



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD E
INOCUIDAD DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

INFLUENCIA DE LA EXTRACCIÓN Y SECADO POR ATOMIZACIÓN
DE DESECHOS DE ARÁNDANO (*VACCINIUM CORYMBOSUM L*) EN
LA CALIDAD DEL CONCENTRADO OBTENIDO EN ANTOCIANINA,
POLIFENOLES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

TESIS

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN SISTEMAS
DE GESTIÓN DE LA CALIDAD E INOCUIDAD DE LA INDUSTRIA
ALIMENTARIA

AUTOR:

CONDE CARRIÓN, CHAMMY SAMUEL

(ORCID: 0000-0003-0657-1093)

ASESOR

CANCINO CHAVEZ, KEIDY

(ORCID: 0000-0003-1953-534X)

LIMA-PERÚ

2023

Metadatos Complementarios

Datos de autor

Conde Carrión, Chammy Samuel

Tipo de documento de identidad del AUTOR: DNI: 44755250

Datos de asesor

Cancino Chavez, Keidy

Tipo de documento de identidad del ASESOR: DNI: 40229612

ORCID: 0000-0003-1953-534X

Datos del jurado

JURADO 1: Foy Valencia, Enzo Carol, DNI N°07006149, ORCID 0000-0001-7591-813X

JURADO 2: Padilla Lauriano, Abiú Josué, DNI N°09610446, ORCID 0000-0001-6990-2211

JURADO 3: Porras Lopez Graciela Marbetty, DNI: 43354966, ORCID: 0000-0003-2720-0750

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE:721037

Código del Programa: 2.11.01

ANEXO N°1

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Chammy Samuel CONDE CARRIÓN, con código de estudiante N° 201812380 con (DNI o Carné de Extranjería) N° 44755250, con domicilio en jr. Tahuantinsuyo N° 260, distrito Carmen Alto, provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho, en mi condición de Maestro en Sistemas de Gestión de la Calidad e Inocuidad de la Industria Alimentaria de la Escuela de Posgrado Universidad Ricardo Palma, declaro bajo juramento que:

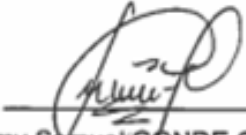
La presente tesis titulada: "INFLUENCIA DE LA EXTRACCIÓN Y SECADO POR ATOMIZACIÓN DE DESECHOS DE ARÁNDANO (VACCINIUM CORYMBOSUM L) EN LA CALIDAD DEL CONCENTRADO OBTENIDO EN ANTOCIANINA, POLIFENOLES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE", es de mi única autoría, bajo el asesoramiento del docente Keldy CANCINO CHAVEZ, y no existe plagio y/o copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica o de investigación, universidad, etc; la cual ha sido sometida al antiplagio Turnitin y tiene el 20% de similitud final.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en la tesis el contenido de estas corresponde a las opiniones de ellos, y por las cuales no asumo responsabilidad, ya sean de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o de internet.

Asimismo, ratifico plenamente que el contenido íntegro de la tesis es de mi conocimiento y autoría. Por tal motivo, asumo toda la responsabilidad de cualquier error u omisión en la tesis y soy consciente de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de falsa declaración, me someto a lo dispuesto en las normas de la Universidad Ricardo Palma y a los dispositivos legales nacionales vigentes.

Surco, 13 de noviembre de 2023


Chammy Samuel CONDE CARRIÓN
44755250

INFLUENCIA DE LA EXTRACCIÓN Y SECADO POR ATOMIZACIÓN DE DESECHOS DE ARÁNDANO (VACCINIUM CORYMBOSUM L) EN LA CALIDAD DEL CONCENTRADO OBTENIDO EN ANTOCIANINA, POLIFENOLES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	1library.co Fuente de Internet	2%
3	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
5	www.revistas.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	LUZ MARINA ZAPATA. "OBTENCIÓN DE EXTRACTO DE ANTOCIANINAS A PARTIR DE ARÁNDANOS PARA SER UTILIZADO COMO ANTIOXIDANTE Y COLORANTE EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA", 'Universitat Politecnica de Valencia', 2015	1%

Fuente de Internet

7	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	1 %
8	cadenahortofructicola.org Fuente de Internet	1 %
9	m.riunet.upv.es Fuente de Internet	1 %
10	gestion.pe Fuente de Internet	1 %
11	buscador.una.edu.ni Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.usil.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	www.scielo.org.co Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to ITESM: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Trabajo del estudiante	<1 %

18	search.bvsalud.org Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
20	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
21	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	www.conacyt.gov.py Fuente de Internet	<1 %
23	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
24	dspace.ueb.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
25	repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
28	revistas.unisucre.edu.co Fuente de Internet	<1 %

29	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1 %
30	digitum.um.es Fuente de Internet	<1 %
31	dokumen.site Fuente de Internet	<1 %
32	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
33	revistas.untrm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
34	colposdigital.colpos.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %
35	redi.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
36	Submitted to Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
37	doaj.org Fuente de Internet	<1 %
38	dx.doi.org Fuente de Internet	<1 %
39	repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080 Fuente de Internet	<1 %
40	repositoriodigital.uns.edu.ar	

Dedicatoria

A mi padre eterno, Dios
Al tesoro más grande que tengo, mi familia.
A mis padres, esposa e hijos por su
constante apoyo y motivación
para cumplir mis sueños.

Agradecimiento

A Dios por su infinita misericordia. A mis padres por sus enseñanzas y ser ejemplo de vida, a mis hermanos, a mis profesores de la Escuela de Posgrado por los conocimientos impartidos; en especial a mi recordado maestro Dr. Américo Guevara Pérez por su asesoramiento y valoración del trabajo, a la Ing. Keidy Cancino; así como al Ing. Jesús Salcedo (Grupo AJE), Ing. Dante Orellana (INDDA) por compartirme su experiencia y apoyo incondicional y a mis amigos que de uno u otro modo colaboraron en la finalización de este trabajo.

INDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria.....	1
Agradecimiento.....	2
INDICE GENERAL	3
INDICE DE TABLAS	6
INDICE DE FIGURAS.....	7
RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUCCION	10
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.1. Descripción del Problema	12
1.2. Formulación del Problema.....	14
1.2.1. Problema general.....	14
1.2.2. Problemas específicos	14
1.3. Importancia y Justificación del Estudio.	15
1.4. Delimitación del estudio	16
1.5. Objetivos de la Investigación:.....	16
1.5.1. Objetivo general.....	16
1.5.2. Objetivos específicos	16
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	18
2.1. Marco histórico.	18
2.1.1. Arándano (Vaccinium).....	18
2.1.2. Extracción de antocianinas a partir de desechos agroindustriales.....	20
2.1.3. Secado por Atomización	20
2.1.4. Residuos agroindustriales.....	20
2.2. Investigaciones relacionadas con el tema.....	21
2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio.....	24
2.3.1. Ley de Fick (2da) – Ley de difusión.	24
2.3.2. Principio de atomización.....	25

2.4.	Definición de términos básicos	26
2.5.	Fundamentos teóricos que sustentan a las hipótesis.....	26
2.6.	HIPÓTESIS:.....	28
2.6.1.	Hipótesis general.....	28
2.6.2.	Hipótesis específicas	28
2.7.	Variables	29
CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO.....		30
3.1.	Tipo, método y diseño de la investigación.....	30
3.2.	Población y muestra.	30
3.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	31
3.3.1.	Materia prima e Insumos.....	31
3.3.2.	Reactivos y materiales.....	31
3.3.3.	Equipos e Instrumentos.....	32
3.3.4.	Métodos de análisis.....	32
3.4.	Descripción del procedimiento.	34
3.4.1.	Metodología experimental	34
3.4.2.	Diseño experimental.....	36
3.4.3.	Diseño estadístico.....	40
CAPITULO IV: RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS.....		41
4.1.	RESULTADOS.....	41
4.1.1.	Análisis proximal de los residuos fresco (bagazo grueso) y seco (harina) del arándano (<i>Vaccinium Corymbosum L.</i>).....	41
4.1.2.	Influencia del pH, temperatura y tiempo de extracción en el rendimiento de antocianina a partir de residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano (<i>Vaccinium Corymbosum L.</i>).....	42
4.1.3.	Efecto de la TEA y el % de encapsulante en el rendimiento, fenoles totales, capacidad antioxidante y contenido de antocianina del extracto obtenido a partir de los residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano (<i>Vaccinium corymbosum L.</i>), secado por atomización.	44

b)	Efecto de la TEA y el % de encapsulante en el contenido de antocianina de extracto obtenido de residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano (<i>Vaccinium corymbosum L</i>), secado por atomización.	47
c)	Efecto de la TEA y el % de encapsulante en fenoles totales del extracto obtenido de residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano (<i>Vaccinium corymbosum L</i>), secado por atomización.	49
d)	Efecto de la TEA y el % de encapsulante en la capacidad antioxidante de extracto obtenido de residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano (<i>Vaccinium corymbosum L</i>), secado por atomización.	51
4.2	ANALISIS DE RESULTADOS	54
	CONCLUSIONES	61
	RECOMENDACIONES	62
	BIBLIOGRAFIA	63
	ANEXOS	69
	ANEXO N°1: Declaración de autenticidad.....	69
	ANEXO N°2: Autorización de consentimiento para realizar la investigación	70
	ANEXO N° 3 : Matriz de consistencia	71
	ANEXO N° 4: Matriz de Operacionalización.....	72

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis químico proximal en 100 g del arándano.....	19
Tabla 2. Matriz de Operacionalización de variables	29
Tabla 3. Niveles de los factores que intervienen en la extracción de antocianinas a partir del residuo del proceso de obtención de pulpa de arándanos.....	37
Tabla 4. Tratamientos del diseño experimental – Extracción de antocianinas.....	38
Tabla 5. Niveles de los factores que intervienen en el secado por atomización de antocianinas obtenidas a partir de del residuo del proceso de obtención de pulpa de arándanos.	39
Tabla 6. Tratamientos del diseño experimental – Secado por atomización	39
Tabla 7. Análisis químico proximal en 100 g de residuos fresco y seco del arándano.	41
Tabla 8. Efectos del pH, la Temperatura y el tiempo en la extracción de antocianinas totales a partir del bagazo grueso de los arándanos (<i>Vaccinium corymbosum</i> L).	42
Tabla 9. <i>Análisis de varianza para el pH, T y t.</i>	43
Tabla 10. <i>Efectos de la TEA y % de encapsulante en el rendimiento del polvo atomizado a partir de los residuos industriales de los arándanos (<i>Vaccinium corymbosum</i> L), obtenido por secado por atomización.</i>	45
Tabla 11. <i>Análisis de varianza para el rendimiento del polvo atomizado.</i>	45
Tabla 12. <i>Efectos de la TEA y % de encapsulante en el contenido de antocianinas en el polvo atomizado.</i>	47
Tabla 13. <i>Análisis de varianza para las antocianinas totales en el polvo atomizado.</i>	47
Tabla 14. <i>Efectos de la TEA y % de encapsulante en los polifenoles totales en el polvo atomizado.</i>	49
Tabla 15. Análisis de varianza para los fenoles totales en el polvo atomizado.....	49
Tabla 16. <i>Efectos de la TEA y % de encapsulante en la capacidad antioxidante del polvo atomizado.</i>	51
Tabla 17. <i>Análisis de varianza para la capacidad antioxidante del polvo atomizado.</i>	51

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Arándanos y sub productos del proceso industrial de pulpa.....	19
Figura 2. Fenómeno de desintegración del líquido en el proceso del atomizado.....	25
Figura 3. Extracción sólida líquido de antocianinas.	26
Figura 4. Proceso de pasos del secado por atomización	27
Figura 5. Flujo de operaciones para la obtención de antocianinas secadas por atomización, procedente del residuo del proceso de obtención de pulpa de arándanos.	36
Figura 6. Residuo Fresco y seco de los arándanos.....	42
Figura 7. <i>Grafica de efectos principales para las Antocianinas Totales expresados en mg de C3G/g.</i>	44
Figura 8. <i>Grafica de contorno para el rendimiento del polvo atomizado</i>	46
Figura 9. <i>Grafica de contorno para las Antocianinas totales en el polvo atomizado</i>	48
Figura 10: <i>grafica de contorno para los fenoles totales en el polvo atomizado.</i>	50
Figura 11. <i>Grafica de contorno para la capacidad antioxidante en el polvo atomizado.</i>	52
Figura 12. <i>Análisis de regresión entre antocianinas y fenoles totales</i>	53
Figura 13. <i>Análisis de regresión entre DPPH (ugMTE/g) y fenoles totales</i>	53
Figura 14. <i>Análisis de regresión entre DPPH (ugMTE/g) y antocianinas.</i>	53

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar la influencia de la extracción y el secado por atomización de los desechos industriales (bagazo grueso) del arándano *Vaccinium corymbosum*, en la calidad del concentrado obtenido. Para la extracción se evaluaron las variables: agua acidulada con ac. Cítrico a pH (2 - 3), temperatura (50°C y 70°C) y tiempo de extracción (30 min y 60 min). En la que la temperatura y el pH del solvente de la extracción influyen significativamente en el rendimiento de antocianina a partir de residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano, mientras que el tiempo de extracción no influye significativamente. Resultando que la combinación de pH 2 del solvente, temperatura de 70°C y 30 min, mostraron un mayor contenido de antocianinas totales. Para el secado por atomización se evaluaron las variables temperatura de entrada de aire (TEA) (140 °C; 160 °C), porcentaje de encapsulante (Maltodextrina-10D) (7.5% y 11%). Los parámetros utilizados para el análisis fueron: Antocianinas totales, rendimiento, fenoles y capacidad antioxidante (DPPH). Del análisis, la TEA y porcentaje de encapsulante influyen significativamente en el contenido fenoles y antocianinas, mientras que solo la TEA significativamente en la capacidad antioxidante y solo el % de encapsulante en el rendimiento del extracto obtenido de residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano, secados por atomización. Los polvos atomizados obtenidas a partir de residuos industriales podrían valorarse como materia prima para la elaboración de alimentos funcionales o fitofármacos, considerando su fácil manipulación, posible estabilidad y su valor antioxidante.

