

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS



**“CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y COMPUESTOS
BIOACTIVOS EN EL PROCESO DE
ELABORACIÓN DE ZUMO DE ARÁNDANOS
(*Vaccinium corymbosum.*)”**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS.

Genaro Christian Pesantes Arriola
Silvia Esther Tejada Ovalle

Callao, 2021

PERÚ

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO

MIEMBROS DEL JURADO

- DRA. LIDA CARMEN SANEZ FALCÓN PRESIDENTE
- DR. CARLOS ALEJANDRO ANCIETA DEXTRE SECRETARIO
- DR. JULIO CÉSAR CALDERÓN CRUZ MIEMBRO
- DRA. SONIA ELIZABETH HERRERA SÁNCHEZ MIEMBRO

ASESORA: MG. ESTELA TOLEDO PALOMINO

Nº de Libro: 01

Nº de Acta: 017-2021

Fecha de Aprobación de Tesis: 22 de enero del 2021

Resolución de Comité Directivo de la Unidad de Posgrado N° 079-2019-CD-UPG-FIQ-UNAC de fecha 22 de agosto del 2019 donde se designa Jurado Examinador de tesis para obtener el grado académico de Maestro.

DEDICATORIA

A Dios por su bondad inmerecida, a nuestras familias por ser la principal motivación para lograr ser mejores personas y a nuestros padres a quienes siempre honramos con nuestros logros profesionales.

AGRADECIMIENTOS

A nuestra asesora la Mg. Estela Toledo nuestro agradecimiento por su invaluable colaboración, así como sus acertadas observaciones, que nos permitió desarrollar el presente trabajo de investigación.

Agradecemos al Ing. Alejandro Mendiola Chávez, Gerente General de la empresa Certificaciones Alimentarias Hidrobiológicas y Medioambientales S.A.C., por haber implementado los métodos de ensayo que se emplearon en la presente investigación.

ÍNDICE

TABLAS DE CONTENIDO	4
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN.....	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN.....	12
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1 Descripción de la realidad problemática	13
1.2 Formulación del problema	14
1.3 Objetivos de la investigación	14
1.4 Limitantes de la investigación	15
II. MARCO TEÓRICO	17
2.1 Antecedentes de estudio	17
2.2 Bases Teóricas.....	21
2.3 Conceptual	39
2.4 Definiciones básicas	40
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	42
3.1 Hipótesis general e hipótesis específicas	42
3.2 Definición conceptual de las variables	42
IV. DISEÑO METODOLÓGICO	44
4.1 Tipo y diseño de la investigación	44
4.2 Método de investigación	46
4.3 Población y muestra	46
4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado	47
4.5 Técnicas e instrumentos para recolección de la información	47
4.6 Análisis y procesamiento de datos.....	58
V. RESULTADOS	59
5.1 Resultados descriptivos.....	59

5.2 Resultados inferenciales.....	63
VI. DISCUSIÓN	70
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados 70	
6.2 Contrastación y con otros estudios similares.	70
6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos	77
VII. CONCLUSIONES	78
VIII. RECOMENDACIONES	79
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
ANEXO 1: Matriz de consistencia	90
ANEXO 2: Curva estándar de ácido gálico para el ensayo de compuestos fenólicos.....	91
ANEXO 3: Curva estándar de trolox para el ensayo de capacidad antioxidante.....	92
ANEXO 4: Cálculos realizados para determinar el tiempo de tratamiento térmico mediante el método de stumbo (1973)	94
ANEXO 5: Efecto del clarificado en la capacidad antioxidante del zumo de arándanos	98
ANEXO 6: Efecto del clarificado en el contenido de fenoles totales del zumo de arándanos	100
ANEXO 7: Efecto del clarificado en el contenido de vitamina c en el zumo de arándanos	102
ANEXO 8: Efecto del clarificado en el contenido de antocianinas monoméricas en el zumo de arándanos.....	104
ANEXO 9: Efecto del tratamiento térmico en la capacidad antioxidante del zumo de arándanos clarificado por el método estacionario	106

ANEXO 10: Efecto del tratamiento térmico en la capacidad antioxidante del zumo de arándanos clarificado por el método de placas filtrantes	109
ANEXO 11: Efecto del tratamiento térmico en el contenido de fenoles totales del zumo de arándanos clarificado por el método estacionario.....	111
ANEXO 12: Efecto del tratamiento térmico en el contenido de fenoles totales del zumo de arándanos clarificado por el método de placas filtrantes	112
ANEXO 13: Efecto del tratamiento térmico en el contenido de vitamina c del zumo de arándanos clarificado por el método estacionario .	114
ANEXO 14: Efecto del tratamiento térmico en el contenido de vitamina c del zumo de arándanos clarificado por el método de placas filtrantes	116
ANEXO 15: Efecto del tratamiento térmico en el contenido de antocianinas monoméricas del zumo de arándanos clarificado por el método estacionario	118
ANEXO 16: Efecto del tratamiento térmico en el contenido de antocianinas monoméricas del zumo de arándanos clarificado por el método de placas filtrantes	120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Perfil nutricional del arándano fresco	27
Tabla 2: Contenido de minerales en el arándano fresco	28
Tabla 3: Contenido de vitaminas en el arándano fresco	29
Tabla 4: Composición de compuestos fenólicos	30
Tabla 5: Variaciones estructurales del anillo B producen las seis antocianidinas.....	32
Tabla 6: Operacionalización de variable	43
Tabla 7: Caracterización físico química del fruto arándano.....	59
Tabla 8: Control microbiológico de la desinfección del arándano.....	60
Tabla 9: Capacidad antioxidante y compuestos bioactivos del zumo de arándano y clarificado	60
Tabla 10: Porcentaje de retención de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos del zumo de arándano clarificado.....	61
Tabla 11: Tiempos de destrucción térmica para el proceso de pasteurización del zumo de arándano.....	61
Tabla 12: Capacidad antioxidante y compuestos bioactivos del zumo de arándano pasteurizado.....	62
Tabla 13: Porcentaje de retención de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos del zumo de arándano pasteurizado.....	63
Tabla 14: Efecto del clarificado en la capacidad antioxidante del zumo de arándanos	64
Tabla 15: Efecto del clarificado en el contenido de fenoles totales del zum de arándanos	64
Tabla 16: Efecto del clarificado en el contenido de vitamina C del zumos de arándanos	65
Tabla 17: Efecto del clarificado en el contenido de antocianinas monoméricas del zumo de arándanos.....	65
Tabla 18: Efecto del tratamiento térmico en la capacidad antioxidante del zum de arándanos clarificado por el método estacionario	66

Tabla 19: Efecto del tratamiento térmico en la capacidad antioxidante del zumo de arándanos clarificado por el método de placas filtrantes	66
Tabla 20: Efecto del tratamiento térmico en el contenido de fenoles totales del zumo de arándanos clarificado por el método estacionario ...	70
Tabla 21: Efecto del tratamiento térmico en el contenido de fenoles totales del zumo de arándanos clarificado por el método de placas filtrantes	70
Tabla 22: Efecto del tratamiento térmico en el contenido de vitamina C del zumo de arándanos clarificado por el método estacionario	71
Tabla 23: Efecto del tratamiento térmico en el contenido de vitamina C del zumo de arándanos clarificado por el método de placas filtrantes	728
Tabla 24: Efecto del tratamiento térmico en el contenido de antocianinas monoméricas del zumo de arándanos por el método estacionario	72
Tabla 25: Efecto del tratamiento térmico en el contenido de antocianinas monoméricas delo zumo de arándanos por el método de placas filtrantes	73
Tabla 26: Datos de tiempo y temperatura utilizados para la curva de calentamiento	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura básica de las antocianinas	32
Figura 2: Estructura y sustituyentes de los Flavonoides	35
Figura 3: Estructura del flavan-3-ol	33
Figura 4: Estructura de los taninos	34
Figura 5: Estructura y sustituyente del ácido cinámico.....	37
Figura 6: Estructura de ácido ascórbico.....	36
Figura 7: Flujo de operaciones para la obtención del zumo de arándanos	52
Figura 8: Recepción de arándanos	53
Figura 9: Lavado y selección	53
Figura 10: Operación de prensado	53
Figura 11: Clarificado estacionario.....	56
Figura 12: Clarificado por placas filtrantes	56
Figura 13: Envasado del zumo	57
Figura 14: Pasteurizado del zumo	57
Figura 15: Curva estándar de ácido gálico.....	91
Figura 16: Curva estándar de trolox para el análisis de la capacidad antioxidante	92
Figura 17: Curva estándar de trolox para el análisis de la capacidad antioxidante	99
Figura 18: Curva del calentamiento del zumo de arándanos	101

RESUMEN

El presente trabajo evaluó el efecto del clarificado y la pasteurización en la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos del zumo de arándano. Se ensayaron dos técnicas de clarificado (estacionario y con placas filtrantes) y tres tratamientos térmicos de pasteurización equivalentes (85°C x 30,22 min; 90°C x 21,27 min y 95°C x 14,88 min). se observó que el clarificado estacionario y a temperaturas más altas de pasteurización presentó una menor pérdida de estos compuestos, concluyéndose que los zumos clarificados por el método estacionario y pasteurizados a una temperatura de 95°C x 14,88 min se obtuvo una retención del 67,68% en la capacidad antioxidante (47,66 μmol Trolox eq/g de muestra), del 86,52% en los fenoles totales (478,62 mg de ácido gálico/100 g de muestra), del 75,39% en la vitamina C (11,21 mg de ácido ascórbico/100 g de muestra) y del 93,06% en las antocianinas monoméricas (193,55 mg de cianidina 3-glucósido/100 g de muestra).

Palabras claves: Arándano, Capacidad antioxidante, Compuestos bioactivos, clarificado, pasteurización.

RESUMO

O presente trabalho avaliou o efeito da clarificação e pasteurização sobre a capacidade antioxidante e compostos bioativos do suco de cranberry. Duas técnicas de clarificação (estacionárias e com placas de filtro) e três tratamentos térmicos de pasteurização equivalentes (85 ° C x 30,22 min; 90 ° C x 21,27 min e 95 ° C x 14,88 min) foram testados. Observou-se que a clarificação estacionária e em altas temperaturas de pasteurização apresentaram menor perda desses compostos, concluindo que os sucos clarificados pelo método estacionário e pasteurizados à temperatura de 95 ° C x 14,88 min, obteve-se uma retenção de 67 em 68% em a capacidade antioxidante (47,66 μ mol Trolox eq/g de amostra), de 86,52% nos fenóis totais (478,62 mg de ácido gálico/100 g de amostra), de 75,39% na vitamina C (11,21 mg de ácido ascórbico/100 g da amostra) e 93,06% em antocianinas monoméricas (193,55 mg de cianidina 3-glicosídeo/100 g de amostra).

Palavras-chave: Mirtilo, Capacidade antioxidante, Compostos bioativos, clarificado, pasteurização.

INTRODUCCIÓN

En el Perú el 2015 el número de áreas sembradas de arándanos fue de 2500 hectáreas (29% más respecto al 2014) y para el 2016 todas las estimaciones apuntaron a una cifra récord de 3200 hectáreas sembradas (28% más con relación a 2015). Lo cual refleja la enorme expectativa que este cultivo ha generado en el país y que muestra el crecimiento promedio anual de áreas sembradas en un 68 % (Minagri y Romero, 2016).

Durante el procesamiento de las frutas, la composición nutricional del alimento puede verse alterada, como así también el contenido, biodisponibilidad y actividad, incluyendo la capacidad antioxidante y de compuestos bioactivos presentes en las mismas (Nicoli *et al.*, 1999; Podsedek *et al.*, 2008; Wootton-Beard, 2011). Las frutas y hortalizas de color rojo presentan un alto contenido pigmentos, destacando las antocianinas. Los arándanos, frambuesas, fresas, cerezas, rábanos, cebollas rojas y algunas variedades de chile son fuentes ricas en estos productos naturales. Las antocianinas pertenecen al grupo de los flavonoides y son glucósidos de las antocianidinas con gran diversidad estructural. El fruto arándano es de bajo valor calórico por su escaso aporte de hidratos de carbono. Son especialmente ricas en vitamina C las bayas negras y rojas, que tienen cantidades mayores que algunos cítricos. Sin embargo, lo que en realidad caracteriza a estas frutas la gran cantidad de pigmentos naturales (antocianos y carotenoides) de acción antioxidante.

Por lo señalado anteriormente, el presente trabajo de investigación se orientará a evaluar el efecto del proceso sobre la capacidad antioxidante y los compuestos bioactivos durante la elaboración de zumo de arándano (*Vaccinium corimbosum*).

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Considerado el frutal más rentable del mundo, los arándanos forman parte de la poderosa categoría de súper frutas. En el Perú se iniciaron los primeros estudios y experimentos hace menos de una década; sin embargo, su cultivo se remonta al año 2008, con el programa Sierra Exportadora, el cual pretende darle auge y brindar alternativas de cultivo a la sierra peruana.

Al 2015, la proyección de áreas cultivadas se estima en alrededor de 2,5 mil hectáreas y una producción de 10,3 mil toneladas, que en casi en su totalidad es exportado (Minagri y Romero, 2016).

Al arándano se le atribuyen importantes propiedades funcionales que promueven su consumo; así su alto contenido en fibra puede resultar muy beneficioso para regular el peristaltismo; su extracto seco y hojas se emplean en el campo farmacológico como diurético, para combatir procesos diarreicos y para disminuir los niveles de glucosa en sangre (Marm, 2007).

Otra característica de este fruto es su alto contenido en pigmentos antociánicos de gran capacidad antioxidante, que neutralizan la acción de los radicales libres, y previene el efecto nocivo de los radicales libres.

Además, los arándanos se constituyen en una buena fuente de vitamina C, la cual potencia el sistema inmunológico y contribuye a reducir el riesgo de enfermedades degenerativas, cardiovasculares e incluso del cáncer.

Durante el procesamiento de los alimentos, usualmente se les someten a procesos térmicos que conllevan a la degradación de los pigmentos y a la pérdida de vitaminas y otros compuestos bioactivos. En tal sentido, el

presente trabajo planteó nuevos retos en cuanto producción de zumo de arándano, que garantice la máxima retención de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos presentes en fruta fresca.

Para tal fin se estudió el proceso de obtención del zumo de arándanos, aplicando tecnologías de clarificado y pasteurización que minimicen la pérdida de la capacidad antioxidante y de los compuestos bioactivos, de tal manera que se logre obtener un zumo funcional a partir de este fruto, la misma que contribuye a mantener el estado de salud de los consumidores.

1.2 Formulación del problema

Problema General:

¿Cómo varía la capacidad antioxidante y los compuestos bioactivos en el proceso de elaboración de zumo de arándano (*Vaccinium corybosum*)?

Problemas Específicos:

- a) ¿Cómo afecta el tipo de clarificado en la capacidad antioxidante y en los compuestos bioactivos del zumo de arándanos?
- b) ¿Cómo afecta la combinación de tiempo y temperatura de pasteurización en la capacidad antioxidante y en los compuestos bioactivos del zumo de arándanos?

1.3 Objetivos de la investigación

Objetivo General

Evaluar la variación de la capacidad antioxidante y los compuestos bioactivos en el proceso de elaboración de zumo de arándano (*Vaccinium corybosum*)

Objetivo Específicos

- a) Evaluar cómo afecta el tipo de clarificado en la capacidad antioxidante y en los compuestos bioactivos del zumo de arándano (*Vaccinium corybosum*)
- b) Evaluar cómo afecta la combinación de tiempo y temperatura de pasteurización en la capacidad antioxidante y en los compuestos bioactivos del zumo de arándanos.

1.4 Limitantes de la investigación

1.4.1 Limitaciones teóricas.

Como limitaciones teóricas se establece que debido a que no se cuenta con fuentes de información suficiente que evalúen el efecto del clarificado sobre la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos.

No existen métodos oficiales para la cuantificación de la capacidad antioxidante y de compuestos bioactivos, por tal razón, en nuestro país no hay laboratorios acreditados en estos métodos de ensayo.

Es importante en este apartado mencionar que cuando fuentes de información como libros, artículos o direcciones electrónicas sean insuficientes para continuar con el desarrollo de la investigación, es necesario estar consciente de que muchas veces se tendrá que acudir hasta el lugar donde se encuentra la información que se necesita, por lo que también es importante contar con tiempo disponible, organización y recursos financieros que sustenten los gastos que se puedan generar, así como una buena dosis de paciencia a la hora de establecer contactos.

1.4.2 Limitaciones Temporales.

En cuanto a las limitaciones temporales que se presentaron durante el desarrollo de la investigación, fue en primer lugar lidiar con los proveedores y tiempos de entrega de los reactivos y consumibles de laboratorio necesarios para la ejecución de los ensayos de capacidad antioxidante y de compuestos bioactivos.

En nuestro país no existen laboratorios acreditados en los ensayos antes mencionados y los laboratorios que realizan este tipo de análisis son laboratorios de universidades que no brindan servicios o que priorizan la ejecución de ensayos de sus investigadores.

Para la evaluación de las muestras se contó con el apoyo del Laboratorio Certificaciones Alimentarias, Hidrobiológicas y Medio Ambientales, quienes, a través de su Gerente General Ing. Alejandro Mendiola Chávez y su Gerente Técnico de Laboratorio Ing. Christian Pesantes Arriola, implementaron los métodos de ensayos requeridos para el desarrollo de esta investigación.

Con este apartado, simplemente se quiere dar a entender que para la realización de una investigación que requiera métodos de ensayos cuantitativos, es necesario estar consciente de que muchas veces el poder cumplir con el cronograma de actividades establecido, no siempre va a depender de los investigadores, ya que muchos de los ensayos cuantitativos siempre van a tener una desventaja básicamente a causa del tiempo y disposición que tengan los laboratorios donde se planea ejecutarlos. Por ello, es importante planificar estos ensayos con tiempo y encontrar el momento adecuado para ejecutarlos, con el fin de evitar que circunstancias ajenas a los investigadores, sean las causantes de impedir avances y resultados exitosos en el desarrollo de la tesis.

1.4.3 Limitaciones espaciales.

La presente investigación se desarrolló empleando arándanos de la variedad Biloxi.

En este apartado se pretende dejar en claro que las características fisicoquímicas del zumo de arándano obtenido dependen de la variedad de arándanos empleada y de las condiciones edafoclimáticas donde fue cultivada.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de estudio

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Souza (2017), *Tratamiento térmico con vapor y adición de goma xantana para preservar los compuestos bioactivos fenólicos y la capacidad antioxidante de la pulpa de arándanos*, (Tesis de posgrado) Universidad Nacional de Pelotas, Brasil, la investigación concluyó que después de que los arándanos fueron sometidos a un tratamiento térmico con vapor directo se obtuvieron mejores resultados comparado con un tratamiento térmico por conducción, en compuestos fenólicos totales, flavonoides totales, antocianinas monoméricas, ácidos fenólicos individuales durante el almacenamiento. La concentración de goma xantana fue de 0,5% (m/m), retuvieron las concentraciones más altas de antocianinas monoméricas e individuales, taninos hidrolizables, ácido gálico, clorogénico y quercetina en la pulpa de arándanos, durante el periodo de almacenamiento.

Guerra (2017), *Caracterización y microencapsulación de compuestos bioactivos del mortiño (*Vaccinium floribundum*, Kunth)*, (Tesis pregrado), Universidad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias, Ecuador, en la investigación se evaluó los polifenoles totales, antocianinas, flavonoides y capacidad antioxidante en muestras de mortiño cosechados a diferentes altitudes sobre el nivel del mar, después de un proceso de extracción con tres tipos de solventes: metanol/agua/ácido fórmico; pH 1,0 (cloruro de potasio 0,2N / ácido clorhídrico 1,0N) y pH 4,5 (acetato de sodio 1,0 M/ ácido clorhídrico 1,0N), obtuvieron los siguientes resultados a 3 020 msnm presentó una mayor concentración de polifenoles totales con 66,83 mg de ácido gálico/100g de muestra en base seca y la capacidad antioxidante de 3 670,43 mmol Trolox/ 100g de muestra en b.s; a 2850 msnm presentó una concentración de polifenoles totales con 55,22 mg de ácido gálico/100g de muestra en base seca y la capacidad antioxidante de 3 479,83 mmol Trolox/

100g de muestra en b.s y a 2680 msnm presentó una concentración de polifenoles totales con 45,83 mg de ácido gálico/100g de muestra en base seca y la capacidad antioxidante de 3 414,97 mmol Trolox/ 100g de muestra en b.s.

Jumbo y Guevara (2016), Capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de un filtrante de cinco hierbas aromáticas y esteviosido (*Stevia rebaudina* B), La granja: Revista de Ciencias de la Vida, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, la investigación encontró que en el procesamiento del filtrante con un edulcorante natural y en las etapas de materia prima, secado y molienda, que la aromática malva rosa presentó el mayor contenido de capacidad antioxidante 5,354; 35,40 y 36,74 mmol Trolox/100g de muestra en b.s respectivamente y que la aromática menta presentó el mayor contenido de compuestos fenólicos 5601,42; 6989,91 y 7063,26 mg de ácido gálico/100g de muestra en b.s. La mejor formulación del filtrante fue con 5% del edulcorante natural, el producto final después de la irradiación presentó 7,34 mmol Trolox/100g de muestra en b.s. de capacidad antioxidante y 2973,76 mg de ácido gálico/100g de muestra en b.s.

Zapata et al. (2014), *Optimización de la extracción de antocianinas de arándanos*. Revista: Ciencia, docencia y tecnología, 25(49):166-192. Universidad Politécnica de Valencia, España, este trabajo investigó la influencia de variables del proceso de extracción sólido-líquido de antocianinas de arándanos, al solvente de extracción etanol acidificado con ácido cítrico al 1%, en proporción materia prima/ solvente 1:3 Kg/Kg, la temperatura 36 °C y tiempo de extracción 2 h, los resultados fueron: 879mg cianidina-3-glucósido/100mL, el contenido de fenoles totales de 1 424 mg ácido gálico/ 100mL y la actividad antioxidante de 5730 mg EAA/100mL.

Valero, Colina y Ineichen, (2012), *Efecto del procesamiento sobre la capacidad antioxidante de la ciruela criolla (*Prunus doméstica*)*, el estudio investigó el efecto del escaldado y la deshidratación osmótica sobre el contenido de polifenoles totales, taninos y la capacidad antioxidante de la

ciruela criolla y dio como resultados, el contenido de polifenoles totales y taninos fueron mayores en la ciruela roja que en la amarilla; en las dos variedades el mayor contenido de polifenoles se encontró en la pulpa, mientras que los taninos se encontraron en mayor proporción en las cáscaras. Después del escaldado se incrementaron los polifenoles, mientras que los taninos disminuyeron, y sobre la deshidratación osmótica se obtuvo una disminución significativa de taninos, mientras que los polifenoles no se vieron afectados por el procesamiento.

