. (2011). Effect of impregnation using sucrose solution on stability of anthocyanin in strawberry jam. *LWT - Food Science and Technology*, 44, 891-895.
- Wilska-Jeszka, J. (2007). Food colorants. En Z. Sikorski, *Chemical and functional properties of food components* (pág. 245–274). Boca Raton: CRC Press.
- Yang, N., Qiu, R., Yang, S., Zhou, K., Wang, C., Ou, S., & Zheng, J. (2019). Influences of stir-frying and baking on flavonoid profile, antioxidant property, and hydroxymethylfurfural formation during preparation of blueberry-filled pastries. *Food Chemistry*, 287, 167-175.

Zapata, L., Heredia, A., Quinteros, C., Malleret, A., Clemente, G., & Cárcel, J. (2014). Optimización de la extracción de antocianinas de arándanos. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 25(49), 166-192.



Apéndice

Apéndice 01. Resultados experimentales.

Tabla 11

Resultados de contenido en antocianinas monoméricas.

Temperatura	Tiempo	Antocianinas monoméricas (mg/g)
80	95	100,193
80	50	116,850
85	50	54,50
85	95	33,398
80	95	79,320
80	95	87,669
85	50	58,400
85	95	20,874
80	50	129,400
80	50	146,100
85	50	62,600
85	95	12,524

Tabla 12

Datos experimentales para el tratamiento de 85 °C y 50 min.

Masa inicial =	1000	g
Masa pulpa =	529	g
Masa de fibra =	471	g
Supuesta masa de pulpa a concentrar=	529	g
pH pulpa =	3,41	
°Brix pulpa =	9,7	°Brix
Temperatura =	85	°C
Tiempo =	50	min
°Brix pulpa concentrada =	43,7	°Brix
Peso pulpa concentrada =	101	g
Rendimiento de pulpa a concentrar =	52,9	%

Rendimiento pulpa concentrada/a concentrar	
=	19,1 %
Rendimiento pulpa concentrada =	10,1 %

Tabla 13

Datos experimentales de la cinética de reacción para el tratamiento de 85 °C y 50 min.

Tiempo		
(min)	°Brix	ln (°Brix)
0	9,7	2,27212589
10	12,5	2,52572864
20	13,1	2,57261223
30	15,4	2,73436751
40	23	3,13549422
50	35,5	3,5695327

Tabla 14

Datos experimentales para el tratamiento de 80 °C y 95 min.

Masa inicial =	1000 g
Masa pulpa =	678 g
Masa de fibra =	322 g
Supuesta masa de pulpa a concentrar=	678 g
pH pulpa =	3,38
°Brix pulpa =	8,9 °Brix
Temperatura =	80 °C
Tiempo =	95 min
°Brix pulpa concentrada =	29,8 °Brix
Peso pulpa concentrada =	192 g
Rendimiento de pulpa a concentrar =	67,8 %
Rendimiento pulpa concentrada/a concentrar	
=	28,3 %
Rendimiento pulpa concentrada =	19,2 %

Tabla 15

Datos experimentales de la cinética de reacción para el tratamiento de 80 °C y 95 min.

Tiempo		
(min)	°Brix	ln (°Brix)
0	8,9	2,18605128
5	9,4	2,24070969
10	9,2	2,21920348
15	9,2	2,21920348
20	9,4	2,24070969
25	9,2	2,21920348
30	10,3	2,3321439
35	11,1	2,40694511
40	11,7	2,45958884
45	12,1	2,49320545
50	14,1	2,6461748
55	14,1	2,6461748
60	15	2,7080502
65	15,7	2,75366071
70	16	2,77258872
75	17,4	2,85647021
80	19,2	2,95491028
85	20,9	3,03974916
90	22,8	3,12676054
95	26,5	3,27714473

Tabla 16

Datos experimentales para el tratamiento de 85 °C y 95 min.