PALABRAS CLAVE: extracción, secado por atomización, antocianinas, fenoles, capacidad antioxidante, DPPH, arándano.

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the influence of the extraction and spray-drying of industrial waste (thick bagasse) of the blueberry *Vaccinium corymbosum*, on the quality of the concentrate obtained. For the extraction the variables were evaluated: acidulated water with ac. Citrus at pH (2 - 3), temperature (50°C and 70°C) and extraction time (30 min and 60 min). In which the temperature and pH of the extraction solvent significantly influence the anthocyanin yield from waste from the blueberry pulp industry, while the extraction time does not significantly influence. Resulting that the combination of pH 2 of the solvent, temperature of 70°C and 30 min, showed a higher content of total anthocyanins. For spray drying, the variables air inlet temperature (TEA) (140 °C; 160 °C), percentage of encapsulant (Maltodextrin-10D) (7.5% and 11%) were evaluated. The parameters used for the analysis were: total anthocyanins, yield, phenols and antioxidant capacity (DPPH). From the analysis, the TEA and percentage of encapsulant significantly influence the content of phenols and anthocyanins, while only the TEA significantly influences the antioxidant capacity and only the % of encapsulant influences the yield of the extract obtained from residues from the blueberry pulp industry. , spray dried. The atomized powders obtained from industrial waste could be valued as a raw material for the elaboration of functional foods or phytopharmaceuticals, considering its easy handling, possible stability and its antioxidant value.

KEY WORDS: extraction, spray drying, anthocyanins, phenols, antioxidant capacity, DPPH, blueberry.

INTRODUCCION

Actualmente, la demanda de la producción de los alimentos viene generando un incremento de la generación de residuos o desechos agroindustriales. En el pasado estos subproductos se consideraban como un gran problema, pero en la actualidad ya se tiene un nuevo enfoque y se les considera como una buena fuente para la obtención de nuevos productos con alto valor añadido para ser usados en la industria farmacéutica y alimentaria. Estos residuos o desechos agroindustriales están compuestos de semillas, tallos y piel o cascara, los cuales son ricos en fibra, aceites (ac. Grasos esenciales), compuestos fenólicos, carotenoides, capacidad antioxidante, antocianinas.

Para la obtención de los productos de interés a partir de los residuos agroindustriales, se han estudiado y aplicado nuevas tecnologías respetuosas con el medio ambiente, así como las tradicionales en las diferentes matrices de los residuos.

La producción del arándano es un pequeño fruto que encierra muchos beneficios para la salud, destacando su capacidad antioxidante, además aporta vitamina C, potasio y fibra, su consumo favorece el sistema inmunitario. El procesamiento de arándanos en jugos genera desechos alrededor del 20% con respecto al peso inicial de la fruta. Este subproducto, generalmente denominado "torta prensada" u "orujo", contiene semillas, tallos y piel, y es considerada como una fuente rica en compuestos fenólicos que exhiben una importante actividad antioxidante (Šarić et al., 2016); así mismo presenta buenas propiedades nutricionales y funcionales ya que no sólo contiene un 70% de los polifenoles presentes originalmente en las bayas, sino también grandes cantidades de polisacáridos de la pared celular por lo que puede considerarse también una buena fuente de fibra dietética (Hilz et al., 2005).

La maltodextrina es un agente transportador popular debido a su bajo costo y la capacidad para mejorar el contenido de antocianinas fenólicas y monoméricas en harina de batata deshidratada por aspersion y bayas de los Andes (Flores & Kong, 2019).

En el presente estudio de investigación se tuvo como objetivo el determinar la Influencia de la Extracción y Secado por Atomización de Desechos (bagazo grueso) de Arándano (*Vaccinium Corymbosum* en la Calidad del Concentrado Obtenido en Antocianina, Polifenoles y Capacidad Antioxidante.

El trabajo realizado está compuesto por los siguientes capítulos:

CAPÍTULO I.

Se desarrolló el planteamiento del problema, donde se describió la realidad problemática, la formulación del problema, los objetivos, la delimitación, la justificación e importancia de la investigación.

CAPÍTULO II.

Se describió los antecedentes de la investigación, que nos permite ver como se viene desarrollando la extracción y el secado por atomización a partir de residuos agroindustriales, en la obtención de compuestos bioactivos, el marco teórico, el marco conceptual, que explican las bases teóricas para el desarrollo de la investigación. Además, se plantearon las hipótesis y variables de trabajo; en donde se detallan las variables conceptualmente y su operacionalización.

CAPÍTULO III.

Se describió el marco metodológico que incluyó el tipo de la investigación, diseño de la investigación, la población y muestra de la investigación, las técnicas e instrumentos de recolección de datos y las técnicas de procesamiento de análisis de datos.

CAPÍTULO IV.

Se realizó el análisis de resultados, los cuales respondieron a los objetivos e hipótesis planteadas en la investigación, para la cual se utilizó técnicas de estadística descriptiva e inferencial.

Finalmente, se redactó las conclusiones, se listaron las referencias bibliográficas según lo establecido por las Normas APA (7ma edición), y se incluyó en el anexo, declaración de autenticidad, Autorización de consentimiento para realizar la investigación, la matriz de consistencia, matriz de operacionalización de variables

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del Problema

En la actualidad todos los alimentos procesados contienen un color, ya sea propio o añadido en su proceso de producción. De acuerdo con Parra (2004), el color de un alimento es una de las características organolépticas fundamentales por que muestra una primera impresión en el alimento e influye muchas veces en la decisión final a la hora de adquirir para su consumo. Por lo que colorear los alimentos viene a ser una práctica habitual, para resaltar, recuperar o uniformizar su color original o solo para hacerlos más atractivos para el consumidor.

En la industria de alimentos se emplean colorantes naturales y sintéticos, estos últimos viene tomando un interés en su reducción de uso y ser reemplazado por colorantes de origen natural, de acuerdo con Garsón (2008), los colorantes sintéticos como el rojo N°40 debido a su toxicidad en alimentos, cosméticos y productos farmacéuticos, están siendo reemplazados con colorantes de fuentes naturales. De acuerdo con Carmona (2013), la decisión de que los fabricantes de aditivos para producir colorantes naturales para la industria alimentaria en Europa y otros mercados, se vio acelerada por la

publicación de un estudio realizado por la Universidad de Southamton a solicitud de la FSA (*Food Standard Agency*) del Reino Unido. Cuyo objetivo del estudio fue de verificar el efecto de la mezcla de seis colorantes sintéticos con benzoato sódico en bebidas refrescante y otros productos para niños. Los resultados obtenidos fueron: hiperactividad infantil exacerbada por el uso de la mezcla.

En los últimos años, ha mejorado sustancialmente la calidad y variedad de colores provenientes de fuentes naturales. Además de ser más inocuos que sus pares sintéticos, algunos otorgan al producto distintos tipos de funcionalidad. Como por ejemplo las antocianinas y los carotenoides, estos compuestos son reconocidos por su actividad antioxidante y por su efecto protector en la prevención de ciertas enfermedades crónico degenerativas y distintos tipos de cáncer (Carmona, 2013).

Los trabajos de investigación continúan en la búsqueda de nuevas fuentes de colorantes naturales a partir de hortalizas, frutas, plantas comestibles y organismos marinos, así como de los subproductos (desechos) generados durante su transformación. De acuerdo con Delfin *et al.*, (2016), Sagar *et al.*, (2018) y Castromonte *et al.*, (2020), la producción industrial y agroindustrial de alimentos en el mundo está inevitablemente ligada a la generación de subproductos, y estos se consideraron durante muchos años como desechos, contándose con pocas estrategias para su reutilización, por lo que estas industrias se están convirtiendo en un grave problema nutricional, económico y ambiental, y que las operaciones de procesamiento de frutas y verduras producen importantes residuos de subproductos, las cuales constituyen alrededor del 25% al 30% de todo un grupo de productos. Los residuos constituyen principalmente: semillas, piel, cáscara y orujo, las cuales contienen buenas fuentes de compuestos bioactivos potencialmente valiosos, como los carotenoides, polifenoles, fibras dietéticas, vitaminas, enzimas y aceites, entre otros. Por lo cual el valor el re-aprovechar estos subproductos. Podemos citar a Ruales *et al.*, (2017), quienes recuperaron compuestos fenólicos y capacidad antioxidante a partir de residuos agroindustriales (orujo) de la Uva; Figueroa *et al.*, (2011) determinaron la capacidad antioxidante de las antocianinas en cáscara de la Pitaya (*Hylocereus undatus*), encontrando buenos resultados.

En el Perú, según el MINAGRI se reportó un aumento 200% en menos de dos años en la producción y exportación de arándanos peruanos. (Diario Gestión, 2019). Los frutos del arándano, se consideran como una de las mejores fuentes de fenoles de distinta naturaleza; flavonoles, ácidos fenólicos, antocianinas y proantocianidinas (Vásquez *et al.*, 2012). En la cadena de producción de arándanos fresco, se estima que se genera aproximadamente un 5% a 10% de descarte, la cual es aprovechada en el proceso de IQF, y una pequeña fracción en mermeladas y jugos. La empresa Ajeprosos, perteneciente de la multinacional de bebidas AJE Group, ha iniciado con el proceso de producción de pulpa concentrada de arándano. Este proceso genera entre un 2 a 3% de bagazo grueso (cáscara) como sub producto agroindustrial (Ajeprosos, 2019), el cual al momento no se viene re-aprovechando.

Se busca aprovechar estos subproductos (cáscara/bagazo grueso) de la industria de jugos de arándano para la obtención de un producto con alto en antocianinas (como fuente de colorante natural), polifenoles y capacidad antioxidante. Para lo cual es necesario evaluar la influencia de los parámetros de extracción y los parámetros del secado por atomización en la calidad del producto obtenido a partir de los desechos industriales del arándano.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema general

“Cuál es la influencia de la extracción y secado por atomización de desechos industriales de arándano (*vaccinium corymbosum l*) en la calidad del concentrado obtenido en antocianina, polifenoles y capacidad antioxidante”.

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo influye la temperatura, pH y tiempo de extracción en el rendimiento de antocianina a partir de residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano (*Vaccinium corymbosum L*)?

- b) ¿Cuál es la influencia de la temperatura de entrada del aire y porcentaje de maltodextrina en el rendimiento, capacidad antioxidante, contenido de polifenoles y antocianina del extracto obtenido de residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano (*Vaccinium corymbosum L*), secado por atomización?

- c) ¿Cuál es la calidad del producto obtenido en polifenoles, capacidad antioxidante y antocianina?

1.3. Importancia y Justificación del Estudio.

La industria en alimentos genera residuos más o menos contaminantes, por lo que los especialistas en rubro de alimentos deben de realizar investigaciones en el aprovechamiento con la finalidad de reducir el impacto ambiental, por un lado, y por el otro aprovechar a este sub producto y darle un valor agregado. Justamente la industria de pulpa de arándano está creciendo y por ende los residuos que deben ser aprovechados con la finalidad de darle valor agregado, obtener mayor rentabilidad y sobre todo para ofrecer al mercado un nuevo producto de interés nutricional y funcional.

La investigación tendrá repercusión positiva tanto económica y laboral. Puesto que se está aprovechando los residuos (bagazo grueso) provenientes de un proceso industrial de pulpa de arándano, es decir costo cero de la materia prima, rentabilizando el proceso.

El producto a obtenerse antocianina presenta múltiples beneficios para la salud (Vásquez *et al.*, 2012). La intervención en la dieta con antocianinas, es eficaz en la prevención y el tratamiento de las enfermedades, ya que tienen beneficios cuando se agregan a la dieta, incluidos los mecanismos de protección, reducción, modulación celular y activación de vías; las antocianinas son pigmentos vegetales con gran potencial para el reemplazo competitivo de colorantes sintéticos y los cuales cuenta una demanda en el mercado exterior para la aplicación en el campo alimentario, farmacéutica y cosmética (Garsón, 2008), lo cual la hace más interesante su obtención a partir de un subproducto agroindustrial.

Las autoridades sanitarias FDA (*Food and Drug Administration*) en EE.UU. y la EFSA (*European Food Safety Authority*) en la Unión Europea, han marcado la pauta en forma independiente en las normativas de uso de los aditivos alimentarios. Además, hay empresas como es el caso de las cadenas de supermercados Tesco y ASDA del Reino Unido, desde el 2008 han dejado de usar colorantes sintéticos en sus productos con marca propia (Carmona, 2013).

Los resultados obtenidos podrían aplicarse a diferentes escalas en el proceso de extracción de antocianinas a partir de residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano. Aprovechando que se viene incrementando en forma acelerada la producción y exportación de arándano en el Perú.

1.4. Delimitación del estudio

El trabajo utilizará solo la cáscara o bagazo grueso del fruto del arándano proveniente de la industria de pulpa, estudio de las variables de proceso de extracción, secado por atomización, rendimiento, evaluación de la capacidad antioxidante, realizados a nivel laboratorio.

1.5. Objetivos de la Investigación:

1.5.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la extracción y secado por atomización de desechos industriales de arándano (*vaccinium corymbosum l*) en la calidad del concentrado obtenido, en antocianina, polifenoles y capacidad antioxidante.

1.5.2. Objetivos específicos

- a) Evaluar la influencia de la temperatura, pH y tiempo de extracción en el rendimiento de antocianina a partir de residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano.
- b) Determinar la influencia de la temperatura de entrada del aire y porcentaje de maltodextrina en el rendimiento, capacidad antioxidante, contenido fenoles y

antocianina del extracto obtenido de residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano, secado por atomización.

- c) Determinar la calidad del producto obtenido en polifenoles, capacidad antioxidante y antocianina.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1. Marco histórico.

2.1.1. Arándano (*Vaccinium*).

Las plantas del género *Vaccinium*, a nivel mundial se registra entre 400 y 450 especies distribuidas en el hemisferio norte y las montañas de las regiones tropicales de los Andes, Sur de Africa y Madagascar. (Smith *et al.*, 2004; Asturizaga *et al.*, 2006; citado por León *et al.*, 2017).