Martínez et al., (2011) *Estabilidad de antocianinas en jugo y concentrado de agraz (Vaccinium merionale Sw.)*, Revista Facultad Nacional de Agronomía- Medellín, 64(1), 6015-6022, la investigación determinó que el efecto del pH en la estabilidad térmica de las antocianinas en los concentrados de agraz se estudió seis valores entre (3,0-8,0) en buffer citrato-fosfato. La degradación de las antocianinas fue mayor para el jugo concentrado. Una disminución significativa en la estabilidad de las antocianinas del concentrado se observó a pH cercano a 5,0.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Málaga (2013), *Efecto del procesamiento de puré de aguaymanto (Physalis peruviana) sobre la vitamina C, compuestos fenólicos totales, carotenoides y capacidad antioxidantes* (Tesis de maestría), Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú, la investigación determinó que los parámetros de procesamiento para obtener el puré de aguaymanto fueron: pulpeado (rendimiento $66 \pm 4\%$), estandarización (pulpa, almidón modificado: 4.5%, sacarosa: hasta llegar a 25°Brix) y pasteurización (100°C durante 24 minutos: UP = 3.2 min). Además, que el contenido de ácido ascórbico (mg ác. ascórbico/100 g de muestra b.s), compuestos fenólicos (mg de ácido gálico/100 g de muestra b.s), carotenoides totales (mg β -caroteno eq. /100 g de muestra b.s) y la capacidad antioxidante (μ mol TROLOX eq./g de muestra b.s) se incrementa durante el pulpeado y disminuyen en la estandarización y la pasteurización, a excepción de los

compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante que permanecieron constantes ($p < 0.05$) durante el pasteurizado.

Valencia (2013), *Capacidad antioxidante y compuestos bioactivos durante el procesamiento del néctar de zarzamora (*Rubus fruticosus*)* (Tesis de maestría), Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú, según la investigación indicó que la mejor formulación para obtener el néctar de zarzamora fueron: dilución (1:2.7 relación pulpa:agua), 12°Brix, pH 3.8 y CMC 0.07%. Además, que durante el proceso disminuyó el contenido de compuestos fenólicos (mg de ácido gálico/100 g de muestra b.s) y antocianinas (mg de cianidina 3-glucósido/100 g de muestra b.s) de 2234.15 y 640.81 (materia prima), a 2086.54 y 472.08 pulpeado-refinado, 914.40 y 188.24 estandarizado, 974.86 y 181.96 homogenizado, 860.71 y 190.85 pasteurizado, respectivamente. Así mismo, el néctar reduce su capacidad antioxidante (μmol TROLOX eq./g de muestra b.s) y vitamina C (mg ác. ascórbico/100 g de muestra b.s) durante el proceso de 217.66 y 84.41 (materia prima) a 188.48 y 68.13 en el pulpeado-refinado, 130.09 y 59.86 en el estandarizado, 152.57 y 47.84 en el homogenizado y 92.21 y 30.50 en el pasteurizado, respectivamente.

Moscol (2013), *Influencia de la cocción en el contenido de compuestos fenólicos, antocianinas, flavonoides y glucosinolatos y en la capacidad antioxidante de la mashua morada (*Tropaeolum tuberosus*)* (Tesis de pregrado), Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú, la investigación concluyó que los tipos de cocción evaluados (cocción en agua, microondas y horneado) no afectaron en forma significativa ($p > 0.05$) el contenido de antocianinas (mg de cianidina 3-glucósido/100 g de muestra b.s), flavonoles (mg de catequina eq./g de muestra b.s), glucosinolatos (μmol /g de muestra b.s) y capacidad antioxidante (μmol TROLOX eq./g de muestra b.s método ABTS y FRAP), mientras que la capacidad antioxidante (μmol TROLOX eq./g de muestra b.s calculado por el método ORAC) mostraron disminuciones significativas para la cocción en agua y horneado en mashua morada fresca y en todos los tratamientos de cocción en mashua morada soleada.

Rojas (2013), *Efecto de la estandarización y tratamiento térmico en el contenido de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en néctar de tomate de árbol (Solanum betaceum)* (Tesis de pregrado), Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú, el estudio concluyó que los parámetros de elaboración del néctar de tomate de árbol que proporcionaban un mayor contenido de ácido ascórbico, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante fueron: pH 3.3, 13°Brix, dilución pulpa:agua 1:2.5 y la temperatura de tratamiento térmico del néctar de 99.5°C por 1 minuto; los mismos que permitieron obtener una concentración de carotenoides totales de 1.68 mg β -caroteno eq./100 g de muestra (b.s), vitamina C con 11.45 mg ác. ascórbico/100 g de muestra (b.s), compuestos fenólicos con 32.96 mg de ácido gálico/100 g de muestra (b.s) y capacidad antioxidante de 1.3803 μ mol TROLOX eq./g de muestra (b.s) medida por el método DPPH y 2.0006 μ mol TROLOX eq./g de muestra (b.s) medida por el método ABTS.

Sato (2013), *Efecto de la pasteurización en la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos en la elaboración de néctar de aguaymanto (Physalis peruviana)* (Tesis de pregrado), Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú, la investigación concluyó que la pasteurización del néctar de aguaymanto contribuye a la pérdida de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos. Así mismo, estableció tres tratamientos térmicos de pasteurización equivalentes (tratamiento 1: 85°C x 30.2 minutos, tratamiento 2: 90°C x 22.7 minutos y tratamiento 3: 95°C x 14.9 minutos), encontrando que el tratamiento térmico 3 disminuyó, con mayor efectividad, las pérdidas de la capacidad antioxidante ocasionadas por la pasteurización, al obtener 131.857 μ mol TROLOX eq./g de muestra (b.s) medida por el método DPPH y 194.601 μ mol TROLOX eq./g de muestra (b.s) medida por el método ABTS y obtuvo a su vez, los mejores resultados en la determinación de compuestos bioactivos estudiados en el néctar de aguaymanto, siendo estos de 5.31 mg ác. ascórbico/100 g de muestra (b.s); 0.77 mg β -caroteno eq./100 g de muestra (b.s) y de 19.41 mg de ácido gálico/100 g de muestra (b.s).

2.2 Bases Teóricas

Hipócrates (400 a.C), médico de la Antigua Grecia y conocido como “el padre de la medicina”, escribió numerosos tratados relacionados con la salud y el equilibrio necesario para conseguirla. Por eso, y consciente de que la salud es el patrimonio más preciado del ser humano, lanzó el conocido mensaje: “Que tu alimento sea tu medicina, y que tu medicina sea tu alimento”.

La medicina integrativa se basa y cree en el aforismo desarrollado por Hipócrates. Nuestro cuerpo se nutre a diario, se regenera y su buen o mal funcionamiento, depende en gran medida de la alimentación. Si los alimentos no son de calidad, y no nos aportan los nutrientes necesarios, se bloquean los procesos del organismo. Esto hace que si nos enfermamos, no seamos capaces de contener o frenar la enfermedad.

2.2.1 Arándanos

- a) Descripción del fruto: el arándano, es una especie frutal arbustiva, perteneciente a la familia de la Ericáceas, que se desarrolla naturalmente en Norteamérica. Según Contreras (2010), existen 3 variedades de mayor interés comercial: *Vaccinium agustifolium* Alton (arándano bajo o “lowbush”), *Vaccinium ashei* Reade (arándano ojo de conejo o “rabbiteye”) y *Vaccinium corymbosum* L.(arándano alto o “highbush”).

El género *Vaccinium* es originario del Hemisferio Norte, concretamente de Norteamérica (EE.UU. y Canadá), América Central, Europa (Alpes, Apeninos centrales, Pirineos). Este género comprende unas 30 especies, siendo un grupo muy reducido las empleadas comercialmente. En España, la especie más común es *V. myrtillus*, distribuida ampliamente por el norte del país (Marm, 2007).

Las bayas se forman a partir del desarrollo del ovario inferior. Los frutos maduran, en general 2 o 3 meses después de la floración,

depende de las variedades y de las condiciones atmosféricas, a saber de la temperatura y vigor de la planta. El fruto es una baya azul o rojiza, de tamaño variable que oscila entre 7 y 12 mm de diámetro, revestida por una capa cerosa (pruina) y que posee una estrella de cinco puntas en la parte superior del fruto. Este fruto presenta una película firme, una pulpa succulenta, aromática y un sabor dulce (InfoAgro, 2017).

El tamaño de la baya está relacionado con el grosor de la rama y la posición en la misma, siendo de menor diámetro aquellos que se encuentran más distales de ésta (InfoAgro, 2017).

El color del arándano está influenciado por la presencia de pruina, cera epicuticular, que produce el efecto glauco responsable por el color azul típico de los arándanos. Esta capa cerosa constituye una barrera importante a la pérdida de agua, impidiendo el resecamiento del fruto (Agro Divulgación, 2007).

- b) Especies: según Masabni (como se citó en Ferreira, 2015), atendiendo a las características de las plantas, las especies de arándanos se encuentran divididas en cinco clases:
- Arándanos Altos del Norte o Northern highbush, también vulgarmente conocido como arándano gigante, el arbusto presenta un tamaño de más de dos metros de altura. La mayoría de las variedades necesitan acumular durante el reposo vegetativo entre 800 a 1000 horas de frío, para tener un brote y floración adecuada. Por ejemplo: 'Berkeley', 'Bluecrop', 'Bluetta', 'Brigitta', 'Duke', 'Elliot', 'Jersey'.
 - Arándano Altos del Sur o Southern highbush es un arbusto alto, necesita de menores cantidades de frío durante el reposo vegetativo. Presenta mejor desarrollo en las tierras altas, suelos pobres en materia orgánica y es resistente a enfermedades. Sin embargo, es exigente en agua y necesita sistemas de drenaje eficientes. Por ejemplo 'Biloxi', 'Emerald', 'Jewel', 'Misty', 'O'Neal'.

- Arándano ojo de conejo o Rabbiteye, presenta de dos a cuatro metros de altura, tolerancia al calor, al estrés hídrico y bajas necesidades de frío. Produce bayas rojizas, frutos ácidos y con un menor poder de conservación.
- Arándano de Media Altura o half high, alcanza entre 0,5 a 1,0 m de altura y no es muy exigente en horas de frío en el reposo vegetativo.
- Arándano de arbusto bajo o Low bush, posee una altura inferior a 0,50 m y es más utilizado en el uso doméstico o para procesamiento.

Maticorena (2017), sostiene que las especies de mayor interés para las condiciones climáticas de Perú son Southern highbush, específicamente los cultivares 'Biloxi', 'Emerald' y 'O'Neal', debido a que requieren de menos de 400 - 500 horas frío para prosperar. Sin embargo, estos dos últimos no han permitido obtener los resultados esperados en el norte del país.

c) Requerimientos edafoclimáticos:

- Temperatura: los factores climáticos actúan de manera diferente, mediante la fase de desarrollo en que se encuentra la planta, determinando el potencial de producción. Durante la fase de reposo vegetativo, el frío es el factor más importante y en la fase vegetativa son la temperatura, la precipitación y la radiación solar (InfoAgro, 2017).

En el reposo vegetativo, para que la planta tenga un período suficiente de dormancia, tiene que pasar, como mínimo unas 700 horas a cerca de 7°C. La mayoría de los cultivares no son afectados por temperaturas de invierno de -18°C, siempre que la temperatura no sufra grandes variaciones (Trehane, 2004).

En la fase vegetativa, las plantas son vulnerables a los vientos fríos tardíos de la primavera que puedan ocurrir después de la floración. Temperaturas por encima de los 30°C en el verano pueden causar la muerte de las hojas, principalmente en cultivares de rápido crecimiento vegetativo que estén completamente expuestas al sol. A estas temperaturas las raíces no consiguen agua suficiente para compensar las pérdidas por transpiración llevada a cabo por las hojas (InfoAgro, 2017).

- Suelo: el arbusto de arándano, como la mayoría de las plantas, necesita de suelo para la fijación de las raíces y para un abastecimiento de agua y de los minerales necesarios para el crecimiento y formación del fruto. Las características físicas y químicas del suelo son importantes.

Los arbustos de arándanos del grupo “Northern Highbush” requieren un pH entre 4.0 y 5.2, siendo el óptimo entre pH 4.3 y 4.8. Es dentro de este intervalo que se encuentra el equilibrio de minerales que las plantas necesitan (Trehane, 2004).

Cuando es necesario bajar el pH del suelo rápidamente, puede emplearse al azufre elemental. Este polvo debe incorporarse al suelo por lo menos seis semanas antes de la plantación con bastante precaución, pues en cantidades excesivas puede bajar el pH para niveles peligrosos. Por ejemplo, suelos con pH igual o inferior a 3.5 liberan minerales tóxicos y suelos alcalinos con pH 7.0 o superior, no contribuye a la producción exitosa de arándanos (Trehane, 2004).

Suelos con un amplio porcentaje de partículas de arena es bueno, siempre que la mezcla proporcione una base con buena ventilación y drenaje, garantizando que las raíces finas y fibrosas se puedan esparcir. Será aún mejor si existe entre 20 a 30% de partículas arcillosas en el suelo, ya que favorece la retención de

agua en el verano, así como una mejor fijación de las raíces (InfoAgro, 2017).

Los arándanos tienen preferencia por suelos arenosos, franco-arenosos o medianamente arcillosos, no muy profundos (Maticorena, 2017).

- d) Producción de arándano en el Perú: a partir del 2008, se empieza a plantar un creciente número de hectáreas de arándanos; en ese sentido, al año 2012 ya se tenían sembradas 400 hectáreas de arándanos y ésta aumenta en 385% respecto al 2014, cuando se estima una extensión plantada de 1940 hectáreas. Para el 2015 el número de áreas sembradas se calcula en 2500 hectáreas (+29% respecto 2014) y para el 2016 todas las estimaciones apuntan a una cifra récord de 3200 hectáreas sembradas (+ 28% con relación a 2015). Lo cual refleja la enorme expectativa que este cultivo ha generado en el país y que muestra el crecimiento promedio anual de las áreas sembradas en un 68% (Minagri y Romero, 2016).

En cuanto a la producción nacional por regiones, cabe precisar que la mayor parte de ésta se encuentra concentrada en la región La Libertad, que representa aproximadamente un 90% del total producido y exportado por el país, le siguen con volúmenes poco significativos Ancash, Arequipa, Cajamarca, Ica, Lima y Lambayeque. La evolución de la producción nacional durante los años 2012 al 2016, se estima en un 144,5% de crecimiento promedio anual, explicado por las nuevas áreas sembradas y paralelamente por el incremento del rendimiento de las plantas de arándano que van entrando en producción a partir del segundo año, hasta alcanzar su madurez a partir del 8° o 9° año y mantener un rendimiento constante en los siguientes diez años. En ese sentido, en el 2012 el volumen de la producción nacional fue de 560 toneladas, pero al 2013 esta producción casi se triplica con 1668 toneladas, en el año 2014 se incrementa en casi un 80% respecto al año anterior, con un volumen de producción de 3000 toneladas. Sin

embargo, el crecimiento más saltante se aprecia en el 2015 cuando alcanza un volumen de producción de 10300 toneladas, que es el reflejo de las mayores áreas sembradas que van entrando en producción y representan un 243% de incremento respecto al año 2014 (Minagri y Romero, 2016).

- e) Composición nutricional del fruto arándano: según Garrido (2014), la composición nutricional del arándano rojo se puede ver afectada por la variedad, la región donde se cultive y las prácticas culturales (Tabla 1).

Tabla 1

Perfil Nutricional del Arándano Fresco

Mineral	Unidad	Valor por 100g.
Agua	%	87,130
Energía	Kcal	46,000
Proteína	g	0,390
Lípidos totales(grasa)	g	0,130
Ácidos grasos saturados	g	0,011
Ácidos grasos mono insaturados	g	0,018
Ácidos grasos poliinsaturados	g	0,055
Carbohidratos	g	12,200
Fibra alimentaria	g	4,600
Azúcares	g	4,400

Los arándanos presentan, en promedio, un 82% de agua. El contenido de agua en los tejidos depende, entre otros factores, de la disponibilidad hídrica del suelo en el momento de la cosecha (Agro Divulgación, 2018). La pérdida de agua en los frutos conduce a un resecamiento y pérdida de masa, pero el alto contenido de humedad los hace, generalmente, susceptibles al deterioro, aumentando la posibilidad de contaminación por crecimiento microbiano.

Dinamarca et al. (1986), mencionan que gran parte de la aptitud de los berries para diferentes procesos está determinada por su composición. El contenido de azúcares totales (fructosa y glucosa principalmente) oscila en un rango entre 10 y 14%, de los cuales cerca de un 95% corresponde a azúcares reductores. El principal ácido orgánico presente es el ácido cítrico seguido del ácido málico. El balance entre azúcares y ácidos es muy importante en la calidad del sabor de estas frutas.

Los arándanos presentan una gran diversidad de minerales, entre los que se pueden destacar el calcio, hierro, magnesio, fósforo, potasio, zinc y magnesio (Tabla 2). Pero la composición exacta del arándano está condicionada por factores genéticos, ambientales, tipo de suelo y condiciones de cultivo, tales como el nivel de fertilización o la disponibilidad de agua (Giovanelli e Buratti, 2009).

Tabla 2

Contenido de Minerales en el Arándano Fresco

Mineral	Unidad	Valor por 100g.
Calcio	mg	8,00
Hierro	mg	0,25
Magnesio	mg	6,00
Fósforo	mg	13,00
Potasio	mg	85,00
Sodio	mg	2,00
Zinc	mg	0,10

Los arándanos presentan además un amplio espectro de sustancias bioactivas como, vitamina A, B, C y K (Tabla 3), lo que ha hecho que se le conozca popularmente como fruta de la longevidad.

Tabla 3*Contenido de Vitaminas en el Arándano Fresco*

Vitamina	Unidad	Valor por 100g.
Vitamina C	mg	13,300
Tiamina	mg	0,120
Rivoflavina	mg	0,200
Niacina	mg	0,101
Ácido Pantoténico	mg	0,295
Vitamina B6	mg	0,057
Folato total	mg	1,000
Colina total	mg	5,500
Betaína	mg	0,200
Vitamina A	mg	3,000
Caroteno, beta	mg	36,000
Luteína + zeaxantina	mg	91,000
Vitamina E	mg	1,200
Tocoferol, gamma	mg	0,040
Vitamina K	mg	5,100

Entre los compuestos fenólicos, los metabolitos que predominan son los flavonoides, y particularmente las antocianinas (Tabla 4).

Debido al elevado poder antioxidante, estos compuestos ejercen actividades biológicas y funciones sobre la salud, como, la prevención de algunas enfermedades crónicas, incluyendo el cáncer, enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares, arterioesclerosis y/o diabetes (Pokorny et al., 2005).

Silveira et al., (2007 indican que se ha reportado que las antocianinas inhiben la agregación plaquetaria, mejoran la función

visual, poseen propiedades vaso protectoras y podrían tener efectos benéficos.

Tabla 4

Composición de Compuestos Fenólicos

Nutriente	Unidad	Valor por 100 g.
Flavonoides		
Antocianinas		
Cianidina	mg	46,4
Delfina	mg	7,70
Malvidina	mg	0,40
Pelargonidina	mg	0,30
Peonidina	mg	49,2
Flavan-3-oles		
(+)-catequina	mg	0,40
(-)-epilagocatequina	mg	0,70
(-)-epicatequina	mg	4,70
Flavonoles		
Kaempferol	mg	0,10
Miricetina	mg	6,60
Quercetina	mg	14,80
Proantocianidinas		
Monómeros	mg	7,30
Dímeros	mg	25,90
Trímeros	mg	18,90
4 a 6 monómeros	mg	70,30
7 a 10 monómeros	mg	62,90
más de 10 monómeros	mg	233,50

Otros compuestos bioactivos presentes en los arándanos rojos son las proantocianidinas (PAC), otro tipo de flavonoides. En el año 2000 se identificó una proantocianidina de tipo A que inhibe la adherencia a

las superficies celulares del tracto urinario de una cepa uropatógena de tipo P de *Escherichia coli*. Las PAC son capaces de inhibir también la adhesión de tipo 1 (atribuida a fructosa) de cepas de *E. coli*. Esta adhesión a las células epiteliales se debe a unas proteínas denominadas adhesinas que se encuentran en las fimbrias de la bacteria que las convierte en patogénicas. (Hancock et al, 2008; Dessi et al, 2011). Las proantocianidinas de tipo A parecen ser responsables de la acción antiséptica y antibacteriana del arándano.

Debido a la presencia de estas PAC, el consumo de arándanos rojos contribuye a la prevención de infecciones del tracto urinario producida por adhesión bacterias uropatógenas. Productos como el zumo de arándano rojo también presentan estas propiedades, pues es capaz de reducir la adherencia en el 75%-60% de los aislados clínicos procedentes de pacientes con infección del tracto urinario causada por *E. coli*, e incluso el consumo de zumo de arándano rojo parece ser efectivo en pacientes con infecciones causadas por cepas resistentes a antibióticos (Raz et al, 2004). Además de estas propiedades, los arándanos rojos al ser ricos en compuestos fenólicos, presentan actividad antioxidante, y se ha demostrado recientemente que también presentan acción antibacteriana frente a *Helicobacter pylori* causante de la úlcera péptica. Se ha observado una sensibilidad a las PAC por parte también de *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* y *Micrococcus luteus* (Dessi et al, 2011; Viskelis et al, 2009).

2.2.2 Capacidad Antioxidante

La capacidad antioxidante de alimentos vegetales deriva de la acumulación de un efecto sinergista de una amplia variedad de antioxidantes como la vitamina C y E, los polifenoles, carotenoides, terpenoides, compuestos de maillard y minerales traza. Estos antioxidantes juegan, al parecer, un rol importante en la prevención de enfermedades relacionadas

con el estrés oxidativo y en la reducción de la mortalidad total, la cual es asociada a dietas ricas en frutas y vegetales (Pérez-Jimenez et al, 2008).

2.2.3 Compuestos Bioactivos

Según Pereira (2013), entre los principales compuestos bioactivos con capacidad antioxidante que se encuentran presentes en los arandanos se tiene:

- Antocianinas: según Badui (2006), las antocianinas como compuestos vegetales no nitrogenados pertenecientes a la familia de los flavonoides, de amplia distribución en la naturaleza. Producen color rojo, anaranjado, azul y púrpura en frutos, flores y hojas.

Sus concentraciones en los alimentos tienden a aumentar en la medida que el fruto madura y en respuesta a algunos factores climáticos. Las antocianinas consisten en una molécula de antocianidina ligada a una o más unidades de azúcar (Figura 1 y Tabla 5). La glicosilación de las antocianidinas ocurre preferentemente en la posición C3. Las principales antocianinas presentes en los arándanos son galactosidos y arabinosas de cianidina y peonidina (Robards y Antolovich, 1997; Nijveldt et al., 2001).