Masa inicial =	1000 g
Masa pulpa =	596 g
Masa de fibra =	404 g
Supuesta masa de pulpa a concentrar=	596 g
pH pulpa =	3,39
°Brix pulpa =	9,1 °Brix
Temperatura =	85 °C
Tiempo =	95 Min
°Brix pulpa concentrada =	69,5 °Brix
Peso pulpa concentrada =	22 G
Rendimiento de pulpa a concentrar =	59,6 %
Rendimiento pulpa concentrada/a concentrar =	3,7 %
Rendimiento pulpa concentrada =	2,2 %

Tabla 17

Datos experimentales de la cinética de reacción para el tratamiento de 85 °C y 95 min.

Tiempo		
(min)	°Brix	ln (°Brix)
0	9,1	2,20827441
5	9,1	2,20827441
10	9,6	2,2617631
15	11,1	2,40694511
20	12,1	2,49320545
25	12,4	2,51769647
30	14,2	2,65324196
35	15,7	2,75366071
40	16,7	2,81540872
45	19,2	2,95491028

50	19,4	2,96527307
55	22,1	3,09557761
60	24,8	3,21084365
65	27,8	3,32503602
70	32,9	3,49347266
75	38	3,63758616
80	45,2	3,81109709
85	52,85	3,96745771
90	59,64	4,08832649
95	69,5	4,24132675

Tabla 18

Datos experimentales para el tratamiento de 80 °C y 50 min.

Masa inicial =	1000	G
Masa pulpa =	628	G
Masa de fibra =	372	G
Supuesta masa de pulpa a concentrar=	628	G
pH pulpa =	3,4	
°Brix pulpa =	9,4	°Brix
Temperatura =	80	°C
Tiempo =	50	Min
°Brix pulpa concentrada =	14,9	°Brix
Peso pulpa concentrada =	383	G
Rendimiento de pulpa a concentrar =	62,8	%
Rendimiento pulpa concentrada/a concentrar =	61,0	%
Rendimiento pulpa concentrada =	38,3	%

Tabla 19

Datos experimentales de la cinética de reacción para el tratamiento de 80 °C y 50 min.

Tiempo		
(min)	°Brix	ln (°Brix)
0	9,4	2,24070969
5	9,2	2,21920348
10	10,8	2,37954613
15	12	2,48490665
20	10,9	2,38876279
25	13	2,56494936
30	12,2	2,50143595
35	13,1	2,57261223
40	14,1	2,6461748
45	14,1	2,6461748
50	14,9	2,70136121

Apéndice 02. Análisis de taxonomía.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

MUSEO DE HISTORIA NATURAL



"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

CONSTANCIA N° 157-USM-2019

EL JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (planta completa), recibida de **Yeni Liz Cutti Taipei**; ha sido estudiada y clasificada como ***Disterigma empetrifolium* (Kunth) Drude** y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1988):

DIVISION: MAGNOLIOPHYTA

CLASE: MAGNOLIOPSIDA

SUB CLASE: DILLENIIDAE

ORDEN: ERICALES

FAMILIA: ERICACEAE

GENERO: *Disterigma*

ESPECIE: *Disterigma empetrifolium* (Kunth) Drude

Nombre común: "Awilancancha"

Determinada por: Mg. Asunción A. Cano Echevarría

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente

Lima, 15 de mayo de 2019



Mag. ASUNCIÓN A. CANO ECHEVARRÍA
JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)

ACE/ddb

Apendice 03. Analisis fisicoquimico



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA
MOLINA**

**CENTRO MODELO DE TRATAMIENTO DE
RESIDUOS**



RESULTADO DE ANALISIS

SOLICITANTE : Yeni Liz CUTTI TAIPE
PRODUCTO DECLARADO : Arándano Silvestre
NUMERO DE MUESTRAS : 01
MUESTREADO POR : Muestra proporcionada por el solicitante
FECHA DE RECEPCIÓN : 30 de Abril del 2019
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS : 06 de Mayo del 2019
ENSAYO SOLICITADOS : FISICO/QUIMICO