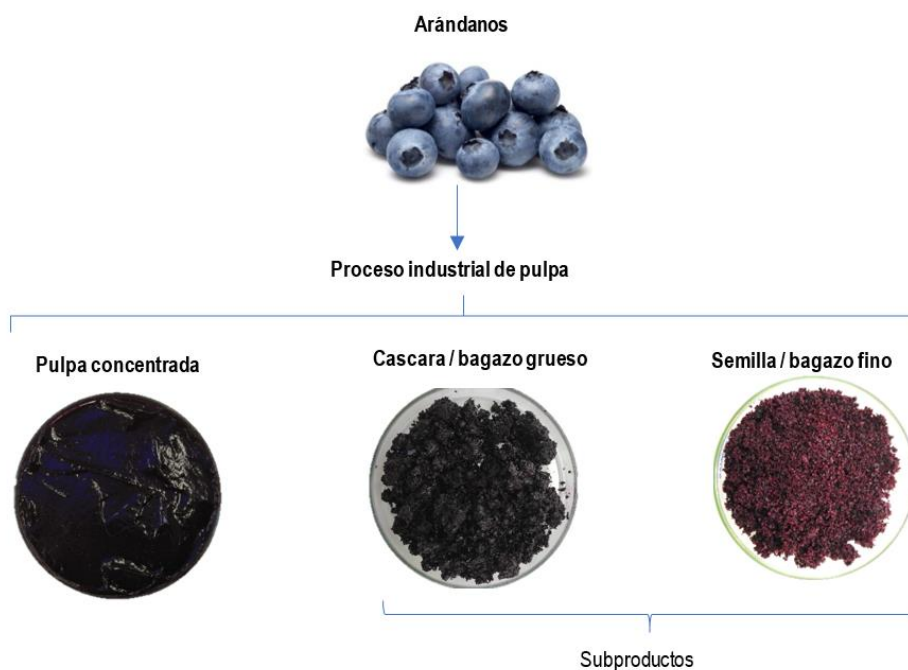
De todas las especies existentes, sólo un pequeño grupo son cultivadas comercialmente. De las cuales: *V. corymbosum*, que representa aproximadamente el 80% del total de la superficie cultivada, seguida por *V. ashei*, con un 15%, y *V. angustifolium*, con el 5%. (León *et al.*, 2017).

Según el Diario Gestión (2019), en el Perú los datos de la Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas del MINAGRI, reportaron que las regiones que experimentaron un alza fueron La Libertad (78.4%) y Lambayeque (18.2%). Mientras que en los índices de rendimiento por regiones registrados al 2018, sobresalen La Libertad, con 16.8 toneladas/hectárea, superior al promedio nacional (15.3

toneladas/hectárea), siguiéndole en orden de importancia, Lambayeque (15 toneladas/hectárea), Ica (8.2 toneladas/hectárea), Lima (4.5 toneladas/hectárea) y Áncash (4.1 toneladas/hectárea).

Figura 1.

Arándanos y sub productos del proceso industrial de pulpa.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 1.

Análisis químico proximal en 100 g del arándano.

Componente	Gramos (A)	Gramos (B)
Humedad (%)	83.36	84.00
Cenizas (%)	0.85	--
Grasa (%)	0.65	0.4
Fibra cruda (%)	7.68	3 – 3.5
Carbohidratos (%) *	4.9	9.7
Proteína (%)	2.56	0.6

* Determinado por diferencia.

A: (Pinedo, 2018). Perú

B: (Michalska & Lysiak, 2015). Polonia.

2.1.2. Extracción de antocianinas a partir de desechos agroindustriales.

Brunton (2019) indica que la extracción de antocianinas a partir de desechos de procesamiento agroindustriales se divide en dos categorías: (1) Los que se centran en optimizar los métodos de extracción convencionales, predominantemente la extracción de líquidos-sólidos, y (2) los estudios que analizan los efectos de las novedosas técnicas de extracción asistida. La extracción sólida/líquido (LES) convencional emplean mezclas de disolvente de etanol y agua a una concentración mayor de 50%, con las cuales se produce el más alto nivel de antocianinas a partir de los desechos agroindustriales. Las temperaturas y tiempos de extracción varían entre (20-95° C) y (15 min a 12 hrs) respectivamente para extraer al máximo antocianinas a partir de los desechos agroindustriales. También se indica que muchos autores realizan sus extracciones a bajo pH (~3.5), para compensar la conocida baja estabilidad de color de estos compuestos a un pH más alto.

En la actualidad se viene desarrollando nuevos métodos de extracción amigables con el medio ambiente y analizando sus efectos en el componente extraído, los cuales son: extracción de líquidos a presión, extracción de fluidos supercríticos, extracción asistida por microondas, Extracción asistida por ultrasonido, Extracción de campo eléctrico pulsado, cromatografía contracorriente, extracción enzimática. Brunton (2019).

2.1.3. Secado por Atomización

El secado por atomización es una técnica comercial más antigua para producir saborizantes encapsulados, y en la actualidad es considerado un método simple y económicamente efectivo. Su descubrimiento fue accidental en 1937, cuando se le adicionó acetona al puré de tomate ayudó a mantener el color y aroma del producto deshidratado, no se evaporaba en el proceso de secado por atomización. Con lo cual inició su historia en la industria de los saborizantes. (Bringas & Pino, 2012).

2.1.4. Residuos agroindustriales.

De acuerdo con Caballero & Soto (2019), los residuos agroindustriales (RAI) se producen en grandes cantidades en todo el mundo, aproximadamente 147.2 millones de toneladas métricas de fuentes de fibra se encuentran en todo el mundo, y alrededor de 89 millones de toneladas de biomasa (de las etapas de producción agrícola, poscosecha y de

procesamiento) se desperdician anualmente. Sólo en Europa, la eliminación de 1 tonelada de desechos sólidos o 1 m³ de efluente cuesta entre \$ 28 y \$ 60 dólares. Lo cual se debería ser un motivo para establecer y desarrollar tecnologías para su aprovechamiento de los RAI.

Cury *et al.*, (2017) realizaron una revisión y evidenciaron que si bien es en su mayoría las agroindustrias generan residuos cuyo manejo o disposición final ha sido altamente cuestionado en el transcurrir de la historia, así mismo no han sido pocas las investigaciones desarrolladas para aportar alternativas de aprovechamiento de los residuos agroindustriales, que procurarían solución a la problemática generada y cuya implementación reduce las implicaciones legales y sociales, a su vez que genera beneficios al lograr un máximo rendimiento de estos, alcanzando una reducción en la contaminación y generación de ganancias económicas que se derivarían del valor agregado (obtención de colorantes, fibra, compuestos fenólicos, compuestos antioxidantes, carotenoides), a través de la aplicación de tratamientos y técnicas que en algunos casos resultan ser económicamente viables.

Con respecto a algunas estimaciones, aproximadamente 815 millones de personas de los 7,3 mil millones de personas en el mundo sufrían de desnutrición crónica. Esta es una de las razones por las cuales el RAI debe usarse de la manera más eficiente y valorarse a través de su potencial saludable y funcional, como es el caso de los compuestos bioactivos. La valorización de RAI actualmente se centra en el compostaje, la alimentación del ganado y otros productos con bajo valor agregado. Actualmente, la agroindustria no solo está valorizada por su productividad, sino también por su relación con el medio ambiente, lo que les permitió reducir el volumen de desechos y evitar la eliminación de desechos en los vertederos. (Caballero & Soto, 2019).

2.2. Investigaciones relacionadas con el tema

Da Rosa *et al.* (2019) realizaron el estudio de “*Microencapsulation of anthocyanin compounds extracted from blueberry (Vaccinium spp.) by spray drying: Characterization, stability and simulated gastrointestinal conditions*”. Para lo cual emplearon maltodextrina DE20 y hi-maize® (almidón de maíz) como agentes de encapsulación en diferentes porcentajes y a temperaturas de 120, 140 y 160 ° C. En el atomizado de compuestos de antocianina extraídas de arándanos –fruta (Vacciniu spp.) de la especie Bluecrop. Los agentes evaluados mostraron buena eficiencia de encapsulación. La estabilidad de las microcápsulas las evaluó durante 20 días;

concluyendo que la formulación que contiene un 9% de maltodextrina y un 9% de almidón de maíz (T3) a 140 ° C proporcionaron la mejor retención de los compuestos de antocianina, la cinética de degradación más baja y la vida media más larga, seguida de la formulación de T2 a 160 ° C. Así mismo observando que la morfología de las microcápsulas y el tratamiento con T3 a 140 ° C presentó las partículas más uniformes, con una superficie lisa y sin la presencia de grietas, lo que garantiza una mejor protección y retención del material activo. También en el estudio evaluaron la eficacia de la microencapsulación en la administración mejorada de estos compuestos en condiciones gastrointestinales simuladas frente al extracto no encapsulado. Sugiriendo que la microencapsulación es un método viable para incrementar la estabilidad de los compuestos de antocianina al permitir la aplicación de estos últimos en la industria alimentaria.

Hutabarat *et al.* (2019) desarrollaron el trabajo de: “*Identification of Anthocyanins and Optimization of Their Extraction from Rabbiteye Blueberry Fruits in Nanjing*”. Para lo cual emplearon el método de extracción asistida por ultrasonido para la extracción de antocianinas de frutas de arándano de rabbiteye cultivadas en Nanjing (Jiangsu, China). Con un diseño experimental de superficie respuesta para optimizar el rendimiento en la extracción de antocianinas: tiempo de extracción, relación líquido-sólido y concentración de etanol. Reportando que las mejores condiciones de extracción fueron las siguientes: tiempo de extracción 24 h, etanol al 72,50% acidificado con ácido clorhídrico al 0,02% (v / v), la relación líquido-sólido 20: 1 ml / gy la temperatura de extracción a 30 ° C. En estas condiciones óptimas, el rendimiento de las antocianinas alcanzó $16,21 \pm 0,44$ mg / g de peso fresco congelado. Así mismo purificaron la extracción y detectaron 13 antocianinas a partir del extracto de la fruta. La determinación de los pesos moleculares por HPLC-ESI-MS mostró que la malvidina (con mayor nivel), la delfinidina, la petunidina, la cianidina y la peonidina.

Blackhall *et al.* (2018) desarrollaron el estudio de: “*Optimized extraction of anthocyanins from Reid Fruits’ Prunus avium ‘Lapins’ cherries*”. Donde investigaron la influencia de los parámetros del proceso en la extracción de antocianinas de la porción comestible de cereza dulce y fresca cosechada en Tasmania (Australia). Reportando que el tiempo y la temperatura óptimos de extracción fueron 90 min y 37 ° C, respectivamente. El mayor rendimiento de antocianina se obtuvo empleando un disolvente acidificado al 100% con una relación disolvente / sólido de 10 ml / g de muestra. A las condiciones

óptimas de extracción se obtiene 244 mg / 100 g de peso fresco de antocianinas en las cerezas. No observaron diferencias significativas entre el uso de metanol o etanol como disolvente de extracción. En el extracto obtenido a través de la Cromatografía líquida Ultra Performance, identificó cuatro antocianinas, con cianidina-3-rutinósido y peonidina-3-rutinósido que representan más del 95% del contenido de antocianina, mientras que la cianidina-3-glucósido y pelargonidina-3-rutinósido representaron El 5% restante.

Waterhouse *et al.* (2017) realizaron el estudio de: “*Spray-drying of antioxidant-rich blueberry waste extracts; interplay between waste pretreatments and spray-drying process*”. El cual se produjeron extractos a partir de material desechos de arándano por medios acuosos empleando agua acidulada con ácido cítrico en ausencia o presencia de enzimas (Pectinex Ultra SP-L y Cellubrix) a temperaturas de 20 y 50°C. Los extractos obtenidos contenían antioxidantes incluyendo fenólicos ácidos, antocianinas y flavonoides (contenido fenólico total (TPC) 3655–4369 mg de equivalente de ácido gálico (GAE) y total contenido de antocianina (TAC) 219–296 mg de cianidina-3 equivalentes de glucósidos (CyGE) por 100 g de extracto seco). Los pretratamientos enzimáticos de los desechos de arándano no confirieron ninguna ventaja en la conservación de antioxidantes en productos en polvo.

Así mismo los autores reportan que se secaron por atomización las extracciones a 50°C sin tratamiento enzimático, puesto que estas extracciones a 50 ° C produjeron mayor TPC y TAC pero menor contenido de vitamina C y pectina que las extracciones a 20 ° C. Para el secado a atomización emplearon un encapsulante (alginato o inulina) con una temperatura de entrada de aire a 150 ° C y la temperatura de alimentación de 50 ° C produjeron polvos con el color azul violáceo deseado, actividad del agua (0.25–0.33), fluidez, tiempo de reconstitución (23–46 s en agua o leche), TPC (25–30 mg GAE / g), TAC (17–20 mg CyGE / g), alto rendimiento, estabilidad de almacenamiento, y refuerzo en las propiedades de *Bifidobacterium*.

Estudios relacionados en la extracción de compuestos bioactivos y aprovechamiento de desechos industriales de frutas:

Pereira *et al.* (2019) desarrollaron el estudio de: “*Pressurized liquid extraction of bioactive compounds from grape marc*”. Para lo cual emplearon la técnica de extracción líquida presurizada (PLE), para la extracción de componentes bioactivos a partir del orujo de la uva, procedente de la industria de vinícola (SP, Brazil). Obteniendo extractos con altos rendimientos de antocianina y compuestos fenólicos. Las mejores condiciones de la PLE de antocianinas fue etanol-agua pH 2.0 (50% p / p) a 40 ° C. dieron como resultado 10,21mg de avidin-3-O-glucósido /g de orujo seco. Y para la recuperación de compuestos fenólicos, el disolvente etanol-agua (50% p / p) a 100 ° C fue el más eficiente y, en estos extractos, obtenidos por PLE, presentaron altas capacidades antioxidantes.