Figura 1

Estructura Básica de las Antocianinas

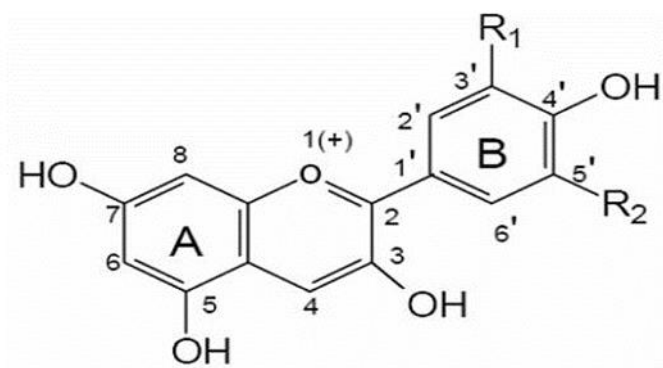


Tabla 5*Variaciones Estructurales del anillo B producen las seis Antocianidinas*

Aglicona	Substitución		λ_{\max} (nm)
	R1	R2	espectro visible
Pelargonidina	H	H	494 (naranja)
Cianidina	OH	H	506 (naranja-rojo)
Delfinina	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)

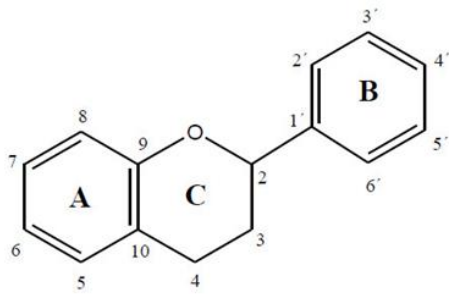
- Flavonoides: los flavonoides son encontrados en abundancia en frutos derivados de la familia *Ericaceae*, tales como el arándano, encontrándose mayoritariamente en la piel de estos frutos (Robards y Antolovich, 1997).

Según (Pereira, 2013), los principales tipos de flavonoides son la isoramnetina, quenferol, miricetina y quercetina. Todos ellos se caracterizan por estar exentos de cualquier sustitución en la posición C3 y, además, son famosos por su estructura planar debido al doble enlace presente en el anillo aromático central (Figura 2).

Los flavonoides son frecuentemente encontrados en la naturaleza como derivados acilados, involucrando enlaces entre los ácidos alifáticos o aromáticos y los hidróxidos de azúcar. Los flavonoides glicosilados predominantes en frutas son los 3-O- monoglucósidos y se presentan en el siguiente orden de preferencia de azúcares: glucosa, galactosa, ramnosa y ácido glucurónico (Pereira, 2013).

Figura 2

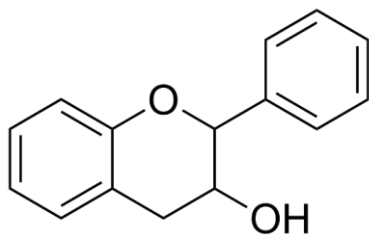
Estructura y Sustituyentes de las Flavonoides



- Flavan-3-oles (catequinas): los flavan-3-oles o catequinas son importantes constituyentes de los frutos y su presencia ha sido reportada en él arándano. Las catequinas comparten la misma estructura molecular de los flavonoides, pero no poseen el grupo carbonilo C4 (Pereira, 2013). A través de reacciones catalizadas por la luz, calor y oxígeno, los flavan-3-oles tienden a combinarse con los ésteres del ácido gálico y elágico para formar compuestos como elagitaninos e galotanimos (Robards y Antolovich, 1997).

Figura 3

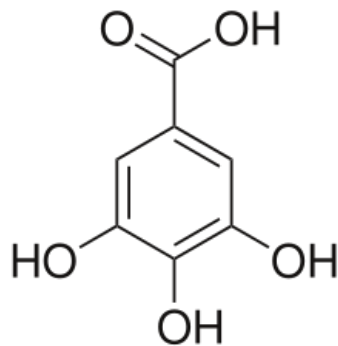
Estructura del Flavan-3-ol



- **Taninos:** los taninos son componentes importantes de los frutos silvestres (Figura 4). Son compoenen de taninos condensados no hidrolizables, las proantocianidinas (PAC) y por taninos hidrolizables, como los ésteres del ácido gálico y elágico. Sin embargo, los taninos condensados son mucho más frecuentes en estos frutos que los taninos hidrolizados (Shahidi y Naczk, 2004). Este componente desempeña un papel esencial en la definición de las propiedades sensoriales del fruto. Los taninos son responsables del sabor ácido y de las alteraciones del color en los frutos y en los zumos de fruta. En la fruta rica en antocianinas, como es el caso del arándano, los taninos se unen a estas formando copolímeros, estabilizándolas (Shahidi y Naczk, 2004).

Figura 4

Estructura de los Taninos



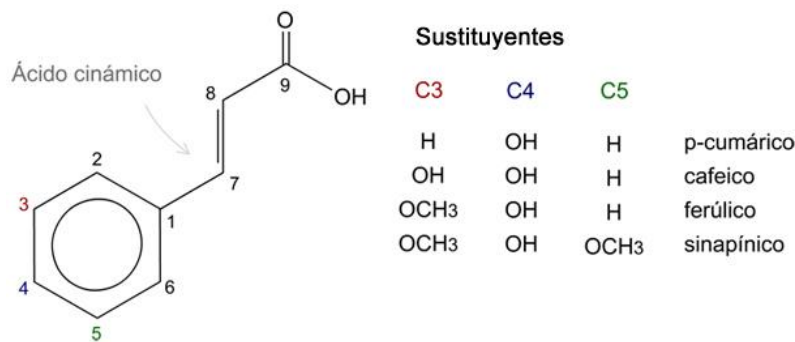
- **Ácidos Fenólicos:** los ácidos fenólicos contribuyen a las características y al sabor único a las bayas de los arándanos, moras, frambuesas y de otros frutos de baya roja, morada o azul (Vattem y Shetty, 2005).

Esta familia de componente incluye derivados del ácido hidroxicinámico (Figura 5) y del ácido hidroxibenzoico, presentando estructuras moleculares muy similares (Puupponen-Pimiä, R, Nohynet, L., Alakomy, H., y Oksman-Caldentey, K., 2005). En el arándano se encontraron grandes cantidades del ácido ferúlico y cantidades significativas del ácido p-cumárico, siendo los dos pertenecientes a la familia de los ácidos hidroxicinámicos (Häkkinen et al., 1999). Los compuestos clasificados en la familia del ácido hidroxicinámico y del

ácido hidroxibenzoico se diferencian por el número y posiciones de los grupos metilo e hidroxilo unidos al anillo de fenol. Estos compuestos raramente están presentes en la forma libre, estando normalmente asociados a otros tipos de compuestos.

Figura 5

Estructura y Sustituyente del Ácido Cinámico



Cuando aparecen como ácidos fenólicos simples, generalmente es consecuencia del paso por algunos procesos, como la contaminación por microorganismos o transformación tecnológica (Cotê et al.; citado por Pereira, 2010).

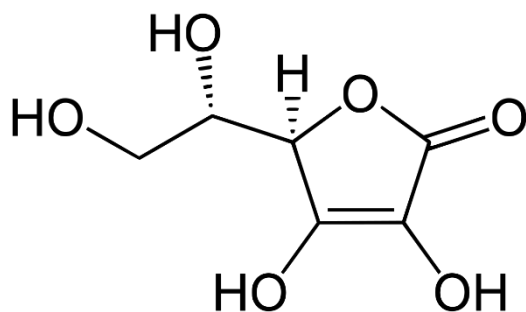
- Vitamina C: Existen varias sustancias que presentan una actividad biológica de vitamina C (Figura 6), pero con excepción del ácido L-ascórbico y el ácido L-deshidroascórbico (producto de la oxidación del anterior). Las demás tienen una importancia nutricional insignificante; sólo los isómeros L de estos dos vitámeros actúan como tal, ya que el ácido D-ascórbico no es activo (Badui, 2006).

El ácido ascórbico se caracteriza por ser un compuesto muy inestable, ya que al abrirse el anillo lactónico pierde su actividad biológica, produciéndose una reducción del contenido neto de vitamina C en el vegetal. La oxidación tiene lugar con gran facilidad durante el procesamiento de los alimentos en presencia de oxígeno, siendo esta

dependiente del pH, ya que la forma ionizada es más sensible que la forma no ionizada. Así, el di anión, que se forme en proporciones significativas es necesario un pH alcalino (que no suele encontrarse en los alimentos), es la forma más sensible (De Leenheer, 2000).

Figura 6

Estructura del Ácido Ascórbico



2.2.4 Propiedades antioxidantes del arándano

Es la capacidad de eliminar las especies reactivas de oxígeno (ROS) la que define al arándano como un poderoso antioxidante. Las principales especies reactivas al oxígeno (ROS) que pueden ser eliminadas por las diferentes especies de arándano son el radical hidroxilo, el radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH·), el radical 3-etilbenzotiazoline-6-sulfónico (ABTS), radicales superóxido y otras formas reactivas de oxígeno, como el peróxido de hidrógeno y el oxígeno singulete (Szajdek y Borowska, 2008). Se estima que cerca del 2-5% del oxígeno consumido por una célula se convierte posteriormente en radicales libres. Por el simple hecho de consumir oxígeno, el metabolismo celular, incluso en condiciones basales, promueve una formación continua de ROS, a través de la reducción del oxígeno molecular con un total, de dos a tres electrones (Wickens, 2001; Floyd y Hensley, 2002). De todos los organelos presentes en las células, la mitocondria es la principal fuente de ROS, ya que se estima que consume cerca de 90% de la totalidad del oxígeno consumido por el organismo. Sin embargo, existen otras fuentes celulares para la producción de ROS, estando activas en funciones fisiológicas basales, mientras que otras se

activan sólo en circunstancias especiales, como durante el ejercicio físico exhaustivo e inusual. Además de las fuentes intrínsecas de ROS, también existen fuentes extrínsecas como, por ejemplo, la radiación ultravioleta, los productos químicos tóxicos, la contaminación y algunos fármacos.

La interacción de las ROS con otras moléculas biológicas es bastante perjudicial para la estructura y funcionalidad celular, siendo responsable de cambios estructurales en las moléculas de ADN, en las proteínas y por destrucción de las membranas. Por consiguiente, estas alteraciones pueden producir efectos indeseables al organismo humano, como el envejecimiento y el cáncer (Beckman y Ames, 1998).

La producción de ROS es normalmente compensada por sistemas de defensa celular. De hecho, la mayoría de las células responden a estas especies aumentando los niveles de antioxidantes, como la catalasa, la superóxido dismutasa y el glutatión (Khan, 2013).

Sin embargo, cerca del 1% de las ROS "huye" a la eliminación diaria, dando lugar a daños celulares oxidativos. Este desequilibrio entre la formación de ROS y la neutralización de las mismas por parte de sistemas de desintoxicación, se denomina estrés oxidativo (Berger, 2006). La extensión del estrés oxidativo puede determinarse experimentalmente a través de la cuantificación de productos finales de ácidos nucleicos dañados, peroxidación lipídica y de oxidación de proteínas (Junqueira et al., 2004).

Como los sistemas de defensa celular no son completamente eficaces contra las ROS, hay un interés creciente sobre los efectos benéficos del consumo de antioxidantes en la salud. Los resultados de estudios apuntan a las correlaciones entre el contenido total de compuestos fenólicos de los frutos rojos y su actividad antioxidante (Wang, Cao, y Prior, 1996; Kalt, Forney, Martin y Prior, 1999), siendo está determinada por la especie, variedad, forma de cultivo, región geográfica, condiciones climatológicas,

estado de maduración, altura de la cosecha, tiempo y condiciones de almacenamiento (Skupien y Oszmianski, 2004).

Es necesario, sin embargo, tener en cuenta que las ROS también tienen funciones importantes en nuestro organismo, en particular, mediar varios procesos de regulación y vías de señalización, incluida la proliferación y la activación o inactivación de biomoléculas reguladoras. Además, las ROS también participan en la regulación de algunos genes y en la iniciación y ejecución de la apoptosis. De este modo, es importante el consumo racional de antioxidantes para que se pueda mantener el equilibrio entre éstos y la concentración de ROS en el organismo (Khan, 2013).

2.2.5 Procesos Tecnológicos y Capacidad Antioxidante

En la mayoría de los casos, la elaboración de alimentos a nivel industrial, o incluso la preparación de los mismos en el hogar, puede conducir a una pérdida significativa de antioxidantes naturales.

Curotto (2006), menciona como ejemplo al ácido ascórbico, el cual es susceptible a la oxidación química o a la degradación térmica como consecuencia de la aplicación de procesos tales como escaldado, blanqueado, cocción, pasteurización, esterilización, deshidratación y congelación. También señala que, se han registrado pérdidas de ascorbato, de los tocoferoles y de los carotenoides en alimentos sometidos a procesos térmicos, tales como escaldado, pasteurización, cocción y fritura, en los que intervinieron efectos combinados de la luz, la presencia de oxígeno y alta temperatura (Dávila, 2003).

Los alimentos que tienen un alto contenido de vitamina C, después del procesamiento, esta tiende a disminuir. En algunos casos, cuando son bien controlados, los cambios son pequeños que van de 10 – 20%. En otros casos, cuando no hay alguna etapa preventiva como la precocción, pueden perder hasta el 100% de vitamina C (Badui, 2006).

Según Arthey y Ashurst (1996), es el uso de las técnicas de procesamiento de forma inadecuada lo que puede provocar pérdidas considerables en el contenido de ácido ascórbico presente en la fruta fresca. Ésta es una vitamina que se destruye fácilmente por oxidación, en especial en presencia de ciertas enzimas o iones metálicos. Cuando la fruta se pela o macera, la vitamina es susceptible a la oxidación por la presencia del oxígeno gaseoso y enzimas oxidantes. Por lo general, la aparición de un color pardo en el fruto suele ser indicio de que prácticamente toda la vitamina se ha destruido en la parte de la fruta en el cual aparece este color.

En el caso de las bebidas de fruta, el valor nutritivo depende principalmente del tipo de fruta usada, de los métodos de procesamiento y del grado de dilución. El contenido vitamínico de las bebidas de fruta es inferior al de la fruta original. Sin embargo, las pérdidas de vitamina C son mayores en el zumo de naranja que en el pomelo, a la misma temperatura de almacenamiento, debido a reacciones aeróbicas y anaeróbicas no enzimáticas (Casp y abril, 1999)

2.3 Conceptual

Los alimentos de origen vegetal, como las frutas y hortalizas, poseen en su composición una serie de pigmentos, vitaminas y ácidos orgánicos que tienen la capacidad de atenuar las reacciones de oxidación se presentan en nuestro organismo y que buscan aportar la energía necesaria para mantener la homeostasis.

2.3.1 Los compuestos bioactivos

Constituidos para el estudio del zumo de arándanos representados por fenoles totales, vitamina C, antocianinas. Este tipo de compuestos presentan diferente tipo de sensibilidad a factores extrínsecos (pH, luz, temperatura, potencial redox) a los que son expuestos durante el procesamiento. En ese

sentido, es necesario diseñar adecuadamente los procesos tecnológicos con la finalidad de obtener una máxima retención de estos compuestos y ofrecer a los consumidores productos que coadyuvaran a preservar salud.

Durante mucho tiempo la aplicación de calor ha sido la técnica de conservación de alimentos más empleada por la industria. Sin embargo, esta operación unitaria además de reducir la carga microbiana de los alimentos también desnaturaliza algunas proteínas, vitaminas, y ácidos orgánicos, lo cual reduce considerablemente el valor biológico.

Recientes investigaciones referentes a la aplicación de tratamientos térmicos a los alimentos sostienen que los tratamientos HTST (alta temperatura corto tiempo) afectan mínimamente los compuestos que le confieren propiedades funcionales a los alimentos procesados.

Por otro lado, la técnica de clarificado de zumos de fruta también puede reducir el contenido de compuestos bioactivos. Sobre todo, aquella que se realiza empleando un medio poroso ya que los pigmentos presentan una gran afinidad a estos.

2.3.2 La capacidad antioxidante

Constituye en medir la actividad antioxidante ya sea aquel que tiene una actividad estabilizadora de radicales libres, que tiene como característica la velocidad de reacción y otra que tiene capacidad de retardar la degradación oxidativa.

2.4 Definiciones básicas

- Tratamiento térmico: el tratamiento térmico consiste simplemente en exponer a los alimentos a temperaturas por encima de aquellas a las

que los microorganismos crecen con la finalidad de producir inevitablemente su muerte o provocarles lesiones subletales.

- Pasteurización: Silva y Gibbs (2004), mencionan que la palabra *pasteurización* tiene su origen en el trabajo de Pasteur y se refiere a un tratamiento leve (a temperatura menor o igual a 100 °C) usado para preservar el alimento destruyendo enzimas alterantes y las formas vegetativas de los microorganismos (bacterias, hongos y levaduras)
- Tiempo de reducción decimal o valor D: Rees y Bettinson (1994), lo definen como el tiempo de tratamiento a una temperatura t que es preciso aplicar a una población microbiana para destruir el 90% de los esporos o células vegetativas.
- Constante de Resistencia Térmica o valor z: Rees y Bettinson (1994), la definen como el cambio que experimenta el valor D con la temperatura e indican que puede determinarse representando el $\log D$ en función de la temperatura.
- Unidades de pasteurización o valor UP: Con valores inferiores a 100°C resulta más conveniente utilizar los valores de pasteurización o UP . Los valores UP se calculan empleando la siguiente ecuación:

$$UP = \text{Log}^{-1} \frac{(T - T_{ref})}{z}$$

- Clarificado: consiste en acelerar la eliminación de materias que enturbian el zumo por procedimientos de sedimentación y trasiego (clarificación espontánea) o filtración.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis general e hipótesis específicas

3.1.1 Hipótesis general

Durante el proceso de elaboración del zumo de arándanos disminuye la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos.

3.1.2 Hipótesis específicas

- a) Con un clarificado con placas filtrantes se obtendrá una menor disminución de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos del zumo de arándanos.
- b) Con una combinación de altas temperaturas y tiempos cortos de pasteurización se obtendrá una menor disminución de la capacidad antioxidante y los compuestos bioactivos en el zumo de arándanos.

3.2 Definición conceptual de las variables

Variables independientes

X ₁	=	Técnica de clarificado del zumo de arándanos.
X ₂	=	Combinación de tiempo y temperatura de pasteurización del zumo de arándanos.

Variable dependiente

Y	=	Capacidad antioxidante y compuestos bioactivos del zumo de arándanos.
---	---	---

3.2.1 Operacionalización de las variables

La operacionalización de las variables se detalla en el Tabla 3.1 y las variables independientes se relacionan con la variable dependiente según el siguiente modelo: $Y = F(X_1, X_2)$

Tabla 6
Operacionalización de Variables Dependiente e Independientes

Variable Dependiente	Dimensiones	Indicadores	Métodos
Y = Capacidad antioxidante y compuestos bioactivos del zumo de arándanos antes y después del Clarificado.	Capacidad antioxidante	- $\mu\text{mol TROLOX eq./g}$ de muestra.	- Determinación de Capacidad Antioxidante ^a
	Fenoles totales	- mg de ácido gálico/100 g de muestra.	- Método de Folin-Ciocalteu. ^b
	Vitamina C	- mg de ácido ascórbico/100g de muestra.	- Determinación de ácido ascórbico ^c
	Antocianinas	- mg de cianidina 3-glucósido/100 g de muestra	- Método del pH diferencial. ^d
Variable Independiente	Dimensiones	- Indicadores	Métodos
X ₁ = Técnica de clarificado del zumo de arándanos.	Técnica de clarificado	- Número de trasiegos (adimensional)	- Conteo.
		- Tamaño de poro del filtro (μ).	- Lectura directa.
X ₂ = Combinación de tiempo y temperatura de pasteurización del zumo de arándanos	Tiempo de pasteurización.	- Minutos (min)	- Lectura directa.
	Temperatura de pasteurización	- Grados Centígrados ($^{\circ}\text{C}$)	- Lectura directa.

IV.DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo y diseño de la investigación

4.1.1 Tipo de investigación

La presente investigación se enmarca dentro de los siguientes tipos:

- a) De acuerdo a su orientación: la investigación fue aplicada, porque fue orientada a lograr un nuevo conocimiento con la finalidad de procurar determinar el tipo de clarificado y la combinación de tiempo y temperatura de pasteurización para preservar la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos en el zumo de arándanos.
- b) De acuerdo a la técnica de contrastación: la investigación fue experimental porque los datos fueron obtenidos por observación del efecto de dos técnicas de clarificado y combinaciones de tiempo y temperatura de pasteurización para determinar el efecto en la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos del zumo de arándanos.
- c) De acuerdo con la direccionalidad: la investigación fue prospectiva porque el fenómeno las técnicas de clarificado y combinaciones de tiempo y temperatura de pasteurización se aplicaron y se observó una variación en la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos del zumo de arándanos.
- d) De acuerdo a los tipos de fuente de recolección de datos: la investigación fue pro lectiva, porque se recogió información acorde a los fines específicos de la investigación; es decir, atendiendo a cada uno de los indicadores de las variables independientes y dependientes.
- e) De acuerdo con la evolución del fenómeno: la investigación fue transversal, porque se evaluaron una sola vez el efecto de las técnicas de clarificado y combinaciones de tiempo y temperatura

de pasteurización en la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos del zumo de arándanos.

- f) De acuerdo con la comparación de las poblaciones: la investigación fue comparativa, porque se contrasta con la influencia de las técnicas de clarificado y combinaciones de tiempo y temperatura de pasteurización en la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos del zumo de arándanos.

4.1.2 Diseño de la Investigación

Etapa 1: Se adquirieron los frutos de arándanos frescos de la variedad Biloxi, adquiridos en el Mercado mayorista de frutas N°2 ubicado en el distrito de San Luis.

Etapa 2: Luego las bayas fueron seleccionadas para eliminar frutos dañados, se caracterizó la materia prima (peso, diámetro, acidez y °Brix) y se clasificó según su tamaño y color para homogenizar el estado de madurez. Se evaluó la capacidad antioxidante, fenoles totales, vitamina C y antocianinas monoméricas en el fruto.

Etapa 3: Se lavaron las bayas con agua potable y luego se desinfectaron sumergiéndolas 5 minutos en una solución de hipoclorito de sodio a 100 ppm; luego de ello, se realizó el recuento de mohos en la materia prima, después de la desinfección, y se determinaron tres combinaciones de tiempo y temperatura (tratamientos térmicos equivalentes), que permitan alcanzar el mismo efecto letal (valor *UP*). Para ello se consideró como microorganismo de referencia para alimentos ácido o acidificados a *Bysoschlamys fulva* cuya temperatura de referencia es 93.3°C. Para el cálculo de las combinaciones de tiempo y temperatura de pasteurización se considerará una reducción decimal de 3 a 5 ciclos logarítmicos según lo recomendado por Ranganna (como se citó en Sato, 2013).

Etapa 4: Luego se prensaron las bayas para extraer el zumo.

Etapa 5: Después, se procedió a clarificar el zumo obtenido en la operación anterior; para ello se emplearon las técnicas de placas filtrantes y de trasiegos continuos. Se evaluó la capacidad antioxidante, fenoles totales, vitamina C y antocianinas monoméricas en los zumos clarificados obtenidos.