Análisis	Resultado
1.- Humedad (g/100g de muestra original)	80.24
2.- Ceniza (g/100g de muestra original)	2.36
3.- Grasa (g/100g de muestra original)	2.56
4.- Proteína (g/100g de muestra original)	6.51
5.- Fibra (g/100g de muestra original)	1.86
6.- Carbohidratos (g/100g de muestra original)	6.51
7.- Energía total (kcal/100g de muestra original)	73.47

Métodos Utilizados.

- 1.- AOAC International oficial methods of Analysis 19 th Edition 2012.925.10
- 2.- AOAC International oficial methods of Analysis 19 th Edition 2012.923.03
- 3.- AOAC International oficial methods of Analysis 19 th Edition 2012.922.06
- 4.- AOAC International oficial methods of Analysis 19 th Edition 2012.920.87
- 5.- AOAC International oficial methods of Analysis 19 th Edition 2012.920.86
- 6.- Por cálculo de tabla de composición de alimentos 2009 – INS
- 6.- Por cálculo de tabla de composición de alimentos 2009 – INS

Atentamente:


Ph.D. Lizardo VISITACION FIGUEROA
Coordinador
CEMTRAR



AV. La Molina s/n La Molina – Lima - Lima- Perú Telf. : 614 7800 anexo 476
cemtrar@lamolina.edu.pe <http://www.lamolina.edu.pe/proyectos/cemtrar/html/principal.htm>

Apendice 04. Analisis de solidos solubles.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
(Creada por Ley N° 25265)
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL 02

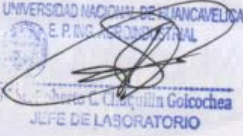
RESULTADO DE ANÁLISIS

SOLICITANTE : Yeni Liz Cutti Taipe
PRODUCTO DECLARADO : Pulpa concentrada de Awilancancha
NÚMERO DE MUESTRAS : 12 muestras x 200 g
MUESTREO POR : Solicitante
FECHA DE RECEPCIÓN : 15 de junio del 2019
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS : 24 de junio del 2019
ENSAYO SOLICITADO : Contenido en sólidos solubles.

Temperatura (° C)	Tiempo (min)	Sólidos Solubles (°Brix)
80	50	14,90
80	50	15,65
80	50	14,16
80	95	29,80
80	95	27,42
80	95	32,18
85	50	43,70
85	50	45,45
85	50	41,95
85	95	59,60
85	95	63,77
85	95	55,43

Métodos utilizados:

1. Refractometría (AOAC, 2007), T° = 20 °C.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
E.P. ING. AGROINDUSTRIAL
Roberto E. Chuquilin Golcochea
JEFE DE LABORATORIO

N° Registro: 008-2019

Av. Evitamiento Este S/N - Acobamba - Acobamba - Huancavelica - Perú
Teléfono: 998793955
Correo: roberto.chuquilin@unh.edu.pe

65

Apéndice 05. Análisis de antocianina



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL 02



RESULTADO DE ANÁLISIS

SOLICITANTE : Yeni Liz Cutti Taipe
PRODUCTO DECLARADO : Pulpa concentrada de Awilancancha
NÚMERO DE MUESTRAS : 12 muestras x 200 g
MUESTREADO POR : Solicitante
FECHA DE RECEPCIÓN : 15 de junio del 2019
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS : 24 de junio del 2019
ENSAYO SOLICITADO : Contenido en Antocianinas Monoméricas.