Ruales *et al.* (2017) desarrollaron el trabajo de: “*Obtención de compuestos fenólicos a partir de residuos de uva isabella (vitis labrusca)*”, con el cual evaluaron la caracterización química de residuos generados en el cultivo y la producción de pulpa de uva Isabella. Cuyos resultados mostraron que los escobajos (orujo) y las semillas presentan mayor concentración de compuestos fenólicos totales ($22,08 \pm 0,20$ y $10,62 \pm 0,17$ mg de equivalente de ácido gálico/g) y mayor actividad antioxidante ($0,29 \pm 0,01$ y $0,63 \pm 0,01$), respectivamente. Concluyendo que residuos de uva tienen un gran potencial como materia prima, para la obtención de compuestos con actividad antioxidante que podrían ser empleados en la formulación de alimentos funcionales y alimentos enriquecidos.

2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

2.3.1. Ley de Fick (2da) – Ley de difusión.

Establece que el ritmo de difusión por unidad de superficie, en dirección perpendicular a ésta, es proporcional al gradiente de la concentración de soluto en esa dirección. La concentración es la masa de soluto por unidad de volumen, y el gradiente de concentración es la variación de concentración por unidad de distancia.

La difusión molecular es el proceso por el cual las moléculas son transportadas desde una parte del sistema a otra como resultado de un gradiente de concentración. En la extracción sólido líquido de matrices vegetales, el interior del sólido no puede ser agitado y es poco probable que ocurra turbulencia en los pequeños capilares y poros, por lo que deja a la difusión molecular como el principal mecanismo de transporte de la fase sólida, y que la velocidad de difusión determina el tiempo necesario para lograr el equilibrio entre las dos fases. (De León, 2021)

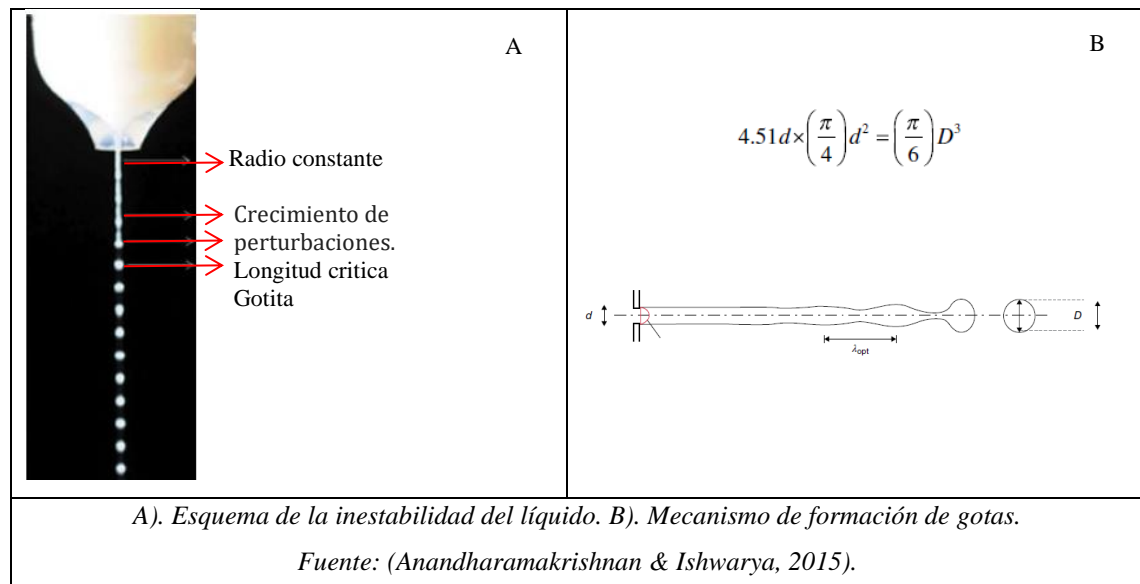
De acuerdo con Cháves *et al.*, (2003) manifiestan que en todo proceso de secado, se encuentran involucrados fenómenos de transferencia de calor y materia, donde el agua es transferida por difusión desde el interior del alimento hacia la superficie en contacto con el aire de secado. La migración por difusión de la humedad contenida en un alimento, es el mecanismo predominante en el secado de la mayoría de los alimentos, tal es el caso de los vegetales. Es por ello que el método tradicional para el estudio de la transferencia de masa en estado no estacionario para el secado de productos agrícolas, considerados como sólidos húmedos, es la aplicación de la segunda ley de Fick.

2.3.2. Principio de atomización.

De acuerdo a Anandharamakrishnan & Ishwarya (2015), el principio de funcionamiento de los atomizadores se rige por el fenómeno de desintegración del líquido. El cual se muestra en la siguiente figura 01.

Figura 2.

Fenómeno de desintegración del líquido en el proceso del atomizado



2.4. Definición de términos básicos

a. Lixiviación

La lixiviación es una operación de transferencia de masa, es la disolución preferente de uno o más componentes de una mezcla sólida por contacto directo con un disolvente líquido. (Treybal & García, 1988).

b. Secado por Atomización.

Es la transformación de la alimentación de un estado fluido a una forma de partícula seca rociando la alimentación en un medio de secado caliente. (Masters, 1991; citado por Anandharamakrishnan & Ishwarya, 2015).

c. Antocianina

Las antocianinas son flavonoides que tienen un esqueleto carbonado $C_6C_3C_6$ característico, uno de los grupos de pigmentos más ampliamente distribuidos en el mundo vegetal, las antocianinas son responsable de un amplio abanico de colores en la plantas, que incluyen el azul, púrpura, violeta, rojo y naranja; son hidrosolubles, (Fennema, 2000).

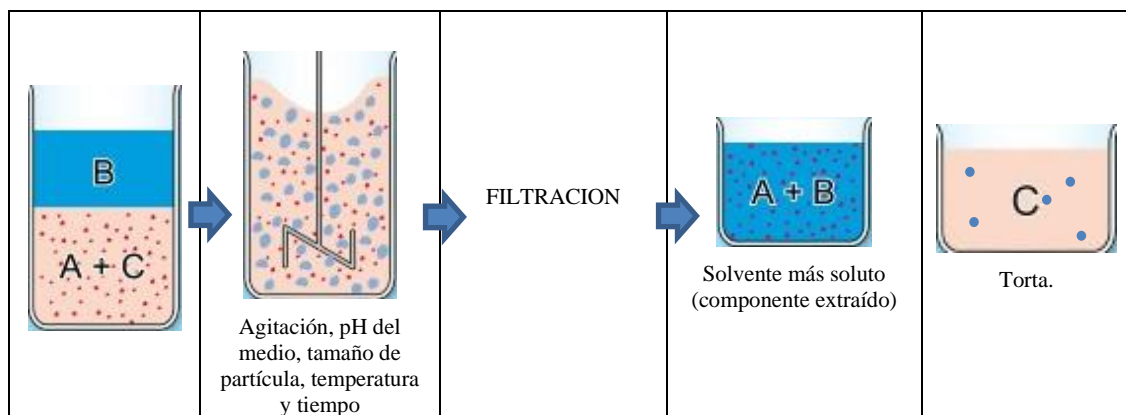
d. Maltodextrina

Zuidam & Nedović (2010), define que las maltodextrinas son hidrolizadas con un equivalente de dextrosa (DE) <20 . Son polvos polisacáridos higroscópicos de color blanco cremosos, que son casi sin sabor o moderadamente dulces y fácilmente digeribles. En general, la maltodextrina es un hidrolizado de almidón catalizado por ácido o enzima con $M_w < 4,000$ g / mol.

2.5. Fundamentos teóricos que sustentan a las hipótesis

Figura 3.

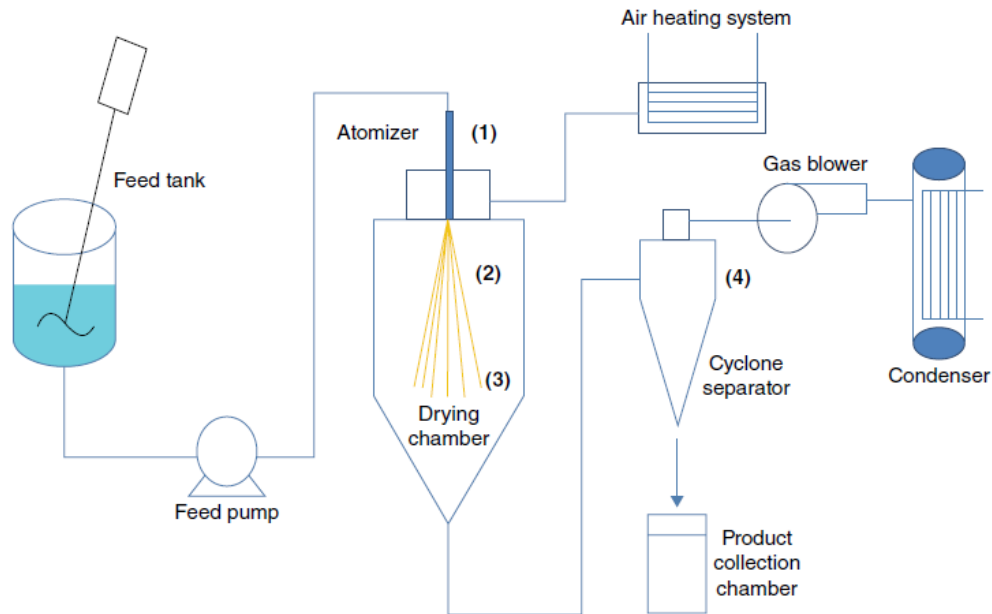
Extracción sólida líquido de antocianinas.



La extracción se da debido a la solubilidad de la antocianina en un medio ácido, tamaño de partícula lo que incrementa la superficie de contacto, temperatura y tiempo de exposición al solvente.

Figura 4.

Proceso de pasos del secado por atomización



Nota: (1) La atomización. (2) Spray - contacto de aire caliente. (3) Evaporación de humedad. (4) Separación de producto. Fuente: (Anandharamakrishnan & Ishwarya, 2015).

Durante el proceso de secado, se dará gracias al principio de atomización que ayudará a incrementar la superficie de exposición con la temperatura del aire caliente (TEA) y al empleo de maltodextrina como encapsulante, este agente es el más utilizado en la industria del sabor por su capacidad de formar soluciones de baja viscosidad a una mayor concentración de sólidos y buenas características de solubilidad. (Anandharamakrishnan & Ishwarya, 2015).

2.6. HIPÓTESIS:

2.6.1. Hipótesis general

La extracción y secado por atomización de desechos industriales de arándano (*vaccinium corymbosum l*) influyen significativamente en la calidad del concentrado obtenido, en antocianina, polifenoles y capacidad antioxidante.

2.6.2. Hipótesis específicas

a. La temperatura, pH y tiempo de extracción, influyen significativamente en el rendimiento de antocianina a partir de residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano (*Vaccinium corymbosum L*)

b. La temperatura de entrada del aire y porcentaje de maltodextrina influyen significativamente en el rendimiento, capacidad antioxidante, contenido polifenoles y antocianina del extracto obtenido de residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano (*Vaccinium corymbosum L*), secado por atomización

c. La calidad del producto obtenido es alta en polifenoles, capacidad antioxidante, y antocianina.

2.7. Variables

Tabla 2.

Matriz de Operacionalización de variables

Etapas	Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Extracción de Antocianinas	Temp. de extracción:	Grado Celsius (°C)	50°C a 70°C	Medición con termómetro
	pH del medio.	--	2.0 a 3.0	Medición con pH-metro
	Tiempo de extracción	Minutos	30 a 60 mim	Medición con cronómetro.
Secado por Atomización	Temperatura de Entrada de aire.	Grado Celsius (°C)	140°C – 160°C	Sensor de temperatura
	Porcentaje de maltodextrina.	Porcentaje	7.5% - 11%	Determinación de Porcentaje %

Etapas	Variable Dependiente	Dimensiones	Instrumento
Extracción de Antocianinas	Antocianina Totales	mg de cianidina /g muestra	Método de pH Dif.
Secado por Atomización	Antocianina Totales Cap. Antioxidante. Polifenoles Totales.	mg de cianidina /g muestra μmol equiv. Trolox/g mg de equiv. Ác.gálico (EAG)/100 g de muestra.	Método de pH Dif. Método DPPH Método Folin-Ciocalteu

CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO

3.1. Tipo, método y diseño de la investigación

La investigación del tipo aplica, método cuantitativo y diseño experimental.

3.2. Población y muestra.

Población:

La población de estudio son los residuos industriales (bagazo grueso refiriéndose a la cáscara de la fruta) procedentes de la industria de procesamiento de pulpa concentrado de arándano (*Vaccinium corymbosum L*), de la variedad de Biloxi generados por la empresa Ajeprocessos SAC que son aproximadamente 10000 kg por orden de producción.