Etapa 6: Se sometieron los zumos clarificados a tratamientos térmicos de pasteurización con las combinaciones de tiempo y temperaturas calculadas en la etapa 3. Se evaluó la capacidad antioxidante, fenoles totales, vitamina C y antocianinas monoméricas en los zumos pasteurizados obtenidos.

Etapa 7: Se elaboró y presentó del informe final.

4.2 Método de investigación

Se fundamentó en el Método Científico y utilizó como procesos lógicos la inducción y la deducción. Consistió en realizar actividades con la finalidad de comprobar, demostrar o reproducir ciertos fenómenos hechos o principios en forma natural o artificial, de tal forma que permitió establecer experiencias para formular hipótesis que, a través del proceso científico, condujeron a generalizaciones científicas que pueden verificarse en hechos concretos en la vida diaria.

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población

La población de arándanos frescos es de 2 toneladas, valor que corresponde a la cantidad de arándanos que ingresan diariamente al Mercado mayorista de frutas N°2 ubicado en el distrito de San Luis.

4.3.2 Muestra

Se tomó como muestra 50 kilogramos de arándanos de la variedad biloxi.

4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado

El trabajo de investigación se desarrolló durante los meses de setiembre – noviembre del 2018, en la sala de preparación de muestras del Laboratorio Físico Sensorial, Laboratorio Químico y Laboratorio Microbiológico de la empresa Certificaciones Alimentarias Hidrobiológicas y Medio Ambientales S.A.C.

4.5 Técnicas e instrumentos para recolección de la información

Para la ejecución de la presente investigación se han definido las técnicas e instrumentos de recolección:

4.5.1 Técnica para recolección de la información

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron las siguientes técnicas:

- a) Análisis fisicoquímicos
 - Peso: se determinó empleando una balanza digital según lo descrito por la NTP 203.121.2007 (revisada el 2014).

- Diámetro: se determinó empleando un pie de rey o vernier según lo descrito por la NTP 203.121.2007 (revisada el 2014).
- Altura: se determinó empleando un pie de rey o vernier según lo descrito por la NTP 203.121.2007 (revisada el 2014).
- Sólidos solubles: se determinó empleando un refractómetro de bancada, con corrección de temperatura siendo el resultado expresado en °Brix según lo descrito por la A.O.A.C 931.12 (2005).
- Acidez: se determinó mediante titulación volumétrica según lo descrito por la A.O.A.C 942.15 (2005).
- pH: se determinó empleando un potenciómetro según lo descrito por la A.O.A.C 981.12 (2005).
- Vitamina C: el método utilizado fue adaptado de A.O.A.C 967.21 (2005), el cual está basado en que el ácido ascórbico reduce el indicador 2,6-diclorofenolindofenol (DFIF), a una solución incolora, la cual, en el punto final de la titulación volumétrica (exceso), se torna rosa en medio ácido.

Para ello se pesó 10 g de muestra y se diluyó en una fiola de 50 mL con una solución de ácido oxálico al 2%. Luego se filtró, tomando una alícuota de 20 mL, la cual se tituló con el DFIF, previamente valorado con un estándar de ácido ascórbico. El contenido de ácido ascórbico se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Ácido ascórbico (mg/100g)} = (G-B) \cdot (E/W) \cdot (Fd) \cdot 100$$

Donde:

G: gasto de DFIF en la titulación de la muestra (mL)

B: gasto de DFIF en la titulación de un blanco (mL)

E: equivalente DFIF frente a un estándar de ácido ascórbico (mg/mL DFIF)

W: peso de la muestra (g)

Fd: factor de dilución

- Compuestos fenólicos totales: se empleó el método reportado por Swain y Hillis (1959), el cual se basa en la cuantificación espectrofotométrica del compuesto coloreado formado por la reacción de los compuestos fenólicos con el reactivo Folin Ciocalteau, estableciendo una relación lineal.

Se obtuvieron extractos con aproximadamente 5 g de muestra diluidos en 25 mL de metanol al 80%, de los cuales, luego de 24 horas de almacenamiento a temperaturas de refrigeración, se conservó el sobrenadante en oscuridad a aproximadamente -20°C. Para cada muestra, se tomaron tres alícuotas de 500 µL cada una, las cuales reaccionaron con 250 µL del reactivo Folin Ciocalteau 1N y 1000 µL de carbonato de sodio 1N. La absorbancia fue leída a 755 nm, luego de una incubación de 1.5 horas en oscuridad a temperatura ambiente y en agitación. Para el cálculo de los resultados, se obtuvo la siguiente curva estándar de ácido gálico (Anexo 01):

$$Y = 0.0107 (X)$$

El contenido de compuestos fenólicos totales de las muestras se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Compuestos fenólicos (mg AGE/100 g)} = Y \cdot [(W+V)/W] \cdot (Fd) \cdot 100$$

Donde:

Y = 0.0101 (X): curva estándar (mg ác. gálico eq./ml extracto)

W: peso de la muestra (g)

V: volumen del solvente (mL)

Fd: factor de dilución

- Antocianinas: se empleó el método de pH diferencial descrito por Giusti y Wrolstad (2001).

Se preparó una solución de extracción, la cual estuvo compuesta por etanol al 96% y ácido clorhídrico 1.5 N en una relación 85:15, respectivamente. Se pesó 1 g de muestra y se le adicionó 10 ml de la solución de extracción. Se agitó manualmente y se dejó reposar en oscuridad durante 24 horas de almacenamiento a temperaturas de refrigeración. Transcurrido el tiempo de reposo se centrifugó a 4000 rpm por un lapso de 10 minutos obteniéndose luego el sobrenadante y la torta. A la torta obtenida se le agregó 5 mL de solución de extracción y se homogenizó manualmente de forma vigorosa por dos minutos. Se centrifugó a 4000 rpm por un lapso de 10 minutos obteniéndose nuevamente el sobrenadante y la torta. Los dos sobrenadantes se juntaron y se filtraron. Al sobrenadante total se le inyectó nitrógeno gaseoso y se almacenó a -20°C para su posterior análisis.

El extracto diluido se mezcló independientemente en dos soluciones buffer a diferentes niveles de pH (1.0 y 4.5) bajo una dilución 1:10, se agitó y dejó equilibrar por un tiempo de 15 minutos. La absorbancia por cada nivel de pH fue medida a dos longitudes de onda 520 y 700 nm. Se hizo las determinaciones en blanco con el buffer respectivo a las longitudes de onda anteriormente mencionadas. El valor de la absorbancia correspondiente a las antocianinas monoméricas se calculó como:

$$\text{Abs} = (\text{Abs}_{520 \text{ nm}} - \text{Abs}_{700 \text{ nm}})_{\text{pH}1.0} - (\text{Abs}_{520 \text{ nm}} - \text{Abs}_{700 \text{ nm}})_{\text{pH}4.5}$$

El cálculo de la concentración de antocianinas monoméricas totales se hizo considerándolas características de la cianidina-3-glucósido según la siguiente fórmula:

$$\text{Antocianinas monoméricas (mL/mL extracto)} = \frac{A \cdot (PM) \cdot (Fd)}{\epsilon}$$

Donde:

A = Absorbancia

PM: peso molecular = 449.2

Fd: factor de dilución

ϵ : Coeficiente de extinción = 26.900

Los resultados se expresaron como mg de cianidina-3-glucósido equivalente CGE por cada g. (b.s).

- Capacidad antioxidante: se empleó el método reportado por Arnao (2000), el cual se basa en la cuantificación espectrofotométrica de la reducción del radical preformado con ABTS y persulfato de potasio, frente a los antioxidantes presentes en las muestras, estableciendo una relación lineal.

Se obtuvieron extractos con aproximadamente 5 g de muestra diluidos en 25 mL de metanol al 80%, de los cuales, luego de 24 horas de almacenamiento a temperaturas de refrigeración, se conservó el sobrenadante en oscuridad aproximadamente -20°C.

En cuanto a la capacidad antioxidante lipofílica, luego de separar el extracto hidrofílico, se re-disolvió la muestra con 25 mL de diclorometano, siguiendo el mismo procedimiento. Para cada muestra, se tomaron tres alícuotas de 150 μ L cada una, las cuales reaccionaron con 2850 μ L del reactivo ABTS. La absorbancia fue leída a 734 nm.

El tiempo de reacción para la capacidad antioxidante hidrofílica fue determinado a los 90 minutos y el tiempo de reacción para la capacidad antioxidante lipofílica, a los 60 minutos. Para el cálculo de los resultados, se obtuvieron las siguientes curvas estándar de TROLOX (Anexo 02).

Capacidad antioxidante hidrofílica: $Y = 715,2 (X)$

Capacidad antioxidante lipofílica: $Y = 737,65 (X)$

La capacidad antioxidante total se calculó sumando ambos resultados, obtenidos utilizando la siguiente ecuación:

Capacidad antioxidante ($\mu\text{mol TROLOX eq./g}$) = $Y \cdot [(W+V)/W] \cdot (Fd)$

Donde:

Y: $\mu\text{mol./litro de extracto}$

W: peso de la muestra (g)

V: volumen del solvente (mL)

Fd: factor de dilución

b) Análisis microbiológico

- Recuento de microorganismos aerobios: se realizó mediante el método de vertido en placa y empleando una temperatura de incubación de 30°C según lo descrito por la ISO 4833-1 (2013).
- Recuento de mohos: se realizó mediante el método de siembra en placa en todo el medio según lo descrito por la ICMSF (1983), Microorganismos de los Alimentos. Su significado y métodos de enumeración. Pág. 165-167, 2da Ed. (1983).
- Enumeración de *Escherichia coli*: se realizó mediante el método del número más probable, utilizando 5-bromo-4-cloro-3-indolil- β -D-glucurónido según lo descrito por la ISO 16649-3 (2015).
- Detección de *Salmonella spp.*: se realizó mediante el método de detección, enumeración y serotipado de Salmonella según lo descrito por la ISO 6579-1 (2017).

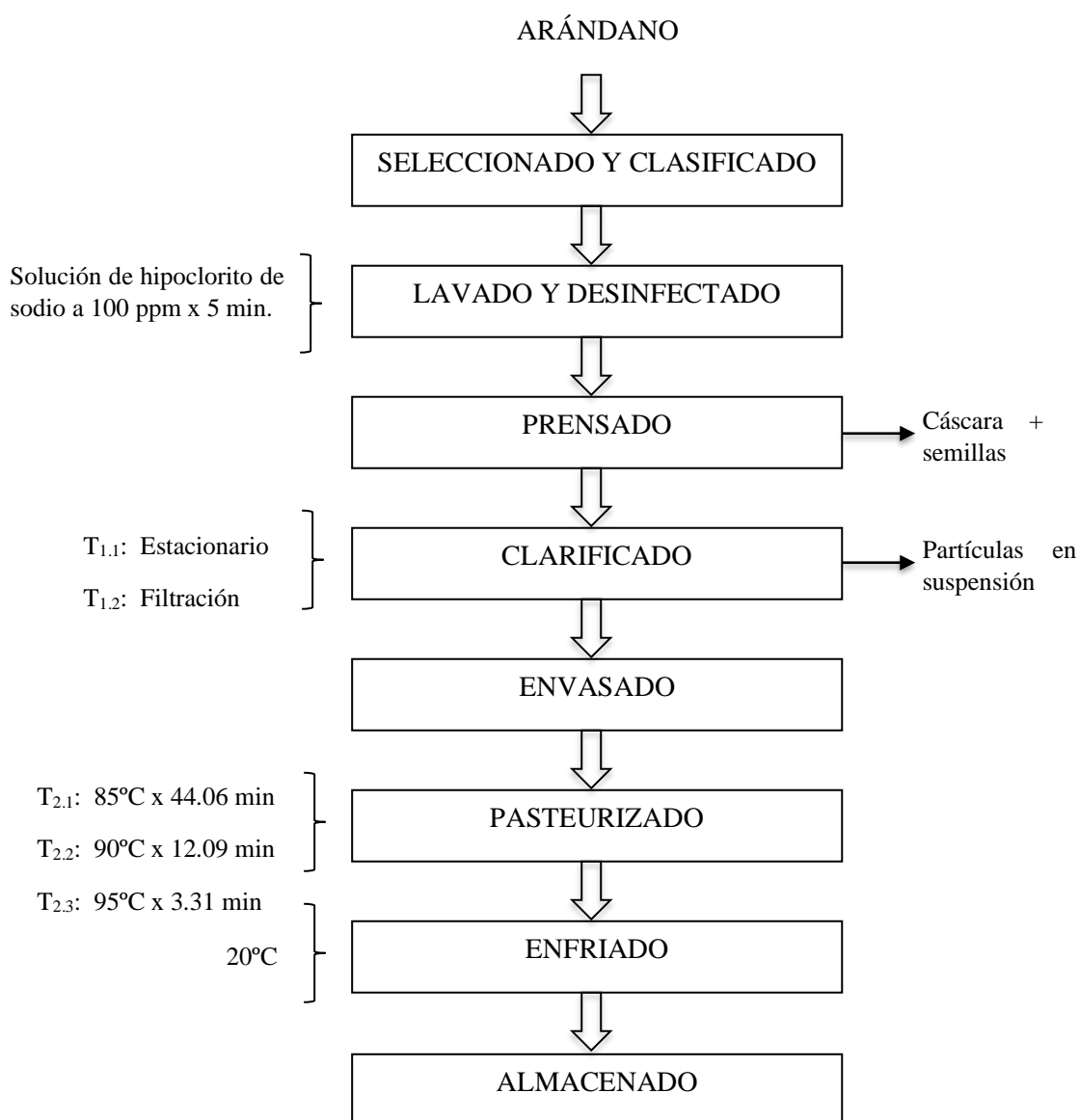
c) Determinación del tiempo de pasteurización: para el cálculo de los tiempos de pasteurización se determinó el valor UP requerido para el proceso de pasteurización. Para ello se tomó como microorganismo blanco o de referencia al *Bisochlamys fulva*, microorganismo de mayor

resistencia en alimentos de alta acidez (pH menor a 4) cuyo valor $D_{93,5^{\circ}\text{C}}$ es de un minuto y con un valor de resistencia térmica z de $8,9^{\circ}\text{C}$ (Stumbo; como se citó en Carpio, 2009).

- d) Flujo de operaciones para obtener el zumo de arándanos: en la Figura 7 se muestra el flujo de operaciones del zumo de arándanos:

Figura 7

Flujo de Operaciones para la Obtención de Zumo de Arándanos.



- Materia prima: se trabajó con aproximadamente 50 kg de frutos frescos de arándanos de la variedad biloxi con un peso y diámetro promedio de 2.45 g, y 1.67 cm, respectivamente (ver Figura 8).

Figura 8

Recepción de Arándanos



- Seleccionado y clasificado: los frutos fueron seleccionados de forma manual, visualmente, retirando aquellos que presentaron signos de deterioro, ya sea físicos o microbiológicos. Además, se clasificaron los frutos según el estado de madurez en el que se encontraban y, de esta manera, se obtuvo un producto uniforme en cuanto a las características a evaluar.
- Lavado y desinfectado: el lavado se realizó con agua potable por inmersión y chorro de agua, de esta manera se eliminaron las sustancias y partículas extrañas. Luego las bayas se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio a 100 ppm por un tiempo de 5 minutos con el objetivo de reducir la carga microbiana (ver Figura 9).

Figura 9

Lavado y Selección



- Prensado: para la obtención del zumo se prensaron las bayas en una prensadora para frutos cítricos acondicionada con mallas apropiadas de 1 mm y 0.5 mm de diámetro que facilitó la obtención de un zumo sin semillas (ver Figura 10).

Figura 10

Operación de Prensado



- Clarificado: la clarificación se realizó mediante las técnicas de trasiegos continuos y filtración. La técnica estacionaria se realizó dejando reposar el zumo obtenido durante 2 horas a temperatura de refrigeración para facilitar la sedimentación de partículas en suspensión y por trasiego se trasladó el zumo a un nuevo envase. Esta operación se realizó tres veces (ver Figura 11).

Figura 11

Clarificado Estacionario



Para la clarificación por filtración se empleó un filtro con 11 placas y láminas filtrantes de celulosa, 6 de las cuales fueron de desbaste con una porosidad de 10 a 20 micras y los otros 5 restantes del tipo clarificaste con una porosidad entre 0,1 y 1 micra (ver Figura 12).

- Envasado: el envasado del zumo se realizó inmediatamente después de la clarificación, se emplearon frascos de vidrio de 295 ml, los mismos que fueron con tapas rosca inmediatamente después de que culminó el pasteurizado (ver Figura 13).

Figura 12

Clarificado por Placas Filtrantes

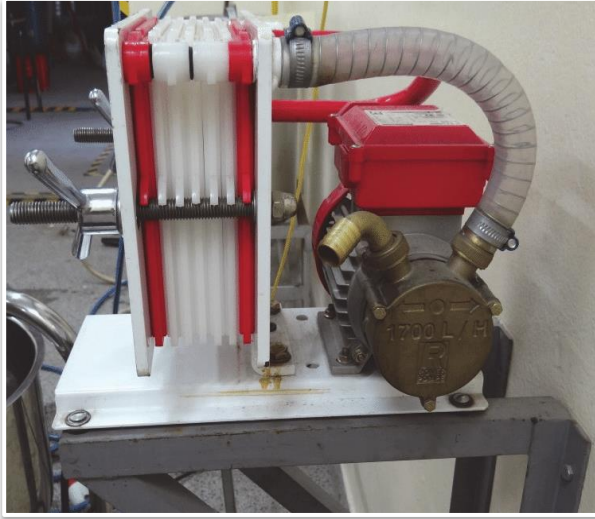


Figura 13

Envasado del Zumo



- Pasteurizado: se utilizaron tres diferentes temperaturas de pasteurización a baño maría: 85°C, 90°C y 95°C (ver Figura 14).
- Enfriado: los envases se sumergieron en agua potable hasta que alcanzaron la temperatura ambiente para reducir las pérdidas de aroma, sabor y color.

- Almacenado: el producto se almacenó a temperatura ambiente

Figura 14

Pasteurizado del Zumo



4.5.2 Equipos para acondicionamiento de las muestras

- Incubadoras (Yamato Modelo DKN612C, Japón)
- Baños termostáticos (GFL Modelo 1083, Alemania)
- Homogenizadores (Heidolph Polymax 2040, Alemania)
- Autoclaves (Yamato Modelo SM 311, Japón)

4.5.3 Instrumentos registradores de resultados

- Balanza digital (OHAUS Modelo AR2140, USA)
- Contador de colonias digital (Elicrom Modelo LKB 2002, Perú)
- Espectrofotómetro de absorción molecular (Thermo Scientific Modelo Genesys 10 UV, USA)
- Potenciómetro (Thermo Scientific Orion Modelo 410, USA)
- Refractómetro (Atago Modelo PAL-22S, Japón)
- Termómetro (Winco Modelo TMT-IR1, USA)
- Vernier de indicación digital (Mitutoyo Modelo 500-196-30B, Japón)

4.6 Análisis y procesamiento de datos

Para el procesamiento de datos de la presente investigación se realizó el siguiente procedimiento:

El proceso y los análisis fueron realizados por triplicado, los resultados fueron expresados como la media \pm la desviación estándar. Los resultados de cada etapa fueron comparados entre sí y con respecto a la materia prima.

Las diferencias estadísticamente significativas entre las medias, con un intervalo de confianza del 95% se analizaron en base a un Diseño Completo al Azar (DCA), considerando un solo factor categórico (proceso de producción del zumo de arándanos). Se realizó el análisis de varianza y las correspondientes pruebas de comparación múltiple DMS.

V. RESULTADOS

5.1 Resultados descriptivos

5.1.1 Caracterización de la materia prima

En la Tabla 7 se presentan los resultados de la caracterización fisicoquímica de las bayas de arándanos.

Tabla 7

Caracterización Físico Química del Fruto de Arándanos

Parámetro	Unidad	Valor
Peso	g	2,45 ± 0,45
Diámetro	cm	1,67 ± 0,11
Longitud	cm	1,11 ± 0,09
Sólidos solubles	°Brix	14,5 ± 0,5
Acidez	%	0,87 ± 0,09
pH	--	2,98 ± 0,05
Capacidad antioxidante	μmol TROLOX eq./g de muestra.	70,52 ± 3,10
Fenoles Totales	mg de ácido gálico/100 g de muestra.	553,21 ± 3,26
Vitamina C	mg de ácido ascórbico/100g de muestra.	14,87 ± 0,54
Antocianinas	mg de cianidina 3-glucósido/100 g de muestra	207,99 ± 2,94

5.1.2 Análisis microbiológico del fruto antes y después del lavado

En la Tabla 8 se presentan los resultados del ensayo de mohos realizado al fruto de arándano antes y después de la desinfección. Para la ejecución de este control se consideraron los indicadores de calidad microbiológica establecidos en la NTS N° 071 MINSA/DIGESA (2008) y se incluyó el parámetro recuento de mohos para poder determinar tres tratamientos térmicos de pasteurización equivalentes.

Tabla 8*Control Microbiológico de la Desinfección del Arándano*

Parámetro	Unidad	Después de la desinfección	
		Antes de la desinfección	Después de la desinfección
Recuento de aerobios mesófilos	UFC/mL	2,5 x 10 ⁴	6 x10 ²
Recuento de mohos	UFC/mL	1,4 x 10 ²	25
Enumeración presuntiva de <i>Escherichia coli</i>	NMP/mL	<3	<3
Detección de <i>Salmonella spp.</i>	Presencia Ausencia	Ausencia/ 25g	Ausencia/ 25g

5.1.3 Efecto de la clarificación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos del zumo de arándanos

En las Tablas 9 y 10 se presentan los resultados de la evaluación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos después de la operación de clarificado.

Tabla 9*Capacidad Antioxidante y compuestos bioactivos del zumo de arándanos clarificado*

Parámetro	Unidad	Técnica de Clarificado	
		Estacionario	Filtración
Capacidad antioxidante	μmol TROLOX eq./g de muestra.	64,19 ± 2,98	59,91 ± 3,23
Fenoles totales	mg de ácido gálico/100 g de muestra.	546,77 ± 3,11	531,14 ± 3,31
Vitamina C	mg de ácido ascórbico/100g de muestra.	13,76 ± 0,48	13,59 ± 0,51
Antocianinas monoméricas	mg de cianidina 3-glucósido/100 g de muestra	199,15 ± 2,86	184,39 ± 2,73

Tabla 10

Porcentaje de Retención de la Capacidad Antioxidante y Compuestos Bioactivos del Zumo de Arándanos Clarificado

Parámetro	Técnica de Clarificado	
	Estacionario	Filtración
Capacidad antioxidante	91,03%	84,95%
Fenoles Totales	98,84%	96,01%
Vitamina C	92,54%	91,39%
Antocianinas monoméricas	95,75%	88,65%

5.1.4 Determinación de los tratamientos térmicos de pasteurización equivalentes

En la Tabla 11 se muestran los tiempos de muerte térmica para las temperaturas de pasteurización de 85, 90 y 95°C (Anexo 4). Para su determinación, se tomó como referencia al *Bisochlamys fulva*, microorganismo blanco por ser el de mayor termoresistencia en alimentos de alta acidez (pH menor a 4), cuyo Valor $D_{93,3^{\circ}\text{C}}$ es de 1 minuto y su constante de resistencia térmica o valor z de 8.9°C (Stumbo; como se citó en Carpio, 2009).