Temperatura (° C)	Tiempo (min)	Antocianinas monoméricas (mg/g)
80	95	100,193
80	50	116,850
85	50	54,500
85	95	33,398
80	95	79,320
80	95	87,669
85	50	58,400
85	95	20,874
80	50	129,400
80	50	146,100
85	50	62,600
85	95	12,524

Métodos utilizados:

1. Método pH diferencial (Giusti & Wrolstad, 2005).



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
E.P. ING. AGROINDUSTRIAL

Roberto C. Chuquilin
JEFE DE LABORATORIO

N° Registro: 007-2019

Av. Evitamiento Este S/N - Acobamba - Acobamba - Huancavelica - Perú
Teléfono: 998793955
Correo: roberto.chuquilin@unh.edu.pe

Apéndice 06. Testimonio fotográfico.



Fotografía 01. Recolección de materia prima.



Fotografía 02. Materia prima recolectada.



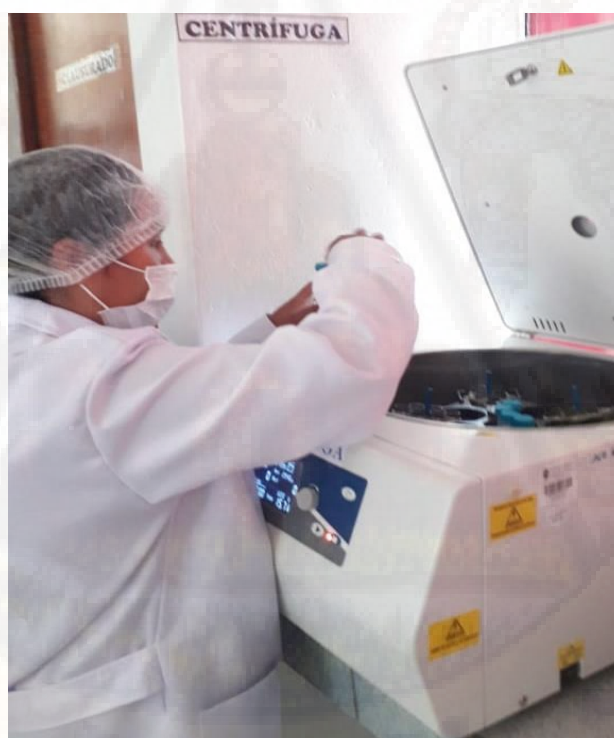
Fotografía 03. Lavado y desinfección de la materia prima.



Fotografía 04. Preparación de la muestra para análisis.



Fotografía 05. Dilución de la muestra para análisis.



Fotografía 06. Centrifugación de la muestra para análisis.



Fotografía 07. Muestra listas para análisis en el espectrofotómetro.



Fotografía 08. Análisis de antocianinas en el espectrofotómetro.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: “EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINA Y SUS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA PULPA CONCENTRADA DE ARÁNDANO SILVESTRE”

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE
¿Cuál será el efecto del tiempo y temperatura del contenido de antocianina y sus características físicoquímicas de la pulpa concentrada de arándano silvestre?	Objetivo general - Evaluar el efecto del tiempo y temperatura del contenido de antocianina y sus características físicoquímicas de la pulpa concentrada de arándano silvestre. Objetivo específico - Determinar el efecto del tiempo en el contenido de antocianina y características físicoquímicas de la pulpa concentrada de arándano silvestre. - Determinar el efecto de la temperatura en el contenido de antocianina y características físicoquímicas de la pulpa concentrada de arándano silvestre. - Determinar el efecto de la interacción del tiempo y temperatura en el contenido de antocianina y características físicoquímicas de la pulpa concentrada de arándano silvestre. - Clasificar taxonómicamente el arándano silvestre.	Hi. El tiempo y temperatura de concentración de la pulpa de arándano influyen significativamente en la estabilidad adecuada de las antocianinas y características físicoquímicas. Ho. El tiempo y temperatura de concentración de la pulpa de arándano no influyen significativamente en la estabilidad adecuada de las antocianinas y características físicoquímicas.	Variable independiente - Tiempo - Temperatura Variable dependiente - Contenido de antocianina - características físicoquímicas