La muestra:

Para obtener la muestra se realizará un muestreo aleatorio simple, el cual consistió en tomar aleatoriamente 20 kg de bagazo grueso de arándano durante el proceso de producción de la pulpa concentrado de arándano.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Materia prima e Insumos.

a) Materia prima

Residuo industrial del arándano (bagazo grueso), procedente de la empresa AJEPROCESOS SAC, ubicada en la provincia de Barranca, departamento de Lima. Los residuos serán recolectados a partir del proceso de pulpa concentrado de arándano y colocadas bolsas de polietileno y refrigerado a 7 °C para su posterior envío a Lima, y realizar los tratamientos de extracción y secado por atomización en las instalaciones del instituto de desarrollo Agrario-INDDA, de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

b) Insumo

- Maltodextrina grado técnico 10DE (equivalente dextrosa) de la empresa Frutaron

3.3.2. Reactivos y materiales.

a) Reactivos

- ✓ Ácido Gálico
- ✓ Metanol
- ✓ Agua destilada
- ✓ Reactivo de Folin-Ciocalteu
- ✓ Carbonato sódico 7,5%
- ✓ Fluoruro de sodio
- ✓ 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH)
- ✓ Ácido clorhídrico concentrado
- ✓ Etanol.
- ✓ Acetato de sodio.
- ✓ Cloruro de sodio

b) Materiales

- ✓ Matraz aforado de 25 mL y 10 mL
- ✓ Probetas de 50mL, 100mL y 250mL.
- ✓ Vaso de precipitado de 50 mL , 100mL y 250mL
- ✓ Pipeta de 1, 5 y 10 mL
- ✓ Tubo de ensayo con tapón
- ✓ Tubos de centrífuga
- ✓ Cubetas de plástico de 3 mL para espectrofotometría visible

- ✓ bolsa filtrante LESAC NMO 250 P1SH

3.3.3. Equipos e Instrumentos.

- ✓ Potenciómetro
- ✓ Licuadora industrial
- ✓ Refractómetro
- ✓ Molino de martillo.
- ✓ Espectrofotómetro Spectronic, Genesys 6, UV-Visible.
- ✓ Centrífuga digital Hettich, MIKRO 22R
- ✓ Secador por atomización Mini spray dryer b-290
- ✓ Agita tubos (vortex)
- ✓ Secador de bandeja
- ✓ Estufa digital mrc, de aire forzado
- ✓ Balanza analítica digital, Sartorius CP 224S
- ✓ Balanza de precisión digital, OHAUS, Scout Pro de 2 kg

3.3.4. Métodos de análisis

a) Análisis químico proximal de los residuos de los arándanos (*Vaccinium Corymbosum L*)

- ✓ **Determinación de humedad:** Método recomendado por la A.O.A.C., 2005.
- ✓ **Determinación de ceniza:** Método recomendado por la A.O.A.C., 2005.
- ✓ **Determinación de fibra:** Método recomendado por la A.O.A.C., 2005.
- ✓ **Determinación de grasa:** Método recomendado por la A.O.A.C., 2005.
- ✓ **Determinación de proteína:** Método recomendado por la A.O.A.C., 2005.

b. Determinación de Capacidad antioxidante (método DPPH).

Método espectrofotométrico del 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) empleado por Muzaffar & Kumar (2017).

A partir de las absorbancias obtenidas se determinó el porcentaje de inhibición (AA%) para cada concentración de acuerdo con la siguiente expresión matemática:

$$AA(\%) = \left(\frac{A_c - A_m}{A_c} \right) \times 100$$

Donde A_c : Absorbancia de control; A_m : absorbancia de la muestra menos su respectivo blanco.

Luego del calculado de los porcentajes de inhibición para cada una de las concentraciones, los resultados fueron ajustados a una regresión lineal en el programa EXCEL y con base en esta curva se determinó el índice de inhibición medio (IC₅₀) o la concentración en la cual el porcentaje de inhibición es del 50%. Las determinaciones se llevaron a cabo por triplicado.

Cálculo de la capacidad antioxidante equivalente de Trolox.

La actividad antioxidante de radicales DPPH de cada muestra analítica se expresó como la capacidad antioxidante equivalente de trolox (TEAC). El TEAC se calculó de la siguiente manera:

$$\text{TEAC} = \text{IC}_{50} \text{ del Trolox (ug mL}^{-1}\text{)} / \text{IC}_{50} \text{ de la muestra (ug mL}^{-1}\text{)}$$

Un mayor valor de TEAC significa mayor actividad de captación de radicales DPPH. Para el presente estudio se utilizaron los valores de IC₅₀ de las muestras analíticas y IC₅₀ de Trolox medidos el mismo día para obtener el TEAC. (Shimamura *et al*; 2014).

c. Cuantificación de Antocianinas (método de pH diferencial).

Determinación de Antocianinas Monoméricas totales por pH diferencial empleado por Giusti & Wrolstad (2001).

$$\text{Absorbancia (A)} = (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}1} - (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}4.5}$$
$$\text{Antocianinas monoméricas (mg/100g)} = (A \cdot \text{PM} \cdot \text{FD} \cdot 100) / \epsilon$$

Dónde:

A: Absorbancia

PM: Peso molecular de cianidin-3-glucosido 449.2 g/mol

FD: Factor de dilución

E: Absortividad molar 26900 L/mol.cm

d. Determinación de la Polifenoles

La determinación de polifenoles se realizó por el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu empleado por Muzaffar & Kumar (2017).

3.4. Descripción del procedimiento.

3.4.1. Metodología experimental

a) Materia prima

La cascara de arándano azul de la variedad Biloxi, procedente de Barranca, Lima. Dicho material será proporcionado por la empresa Ajeprocesos SAC., la cascara (bagazo grueso) es un desecho del proceso de producción de concentrado de arándano.

b) Secado

La cascara de arándano es secado en un secador de bandeja a flujo controlado a 60°C por 14 horas.

c) Molienda

Para reducir el tamaño del residuo de arándano desecadas se empleará un molino de martillo con una malla de 0.2cm, puesto que es importante el tamaño de partícula.

d) Extracción

Se realizará a través de un proceso de lixiviación, empleando como solvente agua acidificada con ácido cítrico para lo cual se evaluará niveles de PH: 2-3, T (°C): 50-70°C y tiempo de extracción (θ): 30-60min.

e) Filtración

Se realizará a través de una filtración manual empleando una bolsa filtrante (250 micras) a fin de retener las partículas más finas de sólidos insolubles remanentes que acompañen a la solución de antocianina extraída y no puedan obstruir el jet de la boquilla de atomización. El producto se guardará en recipientes oscuros para su determinación de antocianinas.

Determinado el mejor tratamiento que maximice la cantidad de antocianinas, se procederá a realizar la extracción con los nuevos parámetros óptimos.

f) Estandarización

Se emplearán diferentes concentraciones de encapsulante (maltodextrina): 7.5% y 11% (Paini *et al*, 2015) con el propósito de dar un recubrimiento que proteja las características del producto. Posteriormente con una agitador magético, se homogenizará la solución con el fin de distribuir uniformemente la maltodextrina para evitar la presencia

de alguna suspensión de éste que pudiera dificultar el atomizado posterior y así mismo el conseguir el efecto protector en todo el producto atomizado.

g) Secado por atomización

Se empleará un secador por atomización de flujo paralelo, usando diferentes niveles TEA (Temperatura de entrada de aire caliente): 140 y 160°C (Kha *et al*, 2010), con el fin de dispersar y evaporar el agua del extracto y obteniendo el producto atomizado.

h) Envasado

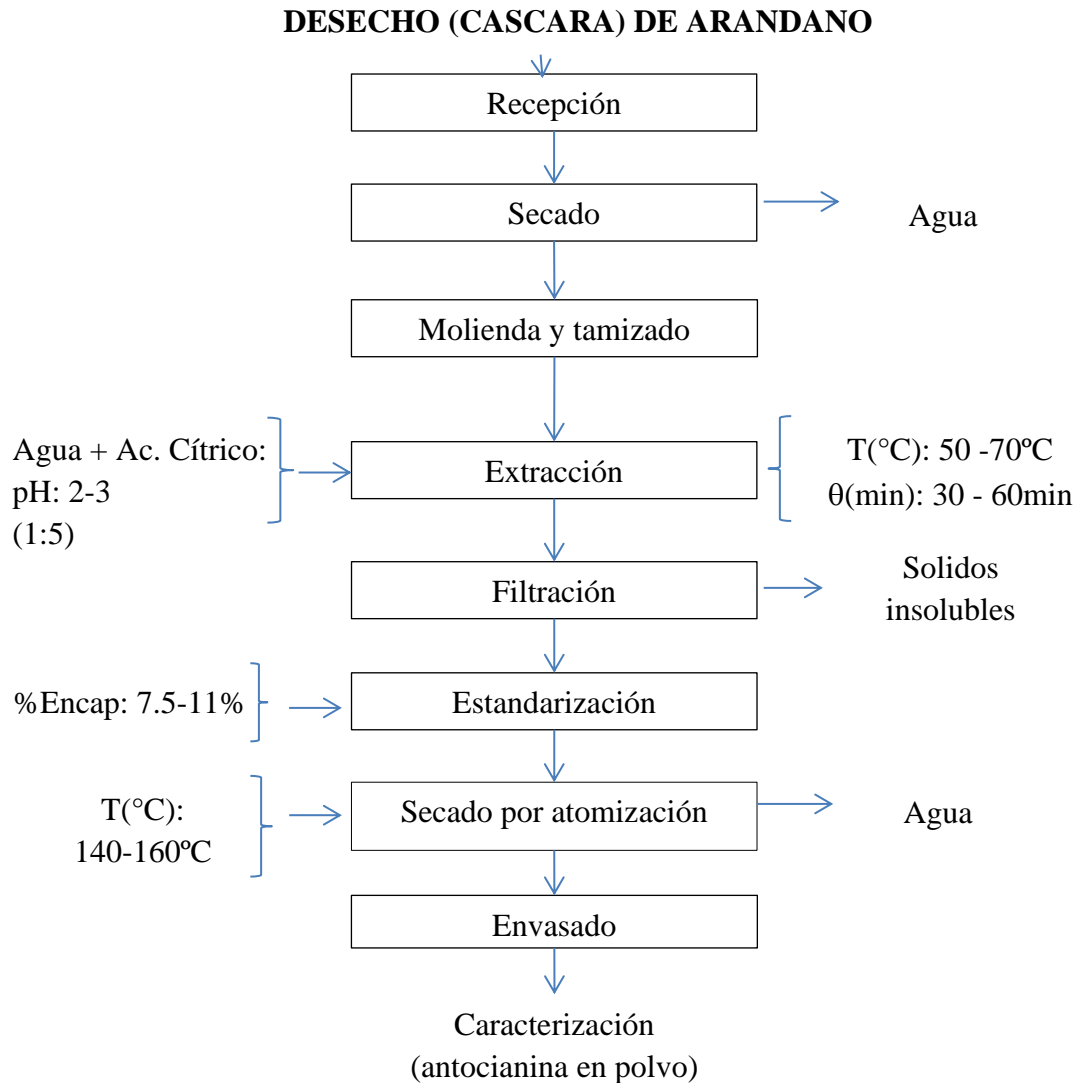
La antocianina atomizada se envasará manualmente en bolsas trilaminadas, sellándose inmediatamente, con el fin de asegurar el aislamiento completo del medio ambiente, para conservar sus características.

i) Caracterización

El producto en polvo envasado se procederá a caracterizar los componentes de estudio: antocianinas, compuestos fenólicos, capacidad antioxidante.

Figura 5

Flujo de operaciones para la obtención de antocianinas secadas por atomización, procedente del residuo del proceso de obtención de pulpa de arándanos.



3.4.2. Diseño experimental

a) Etapa 1: Extracción de antocianinas.

Los factores estudiados en esta primera etapa se presentarán variables continuas, por lo que fue posible emplear un diseño completamente al azar DCA con arreglo factorial 2^3 ($n = 3$) con la finalidad de estudiar los efectos principales y la interacción de las variables.

Para determinar los factores a evaluar y sus niveles se tomó como referencia las empleadas en los trabajos realizados por Lee & Wroslad , 2004; Brunton, 2019. Zardo *et al.*, 2017.

Tabla 3.

Niveles de los factores empleados en la extracción de antocianinas a partir del residuo del proceso de obtención de pulpa de arándanos.

Factor	Unidad	Niveles	
		Mínimo (-1)	Máximo (+1)
A: pH del Solvente (Agua acidificada con Ac. Cítrico)	--	2	3
B: Temperatura	°C	50	70
C: Tiempo	min	30	60

El análisis estadístico se realizará con paquete estadístico Minitab 18. Por este método se obtendrá un Análisis de Varianza (ANVA) empleando el Diseño Completamente al Azar sobre las medias de los resultados obtenidos con cada uno de los factores evaluados.

Modelo aditivo lineal para la extracción:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

En donde:

Y_{ijk} : es la respuesta en mg de cianidina/L de extracto.

μ : es un parámetro común a todos los tratamientos denominado media global.

τ : es el efecto del primer factor.

β : es el efecto del segundo factor.

γ : es el efecto del tercer factor.

$(\tau\beta)_{ij}$: es el efecto de interacción entre los factores uno y dos.

$(\tau\gamma)_{ik}$: es el efecto de interacción entre los factores uno y tres.

$(\beta\gamma)_{jk}$: es el efecto de interacción entre los factores dos y tres.

$(\tau\beta\gamma)_{ijk}$: es el efecto de interacción de los tres factores y finalmente,

ε_{ijkl} : es la componente aleatoria del error.

Tabla 4.

Tratamientos del diseño experimental – Extracción de antocianinas.

Nº	Factor 1 pH	Factor 2 Temperatura (°C)	Factor 3 Tiempo (min)
1	2	50	30
2	3	50	30
3	2	70	30
4	3	70	30
5	2	50	60
6	3	50	60
7	2	70	60
8	3	70	60

b) Etapa 2: Secado por atomización

Los factores estudiados en esta segunda etapa se presentarán variables continuas, por lo que se empleará un experimento factorial 2^2 (n =4) con la finalidad de estudiar los efectos principales y la interacción entre éstos.

Para determinar los factores a evaluar y sus niveles se tomó como referencia las indicadas por Da Rosa *et al.*, 2019; Ray *et al.*, 2016. Ferrari *et al.*, 2013, Kha *et al.*, 2010.

Tabla 5.

Niveles de los factores que intervienen en el secado por atomización de antocianinas obtenidas a partir de del residuo del proceso de obtención de pulpa de arándanos.

Factor	Unidad	Niveles	
		Mínimo (-1)	Máximo (+1)
(A) Maltodextrina	%, p/p	7.5	11
(B) TEA	°C	140	160

TEA: Temperatura de entrega del aire.

Las variables respuesta serán: el contenido de antocianinas, fenoles, capacidad antioxidante.

Tabla 6.

Tratamientos del diseño experimental – Secado por atomización

Nº	Factor 1 TEA (°C)	Factor 2 Maltodextrina (%)
1	140	7.5
2	160	7.5
3	140	11
4	160	11

TEA: Temperatura de entrega del aire.

Modelo aditivo lineal para los polvos atomizados:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijkl}$$

En donde:

Y_{ijk} : es la respuesta.

μ : es un parámetro común a todos los tratamientos denominado media global.

τ : es el efecto del primer factor.

β : es el efecto del segundo factor.

$(\tau\beta)_{ij}$ es el efecto de interacción de los dos factores, y finalmente,

ε_{ijk} : es la componente aleatoria del error.