Tabla 11

Tiempos de Destrucción Térmica para el Proceso de Pasteurización del Zumo de Arándanos

Temperatura de proceso (°C)	Tiempo de destrucción térmica (minutos)
85	30,36
90	21,87
95	15,02

5.1.5 Efecto de la pasteurización en la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos del zumo de arándanos

En la Tabla 12 presentan los resultados de la evaluación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos después de la operación de pasteurización en sus diferentes combinaciones de tiempo y temperatura y técnica de clarificado

12

Capacidad Antioxidante y Compuestos Bioactivos del Zumo de Arándanos Pasteurizado

Parámetro	Unidad	Zumo clarificado por la técnica:	Temperatura de pasteurización		
			85°C	90°C	95°C
Capacidad antioxidante	μmol TROLOX eq./g de muestra.	Estacionario	22,65 ± 4,96	37,70 ± 5,43	47,66 ± 7,26
		Filtración	20,74 ± 4,58	33,39 ± 5,87	43,22 ± 6,89
Fenoles Totales	mg de ácido gálico/100 g de muestra.	Estacionario	326,61 ± 2,21	416,14 ± 2,78	478,62 ± 2,96
		Filtración	303,28 ± 2,63	400,48 ± 2,75	455,19 ± 3,01
Vitamina C	mg de ácido ascórbico/100g de muestra.	Estacionario	8,38 ± 0,31	10,51 ± 0,28	11,21 ± 0,27
		Filtración	7,86 ± 0,29	10,21 ± 0,30	10,65 ± 0,28
Antocianinas monoméricas	mg de cianidina 3-glucósido/100 g de muestra	Estacionario	189,14 ± 1,98	190,15 ± 1,96	193,55 ± 1,95
		Filtración	185,13 ± 2,02	185,87 ± 2,01	188,08 ± 1,97

5.1.6 Determinación de la retención de la Capacidad Antioxidante y compuestos bioactivos del zumo de arándanos pasteurizado.

En la Tabla 13, se presentan los resultados en porcentaje de la retención de la Capacidad Antioxidante y compuestos bioactivos después de la operación de pasteurización en sus diferentes combinaciones de tiempo y temperatura y técnica de clarificado.

Tabla 13

Porcentaje de Retención de la Capacidad Antioxidante y Compuestos Bioactivos del Zumo de Arándanos Pasteurizado

Parámetro	Unidad	Zumo clarificado por la técnica:	Temperatura de pasteurización		
			85°C	90°C	95°C
Capacidad antioxidante	μmol TROLOX eq./g de muestra.	Estacionario	32,12%	53,46%	67,68%
		Filtración	29,41%	47,35%	61,29%
Fenoles Totales	mg de ácido gálico/100 g de muestra.	Estacionario	59,04%	75,22%	86,52%
		Filtración	54,82%	72,39%	82,28%
Vitamina C	mg de ácido ascórbico/100g de muestra.	Estacionario	56,36%	70,68%	75,39%
		Filtración	52,86%	68,66%	71,62%
Antocianinas monoméricas	mg de cianidina 3-glucósido/100 g de muestra	Estacionario	90,94%	91,42%	93,06%
		Filtración	89,01%	89,36%	90,43%

5.2 Resultados inferenciales

5.2.1 Efecto del clarificado en la Capacidad Antioxidante del zumo de arándanos.

Tabla 14

Efecto del Clarificado en la Capacidad Antioxidante del Zumo de Arándanos

	Tratamiento		
	Sin Tratamiento (ST)	Clarificado estacionario (CE)	Clarificado por placas filtrantes (CF)
Capacidad Antioxidante Promedio (μmol TROLOX eq./g de muestra)	70.52 ^a	64.19 ^{ab}	59.91 ^b

En la Tabla 14 se visualiza la comparación del efecto del clarificado con los diversos tratamientos en la Capacidad Antioxidante del zumo de arándanos.

5.2.2 Efecto del clarificado en el contenido de Fenoles Totales del zumo de arándanos.

En la Tabla 15 se visualiza la comparación del efecto del clarificado con los diversos tratamientos en el contenido de Fenoles Totales del zumo de arándano

Tabla 15

Efecto del Clarificado en el Contenido de Fenoles Totales del Zumo de Arándanos

	Tratamiento		
	Sin tratamiento (ST)	Clarificado estacionario (CE)	Clarificado por placas filtrantes (CF)
Contenido promedio de Fenoles Totales (mg de ácido gálico/100 g de muestra)	553.21 ^a	546.77 ^a	531.14 ^b

5.2.3 Efecto del clarificado en el contenido de Vitamina C del zumo de arándanos.

Tabla 16

Efecto del Clarificado en el Contenido de Vitamina C del Zumo de Arándanos

	Tratamiento		
	Sin Tratamiento (ST)	Clarificado estacionario (CE)	Clarificado por placas filtrantes (CF)
Contenido promedio de Vitamina C (mg de ácido ascórbico/100g de muestra.)	14.87 ^a	13.76 ^a	13.59 ^a

En la Tabla 16 se visualiza la comparación del efecto del clarificado con los diversos tratamientos en el contenido de Vitamina C del zumo de arándanos.

5.2.4 Efecto del clarificado en el contenido de Antocianinas Monoméricas del zumo de arándanos.

En la Tabla 17 se visualiza la comparación del efecto del clarificado con los diversos tratamientos en el contenido de fenoles totales del zumo de arándanos.

Tabla 17

Efecto del Clarificado en el Contenido de Antocianinas Monoméricas del Zumo de Arándanos

	Tratamiento		
	Sin tratamiento (ST)	Clarificado estacionario (CE)	Clarificado por placas filtrantes (CF)
Contenido promedio de Antocianinas Monoméricas (mg de cianidina 3-glucósido/100 g de muestra)	207,99 ^a	199,15 ^b	184,39 ^c

5.2.5 Efecto del tratamiento térmico en la Capacidad Antioxidante del zumo de arándanos.

En la Tabla 18 se visualiza la comparación del efecto del tratamiento térmico en la Capacidad Antioxidante del zumo de arándanos, clarificado por el método del clarificado estacionario.

Tabla 18

Efecto del Tratamiento Térmico en la Capacidad Antioxidante del Zumo de Arándanos Clarificado por el Método Estacionario

	Tratamiento			
	Sin tratamiento (ST)	Pasteurización a 85°C x 30,36 min	Pasteurización a 90°C x 21,87 min	Pasteurización a 95°C x 15,02 min
Capacidad Antioxidante Promedio (µmol TROLOX eq./g de muestra)	64.19 ^a	22.65 ^b	37,70 ^{cd}	47,66 ^d

5.2.6 Efecto del tratamiento térmico en la Capacidad Antioxidante del zumo de arándanos clarificado por el método de placas

Tabla 19

Efecto del Tratamiento Térmico en la Capacidad Antioxidante del Zumo de Arándanos Clarificado por el Método de Placas Filtrantes

	Tratamiento			
	Sin tratamiento (ST)	Pasteurización a 85°C x 30,36 min	Pasteurización a 90°C x 21,87 min	Pasteurización a 95°C x 15,02 min
Capacidad Antioxidante Promedio (µmol TROLOX eq./g de muestra)	59.91 ^a	20,74 ^b	33,39 ^{bc}	43,22 ^c

En la Tabla 19 se visualiza la comparación del efecto del tratamiento térmico en la Capacidad Antioxidante del zumo de arándanos por el método de placas filtrantes.

5.2.7 Efecto del tratamiento térmico en el contenido de Fenoles Totales del zumo de arándanos clarificado por el método de estacionario

En la Tabla 20 se visualiza la comparación del efecto del tratamiento térmico en el contenido de Fenoles Totales del zumo de arándanos clarificado por el método de estacionario.

Tabla 20

Efecto del Tratamiento Térmico en el Contenido de Fenoles Totales del Zumo de Arándanos Clarificado por el Método Estacionario

	Tratamiento			
	Sin tratamiento (ST)	Pasteurización a 85°C x 30,36 min	Pasteurización a 90°C x 21,87 min	Pasteurización a 95°C x 15,02 min
Contenido promedio de Fenoles Totales (mg de ácido gálico/100 g de muestra)	546,77 ^a	326,61 ^b	416,14 ^c	478,62 ^d

5.2.8 Efecto del tratamiento térmico en el contenido de Fenoles Totales del zumo de arándanos clarificado por el método de las placas filtrantes.

Tabla 21

Efecto del Tratamiento Térmico en el Contenido de Fenoles Totales del Zumo de Arándanos Clarificado por el Método de Placas Filtrantes

	Tratamiento			
	Sin tratamiento (ST)	Pasteurización a 85°C x 30,36 min	Pasteurización a 90°C x 21,87 min	Pasteurización a 95°C x 15,02 min
Contenido promedio de Fenoles Totales (mg de ácido gálico/100 g de muestra)	531,14 ^a	303,28 ^b	400,48 ^c	455,19 ^d

En la Tabla 21 se visualiza la comparación del efecto del tratamiento térmico en el contenido de Fenoles Totales del zumo de arándanos clarificado por el método de placas filtrantes.

5.2.9 Efecto del tratamiento térmico en el contenido de de Vitamina C del zumo de arándanos clarificado por el método estacionario

En la Tabla 22 se visualiza la comparación del efecto del tratamiento térmico en el contenido de Vitamina C del zumo de arándanos clarificado por el método estacionario.

Tabla 22

Efecto del Tratamiento Térmico en el Contenido de Vitamina C del Zumo de Arándanos Clarificado por el Método Estacionario

	Tratamiento			
	Sin tratamiento (ST)	Pasteurización a 85°C x 30,36 min	Pasteurización a 90°C x 21,87 min	Pasteurización a 95°C x 15,02 min
Contenido promedio de Vitamina C (mg de ácido ascórbico/100g de muestra.)	13,76 ^a	8,38 ^b	10,51 ^c	11,21 ^{cd}

5.2.10 Efecto del tratamiento térmico en el contenido de Vitamina C del zumo de arándanos clarificado por el método placas filtrantes

En la Tabla 23 se visualiza la comparación del efecto del tratamiento térmico en el contenido de Vitamina C del zumo de arándanos clarificado por el método de placas filtrantes.

Tabla 23

Efecto del Tratamiento Térmico en el Contenido de Vitamina C del Zumo de Arándanos Clarificado por el Método de Placas Filtrantes

	Tratamiento			
	Sin tratamiento (ST)	Pasteurización a 85°C x 30,36 min	Pasteurización a 90°C x 21,87 min	Pasteurización a 95°C x 15,02 min
Contenido promedio de Vitamina C (mg de ácido ascórbico/100g de muestra.)	13,59 ^a	7,86 ^b	10,21 ^c	10,65 ^{cd}

5.2.11 Efecto del tratamiento térmico en el contenido de Antocianinas Monoméricas del zumo de arándanos clarificado por el método estacionario

Tabla 24

Efecto del Tratamiento Térmico en el Contenido de Antocianinas Monoméricas del Zumo de Arándanos Clarificado por el Método Estacionario

	Tratamiento			
	Sin tratamiento (ST)	Pasteurización a 85°C x 30,36 min	Pasteurización a 90°C x 21,87 min	Pasteurización a 95°C x 15,02 min
Contenido promedio de Antocianinas Monoméricas (mg de cianidina 3-glucósido/100 g de muestra)	199,15 ^a	189,14 ^b	190,15 ^b	193,55 ^{ab}

En la Tabla 24 se visualiza la comparación del efecto del tratamiento térmico en el contenido de Antocianinas Monoméricas del zumo de arándanos clarificado por el método estacionario.

5.2.12 Efecto del tratamiento térmico en el contenido de Antocianinas Monoméricas del zumo de arándanos clarificado por el método estacionario

En la Tabla 25 se visualiza la comparación del efecto del tratamiento térmico en el contenido de Antocianinas Monoméricas del zumo de arándanos clarificado por el método de placas filtrantes.

Tabla 25

Efecto del Tratamiento Térmico en el Contenido de Antocianinas Monoméricas del Zumo de Arándanos Clarificado por el Método de Placas Filtrantes

	Tratamiento			
	Sin tratamiento (ST)	Pasteurización a 85°C x 30,36 min	Pasteurización a 90°C x 21,87 min	Pasteurización a 95°C x 15,02 min
Contenido promedio de Antocianinas Monoméricas (mg de cianidina 3-glucósido/100 g de muestra)	184,39 ^a	185,13 ^a	185,87 ^a	188,08 ^a

VI. DISCUSIÓN

6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

Al contrastar los resultados que se visualizan en las Tablas 9 y 10 cuyos parámetros son el porcentaje de retención de la capacidad antioxidante, fenoles totales, vitamina C y antocianinas monoméricas para el caso de las técnicas de clarificado, se observa que el mayor porcentaje de retención es con la técnica del clarificado estacionario, dando resultados contrarios a la hipótesis específica planteada, que con un clarificado con placas filtrantes se obtendrá una mayor retención de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos del zumo de arándanos.

Al observar las Tablas 11, 12 y 13, se puede determinar que, con una combinación de altas temperaturas y tiempos cortos de pasteurización, se obtiene una mayor retención de la capacidad antioxidantes y compuestos bioactivos en el zumo de arándanos, validando la segunda hipótesis específica.

6.2 Contrastación y con otros estudios similares.

6.2.1 Caracterización de la materia prima

Las dimensiones promedio en la materia prima fueron de 1,67 cm y 1,11 cm de diámetro y longitud, respectivamente y con un peso promedio de 2,45 g. Estos valores se encuentran por encima de los rangos mencionados por otros investigadores, quienes describen arándano como un fruto de forma globular y con dimensiones que van por lo general, de 1,6 – 1,77 cm (Agro Divulgación, 2007), 0,56 – 1,16 cm (Antonio et al., 2008) y 1,30 – 2,10 cm (Pino, 2007) de diámetro; 1,27 – 2,51 cm (Agro Divulgación, 2007) y 0,97 – 1,24 cm (Antonio et al., 2009) de longitud y 1,06 – 1,77 g (Agro Divulgación,

2007), 0,56 – 1,16 g (Antonio et al., 2008) y 1,30 – 2,10 g (Pino, 2007). Según Allendes (2017) y Pino (2007), en el tamaño (calibre) influyen la cantidad y calidad de raíces, el riego, el manejo de la conductividad eléctrica, la nutrición y la polinización. Por otro lado, Gómez (2010) sostiene que la poda en la variedad biloxi puede mejorar el tamaño y peso de los frutos.

El porcentaje de sólidos soluble promedio fue de 14,5 °Brix, encontrándose dentro de los rangos de 11,3 – 16,0 y 14,36 – 14,56 °Brix reportados por Agro Divulgación (2007) y Antonio et al. (2008), respectivamente; sin embargo, ligeramente por debajo de los 14,70 – 16,85 °Brix de Pino (2007), todos ellos para la variedad biloxi. Según Buitrago et al (2014), frutos con 11 y 12 °Brix reúnen cualidades organolépticas adecuadas; entre tanto Wills et al. (2007) mencionan como requisito para cosechar frutos de arándano un contenido de sólidos solubles totales que se encuentre entre 12 y 14 °Brix.

En los frutos maduros, los sólidos solubles tienen importancia por estar formados por compuestos orgánicos que determinan el sabor, color y en general los atributos de calidad (Shoemaker, 1975). Durante la maduración del fruto hay un incremento en la actividad de las enzimas α -amilasa, β -amilasa y almidón fosforilasa produciéndose como resultado, la hidrólisis del almidón (Kader, 2002), al darse el proceso de degradación se generan azúcares solubles, incrementando el contenido de sólidos solubles en el fruto.

Como se puede apreciar el porcentaje de acidez total tuvo un valor de 0,87% se encuentra dentro de los rangos reportados por Galleta et al. (1971), Sapers et al. (1984) y (Pino (2007) quienes informan niveles de acidez titulable (% ácido cítrico) que varían entre 0,40 - 1,31%, 0,39 - 1,24% y 0,29 – 1,18% respectivamente; sin embargo, muy por encima de los 0,65 – 0,67% de Antonio et al. (2009). Según Agro Divulgación (2007), la elevada acidez tiene un efecto ventajoso en la conservación, en la medida en que los ácidos presentes en el fruto tienen un efecto bacteriostático. Entre los ácidos carboxílicos presentes en el arándano, se encuentra el ácido benzoico que

desempeña un papel importante en la conservación, debido a su actividad antifúngica.

Por otro lado, Kader (2002) y Tsouvaltzi et al. (2007), sostienen que después de la maduración se observa una ligera disminución de la acidez, esto debido a que los ácidos orgánicos son usados en el proceso respiratorio y también pueden ser convertidos en azúcares. Los cambios en la acidez total titulable son mayores que en otros constituyentes durante la maduración del fruto.

Con relación al pH se obtuvo 2,98 valor que se encuentra dentro de los rangos reportados por Galleta et al. (1971), Sapers et al. (1984), Antonio et al. (2007), Pino (2007) y Saftner et al. (2008) quienes informan valores de pH que oscilan entre 2,85 - 3,46; 2,68 - 3,35; 2,94 - 3,02; 2,68 y 3,35 y 2,5 - 3,4 respectivamente. Al respecto Miller (2001) sostiene que el valor del pH y la acidez pueden ser influenciados por el contenido de vitamina C (ácido ascórbico) y de otros ácidos orgánicos que puedan estar presentes en el fruto.

Por otro lado, Buitrago et al. (2014) indica que durante los primeros estados de la maduración ocurre un incremento del pH, el mismo que se puede explicar porque durante el llenado de frutos gran parte de la actividad de acumulación se da vía simporte, en donde los iones H^+ participan de la formación de sustratos como la sacarosa y la glucosa, ocasionando que su concentración a nivel vacuolar disminuya durante las últimas fases de la maduración (Marschner, 2012).

Las bayas frescas de arándanos tienen una capacidad antioxidante total (hidrofílica más lipofílica) de 70,52 $\mu\text{mol TROLOX eq. /g}$ de muestra (b.h.), valor que se encuentra fuera de los rangos de 24,49 - 53,45 y 112,84 - 156,20 encontrados por Ferreira (2015) y Jiménez y Abdelnour (2013), respectivamente; sin embargo, es un valor intermedio. Al respecto, otros investigadores sostienen que esta variabilidad en la capacidad antioxidante se debe a que los frutos pueden presentar diferente grado de maduración a

la hora de cosecha (Jiménez y Abdelnour, 2013) o al tiempo de reacción durante la cuantificación por el método ABTS (Kuskoski et al, 2005).

Según Encina y Repo (2008) (como se citó en Figueroa-Cares et al., 2010) en un estudio con frutas nativas del Perú concluyeron que los frutos rojos tienen mayor capacidad antioxidante que los anaranjados y éstos a su vez son superiores que los cultivares de fruto blanco. En este sentido, la alta capacidad antioxidante estaría dada por el contenido de compuestos antociánicos y ácido ascórbico presentes.

El contenido de fenoles totales en los frutos de arándanos fue de 553,21 mg de ácido gálico/100 g de muestra (b.h.), valor que se encuentra dentro del rango de 171 a 868 reportado por Moyer et al (2002) para este mismo fruto. Además, el valor obtenido se encuentra por encima de los valores 400,67 y 420,66 reportados por Valencia (2013) y Figueroa-Cares et al (2010) para la zarzamora y la tuna de la variedad mexicana tapón aguanoso. Figueroa- Cares et al (2010) sostienen que el alto contenido de compuestos fenólicos en frutos rojos se debe a la presencia de antocianinas, pero que no existe una relación directa entre la coloración del fruto y el contenido de fenoles totales. Por otro lado, Vatterm y Shetty (2005), indican que los ácidos fenólicos contribuyen a las características y al sabor único de las bayas de los arándanos, de las moras, de las frambuesas y de otros frutos de baya roja o morada.

El contenido de vitamina C obtenido en los frutos frescos de arándanos fue de 14,87 mg de ácido ascórbico/100g, valor muy similar a los 14,37 reportado por Valencia (2013) pero inferior a los 52 reportados por Repo y Encina (2008) para la variedad peruana de tuna roja. Lee y Kader (2000), indican que las frutas son fuentes ricas en vitamina C y que estas aportan más del 85% del requerido en la dieta y que éste contribuye, de manera muy importante, a la defensa antioxidante contra el estrés oxidativo debido a su habilidad para atrapar radicales superóxido e hidroxilo.

El contenido de antocianinas monoméricas fue 207,99 de mg de cianidina 3-glucósido/100 g, valor que se encuentra dentro de lo señalado por otros autores. Pino (2007) establece un rango entre 130,64 y 231,81, Prior et al (1998) entre 92,6 y 235,4, Moyer (2002) entre 73 a 430 y Elhenfeldt y Prior (2001) entre 39 y 331. Las variaciones en el contenido, especialmente de antocianinas y también en el nivel de fenoles totales entre los diferentes autores podrían ser explicadas además de las diferencias varietales, por los factores ambientales fluctuantes tales como clima, luminosidad, radiación UV, temperatura, humedad del suelo, disponibilidad de nutrientes, prácticas agronómicas y variado estrés y por las diferentes técnicas analíticas utilizadas (Connor et al., 2002; Clark et al., 2002).

6.2.2 Análisis microbiológico del fruto antes y después del lavado

La carga microbiana mesófila en las bayas de arándanos fue de 2.5×10^4 UFC/g, valor que se encuentra dentro del rango de 2×10^4 y 3×10^7 UFC/g establecido por Moreno (s.f.). Al respecto, Solano (2013) sostiene que las frutas y vegetales pueden estar expuestas a tierra, insectos, animales, agua y/o humanos durante su cultivo, cosecha y/o manipuleo; así los vegetales destinados al consumo fresco pueden estar en contacto con bacterias patógenas, parásitos y virus en forma separada o simultánea.

La reducción de la carga microbiana mesófila fue de 2 ciclos logarítmicos, valor que coincide con el reportado por Brackett, (1999), quien menciona que en procesos de desinfección de alimentos sólidos el cloro se ha mostrado poco efectivo (reducciones menores a 2 ciclos logarítmicos de UFC) y que su efecto sobre los microorganismos está en función de su concentración, inhibiendo la síntesis de DNA, de proteínas y/o la ruptura de la membrana celular.

6.2.3 Determinación de los tratamientos térmicos de pasteurización equivalentes

Para la determinación del tiempo de tratamiento térmico se empleó el método de Stumbo, el cual permite tener una mayor flexibilidad en cuanto a los parámetros utilizados. Además, Obregón (2001) recomienda su uso cuando no exista una gran diferencia entre los valores de f_h y f_c , ya que mediante este método se asume que ambos valores son iguales.