3.4.3. Diseño estadístico.

Todas las pruebas se realizarán por duplicado, los resultados se expresarán como media \pm desviaciones estándar.

La información obtenida se analizarán un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el software estadístico Minitab 18. Seguido de una prueba de comparación de medias de Tukey, con una significancia del 5% en relación con los tratamientos que muestran posibles diferencias significativas.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Análisis proximal de los residuos fresco (bagazo grueso) y seco (harina) del arándano (*Vaccinium Corymbosum L.*)

a) Análisis proximal

En la tabla 7 se muestran los resultados del análisis proximal de los residuos frescos (bagazo grueso) y seco del arándano.

Tabla 7.

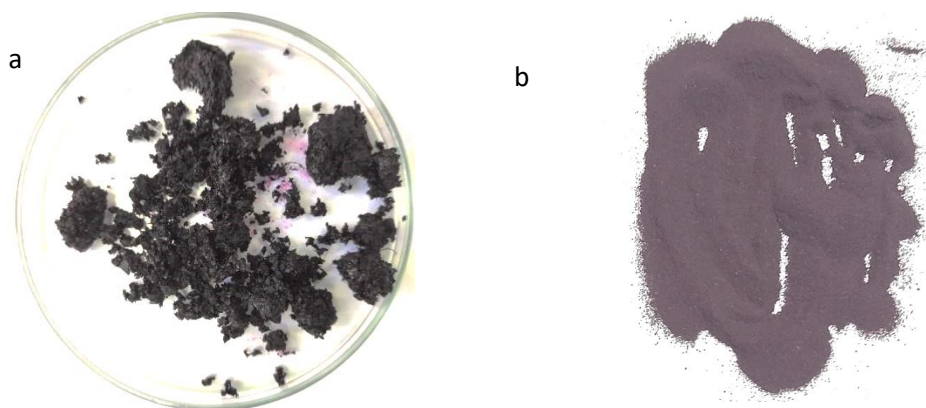
Análisis proximal en 100 g de residuos fresco y seco del arándano.

Componente	Residuo fresco (bagazo grueso) (g ± DE)	Residuo seco (harina de bagazo grueso) (g ± DE)
Humedad (%)	73.515 ± 0.021	4.950 ± 0.000
Cenizas (%)	0.365 ± 0.007	1.275 ± 0.035
Grasa (%)	0.900 ± 0.000	3.305 ± 0.007
Fibra cruda (%)	3.215 ± 0.021	8.710 ± 0.014
Carbohidratos (%) *	20.300 ± 0.01	75.595 ± 0.04
Proteína (%)	1.705 ± 0.021	6.165 ± 0.007

Los valores corresponden a la media obtenida de dos repeticiones (n=2). DE es desviación estándar.

** Determinado por diferencia.*

Figura 6.
Residuo Fresco y seco de los arándanos.



Nota: a) Residuo fresco (Bagazo grueso de arándanos), b) Residuo seco (Harina de bagazo grueso de arándanos)

4.1.2. Influencia del pH, temperatura y tiempo de extracción en el rendimiento de antocianina a partir residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano (*Vaccinium Corymbosum L.*)

Para la extracción de las antocianinas se usó el bagazo grueso de arándano en forma de harina tal como se detalla en la figura 6, empleando como solvente con agua acidificada con ácido cítrico ajustado a un pH 2 y 3, Temperatura (50-70) °C y tiempo de extracción (30-60) min. La cuantificación de las antocianinas se desarrolló por el método pH diferencial. Los resultados se muestran en las tablas 8.

Tabla 8.
*Efectos del pH, la Temperatura y el tiempo en la extracción de antocianinas totales a partir del bagazo grueso de los arándanos (*Vaccinium corymbosum L.*)*

N° de tratamiento	Factor 1 pH	Factor 2 Temperatura (°C)	Factor 3 Tiempo (min)	Respuesta Antocianina Totales (mg de C3G/g ± DE)
1	2	50	30	8.22 ± 0.12 ^c
2	3	50	30	5.08 ± 0.13 ^f
3	2	70	30	9.47 ± 0.11 ^a
4	3	70	30	6.27 ± 0.06 ^e
5	2	50	60	8.79 ± 0.13 ^b
6	3	50	60	4.86 ± 0.11 ^f
7	2	70	60	9.01 ± 0.09 ^b
8	3	70	60	6.76 ± 0.17 ^d

C3G: Cianindina-3-Glucosido.

Los valores corresponden a la media obtenida de dos repeticiones (n=2). DE es desviación estándar.

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

En la tabla 8, se muestra que los valores altos de antocianinas se obtienen de la combinación de factores: pH 2, T(°C) 70, tiempo 30 minutos; y pH 2, T(°C) 70, tiempo 60 minutos, 9.47 mg de C3C/g y 9.01 mg de C3C/g, respectivamente; mientras que la combinación de los factores de pH 3, T(°C) 50, tiempo 60 minutos, se obtiene 4.86 mg de C3C/g, el cual representa el valor más bajo con respecto a los resultados obtenidos.

En la tabla 9, se muestra el análisis de varianza de los factores de pH, T y t en la extracción de antocianinas.

Tabla 9.

Análisis de varianza para el pH, T y t.

<i>Fuente</i>	<i>GL</i>	<i>SC Ajust.</i>	<i>MC Ajust.</i>	<i>Valor F</i>	<i>Valor p</i>
Modelo	7	45.8421	6.5489	475.71	0.000
Lineal	3	44.3953	14.7984	1074.97	0.000
pH	1	39.1615	39.1615	2844.72	0.000
T(°C)	1	5.1997	5.1997	377.71	0.000
tiempo (min)	1	0.0341	0.0341	2.48	0.154
Interacciones de 2 términos	3	0.6789	0.2263	16.44	0.001
pH*T(°C)	1	0.6469	0.6469	46.99	0.000
pH*tiempo (min)	1	0.0068	0.0068	0.50	0.501
T(°C)*tiempo (min)	1	0.0251	0.0251	1.83	0.214
Interacciones de 3 términos	1	0.7679	0.7679	55.78	0.000
pH*T(°C)*tiempo (min)	1	0.7679	0.7679	55.78	0.000
Error	8	0.1101	0.0138		
Total	15	45.9522			

R-cuadrado= 99.76%

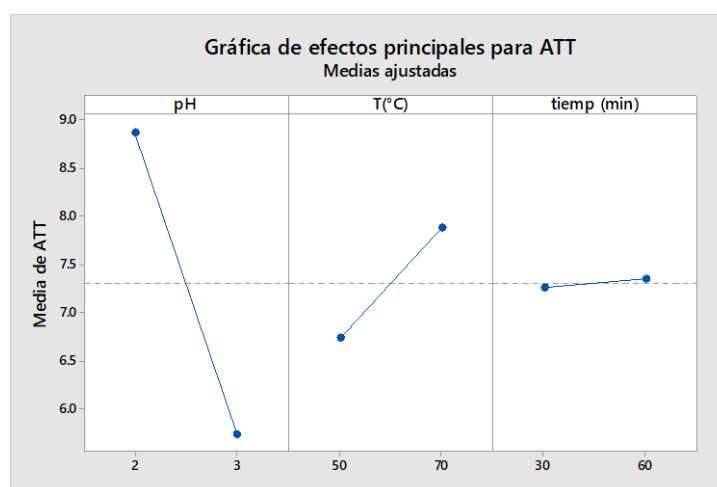
En la tabla 9, se muestra que el pH, T(°C), la doble interacción de pH*T(°C) y la triple interacción de pH*T(°C)*tiempo (min) presentan valores de $P < 0.05$; mientras que para el factor tiempo (t) y la doble interacción de T(°C)*tiempo(min) presentan un valor de $P > 0.05$. Los valores de $P < 0.05$, nos permiten rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, el cual significa que existe diferencia significativa en los tratamientos con un nivel de confianza de 95.0%. Por lo que se puede afirmar que pH, T(°C), así como la doble interacción de pH*T(°C) y la triple interacción de pH*T(°C) *tiempo (min) presentan un efecto significativo en los valores de cuantificación de antocianinas totales. El estadístico R-cuadrado muestra que el modelo explica 99.76% la variabilidad de las antocianinas totales.

La ecuación del modelo ajustado para las antocianinas totales es:

$$ATT = -2.52 + 2.22 \text{ pH} + 0.2970 \text{ T(°C)} + 0.4502 \text{ t (min)} - 0.0912 \text{ pH*T(°C)} \\ - 0.1725 \text{ pH*t (min)} - 0.007567 \text{ T(°C)*t (min)} + 0.002921 \text{ pH*T(°C)*t (min)}$$

Figura 7.

Gráfica de efectos principales para las Antocianinas Totales expresados en mg de C3G/g.



En la figura 7 se observa que el pH, Temperatura presentan un efecto principal tipo lineal con un valor de $P < 0.05$ (tabla 9), a diferencia que el tiempo también presenta un efecto principal lineal, pero con un valor de $P > 0.05$ (tabla 8).

Un incremento de pH de 2 a 3 hace que las antocianinas totales desciendan (disminuye) significativamente, mientras un incremento de la temperatura de 50° a 70° hace que se incremente las antocianinas totales significativamente; mientras que el incremento del tiempo de 30 a 60 minutos se observa que presenta un ligero incremento de las antocianinas totales, lo cual no es significativo.

Los mejores resultados de antocianinas totales se obtienen con los factores de pH 2, $T(^{\circ}\text{C})$ 70 min y tiempo de 30 minutos.

4.1.3. Efecto de la TEA y el % de encapsulante en el rendimiento, fenoles totales, capacidad antioxidante y contenido de antocianina del extracto obtenido a partir de los residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano (*Vaccinium corymbosum* L), secado por atomización.

Para realizar el secado por atomización, se emplearon los factores de temperatura de entrada del aire (TEA) en $^{\circ}\text{C}$ y el porcentaje (%) de encapsulante (maltrodextrina 10D). Los resultados rendimiento, fenoles totales, capacidad antioxidante y contenido de antocianinas se muestran en las tablas 10, 12 y 14.

a) **Efecto de la TEA y el % de encapsulante en el rendimiento de polvo obtenido de residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano (*Vaccinium corymbosum* L), secado por atomización.**

En la tabla 10, se muestra que el empleo de la TEA a 160°C y 11% de encapsulante se obtiene el mayor porcentaje, 10.10% de rendimiento del polvo atomizado; mientras que el empleo de la TEA a 140°C y 7.5% de encapsulante se obtiene un menor porcentaje, 7.26% de rendimiento del polvo atomizado.

Tabla 10.

*Efectos de la TEA y % de encapsulante en el rendimiento del polvo atomizado a partir de los residuos industriales de los arándanos (*Vaccinium corymbosum* L), obtenido por secado por atomización.*

N°	Factor 1 A (%)	Factor 2 B (°C)	Respuesta Rendimiento (%, p/p ± DE)
1	7.5	140	7.26 ± 0.07 ^b
2	7.5	160	7.95 ± 0.86 ^b
3	11	140	8.97 ± 0.34 ^{ab}
4	11	160	10.10 ± 0.46 ^a

A: Encapsulante (Maltodextrina 10D). B: Temperatura de entrada de aire (TEA)

Los valores corresponden a la media obtenida de dos repeticiones (n=2). DE: desviación estándar.

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tabla 11.

Análisis de varianza para el rendimiento del polvo atomizado.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	9.2275	3.07582	11.45	0.020
Lineal	2	9.1280	4.56399	16.99	0.011
T(°C)	1	1.6515	1.65149	6.15	0.068
Enc(%)	1	7.4765	7.47650	27.84	0.006
Interacciones de 2 términos	1	0.0995	0.09948	0.37	0.576
T(°C)*Enc(%)	1	0.0995	0.09948	0.37	0.576
Error	4	1.0743	0.26857		
Total	7	10.3017			

R-cuadrado= 89.57%

En la tabla 11, se muestra que la Enc(%) presenta un valor de P < a 0.05; mientras que T(°C) y la doble interacción de T(°C)*Enc(%) presentan valores de P > a 0.05. Los valores de P < a 0.05, nos permiten rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternante, el cual significa

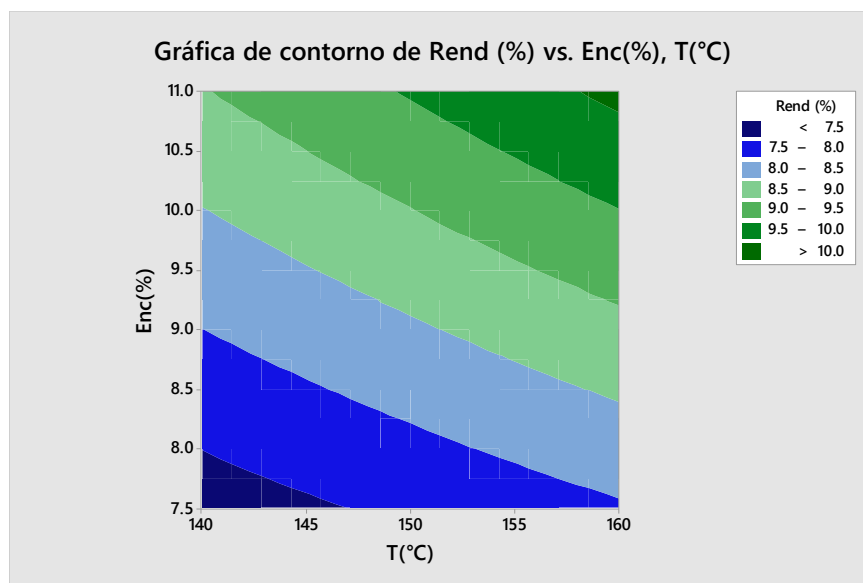
que existe diferencia significativa en los tratamientos con un nivel de confianza de 95.0%. Por lo que se puede afirmar que Enc(%) presenta un efecto significativo en los valores del porcentaje del rendimiento del polvo atomizado. El estadístico R-cuadrado muestra que el modelo explica 89.57% la variabilidad del rendimiento.