Los tiempos de tratamiento térmico (pasteurización) calculados son muy similares a los reportados por Sato (2013) quien para las mismas temperaturas empleó tiempos de 30,2 minutos (85°C); 22,7 minutos (90°C) y 14,9 minutos (95°C). Esta similitud se debe a que la carga microbiana, previa a la pasteurización, de los zumos y néctares de frutas se encuentra entre 10^2 y 10^3 UFC/mL y a que la temperatura inicial del proceso se encuentra dentro del rango de 20 a 30°C. Además, el microorganismo indicador de la eficacia del tratamiento térmico (*Byssochlamys fulva*) y la eficacia letal (valor UP = 3 min) de ambos estudios fueron los mismos.

6.2.4 Efecto de la clarificación en la Capacidad Antioxidante y compuestos bioactivos del zumo de arándanos

El análisis estadístico de los resultados que se presentan en las Tablas 11 y 12 (ver Anexos 05, 06, 07 y 08) muestra que existe diferencias significativas ($p = 0,05$) en la retención de la capacidad antioxidante, fenoles totales, vitamina C y antocianinas monoméricas entre el zumo clarificado por placas filtrantes y el zumo sin clarificar. Además, que también que existe diferencia en la retención de fenoles totales y antocianinas monoméricas entre ambas técnicas de clarificado (clarificación estacionaria y clarificación por placas filtrantes); observándose mayores diferencias en el porcentaje de retención de antocianinas con 95,75% para el clarificado estacionario y 88,95% para el clarificado por placas filtrantes.

Al respecto, Klopotek et al. (2005) y Podsedek (2007) sostienen que las operaciones unitarias preliminares como el cortado, pelado, prensado, filtración y clarificación inducen a la rápida disminución de varios antioxidantes dado que el daño mecánico que sufren los tejidos pone en contacto a los compuestos fenólicos con las enzimas de oxidación. Por otro lado, según Badui (2006) la diferencia en el contenido de antocianinas en ambos zumos clarificados pudo ser causado por la gran afinidad del pigmento antocianina y la celulosa de las diferentes láminas de filtro empleadas; sin embargo, Curotto (2006) sostiene que esa diferencia pudo ser causada por las mayores mermas que se generan en el proceso de clarificación mediante el empleo de placas filtrantes.

6.2.5 Efecto de la pasteurización en la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos del zumo de arándanos

En lo referente a la capacidad antioxidante las Tablas 13 y 14 (ver Anexos 08 y 09) muestran que hay diferencias significativas ($p = 0,05$) entre los zumos clarificados por trasiegos continuos y pasteurizados a 85°C, 90°C y 95°C y que no existen diferencias entre los zumos clarificados por filtración y pasteurizados a 85°C y 90°C, siendo el zumo clarificado por trasiegos continuos y pasteurizado a 95°C durante 14,88 minutos el que logra una mayor retención (67,68%). Además, se puede apreciar que la capacidad antioxidante tiene tendencia a conservarse mejor mientras la temperatura aumenta y se disminuye el tiempo de pasteurización. Esto concuerda con lo reportado por Obregón (2001), quien concluye que en alimentos que se calientan por convección, la máxima retención de nutrientes se obtiene en procesos a altas temperaturas por tiempos cortos.

En lo referente a los fenoles totales las Tablas 13 y 14 (ver Anexos 10 y 11) muestran que existen diferencias significativas ($p = 0,05$) entre los zumos clarificados por trasiegos continuos y por filtración pasteurizados a 85°C, 90°C y 95°C, siendo el zumo clarificado por trasiegos continuos y pasteurizado a 95°C durante 14,88 minutos el que logra una mayor retención

(86,52%). Se obtuvo un comportamiento similar al comparar los porcentajes de retención de los fenoles totales con la capacidad antioxidante. Al respecto Randhir et al (2008), mencionan que el procesamiento térmico podría ayudar a liberar los compuestos fenólicos no disponibles que se acumulan en las vacuolas incrementando la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos del producto pasteurizado. Del mismo modo Valencia (2013) sostiene que los fenoles se encuentran almacenados en diferentes compartimentos celulares de las plantas y necesitan ser mecánicamente liberados para ser absorbidos, algunos fenoles pueden reaccionar irreversiblemente con proteínas u otros fenoles ocasionando la formación de otros compuestos lo cual podría justificar los grandes porcentajes de retención en esta etapa. Por otro lado, Herodez et al (2003) y Manzocco et al (2001) indican que los compuestos fenólicos aumentan de manera efectiva cuando la temperatura se encuentra entre 60 y 80°C, y que cuando excede los 100°C se produce una pérdida debido a su descomposición por efecto del calor.

En cuanto al contenido de vitamina C las Tablas 13 y 14 (ver Anexos 12 y 13) muestran que existen diferencias significativas ($p = 0,05$) entre los zumos clarificados por trasiegos continuos y por filtración pasteurizados a 85°C, 90°C y 95°C, siendo el zumo clarificado por trasiegos continuos y pasteurizado a 95°C durante 14,88 minutos el que logra una mayor retención (75,39%). El ácido ascórbico fue el compuesto bioactivo que presentó mayor pérdida en comparación con los demás. Curotto (2006), menciona que el ácido ascórbico es un compuesto susceptible a la oxidación química o a la degradación térmica como consecuencia del blanqueado, cocción, pasteurización, esterilización y congelación. En otras palabras, es muy sensible a los cambios que se realizan debido a la transformación o manipulación de los alimentos que lo contienen, por lo cual la pérdida de este ácido es un efecto inevitable en un proceso de conservación, pero que puede ser reducido. Los resultados coinciden con lo indicado por Toor et al. (2006), quienes sostienen que el calentamiento es la causa principal de la pérdida de los antioxidantes tales como el ácido ascórbico, pero también el calentamiento puede incluir a la formación de compuestos tales como

melanoidinas, por la reacción de Maillard, y este compuesto tiene efectos antioxidantes.

Finalmente, en lo referente al contenido de antocianinas monoméricas las Tablas 13 y 14 (ver Anexos 14 y 15) muestran que sólo existen diferencias significativas ($p = 0,05$) entre los zumos clarificados por trasiegos continuos pasteurizados a 85°C, 90°C, siendo el zumo clarificado por trasiegos continuos y pasteurizado a 95°C durante 14,88 minutos el que logra una mayor retención (93,06%). De los tres compuestos bioactivos evaluados el contenido de antocianinas monoméricas fue el que alcanzó una mayor retención, según Valencia (2013) la estabilidad de los pigmentos antocianínicos se incrementa a medida que posee mayor número de grupos hidroxilo y de ácidos cinámicos en su estructura, al parecer en este caso las antocianinas responsables del color azul morado de los arándanos poseen este tipo de acilación, lo cual favorecería su termoestabilidad.

6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos

Los autores de la presente investigación acreditamos que los resultados expuestos son producto de procedimientos reales, siguiendo la normativa vigente para su desarrollo según el Protocolo de Investigación de Posgrado.

VII. CONCLUSIONES

1. La clarificación del zumo de arándanos contribuye a la pérdida de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos evaluados como podemos verlo reflejado en los resultados obtenidos. El tratamiento de clarificado mediante placas filtrantes logró una mayor retención de la capacidad antioxidante al obtener 64,19 μmol TROLOX eq./g de muestra (91,03% de retención) y en los compuestos bioactivos evaluados en el zumo de arándanos, siendo estos de 546,77 mg de ácido gálico/100 g de muestra (98,84% de retención), 13,76 mg de ácido ascórbico/100 g de muestra (92,54% de retención) y de 199,15 mg de cianidina 3-glucósido/100 g de muestra (95,75% de retención).
2. La pasteurización del zumo de arándanos logra una menor pérdida de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos en los zumos tratados a 95°C. Así se obtuvieron retenciones del 67,68% y 61,29% para la capacidad antioxidante, 86,52% y 82,28% para el contenido de fenoles totales, 75,39% y 71,62% para vitamina C y 93,06% y 90,43% de antocianinas monoméricas en los zumos clarificados por el método estacionario y por placas filtrantes, respectivamente.
3. Los tratamientos de clarificado estacionario y de pasteurización a 95°C x 14,88 min del zumo de arándanos permiten una mayor retención de la capacidad antioxidante 67,68% (47,66 μmol TROLOX eq./g de muestra) y de los compuestos bioactivos evaluados como los fenoles totales 86,52% (478,62 mg de ácido gálico/100 g de muestra), vitamina C 75,39% (11,21 mg de ácido ascórbico/100 g de muestra) y antocianinas monoméricas con 93,06% (193,55 mg de cianidina 3-glucósido/100 g de muestra).

VIII. RECOMENDACIONES

1. Desarrollar estudios que permitan caracterizar las variedades de arándanos que se cultivan en las diferentes regiones de nuestro país y seleccionar la variedad o variedades de mayor interés para la industria.
2. Utilizar como estándar a la catequina en la cuantificación de los compuestos fenólicos por el método de Folin-Ciocalteu, dado que ésta representa a la familia de los fenólicos más representativas presentes en los arándanos.
3. Estudiar la relación existente entre los componentes bioactivos estudiados y la capacidad antioxidante mediante el uso de modelos predictivos, tanto en el arándano como en otros frutos.
4. Realizar un estudio de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos analizados y su comportamiento a través del tiempo, para cuantificar la variación y su estabilidad.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agro Divulgación. (2007). *Arándano. Calidad post cosecha*. Disponible en:http://www.iniav.pt/fotos/gca/8_mirtilo_qualidade_pos_colheita_136_9137340.pdf. Visitado el 30 de noviembre del 2018.
- Allendes, G. (2018). *Info Berries 2017 – 2018: ¿Cómo lograr la máxima calidad en frutos de arándanos?*, Huelva, España, Especialistes en Serveis per a la Producció Editorial, S.L.
- Antonio, G., Faria, F., Takeiti, C. y Park, K. (2008). Comportamiento reológico de mirtilo. *Food Science and Technology*, 29 (4), 732-737.
- Arnao, M. (2000). Some methodological problems in determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case. *Trends Food Science Technology*, 11, 419-421.
- Arthey, D. y Ashurst, P. (1996). *Procesado de frutas*, Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2007). *Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists International*, Maryland, U.S.A., Gathersbur.
- Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos*. Editorial México D.F., México, Editorial Pearson.
- Beckman, K. y Ames, B. (1998). The free radical theory of aging matures. *Physiol Rev*, 78, 547 - 581.
- Belitz, H., Grosch, W., y Schieberle, P. (2012). *Química de los Alimentos*, Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Berger, MM (2006) Antioxidant micronutrients in major trauma and burns: evidence and practice. *J. American Society for Parental and Enteral Nutrition*, 5, 438-449
- Bettison, J.; Rees, J. (1994). *Procesado Térmico y envasado de los alimentos*. Zaragoza, España: Editorial Acribia
- Brackett, R. (1999). Incidence, contributing factors, and control of bacterial pathogens in produce. *Postharvest Biology Technology* 15, 305 – 311.

- Buitrago, C., Rincón, M., Balaguera, H. y Ligarreta, G. (2014). Tipificación de Diferentes Estados de Madurez del Fruto de Agraz (*Vaccinium meridionale Swartz*). Rev. Fac. Nac. Agron. 68 (1), 7521 - 7531.
- Caps, A. y abril, J. (1999). Procesos de conservación de alimentos, Madrid, España: Editorial Mundi Prensa.
- Carpio, L. (2009). Determinación de la máxima retención de ácido ascórbico en el néctar de tumbo (*Passiflora mollissima B*) por el método de Taguchi y superficie de respuesta (tesis de pregrado) Universidad Nacional Federico Villareal, Lima, Perú.
- Cheftel, H., Cheftel, J. y Besançon, P. (1976). Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos, Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Clark, J.; Howard, L. y Talcott, S. (2002). Variation in phytochemical composition of blueberry cultivars and breeding selections. Acta horticulturae 574, 203 - 207.
- Connor, A.; Luby, J.; Finn, C. y Hancock, J. 2002. Genotypic and environmental variation in antioxidant activity among blueberry cultivars. Acta horticulturae 574, 209-213.
- Contreras, M. (2010). Efecto de la aplicación de CPPU sobre la calidad de la fruta arándano alto (*Vaccinium corymbosum L.*) cultivar Elliott (tesis de pregrado), Universidad de la Frontera, Temuco, Chile.
- Curotto, M. (2006). Estudio de la influencia de la cocción y el secado de algunos compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de tres variedades de arracacha (tesis de pregrado), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Côté, J. et al., (2010). Bioactive compounds in cranberries and their biological properties. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 50(7), pp. 666-679.
- Dávila, R. (2003). Determinación de taninos, vitamina C y capacidad antioxidante en frutos de carambola (*Averrhoa carambola L*) (tesis de maestría), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- De Leenheer, A. (2000). Modern Chromatographic Analysis of Vitamin (Revised and Expanded), New York, USA, Marcel Dekker Incorporated.

- Dessi, A.; Atzei, A. y Fanos, V. (2011). Cranberry in children: prevention of recurrent urinary tract infections and review of the literature. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 21 (5), 807 - 813.
- Dinamarca, P., Poblete, R., Sanchez, A. (1986). Aspectos técnico-económico en la producción de berries. Santiago, Chile, Fundación Chile, Departamento Agroindustrial.
- Ehlenfeldt, M. y Prior, R. (2001). Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and phenolics and anthocyanin concentrations in fruits and leaf tissues of highbush blueberry. *J. Agric. Food Chem.* 49, 2222 - 2227.
- Ferreira, C. (2015). Avaliação de parâmetros de qualidade em três variedades de mirtilo em modo de Produção Biológico e Convencional (tesis de maestría), Escola Superior Agrária de Viseu, Viseu, Portugal.
- Figuroa-Cares, I., Martínez, M., Rodriguez, E., Colinas, M., Valle, S., Ramirez, S., Gallegos, C. (2010). Contenido de pigmentos, otros compuestos y capacidad antioxidante en 12 cultivares de tuna (*Opuntia spp.*) de México. *Revista Mexicana Agrocencias* 44 (7), 763 - 771.
- Floyd, R y Hensley, K. (2002). Oxidative stress in brain aging. Implications for therapeutics of neurodegenerative diseases. *Neurobiol Aging*.2002; 23(5):795-807.
- Galleta, G., Ballinger, W., Monroe, R. y Kushman, L. (1971). Relationships between fruit acidity and soluble solids levels of highbush blueberry clones and fruit keeping quality. *J.Amer.Soc. Hort. Sci.* 96 (6), 758 – 762.
- Garrido, V. (2014). Arándano rojo I (*Vaccinium macrocarpon Ait.*). *Revista Española Reduca (Biología)*, 7 (2), 100 - 112.
- Giovanelli, G., Buratti, S. (2009). Comparison of polyphenolic composition and antioxidant activity of wild Italian blueberries and some cultivated varieties. *Food Chemistry*, 112 (4), 903 - 908.
- Giusti, M. y Wrolstad, R. (2001). *Current protocols in food analytical chemistry*, New York, USA, John Wiley & Sons.
- Gomez, M. (2010). La poda en la productividad del arándano (*Vaccinium spp.*) en Michoacan (tesis de maestría), Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

- Guerra, C. (2017), Caracterización y microencapsulación de compuestos bioactivos del mortiño (*Vaccinium floribundum*, Kunth), (Tesis pregrado), Universidad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias, Ecuador.
- Häkkinen, S., Heinonen, M., Kärelampi, S., Mykkänen, H., Ruuskanen, J., Törrönen, R. (1999). Screening of selected flavonoids and phenolic acids in 19 berries. *Food Res Int*, 32, 345 - 353.
- Hancock, J., Lyrene, P., Finn, C. E., Vorsa, N. y Lobos, G. (2008). Blueberries and cranberries. Springer Netherlands, 115-150.
- Herodez, S., Hadolin, M., Škerget, M., Knez, Ž. (2003). Solvent extraction study of antioxidants from Balm (*Melissa officinalis* L.) leaves. *Food Chemistry*, 80 (2), 275 - 282.
- ICMSF (Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas para Alimentos). (1983). Microorganismos de los alimentos I. Su significado y métodos de enumeración. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- ICMSF (Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas para Alimentos) (2011). Microorganisms in food 8. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Instituto Nacional de Calidad (2007). Norma Técnica 203.121. 2007 (revisión 2014) Frutas Andinas tipo berries (bayas). Aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) fresco. Especificaciones. Lima, Perú.
- Infoagro (2017) El cultivo de arándano. Disponible en: <http://www.Infoagro.com>.
Visitado el 29 de noviembre 2018.
- ISO (Organización Internacional de Normalización) 4833-1 (2013). Microbiology of the food chain -- Horizontal method for the enumeration of microorganisms -- Part 1: Colony count at 30 degrees C by the pour plate technique.
- ISO (Organización Internacional de Normalización) 6579-1 (2017). Microbiology of the food chain -- Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of Salmonella -- Part 1: Detection of Salmonella spp.
- ISO (Organización Internacional de Normalización) 16649-3 (2015). Microbiology of the food chain -- Horizontal method for the enumeration

of beta-glucuronidase-positive *Escherichia coli* -- Part 3: Detection and most probable number technique using 5-bromo-4-chloro-3-indolyl- β -D-glucuronide.

- Jumbo, N y Guevara, A (2016), Capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de un filtrante de cinco hierbas aromáticas y esteviosido (*Stevia rebaudina B*), *La granja: Revista de Ciencias de la Vida* 24(2)2016:83-94, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador,
- Junqueira, V., Barros, S., Chan, S., Rodrigues, L., Giavarotti, L., Abud, R., Deucher, G. (2004). Aging and oxidative stress. *Mol Aspects Med*, 25, 5 – 16.
- Jiménez, V. y Abdelnour, A. (2013). Identificación y valor nutricional de algunos materiales nativos de arándano (*Vaccinium spp*). *Tecnología en Marcha* 26 (2), 3.
- Kader, A. (2002). *Postharvest technology of horticultural crops*. California., USA. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources, ANR Publications.
- Khan, S. (2013). Reactive oxygen species as the molecular modulators of calcium oxalate kidney stone formation: evidence from clinical and experimental investigations. *Journal Urology*, 189, 803 - 811.
- Kalt, W., Forney, C., Martin, R y Prior, R. (1999) Antioxidant capacity, vitamin, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 47(11):4638-44.
- Klopotek, Y., Otto, K., Böhm, V. (2005). Processing Strawberries to different products alters contents of vitamin C, total phenolics, total anthocyanins, and antioxidant capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 5640 – 5646.
- Kuskoski, M., Asuero, A., Troncoso, A., Mancini-Filho, J. y Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 25 (4), 726 - 732.
- Lee, S. y Kader, A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology Technology*. 20, 207 - 220.

- Málaga, R. (2013). Efecto del procesamiento de puré de aguaymanto (*Physalis peruviana*) sobre la vitamina C, compuestos fenólicos totales, carotenoides y capacidad antioxidantes (Tesis de maestría), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Manzocco, L., Calligaris, S., Mastrocola, D., Nicoli, M. y Lericci, C. (2001). Review of nonenzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Trends in Food Science and Technology*, 11, 340 - 346.
- Marm y Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España. (2007). Guía de cultivo: Orientaciones para el cultivo del arándano.p.08. Disponible en:http://www.naviaporcia.com/images/documentos/documento_173.pdf.
Visitado el 30 de noviembre del 2018.
- Marschner, P. (2012). Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London, England.
- Martinez, J., Rojas, H., Borda, G., Hastamorir., A., Medina, M., (2011). Estabilidad de Antocianinas en Jugo y Concentrado de Agraz (*Vaccinium meridionale Sw.*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 64(1),6015-6022.
- Masabni, J., Strang, J., Wolfe, D., Hartmkan, J and Bessin, R. (2003) Growing Highbush Blueberries in Kentucky. Disponible en: https://simpson.ca.uky.edu/files/growing_highbush_blueberries_in_ky.pdf
Visitado el 30 de octubre 2018.
- Maticorena, M. (2017). Cinco tipos de poda en arándano (*Vaccinium corymbosum L. cv. Biloxi*) y su influencia en determinados parámetros productivos (tesis de pregrado), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Mewett, K. Fernandez, S., Pasricha, A., Pong, a., Devenish, S., Hibbs, D., Chebib, M., Johnston, G., y Hanrahan, J. (2009). Synthesis and biological evaluation of flavan-3-ol derivatives as positive modulators of GABAA receptors. *Bioorganic & Medicinal Chemistry* 17 (20), 7156-7173.

- Miller, D. (2001). Química de los alimentos, manual de laboratorio. Editorial. Limusa Wiley, México.
- Minagri (Ministerio de Agricultura y Riego del Perú) y Romero, C (2016). Informe: El arándano en el Perú y en el mundo. Disponible en: http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/f-taxonomia_plantas/f01-cultivo/el_arandano.pdf. Visitado el 30 de noviembre del 2018.
- Moreno, J. Control microbiológico en frutas y hortalizas. Disponible en: Recuperado de <http://juntadeandalucia.es>. Visitado el 30 de noviembre del 2018
- Moscol, R. (2013). Influencia de la cocción en el contenido de compuestos fenólicos, antocianinas, flavonoides y glucosinolatos y en la capacidad antioxidante de la mashua morada (*Tropaeolum tuberosus*) (tesis de pregrado), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Moyer, R., Hummer, K., Finn, C., Frei, B. y Wrolstad, R. (2002). Anthocyanins, phenolics and antioxidant capacity in diverse small fruits: Vaccinium, Rubus and Ribes. J. Agric. Food Chem. 50, 519 - 525.
- Nicoli, M., Anese, M. y Parpinel, M. (1999). Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. Trends in Food Science and Technology, 10, 94 - 100.
- Nijveldt, R.; Van Nood, E.; Van Hoorn, D.; Boelens, P.; Van Norren, K.; Van Leeuwen, P. (2001). Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. American Journal of Clinical Nutrition, 74, 418 – 425.
- Obregón, J. (2001). Efecto de la temperatura sobre de gajos de mandarina satsuma (*citrus unshiu*) en almíbar (tesis de maestría), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Pereira. T. (2013). O Mirtilo e suas propriedades terapêuticas (tesis de maestría), Universidad Fernando Pessoa, Porto, Portugal.
- Pérez, G. (2003). Los flavonoides: antioxidantes o prooxidantes. Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas, 22 (1), 48 – 57.
- Pérez-Jimenez, J., Arranza, S., Taberner, M., Diaz-Rubio, M., Serrano, J. y Saura-Calixto, F. (2008). Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant foods, oils and beverages: Extraction,

- measurement and expression of results. *Food Research International*, 41: 274 – 285.
- Pino, C. (2007). Descripción del desarrollo vegetativo y de las características físicas y químicas de los frutos de cuatro clones de arándano alto (tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Podsdek, A. (2005). Natural antioxidants and antioxidant capacity of brassica vegetable. *Journal Food Composition Analysis*, 40, 1 - 11.
- Pokorny, J.; Yanishlieva, N.; Gordon, M. (2005). Antioxidantes de los Alimentos: Aplicaciones Prácticas. Zaragoza, España, Editorial Acribia.
- Primo, E. (1997). Química de los Alimentos. Madrid, España: Editorial Síntesis.
- Prior, R., Cao, G., Martin, A., Sofic, E., Mc Ewen, J., O'Brien, C., Lischner, N., Ehlenfeldt, M., Kalt, W., Krewer, G. y Mainland, M. (1998). Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity and variety of *Vaccinium* Species. *J. Agric. Food Chem.*, 46, 2686 - 2693.
- Puupponen-Pimiä, R, Nohynet, L., Alakomy, H., y Oksman-Caldentey, K. (2005). Bioactive berry compounds-novel-tools against human pathogens. *Appl Microbiol Biotechnol*, 67, 8 - 18.
- Randhir, R., Kwon, Y., Shetty, K. (2008). Effect of thermal processing on phenolics, antioxidant activity and health-relevant functionality of select grains sprouts and seedlings. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9 (3), 355 – 364.
- Ranganna, S (1977). Manual of analysis of fruit and vegetable products.USA. Editorial Tata Mc Graw-Hill.
- Raz, R., Chazan, B. y Dan, M. (2004). Cranberry juice and urinary tract infection. *Clinical infectious diseases*, 38 (10), 1413 - 1419.
- Rees, J.; Bettison, J. (1994). Procesado Térmico y envasado de los alimentos. Zaragoza, España, Editorial Acribia.
- Repo, R; Encina, Ch (2008) Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas. *Revista Sociedad Química del Perú*, 74(2), 108-124.