La ecuación del modelo ajustado para el rendimiento es:

$$\text{Rend (\%)} = 5.5 - 0.0135 T(^{\circ}\text{C}) - 0.40 \text{ Enc(\%)} + 0.0064 T(^{\circ}\text{C}) * \text{Enc(\%)}$$

Figura 8.

Grafica de contorno para el rendimiento del polvo atomizado



En la figura 8, la grafica de contornos muestra la relación del rendimiento entre el porcentaje de encapsulante y la temperatura de entrada del aire, que cuando la concentración del encapsulante se incrementa de 7,5% a 11%, se ve observa un aumento significativo del rendimiento del polvo atomizado; mientras que un incremento en la temperatura de 140°C a 160°C, el rendimiento del polvo atomizado se incrementa ligeramente, el cual no es tan significativo.

Los mejores resultados del rendimiento del polvo atomizado se obtienen con los factores de 11% de encapsulante y 160°C de temperatura de ingreso del aire, en el secado por atomización.

b) Efecto de la TEA y el % de encapsulante en el contenido de antocianina de extracto obtenido de residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano (*Vaccinium corymbosum L*), secado por atomización.

En la tabla 12, se muestra que el empleo de la TEA a 140°C y 11% de encapsulante se obtiene el menor valor de antocianinas totales, 8.54 mg-C3G/g; mientras que el empleo de la TEA a 160°C y 7.5% de encapsulante se obtiene un mayor valor de antocianinas totales, 10.85 mg-C3G/g.

Tabla 12.

Efectos de la TEA y % de encapsulante en el contenido de antocianinas en el polvo atomizado.

N°	Factor 1 A (%)	Factor 2 B (°C)	Respuesta AT (mg-C3G/ g ± DE)
1	7.5	140	10.41 ± 0.01 ^b
2	7.5	160	10.85 ± 0.07 ^a
3	11	140	8.54 ± 0.06 ^d
4	11	160	9.11 ± 0.10 ^c

A: Encapsulante (Maltodextrina 10D). B: Temperatura de entrada de aire (TEA)

C3G: Cianindina-3-Glucosido.

Los valores corresponden a la media obtenida de tres repeticiones (n=3). DE: desviación estándar.

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Tabla 13.

Análisis de varianza para las antocianinas totales en el polvo atomizado.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	7.07975	2.35992	517.28	0.000
Lineal	2	7.07006	3.53503	774.86	0.000
T(°C)	1	0.51995	0.51995	113.97	0.000
Enc(%)	1	6.55011	6.55011	1435.75	0.000
Interacciones de 2 términos	1	0.00969	0.00969	2.12	0.219
T(°C)*Enc(%)	1	0.00969	0.00969	2.12	0.219
Error	4	0.01825	0.00456		
Total	7	7.09800			

R-cuadrado= 99.74%

En la tabla 13, se muestra que la Enc(%) y T(°C) presentan un valor de P < a 0.05; mientras que la doble interacción de T(°C)*Enc(%) presenta valores de P > a 0.05. Los valores de P <

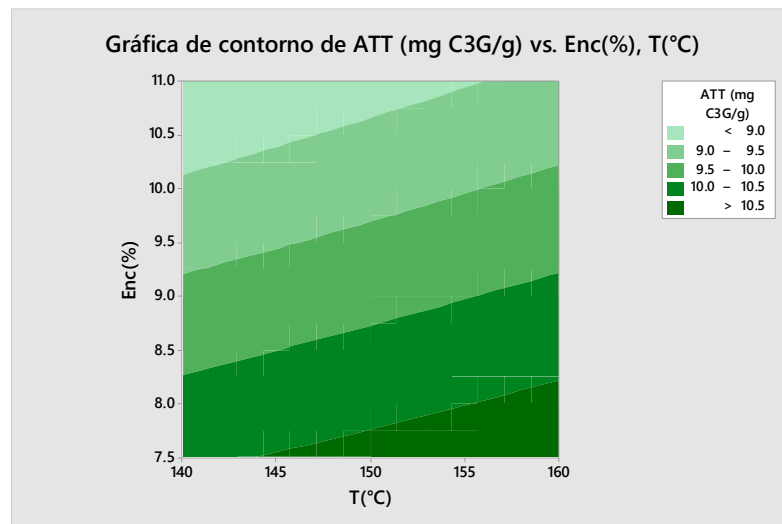
a 0.05, nos permiten rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternante, el cual significa que existe diferencia significativa en los tratamientos con un nivel de confianza de 95.0%. Por lo que se puede afirmar que Enc(%) y T(°C) presentan un efecto significativo en los valores de las antocianinas totales en el polvo atomizado. El estadístico R-cuadrado muestra que el modelo explica 99.74% la variabilidad de las antocianinas totales en el polvo atomizado.

La ecuación del modelo ajustado para las antocianinas totales es:

$$ATT \text{ (mg C3G/g)} = 13.45 + 0.0071 T(^{\circ}\text{C}) - 0.815 \text{ Enc}(\%) + 0.00199 T(^{\circ}\text{C}) * \text{Enc}(\%)$$

Figura 9.

Gráfica de contorno para las Antocianinas totales en el polvo atomizado.



En la figura 9, la gráfica de contornos muestra la relación de las antocianinas totales entre el porcentaje de encapsulante y la temperatura de entrada del aire, que cuando la concentración del encapsulante se incrementa de 7,5% a 11%, se ve observa un aumento significativo de las antocianinas totales del polvo atomizado; de la misma forma sucede ante un incremento en la temperatura de 140°C a 160°C, hay un aumento significativo de las antocianinas totales del polvo atomizado.

Los mejores resultados de las antocianinas totales del polvo atomizado se obtienen con los factores de 7.5% de encapsulante y 160°C de temperatura de ingreso del aire, en el secado por atomización.

c) **Efecto de la TEA y el % de encapsulante en fenoles totales del extracto obtenido de residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano (*Vaccinium corymbosum L*), secado por atomización.**

En la tabla 14, se muestra que el empleo de la TEA a 140°C y 11% de encapsulante se obtiene el menor valor de fenoles totales, 34.40 mg-GAE/g; mientras que el empleo de la TEA a 160°C y 7.5% de encapsulante se obtiene un mayor valor de fenoles totales, 45.96 mg-GAE/g.

Tabla 14.

Efectos de la TEA y % de encapsulante en los polifenoles totales en el polvo atomizado.

N°	Factor 1 A (%)	Factor 2 B (°C)	Respuesta FT (mg GAE/g ± DE)
1	7.5	140	44.92 ± 0.00 ^b
2	7.5	160	45.96 ± 0.29 ^a
3	11	140	34.40 ± 0.15 ^c
4	11	160	35.96 ± 0.00 ^d

A: Encapsulante (Maltodextrina 10D). B: Temperatura de entrada de aire.

FT: Fenoles totales. GAE: Equivalentes de ácido gálico.

Los valores corresponden a la media obtenida de tres repeticiones (n=3). DE: desviación estándar.

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tabla 15.

Análisis de varianza para los fenoles totales en el polvo atomizado.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	214.079	71.360	2630.60	0.000
Lineal	2	213.943	106.972	3943.40	0.000
T(°C)	1	3.391	3.391	125.00	0.000
Enc(%)	1	210.552	210.552	7761.80	0.000
Interacciones de 2 términos	1	0.136	0.136	5.00	0.089
T(°C)*Enc(%)	1	0.136	0.136	5.00	0.089
Error	4	0.109	0.027		
Total	7	214.187			

R-cuadrado= 99.95%

En la tabla 15, se muestra que la Enc(%) y T(°C) presentan un valor de P < a 0.05; mientras que la doble interacción de T(°C)*Enc(%) presenta valores de P > a 0.05. Los valores de P < a 0.05, nos permiten rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternante, el cual significa que existe diferencia significativa en los tratamientos con un nivel de confianza de 95.0%. Por

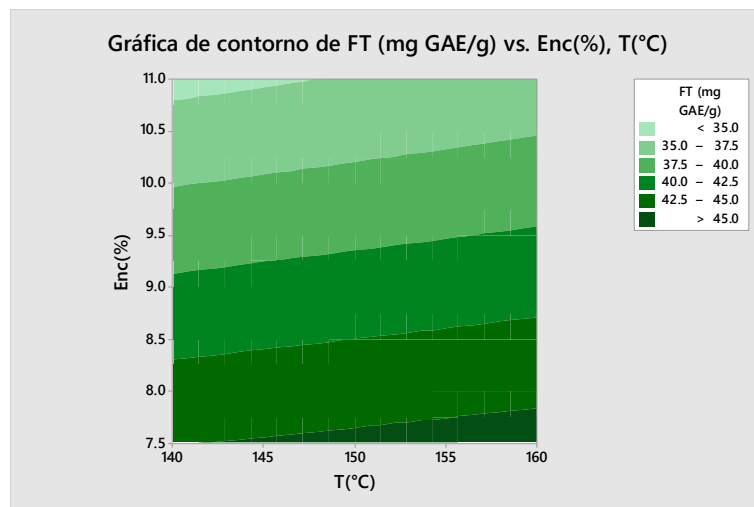
lo que se puede afirmar que Enc(%) y T(°C) presentan un efecto significativo en los valores de los fenoles totales en el polvo atomizado. El estadístico R-cuadrado muestra que el modelo explica 99.95% la variabilidad de los fenoles totales en el polvo atomizado.

La ecuación del modelo ajustado para los fenoles totales es:

$$FT \text{ (mg GAE/g)} = 67.98 - 0.0037 T(^{\circ}\text{C}) - 4.048 \text{ Enc}(\%) + 0.00744 T(^{\circ}\text{C}) * \text{Enc}(\%)$$

Figura 10:

gráfica de contorno para los fenoles totales en el polvo atomizado.



En la figura 10, la gráfica de contornos muestra la relación de los fenoles totales entre el porcentaje de encapsulante y la temperatura de entrada del aire, que cuando la concentración del encapsulante se incrementa de 7,5% a 11%, se ve observa un aumento significativo de los fenoles totales del polvo atomizado; de la misma forma sucede ante un incremento en la temperatura de 140°C a 160°C, hay un aumento significativo de los fenoles totales del polvo atomizado.

Los mejores resultados de los fenoles totales del polvo atomizado se obtienen con los factores de 7.5% de encapsulante y 160°C de temperatura de ingreso del aire, en el secado por atomización.

d) Efecto de la TEA y el % de encapsulante en la capacidad antioxidante de extracto obtenido de residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano (*Vaccinium corymbosum L*), secado por atomización.

En la tabla 16, se muestra que el empleo de la TEA a 140°C y 11% de encapsulante se obtiene el menor valor de fenoles totales, 49.29 ugMTE/g; mientras que el empleo de la TEA a 160°C y 7.5% de encapsulante se obtiene un mayor valor de fenoles totales, 66.70 ugMTE/g.

Tabla 16.

Efectos de la TEA y % de encapsulante en la capacidad antioxidante del polvo atomizado.

Nº	Factor 1 A (%)	Factor 2 B (°C)	Respuesta TEAC (ugMTE /g ± DE)
1	7.5	140	56.07 ± 1.69 ^a
2	7.5	160	66.70 ± 4.41 ^a
3	11	140	49.29 ± 9.10 ^a
4	11	160	59.89 ± 1.33 ^a

A: Encapsulante (Maltodextrina 10D). B: Temperatura de entrada de aire.

MTE: Mol Trolox Equivalente

Valores corresponden a la media obtenida de tres replicas (n=3). DE, desviación estándar.

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tabla 17.

Análisis de varianza para la capacidad antioxidante del polvo atomizado.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	3	317.793	105.931	3.96	0.108
Lineal	2	317.793	158.896	5.94	0.063
T(°C)	1	225.359	225.359	8.43	0.044
Enc(%)	1	92.433	92.433	3.46	0.137
Interacciones de 2 términos	1	0.001	0.001	0.00	0.996
T(°C)*Enc(%)	1	0.001	0.001	0.00	0.996
Error	4	106.964	26.741		
Total	7	424.757			

R-cuadrado= 74.82%

En la tabla 17, se muestra que la T(°C) presentan un valor de P < a 0.05; mientras que el Enc(%) y la doble interacción de T(°C)*Enc(%) presenta valores de P > a 0.05. Los valores de P < a 0.05, nos permiten rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternante, el cual

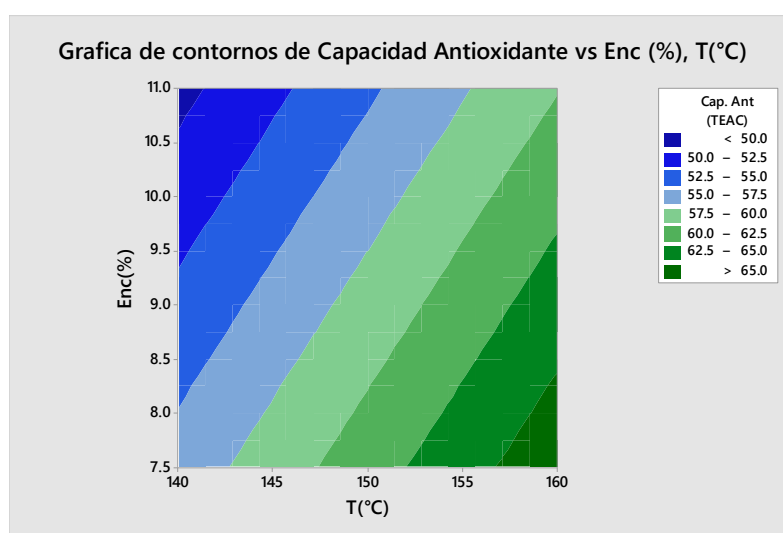
significa que existe diferencia significativa en los tratamientos con un nivel de confianza de 95.0%. Por lo que se puede afirmar que T(°C) presentan un efecto significativo en los valores de los fenoles totales en el polvo atomizado. El estadístico R-cuadrado muestra que el modelo explica 74.82% la variabilidad de los fenoles totales en el polvo atomizado.

La ecuación del modelo ajustado para la capacidad antioxidante en el polvo atomizado es:

$$\text{Cap. Ant (TEAC)} = -4 + 0.536 T(^{\circ}\text{C}) - 1.9 \text{ Enc}(\%) - 0.001 T(^{\circ}\text{C}) * \text{Enc}(\%)$$

Figura 11.