- Robards, K. y Antolovich, M. (1997). Analytical chemistry of fruit bioflavonoids: a review. *Analyst*, 2, 11 - 34.
- Rojas, D. (2013). Efecto de la estandarización y tratamiento térmico en el contenido de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en néctar de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) (tesis de pregrado), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Saftner, R., Polashock, J., Ehlenfeldt, M., Vinyard, M. (2008). Instrumental and sensory quality characteristics of blueberry fruit from twelve cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 49, 19 –26.
- Sapers, G., Burgher, A., Phillips, J. y Jones, S. (1984). Color and composition of highbush blueberry cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 109 (1): 105 - 111.
- Sato, J. (2013). Efecto de la pasteurización en la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos en la elaboración de néctar de aguaymanto (*Physalis peruviana*) (tesis de pregrado), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Shahidi, F. y Naczk, M. (2004). Phenolic compounds in fruits and vegetables. *Phenol Food Nutr*, 131 - 156.
- Shoemaker, J. (1975). Blueberries. In: *Small Fruit Culture*, Connecticut, USA, The Avi Publishing Company, Westport.
- Silveira, N; Vargas, P; Rosa, C (2007) Teor de polifenóis e composição química do mirtillo do grupo Highbush. A revista *Alimentos e Nutrição Araraquara* v. 18.
- Silva, F; Gibbs, P. 2004. Target selection in designing pasteurization processes for shelfstable high- acid fruit products. *Critical reviews in food science and nutrition* 44 (5), 353 - 360.
- Skupien, K. y Oszmianski, J. (2004). Comparison of six cultivars of strawberries (*Fragaria ananassa*) grown in northwest Poland. *Eur Food Res Technol*, 219, 66 - 70.
- Solano, M. (2013) Modelamiento de la cinética de desinfección superficial de tomates (*Lycopersicum esculentum*) frescos usando soluciones de cloro. *Revista Scientia Agropecuaria* Departamento de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque Perú.

- Souza, V (2017), Tratamiento térmico con vapor y adición de goma xantana para preservar los compuestos bioactivos fenólicos y la capacidad antioxidante de la pulpa de arándanos, (Tesis de posgrado) Universidad Nacional de Pelotas, Brasil.
- Stumbo, R (1973). Thermobacteriology in Food Processing. Nueva York, USA: Editorial Academic Press. 236p.
- Swain, T. and Hillis, W.E. (1959) The Phenolic Constituents of *Prunus doméstica*. I.—The Quantitative Analysis of Phenolic Constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10, 63-68.
- Szajdek, A. e Borowska, E. J. (2008). Bioactive compounds and health-promoting properties of berry fruits: a review. *Plant Foods Hum Nutr*, 63, 147 - 156.
- Toor, R; Savage, G y Lister, C (2006) Sasonal variations in antioxidant Composition of greenhouse grown tomatoes. *J.Food Comp. Anal.*3:105-118.
- Trehane, J. (2004): *Blueberries, Cranberries and Other Vacciniums*. Royal Horticultural Society. Portland, U.S.A.
- Tsouvaltzi, P., D. Gerasopoulos and A. Siomos. (2007). Effects of base removal and heat treatment on visual and nutritional quality of minimally processed leeks. *Postharvest Biology and Technology*, 43 (1): 158 - 164.
- USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos). National Nutrient Database for Standard Reference, Composición nutricional del arándano rojo. Disponible en: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list?fgcd=Branded+Food+Products+Database&ds=Branded+Food+Products>. Visitado el 30 de noviembre del 2018.
- Valencia, C. (2013). Capacidad antioxidante y compuestos bioactivos durante el procesamiento del néctar de zarzamora (*Rubus fruticosus*) (Tesis de maestría), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Vattem, D. y Shetty, K. (2005). Functional phytochemicals from cranberries: their mechanism of action and strategies to improve functionality. *Food Biotechnol*, 2, 789 - 823.

- Viskelis, P., Rubinskiene, M., Jasutienė, I., Šarkinas, A., Daubaras, R. y Česonienė, L. (2009). Anthocyanins, antioxidative, and antimicrobial properties of American cranberry (*Vaccinium macrocarpon Ait.*) and their press cakes. *Journal of food science*, 74 (2), 157 - 161.
- Wang, H., Cao, G. y Prior R. (1996). Total, antioxidant capacity of fruits. *J. Agric. Food Chem.*, 44, 701 - 705.
- Wickens, A. (2001). Ageing and the free radical theory. *Respir Physiol*, 128, 379 - 391.
- Wills, R.; Mcglasson, W.; Graham, D. and Joyce, D. (2007). *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. New South Wales University, Wallingford, England.
- Wootton-Beard, P.C., Ryan, L. (2011). Improving public health?: The role of antioxidant-rich fruit and vegetable beverages. *Food Research International*, 44, 3135 - 3148.
- Zapata, L., Heredia, A., Malleret, C., Darío, A., Clemente, G., Cárcel, J., (2014), Optimización de la extracción de antocianinas de arándanos. *Revista: Ciencia, docencia y tecnología*, 25(49):166-192. Universidad Politécnica de Valencia, España.

ANEXO 1: Matriz de consistencia

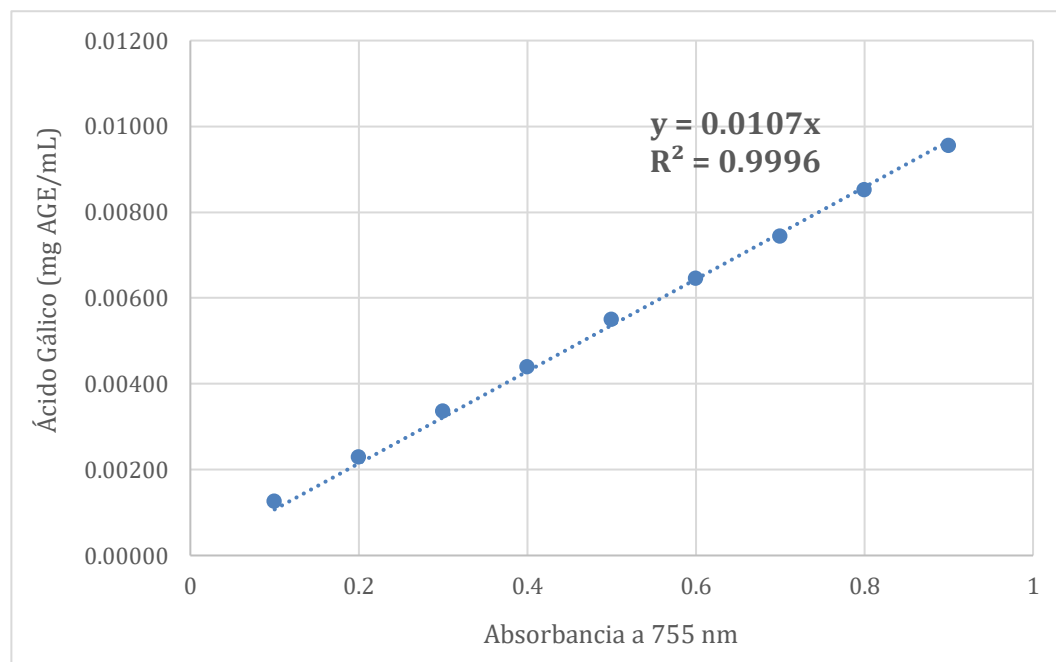
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODOS
¿Cómo varía la capacidad antioxidante y los compuestos bioactivos en el proceso de elaboración de zumo de arándano (<i>vaccinium corybosum</i>)?	Evaluar la variación de la capacidad antioxidante y los compuestos bioactivos en el proceso de elaboración de zumo de arándano (<i>vaccinium corybosum</i>).	Durante el proceso de elaboración del zumo de arándanos disminuye la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos.	Y ₁ =Capacidad antioxidante y compuestos bioactivos del zumo de arándanos antes y después del clarificado.	Capacidad antioxidante	- μmol TROLOX eq./g de muestra.	- Arnao (2000).
				Fenoles totales	- mg de ácido gálico/100 g de muestra.	- Según Swain y Hillis (1959). Método de Folin-Ciocalteu
				Vitamina C	- mg de ácido ascórbico/100g de muestra.	- Según AOAC (2007). Método 967.21
				Antocianinas	- mg de cianidina 3-glucósido/100 g de muestra.	- Según Fuleky y Francis (1968) modificado por Giusti y Wrolstad (2001). Método del pH diferencial.
PROBLEMA ESPECÍFICO	OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPÓTESIS ESPECÍFICA	VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODOS
¿Cómo afecta el tipo de clarificado en la capacidad antioxidante y en los compuestos bioactivos del zumo de arándano?	Evaluar cómo afecta el tipo de clarificado en la capacidad antioxidante y en los compuestos bioactivos del zumo de arándano.	Con un clarificado con placas filtrantes se obtendrá una menor disminución de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos del zumo de arándanos.	X ₁ = Técnica de clarificado del zumo de arándanos.	Técnica de clarificado	- Número de trasiegos (adimensional). - Tamaño de poro del filtro (μ).	- Cuento. - Lectura directa.
¿Cómo afecta la combinación de tiempo y temperatura de pasteurización en la capacidad antioxidante y en los compuestos bioactivos del zumo de arándano?	Evaluar cómo afecta la combinación de tiempo y temperatura de pasteurización en la capacidad antioxidante y en los compuestos bioactivos del zumo de arándanos.	Con una combinación de altas temperaturas y tiempos cortos de pasteurización se obtendrá una menor disminución de la capacidad antioxidante y los compuestos bioactivos en el zumo de arándanos.	X ₂ = Combinación de tiempo y temperatura de pasteurización del zumo de arándanos	Tiempo de pasteurización	- Minutos (min.).	- Lectura directa.
				Temperatura de pasteurización	-Grados Centígrados (°C).	-Lectura directa

ANEXO 2: Curva estándar de ácido gálico para el ensayo de compuestos fenólicos

El ácido gálico es un ácido fenólico natural que por su alta solubilidad en agua permite su empleo como estándar en (curvas de calibración) en la determinación de polifenoles totales. Los valores de concentración de ácido y la absorbancia para la curva estándar de ácido gálico fueron analizados por medio del método de mínimos cuadrados, el cual proporcionó una línea recta con pendiente positiva cuya ecuación fue $Y = 0,0107 (X)$; donde Y es el valor de la concentración de ácido gálico (mg AGE/mL) y X es el valor de la absorbancia medida a 755 nm. El coeficiente de correlación fue de 0,998.

Figura 15

Curva estándar de ácido gálico



ANEXO 3: Curva estándar de trolox para el ensayo de capacidad antioxidante

El trolox es un análogo hidrosoluble del alfa-tocoferol. En virtud de su alta solubilidad en agua y su amplia disponibilidad comercial el trolox es empleado como estándar en las curvas de comparación de diversos ensayos de capacidad antioxidante. Los valores de concentración trolox y absorbancia para la curva estándar de trolox para el análisis de la capacidad antioxidante hidrofílica y lipofílica fueron analizados por medio del método de mínimos cuadrados, el cual proporcionó dos líneas rectas con pendiente positiva cuyas ecuaciones fueron $Y = 715,2$ y $Y = 737,65$, respectivamente; donde Y es el valor de la concentración trolox (μ mol Trolox eq/L) y X es la absorbancia medida a 734 nm. El coeficiente de correlación fue de 1,0 en ambas curvas.

Figura 16

Curva estándar de trolox para el análisis de capacidad antioxidante

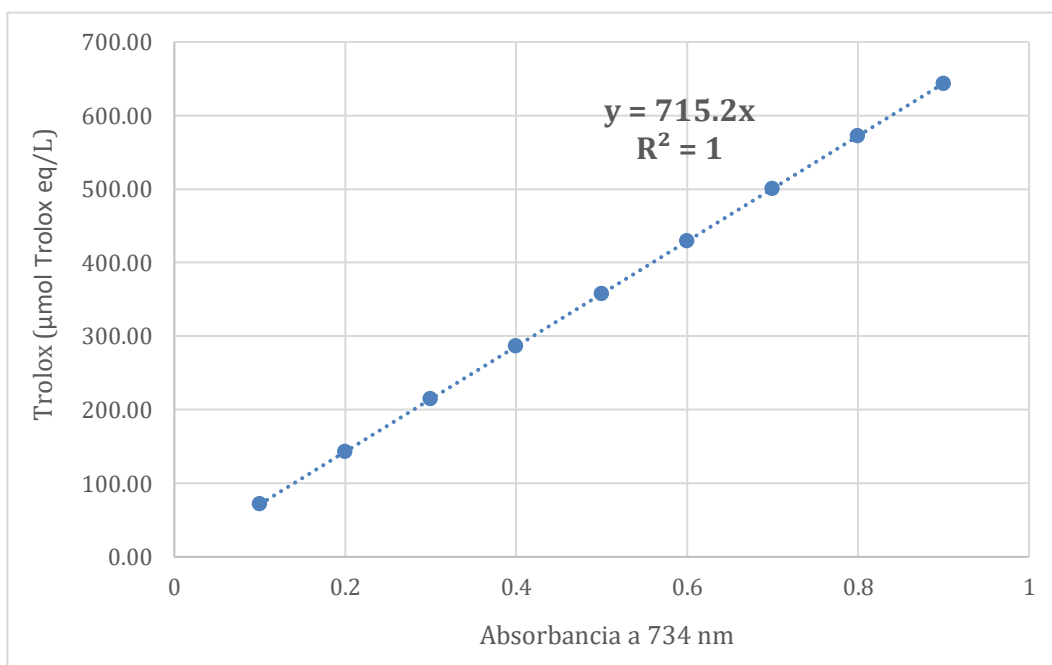
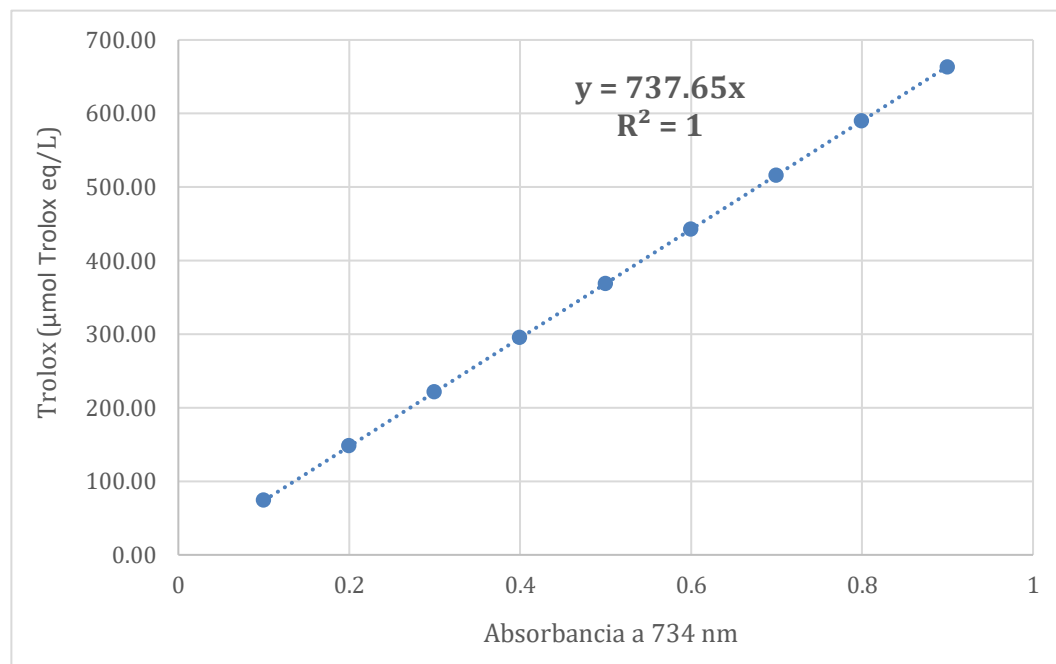


Figura 17

Curva estándar de trolox para el análisis de capacidad antioxidante



ANEXO 4: Cálculos realizados para determinar el tiempo de tratamiento térmico mediante el método de Stumbo (1973)

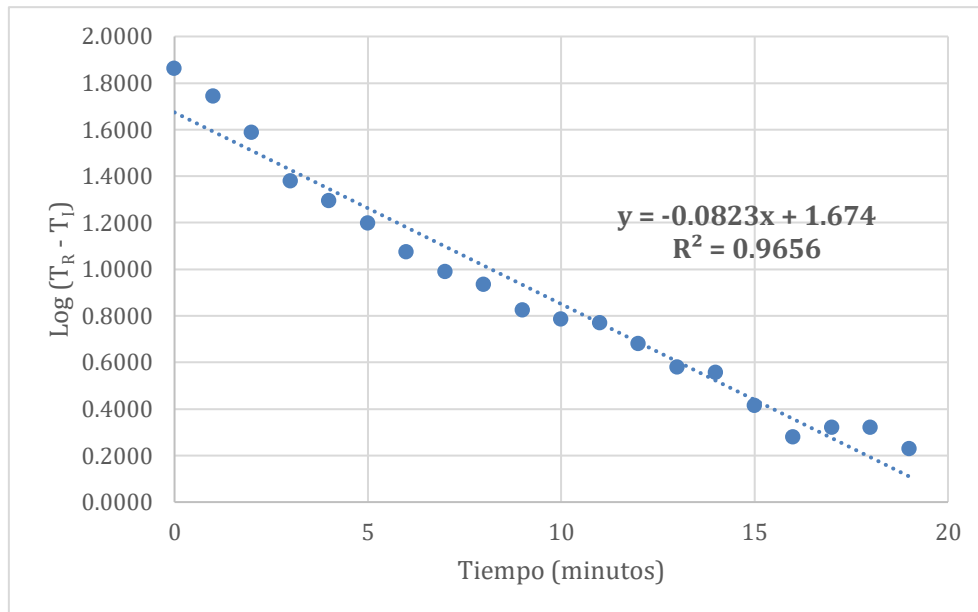
Tabla 26

Datos de tiempo y temperaturas utilizados para la curva de calentamiento

Tiempo (min)	T _R (°C)	T _I (°C)	Log (T _R - T _I)
0	95.0	22.0	1.8633
1	94.8	39.4	1.7435
2	94.6	55.9	1.5877
3	94.8	70.8	1.3802
4	94.8	75.1	1.2945
5	94.7	78.9	1.1987
6	95.1	83.2	1.0755
7	95.3	85.5	0.9912
8	95.4	86.8	0.9345
9	95.1	88.4	0.8261
10	95.5	89.4	0.7853
11	95.4	89.5	0.7709
12	95.4	90.6	0.6812
13	95.5	91.7	0.5798
14	96.0	92.4	0.5563
15	95.7	93.1	0.4150
16	95.5	93.6	0.2788
17	95.8	93.7	0.3222
18	95.9	93.8	0.3222
19	95.9	94.2	0.2304
20	95.9	94.3	0.2041

Figura 18

Curva de calentamiento del zumo de arándanos



- Cálculo de los parámetros de calentamiento ($T_R = 95^\circ\text{C}$, $T_I = 22^\circ\text{C}$). A partir de los datos de la Figura 20, y tomando la siguiente ecuación:

$$\text{Log}(T_R - T_I) = -t/f_h + \text{Log}(T_R - T_{PSITH})$$

De la ecuación de la Figura 12 obtenida mediante mínimos cuadrados:

$$\text{Log}(T_R - T_I) = -0,0823(t) + 1,674$$

De tal forma que: $-t / f_h = -0.0823(t)$

$$f_h = 12,151 \text{ min}$$

Además: $\text{Log}(95 - T_{PSITH}) = 1,674$

$$T_{PSITH} = 47,794$$

El factor de retraso en el calentamiento será:

$$J_h = (T_R - T_{PSIH}) / (T_R - T_I)$$

$$J_h = (95 - 49,794) / (95 - 22)$$

$$J_h = 0,646$$

- Cálculo del tiempo de tratamiento térmico:

$$D_{93,3^\circ\text{C}} = 1 \text{ minuto (Byssochlamys fulva)}$$

$$Z = 8,9^\circ\text{C (Byssochlamys fulva)}$$

$$UP = 3 \text{ min}$$

a) Para TR = 85°C (185°F)

$$U_c = U_P \times U_{Pc}$$

$$U_c = 3 \times 10^{((93,3 - 85)/8,9)}$$

$$U_c = 25,69 \text{ min}$$

$$f_h / U_c = 12,151 / 25,69$$

$$f_h / U_c = 0,473$$

Con este valor y a partir de tablas fg/U_c y Z = 8,9°C (16°F) y J_c = 0,629, se interpola y se encuentra el valor de g_c = 0,129

$$l_h = 85^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C}$$

$$l_h = 63^\circ\text{C}$$

$$B = f_h \text{ Log } (J_h \times l_h / g_c)$$

$$B = 12,151 \times \text{Log } (0,646 \times 63 / 0,129)$$

$$B = 30,36 \text{ min}$$

b) Para TR = 90°C (194°F)

$$U_c = U_P \times U_{Pc}$$

$$U_c = 3 \times 10^{((93,3 - 90)/8,9)}$$

$$U_c = 7,04 \text{ min}$$

$$f_h / U_c = 12,151 / 7,04$$

$$f_h / U_c = 1,725$$

Con este valor y a partir de tablas fg/U_c y Z = 8,9°C (16°F) y J_c = 0,629, se interpola y se encuentra el valor de g_c = 0,696

$$l_h = 90^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C}$$

$$l_h = 68^\circ\text{C}$$

$$B = f_h \text{ Log } (J_h \times l_h / g_c)$$

$$B = 12,151 \times \text{Log } (0,646 \times 68 / 0,696)$$

$$B = 21,87 \text{ min}$$

c) Para TR = 95°C (203°F)

$$U_c = U_P \times U_{Pc}$$

$$U_c = 3 \times 10^{((93,3 - 95)/8,9)}$$

$$U_c = 1,93 \text{ min}$$

$$f_h / U_c = 12,151 / 1,93$$

$$f_h / U_c = 6,296$$

Con este valor y a partir de tablas fg/U_c y Z = 8,9°C (16°F) y J_c = 0,629, se interpola y se encuentra el valor de g_c = 2,736

$$I_h = 95^\circ\text{C} - 22^\circ\text{C}$$

$$I_h = 73^\circ\text{C}$$

$$B = fh \text{ Log } (J_h \times I_h / gc)$$

$$B = 12,151 \times \text{Log } (0,646 \times 73/2,736)$$

$$B = 15,02 \text{ min}$$

ANEXO 5: Efecto del clarificado en la capacidad antioxidante del zumo de arándanos

Tratamiento	Repeticiones			Total
	1	2	3	
ST	67.42	70.52	73.62	211.56
CE	61.21	64.19	67.17	192.57
CF	56.68	59.91	63.14	179.73

I. Prueba de hipótesis

H₀: La capacidad antioxidante del zumo clarificado por ambos tratamientos es similar

H_i: La capacidad antioxidante del zumo clarificado por ambos tratamientos es diferente

II. Nivel de Significancia

$$\alpha = 0,05$$

III. Prueba Estadística

$$F = \text{CMT/CME}$$

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F_{cal}	F_{crit}
Tratamiento	2	170.96	85.48	8.87	5.14
Error	6	57.85	9.64		
Total	8	228.81	28.60		

IV. Conclusión

Existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la capacidad antioxidante del zumo clarificado por ambos tratamientos es diferente.

Prueba de diferencia de Medias:

$$\text{DMS} = \varepsilon \times \text{RES}$$

$$\varepsilon = (\text{CME}/r)^{0.5}$$

$$\varepsilon = 1,7927$$

$$\text{DMS} = 7,78$$

Comparación de medias

$$|X_1 - X_2| = 6,33$$

$$|X_1 - X_3| = 10,61$$

$$|X_2 - X_3| = 4,28$$

El tratamiento de clarificado por placas filtrantes reduce significativamente la capacidad antioxidante del zumo de arándanos

ANEXO 6: Efecto del clarificado en el contenido de fenoles totales del zumo de arándanos

Tratamiento	Repeticiones			Total
	1	2	3	
ST	549.95	553.21	556.47	1659.63
CE	543.66	546.77	549.88	1640.31
CF	527.83	531.14	534.45	1593.42

I. Prueba de hipótesis

H₀: El contenido de fenoles totales del zumo clarificado por ambos tratamientos es similar

H_i: El contenido de fenoles totales del zumo clarificado por ambos tratamientos es diferente

II. Nivel de Significancia

$$\alpha = 0,05$$

III. Prueba Estadística

$$F = \text{CMT/CME}$$

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F_{cal}	F_{crit}
Tratamiento	2	772.86	386.43	37.09	5.14
Error	6	62.51	10.42		
Total	8	835.37	104.42		

IV. Conclusión

Existe suficiente evidencia estadística para afirmar que el contenido de fenoles totales del zumo clarificado por ambos tratamientos es diferente.

Prueba de diferencia de Medias:

$$\text{DMS} = \varepsilon \times \text{RES}$$

$$\varepsilon = (\text{CME}/r)^{0.5}$$

$$\varepsilon = 1,8638$$

$$\text{DMS} = 8,09$$

Comparación de medias

$$|X_1 - X_2| = 6,44$$

$$|X_1 - X_3| = 22,07$$

$$|X_2 - X_3| = 15,63$$

El tratamiento de clarificado por placas filtrantes reduce significativamente el contenido de fenoles totales del zumo de arándanos en comparación al tratamiento de clarificación estacionario.

ANEXO 7: Efecto del clarificado en el contenido de vitamina c en el zumo de arándanos

Tratamiento	Repeticiones			Total
	1	2	3	
ST	14.33	14.87	15.41	44.61
CE	13.28	13.76	14.24	41.28
CF	13.08	13.59	14.10	40.77

I. Prueba de hipótesis

H₀: El contenido de vitamina C del zumo clarificado por ambos tratamientos es similar

H_i: El contenido de vitamina C del zumo clarificado por ambos tratamientos es diferente

II. Nivel de Significancia

$$\alpha = 0,05$$

III. Prueba Estadística

$$F = \text{CMT/CME}$$

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F_{cal}	F_{crit}
Tratamiento	2	2.90	1.45	5.56	5.14
Error	6	1.56	0.26		
Total	8	4.46	0.56		

IV. Conclusión

Existe suficiente evidencia estadística para afirmar que el contenido de vitamina C del zumo clarificado por ambos tratamientos es diferente.

Prueba de diferencia de Medias:

$$\text{DMS} = \varepsilon \times \text{RES}$$

$$\varepsilon = (\text{CME}/r)^{0.5}$$

$$\varepsilon = 0,2948$$

$$\text{DMS} = 1,28$$

Comparación de medias

$$|X_1 - X_2| = 1,11$$

$$|X_1 - X_3| = 1,28$$

$$|X_2 - X_3| = 0,17$$

El tratamiento de clarificado por placas filtrantes reduce significativamente el contenido de fenoles totales del zumo de arándanos.

ANEXO 8: Efecto del clarificado en el contenido de antocianinas monoméricas en el zumo de arándanos

Tratamiento	Repeticiones			Total
	1	2	3	
ST	205,05	207,99	210,93	623,97
CE	196,29	199,15	202,01	597,45
CF	181,66	184,39	187,12	553,17

I. Prueba de hipótesis

H₀: El contenido de antocianinas monoméricas del zumo clarificado por ambos tratamientos es similar

H_i: El contenido de antocianinas monoméricas del zumo clarificado por ambos tratamientos es diferente

II. Nivel de Significancia

$$\alpha = 0,05$$

III. Prueba Estadística

$$F = \text{CMT/CME}$$

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F_{cal}	F_{crit}
Tratamiento	2	852,96	426,48	52,70	5.14
Error	6	48,55	8,09		
Total	8	901,52	112,69		

IV. Conclusión

Existe suficiente evidencia estadística para afirmar que el contenido de antocianinas monoméricas del zumo clarificado por ambos tratamientos es diferente.

Prueba de diferencia de Medias:

$$\text{DMS} = \varepsilon \times \text{RES}$$

$$\varepsilon = (\text{CME}/r)^{0.5}$$

$$\varepsilon = 1,6424$$

$$\text{DMS} = 7,13$$

Comparación de medias

$$|X_1 - X_2| = 8,84$$

$$|X_1 - X_3| = 23,6$$

$$|X_2 - X_3| = 14,76$$

El tratamiento de clarificado por placas filtrantes reduce significativamente el contenido de antocianinas monoméricas del zumo de arándanos en comparación al tratamiento de clarificación estacionario.

ANEXO 9: Efecto del tratamiento térmico en la capacidad antioxidante del zumo de arándanos clarificado por el método estacionario

Tratamiento	Repeticiones			Total	Promedio
	1	2	3		
S/T	61.21	64.19	67.17	192.57	64.19
85°C	17.69	22.65	27.61	67.95	22.65
90°C	32.27	37.70	43.13	113.1	37.70
95°C	40.40	47.66	54.92	142.98	47.66

I. Prueba de hipótesis

Ho: La Capacidad antioxidante del zumo clarificado por el método estacionario y pasteurizado con los diferentes niveles de tratamiento térmico es similar

Hi: Al menos alguno de los tratamientos de pasteurización del zumo clarificado por el método estacionario confiere una capacidad antioxidante diferente

II. Nivel de Significancia

$$\alpha = 0,05$$

III. Prueba Estadística

$$F = \text{CMT/CME}$$

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F_{cal}	F_{crit}
Tratamiento	3	2738.80	912.93	31.57	4.07
Error	8	231.35	28.92		
Total	11	2970.15	270.01		

IV. Conclusión

Existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la capacidad antioxidante del zumo clarificado por el método estacionario y pasteurizado con los diferentes niveles de tratamiento térmico es diferente.

Prueba de diferencia de Medias:

$$\text{DMS} = \varepsilon \times \text{RES}$$

$$\varepsilon = (\text{CME}/r)^{0.5}$$

$$\varepsilon = 3,1048$$

$$\text{DMS} = 14,06$$

Comparación de medias

$$|X_1. - X_2.| = 41,54$$

$$|X_1. - X_3.| = 26,49$$

$$|X_1. - X_4.| = 16,53$$

$$|X_2. - X_3.| = 15,05$$

$$|X_2. - X_4.| = 25,01$$

$$|X_3. - X_4.| = 9,96$$

Los tratamientos de pasteurización a 90°C y 95°C reducen significativamente la pérdida de la capacidad antioxidante del zumo de arándanos clarificado por el método estacionario en comparación con el tratamiento a 85°C.

ANEXO 10: Efecto del tratamiento térmico en la capacidad antioxidante del zumo de arándanos clarificado por el método de placas filtrantes

Tratamiento	Repeticiones			Total	Promedio
	1	2	3		
S/T	56.68	59.91	63.14	179.73	59.91
85°C	16.16	20.74	25.32	62.22	20.74
90°C	27.52	33.39	39.26	100.17	33.39
95°C	36.33	43.22	50.11	129.66	43.22

I. Prueba de hipótesis

Ho: La Capacidad antioxidante del zumo clarificado mediante placas filtrantes y pasteurizado con los diferentes niveles de tratamiento térmico es similar

Hi: Al menos alguno de los tratamientos de pasteurización del zumo clarificado por el mediante placas filtrantes confiere una capacidad antioxidante diferente

II. Nivel de Significancia

$$\alpha = 0,05$$

III. Prueba Estadística

$$F = \text{CMT/CME}$$

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F_{cal}	F_{crit}
Tratamiento	3	2458.62	819.54	28.92	4.07
Error	8	226.68	28.33		
Total	11	2685.29	244.12		

IV. Conclusión

Existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la capacidad antioxidante del zumo clarificado mediante placas filtrantes y pasteurizado con los diferentes niveles de tratamiento térmico es diferente.

Prueba de diferencia de Medias:

$$\text{DMS} = \varepsilon \times \text{RES}$$

$$\varepsilon = (\text{CME}/r)^{0.5}$$

$$\varepsilon = 3,1048$$

$$\text{DMS} = 14,06$$

Comparación de medias

$$|X_1. - X_2.| = 39,17$$

$$|X_1. - X_3.| = 26,52$$

$$|X_1. - X_4.| = 16,69$$

$$|X_2. - X_3.| = 12,65$$

$$|X_2. - X_4.| = 22,48$$

$$|X_3. - X_4.| = 9,83$$

El tratamiento de pasteurización a 95°C reduce significativamente la pérdida de la capacidad antioxidante del zumo de arándanos clarificado por a través de placas filtrantes en comparación con el tratamiento a 85°C.

ANEXO 11: Efecto del tratamiento térmico en el contenido de fenoles totales del zumo de arándanos clarificado por el método estacionario

Tratamiento	Repeticiones			Total	Promedio
	1	2	3		
S/T	543.66	546.77	549.88	1640.31	546.77
85°C	324.40	326.61	328.82	979.83	326.61
90°C	413.36	416.14	418.92	1248.42	416.14
95°C	475.66	478.62	481.58	1435.86	478.62

I. Prueba de hipótesis

H₀: El contenido de fenoles totales del zumo clarificado por el método estacionario y pasteurizado con los diferentes niveles de tratamiento térmico es similar

H_i: Al menos alguno de los tratamientos de pasteurización del zumo clarificado por el método estacionario confiere un contenido de fenoles totales diferente

II. Nivel de Significancia

$$\alpha = 0,05$$

III. Prueba Estadística

$$F = \text{CMT/CME}$$

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F_{cal}	F_{crit}
Tratamiento	3	78904.09	26301.36	3388.67	4.07
Error	8	62.09	7.76		
Total	11	78966.18	7178.74		

IV. Conclusión

Existe suficiente evidencia estadística para afirmar que el contenido de fenoles totales del zumo clarificado por el método estacionario y pasteurizado con los diferentes niveles de tratamiento térmico es diferente.

Prueba de diferencia de Medias:

$$\text{DMS} = \varepsilon \times \text{RES}$$

$$\varepsilon = (\text{CME}/r)^{0.5}$$

$$\varepsilon = 1,6085$$

$$\text{DMS} = 7,29$$

Comparación de medias

$$|X_1 - X_2| = 220,16$$

$$|X_1 - X_3| = 130,63$$

$$|X_1 - X_4| = 68,15$$

$$|X_2 - X_3| = 89,53$$

$$|X_2 - X_4| = 152,01$$

$$|X_3 - X_4| = 62,48$$

El tratamiento de pasteurización a 95°C reduce significativamente la pérdida de fenoles totales del zumo de arándanos clarificado por el método estacionario en comparación con a los tratamientos a 85°C y 90°C.

ANEXO 12: Efecto del tratamiento térmico en el contenido de fenoles totales del zumo de arándanos clarificado por el método de placas filtrantes

Tratamiento	Repeticiones			Total	Promedio
	1	2	3		
S/T	527.83	531.14	534.45	1593.42	531.14
85°C	300.65	303.28	305.91	909.84	303.28
90°C	397.73	400.48	403.23	1201.44	400.48
95°C	452.18	455.19	458.20	1365.57	455.19

I. Prueba de hipótesis

Ho: El contenido de fenoles totales del zumo clarificado mediante placas filtrantes y pasteurizado con los diferentes niveles de tratamiento térmico es similar

Hi: Al menos alguno de los tratamientos de pasteurización del zumo clarificado por el método de placas filtrantes confiere un contenido de fenoles totales diferente

II. Nivel de Significancia

$$\alpha = 0,05$$

III. Prueba Estadística

$$F = \text{CMT/CME}$$

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F_{cal}	F_{crit}
Tratamiento	3	82708.72	27569.57	3196.88	4.07
Error	8	68.99	8.62		
Total	11	82777.71	7525.25		

IV. Conclusión

Existe suficiente evidencia estadística para afirmar que el contenido de fenoles totales del zumo clarificado mediante placas filtrantes y pasteurizado con los diferentes niveles de tratamiento térmico es diferente.

Prueba de diferencia de Medias:

$$\text{DMS} = \varepsilon \times \text{RES}$$

$$\varepsilon = (\text{CME}/r)^{0.5}$$

$$\varepsilon = 1,6955$$

$$\text{DMS} = 7,68$$

Comparación de medias

$$|X_1. - X_2.| = 227,86$$

$$|X_1. - X_3.| = 130,66$$

$$|X_1. - X_4.| = 75,95$$

$$|X_2. - X_3.| = 97,20$$

$$|X_2. - X_4.| = 151,91$$

$$|X_3. - X_4.| = 54,71$$

El tratamiento de pasteurización a 95°C reduce significativamente la pérdida de fenoles totales del zumo de arándanos clarificado por el método estacionario en comparación con a los tratamientos a 85°C y 90°C.

ANEXO 13: Efecto del tratamiento térmico en el contenido de vitamina C del zumo de arándanos clarificado por el método estacionario

Tratamiento	Repeticiones			Total	Promedio
	1	2	3		
S/T	13.28	13.76	14.24	41.28	69.28
85°C	8.07	8.38	8.69	25.14	42.21
90°C	10.23	10.51	10.79	31.53	52.83
95°C	10.94	11.21	11.48	33.63	56.32

I. Prueba de hipótesis

H₀: El contenido de vitamina C del zumo clarificado por el método estacionario y pasteurizado con los diferentes niveles de tratamiento térmico es similar

H_i: Al menos alguno de los tratamientos de pasteurización del zumo clarificado por el método estacionario confiere un contenido de vitamina C diferente

II. Nivel de Significancia

$$\alpha = 0,05$$

III. Prueba Estadística

$$F = \text{CMT/CME}$$

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F_{cal}	F_{crit}
Tratamiento	3	44.28	14.76	123.58	4.07
Error	8	0.96	0.12		
Total	11	45.24	4.11		

IV. Conclusión

Existe suficiente evidencia estadística para afirmar que el contenido de vitamina C del zumo clarificado por el método estacionario y pasteurizado con los diferentes niveles de tratamiento térmico es diferente.

Prueba de diferencia de Medias:

$$\text{DMS} = \varepsilon \times \text{RES}$$

$$\varepsilon = (\text{CME}/r)^{0.5}$$

$$\varepsilon = 0,1995$$

$$\text{DMS} = 0,90$$

Comparación de medias

$$|X_1. - X_2.| = 27,07$$

$$|X_1. - X_3.| = 16,45$$

$$|X_1. - X_4.| = 12,96$$

$$|X_2. - X_3.| = 10,62$$

$$|X_2. - X_4.| = 14,11$$

$$|X_3. - X_4.| = 3,49$$

El tratamiento de pasteurización a 95°C reduce significativamente la pérdida de vitamina C del zumo de arándanos clarificado por el método estacionario en comparación con a los tratamientos a 85°C y 90°C.

ANEXO 14: Efecto del tratamiento térmico en el contenido de vitamina c del zumo de arándanos clarificado por el método de placas filtrantes

Tratamiento	Repeticiones			Total	Promedio
	1	2	3		
S/T	13.08	13.59	14.10	40.77	68.46
85°C	7.57	7.86	8.15	23.58	39.59
90°C	9.91	10.21	10.51	30.63	51.35
95°C	10.37	10.65	10.93	31.95	53.53

I. Prueba de hipótesis

H₀: El contenido de vitamina C del zumo clarificado mediante placas filtrantes y pasteurizado con los diferentes niveles de tratamiento térmico es similar

H_i: Al menos alguno de los tratamientos de pasteurización del zumo clarificado por el método de placas filtrantes confiere un contenido de vitamina C diferente

II. Nivel de Significancia

$$\alpha = 0,05$$

III. Prueba Estadística

$$F = \text{CMT/CME}$$

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F_{cal}	F_{crit}
Tratamiento	3	49.80	16.60	129.54	4.07
Error	8	1.03	0.13		
Total	11	50.83	4.62		

IV. Conclusión

Existe suficiente evidencia estadística para afirmar que el contenido de vitamina C del zumo clarificado mediante placas filtrantes y pasteurizado con los diferentes niveles de tratamiento térmico es diferente.

Prueba de diferencia de Medias:

$$\text{DMS} = \varepsilon \times \text{RES}$$

$$\varepsilon = (\text{CME}/r)^{0.5}$$

$$\varepsilon = 0,2067$$

$$\text{DMS} = 0,94$$

Comparación de medias

$$|X_1 - X_2| = 28,87$$

$$|X_1 - X_3| = 17,11$$

$$|X_1 - X_4| = 14,93$$

$$|X_2 - X_3| = 11,76$$

$$|X_2 - X_4| = 13,94$$

$$|X_3 - X_4| = 2,18$$

El tratamiento de pasteurización a 95°C reduce significativamente la pérdida de vitamina C del zumo de arándanos clarificado por el método estacionario en comparación con a los tratamientos a 85°C y 90°C.

ANEXO 15: Efecto del tratamiento térmico en el contenido de antocianinas monoméricas del zumo de arándanos clarificado por el método estacionario

Tratamiento	Repeticiones			Total	Promedio
	1	2	3		
S/T	196.29	199.15	202.01	597.45	199.15
85°C	187.16	189.14	191.12	567.42	189.14
90°C	188.19	190.15	192.11	570.45	190.15
95°C	191.60	193.55	195.50	580.65	193.55

I. Prueba de hipótesis

Ho: El contenido de antocianinas monoméricas del zumo clarificado por el método estacionario y pasteurizado con los diferentes niveles de tratamiento térmico es similar

Hi: Al menos alguno de los tratamientos de pasteurización del zumo clarificado por el método estacionario confiere un contenido de antocianinas monoméricas diferente

II. Nivel de Significancia

$$\alpha = 0,05$$

III. Prueba Estadística

$$F = \text{CMT/CME}$$

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F_{cal}	F_{crit}
Tratamiento	3	183.44	61.15	12.39	4.07
Error	8	39.49	4.94		
Total	11	222.93	20.27		

IV. Conclusión

Existe suficiente evidencia estadística para afirmar que el contenido de antocianinas monoméricas del zumo clarificado por el método estacionario y pasteurizado con los diferentes niveles de tratamiento térmico es diferente.

Prueba de diferencia de Medias:

$$\text{DMS} = \varepsilon \times \text{RES}$$

$$\varepsilon = (\text{CME}/r)^{0.5}$$

$$\varepsilon = 1,2827$$

$$\text{DMS} = 5,81$$

Comparación de medias

$$|X_1. - X_2.| = 10,01$$

$$|X_1. - X_3.| = 9,00$$

$$|X_1. - X_4.| = 5,60$$

$$|X_2. - X_3.| = 1,01$$

$$|X_2. - X_4.| = 4,41$$

$$|X_3. - X_4.| = 3,40$$

Los tratamientos de pasteurización a las temperaturas de 85°C, 90°C y 95°C generan pérdidas significativas en el contenido de antocianinas monoméricas en el zumo de arándanos clarificado por el método estacionario.

ANEXO 16: Efecto del tratamiento térmico en el contenido de antocianinas monoméricas del zumo de arándanos clarificado por el método de placas filtrantes

Tratamiento	Repeticiones			Total	Promedio
	1	2	3		
S/T	181.66	184.39	187.12	553.17	184.39
85°C	183.11	185.13	187.15	555.39	185.13
90°C	183.86	185.87	187.88	557.61	185.87
95°C	186.11	188.08	190.05	564.24	188.08

I. Prueba de hipótesis

Ho: El contenido de antocianinas monoméricas del zumo clarificado mediante placas filtrantes y pasteurizado con los diferentes niveles de tratamiento térmico es similar

Hi: Al menos alguno de los tratamientos de pasteurización del zumo clarificado por el método de placas filtrantes confiere un contenido de antocianinas monoméricas diferente

II. Nivel de Significancia

$$\alpha = 0,05$$

III. Prueba Estadística

$$F = \text{CMT/CME}$$

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F_{cal}	F_{crit}
Tratamiento	3	22.87	7.62	1.57	4.07
Error	8	38.91	4.86		
Total	11	61.77	5.62		

IV. Conclusión

Existe suficiente evidencia estadística para afirmar que la capacidad antioxidante del zumo clarificado mediante placas filtrantes y pasteurizado con los diferentes niveles de tratamiento térmico es similar.

Prueba de diferencia de Medias:

$$\text{DMS} = \varepsilon \times \text{RES}$$

$$\varepsilon = (\text{CME}/r)^{0.5}$$

$$\varepsilon = 1,2733$$

$$\text{DMS} = 5,77$$

Comparación de medias

$$|X_1. - X_2.| = 0,74$$

$$|X_1. - X_3.| = 1,48$$

$$|X_1. - X_4.| = 3,69$$

$$|X_2. - X_3.| = 0,74$$

$$|X_2. - X_4.| = 2,95$$

$$|X_3. - X_4.| = 2,21$$

Los tratamientos de pasteurización a las temperaturas de 85°C, 90°C y 95°C generan pérdidas significativas en el contenido de antocianinas monoméricas en el zumo de arándanos clarificado por el método estacionario.