Grafica de contorno para la capacidad antioxidante en el polvo atomizado.



En la figura 11, la gráfica de contornos muestra la relación de la capacidad antioxidantes entre el porcentaje de encapsulante y la temperatura de entrada del aire, que cuando la concentración del encapsulante se incrementa de 7,5% a 11%, se ve observa una disminución de la capacidad antioxidante del polvo atomizado (no es significativo, tabla 17); mientras que, ante un incremento en la temperatura de 140°C a 160°C, hay un aumento significativo de la capacidad antioxidante del polvo atomizado.

Los mejores resultados de la capacidad antioxidante del polvo atomizado se obtienen con los factores de 7.5% de encapsulante y 160°C de temperatura de ingreso del aire, en el secado por atomización.

Relaciones entre antocianinas, fenoles y capacidad antioxidante en el polvo atomizado a partir de residuos industriales del arándano *Vaccinium corymbosum*.

Figura 12.

Análisis de regresión entre antocianinas y fenoles totales.

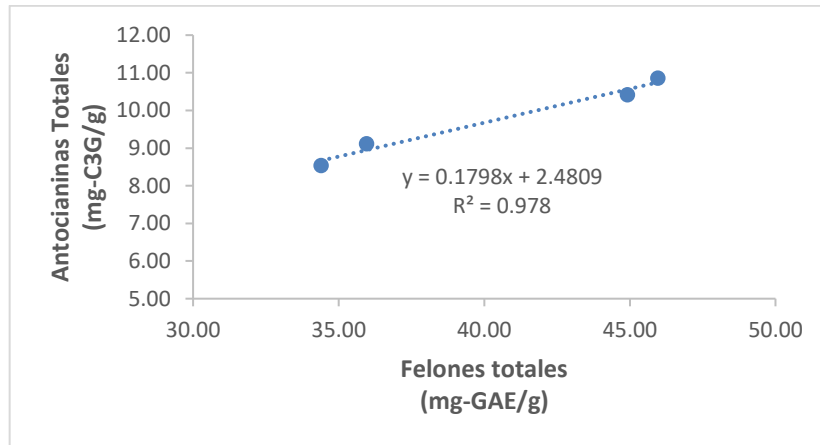


Figura 13.

Análisis de regresión entre DPPH (ugMTE/g) y fenoles totales

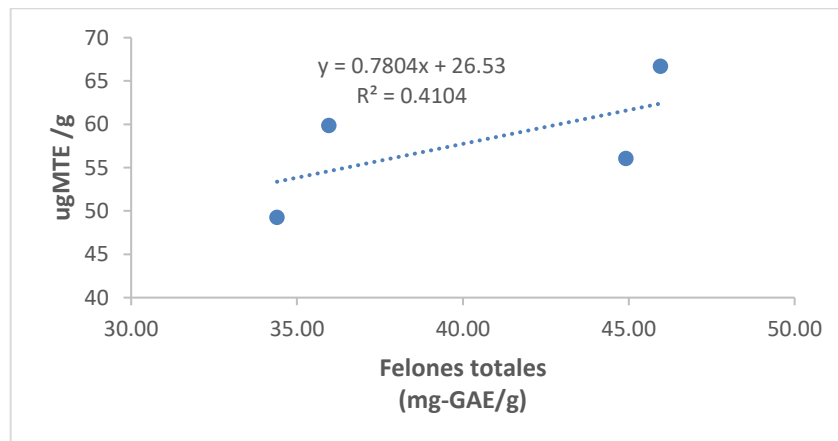
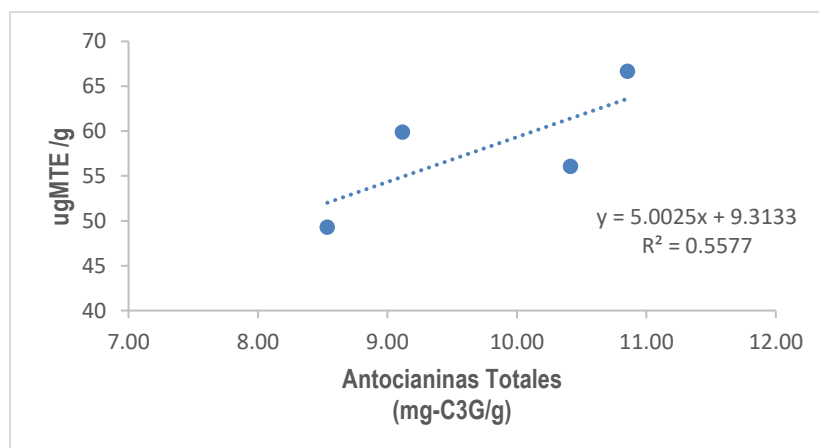


Figura 14.

Análisis de regresión entre DPPH (ugMTE/g) y antocianinas.



4.2 ANALISIS DE RESULTADOS

4.2.1 Análisis proximal del residuos fresco (bagazo grueso) y seco (harina) del arándano (*Vaccinium Corymbosum*).

En la tabla 7, se muestra la composición proximal de la harina de bagazo grueso del arándano, observándose la composición de la fibra un valor de 8.71g/100g; Medina (2017) reportó 39.1 g/100g para el polvo (harina) grueso de bagazo de arándano, el bagazo empleado en dicho estudio comprende la cascara y semilla, mientras que en el presente estudio solo se empleó el bagazo grueso (cascara), véase las figura 1 y 6; lo que se justifica la diferencia de los resultados de la fibra en ambos estudios. Los valores reportados por (Pinedo, 2018) para el arándano fresco, se aproximan en los valores de cenizas, grasa y proteína del bagazo grueso (Tabla 1 y 7), esto debido a que el procesamiento industrial del arándano en pulpa, solo se aprovecha la pulpa, desechándose el bagazo grueso (fracciones de cascara o piel) y semilla (figura 1).

El alto contenido de proteínas en la harina de bagazo de arándanos en comparación a la fruta fresca (2, 56 g/100g, Pinedo, (2018); 0.6 g/100g, Michalska & Lysiak, (2015)) se debe a que el bagazo (cáscara u orujo) está constituido en un 19% por pieles (Lee & Wrolstad, 2004), en la que aproximadamente el 5-10% de su composición son proteínas del tipo estructural (Blaker & Olmstead, 2015). En cuanto a la cantidad de proteínas el valor reportado (6.165g/100g, ver figura 00) se aproxima al reportado por (Tagliani et al, 2019) que es de 6.64g/100 g.

El valor reportado de grasa es de 3.305g/100g y de ceniza 1.275g/100g aproximándose al reportado por (Tagliani et al, 2019) que es de 4.05g/100 g y 2.06g/100 g, respectivamente.

4.2.2 Influencia del pH, temperatura y tiempo de extracción en el rendimiento de antocianina en los extractos líquidos a partir del bagazo fino del arándano (*Vaccinium Corymbosum L*).

La extracción de las antocianinas se realizó con agua acidificada con ácido cítrico a pH 2 y 3, el ácido cítrico es considerado por la FDA como sustancias alimentarias directas afirmadas como seguro GRAS (FDA, 2022). El ácido cítrico, al ser un ácido débil, este

no causará hidrólisis parcial del acilo en las antocianinas aciladas, especialmente en las antocianinas aciladas con ácidos dicarboxílicos intactos (Escribano-Bailon *et al.*, 2004).

Así mismo Zhang *et al.* (2019), indica que las condiciones ácidas leves serán favorables, ya que un ambiente ácido catalizará la ruptura del glucosídico entre la antocianidina y la fracción del azúcar.

Da Rosa *et al.*, (2019); Waterhouse *et al.*, (2017) y Sangoluisa *et al.*, (2019), emplearon agua acidificada con ácido cítrico (al 1%), en la extracción de antocianinas en diferentes matrices.

El uso del ácido cítrico en la extracción, se considera seguro, de bajo costo y amigable con el medio ambiente.

De acuerdo a la tabla 9 y figura 7, se concluye que el pH y la temperatura tienen un efecto significativo en la cuantificación de las antocianinas totales, expresados como mg de Cianindina-3-Glucosido/g de muestra. Es decir que tanto el pH y la temperatura influyen en la extracción de las antocianinas.

En la figura de efectos principales (fig 7), se puede ver que aun valor más bajo de pH (pH 2), se obtiene mayor contenido de antocianinas (en promedio, 887mg /100 g de m.s), esto se debe a que mientras más bajo sea el pH menor será el deterioro en las antocianinas, debido a que la acidez tiene un efecto protector sobre la antocianina Garsón, (2008) y Laleh *et al.* (2006), otorgándole la estabilidad (Fennema, 2000). Esto debido a que el pH influye en la estructura, color y la estabilidad de la antocianina (Zhang *et al.*, 2019). Los resultados obtenidos en el presente estudio, coinciden con los reportados por Liu *et al.*, (2018), quienes reportaron que al evaluar tres condiciones de pH (3, 7 y 9) en la estabilidad de las antocianinas a partir del arándano, la condiciones del pH más bajo (pH 3) fue la que mejor estabilidad tuvo en las antocianinas, así como la mayor cuantificación (329.4mg/100 g de fruta fresca), mientras que para un pH de 9, cuantificaron solo 49.7 mg g de fruta fresca, de igual forma como lo reportado por Zapata, (2014); quien también reportó una mayor cuantificación de antocianinas en la extracción fue a pH más bajos.

Del mismo modo con el estudio realizado por Moldova et al. (2012), acerca de la cinética de degradación de antocianinas de extractos fruta de arándanos rojos (*Viburnum opulus* L.) durante el almacenamiento con solventes a pH 3 y 7, reportando que se evidenció una mayor estabilidad a al pH más bajo. Similar resultado obtuvo Bordignon et al. (2009), cuando realizaron la extracción de antocianinas de la fresa (*Fragaria x ananassa Duch*) en el rango de pH de 1, 3, 4,5, 7, 9, y 13.0; reportando también que la extracción al menor valor de pH proporcionó un perfil clásico para las antocianinas y en el análisis de espectroscopia UV, así como un mayor contenido de antocianinas.

En el presente estudio, el pH que mayor cuantificación de antocianinas fue a un pH 2, similar al reportado por Ryu et al., (2020), evaluaron la extracción de antocianinas a partir de uva Campbell Early empleando agua acidificada (con ac. Acético) con cuatro niveles de pH (1, 2, 3 y 4), reportando que el solvente con pH 2, tuvo una mayor cuantificación de antocianinas totales.

En la figura de efectos principales (fig 7), se puede ver que un aumento de la TE de 50° a 70°C, se incrementa la cuantificación de antocianinas, esto se justifica con lo mencionado por Zhang et al, (2019) y Thuy et al., (2022), que la temperatura también influye en el proceso de la lixiviación reduciendo las propiedades dieléctricas, la viscosidad, la tensión superficial del solvente, incrementando la transferencia de masa, la difusión de los compuestos y la penetración del solvente en las células.

El parámetro de tiempo de extracción es un factor importante a considerar en la extracción de antocianinas, pero después de un excesivo tiempo éste podría no ser favorable en la extracción; puesto que la segunda ley de Fick, predice que, en cierto tiempo se generará un equilibrio final entre las concentraciones del soluto en la matriz sólida y el solvente de extracción Silva et al., (2007), por lo que un tiempo excesivo ya no es útil para la extracción de componentes de interés y sumado a las altas temperaturas, influirán significativamente en la destrucción de las antocianinas.

En el presente estudio, el resultado obtenido fue similar a lo reportado por Thuy (2022), quienes reportaron que un aumento en la cuantificación de antocianinas (CAT), cuando la TE se incrementó de 80°C a 90°C, pero cuando la temperatura de Extracción (TE) siguió aumentando hasta 100°C, la CAT disminuyó. Así mismo Heras et al, (2013)

reportó que en el proceso de extracción de antocianinas de la cascara de berenjena (*Solana melonera L.*) que, al aumentar la temperatura de 30°C a 60°C, se incrementó la CAT.

En el trabajo realizado por Liu et al., (2018), reportan que el extracto de arándano contiene una variedad de antocianinas, algunos tipos de antocianinas como es el caso de la malvidin-3-O-arabinosa incrementó en su cuantificación después del calentamiento.

En presente estudio, la temperatura de Extracción (TE) que mayor CAT fue a 70°C, similar al reportado por Ryu et al., (2020), evaluaron la extracción de antocianinas a partir de uva Campbell Early empleando agua acidificada (con ac. Acético) con tres niveles de T (30°C, 55°C y 80°C), reportando que la TE a 80°C, tuvo una mayor cuantificación de antocianinas totales.

En cuanto al tiempo de extracción, el efecto no es significativo, puesto que en el análisis de varianza (tabla 9) el valor de $p > 0.05$. En el presente estudio los tiempos empleados fueron 30min y 60 min. Ryu et al., (2020), evaluaron la extracción de antocianinas a partir de uva Campbell Early empleando agua acidificada con tres niveles de tiempo (10min, 35min y 60min), reportando que no hubo un efecto significativo del tiempo en la extracción de las antocianinas totales.

4.2.3 Influencia de la TEA y el % de encapsulante en el rendimiento, capacidad antioxidante y contenido de antocianina de extracto obtenido de residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano (*Vaccinium corymbosum L.*), secado por atomización.

El material de encapsulante empleado es Maltodextrina, estudios como lo dirigido por Peng *et al.* (2013), quienes evaluaron los diferentes potenciales de los encapsulantes: beta-cyclodextrina (B-CD), maltodextrina (MD) y la combinación de B-CD y MD, en harinas de batata morada rica en antocianinas, concluyendo que la MD favorece en una máxima tasa de retención de antocianinas, fenoles totales y antioxidantes en la harina encapsulada.

4.2.3.1 Influencia de la TEA y el % de encapsulante en el rendimiento.

En la tabla 10, se reporta que la combinación de 11% de encapsulante (maltodextrina 10D) y la temperatura de entrada del aire a 160° C, con el cual se obtuvieron un mayor rendimiento (10.10%); sin embargo, de acuerdo al análisis de varianza (tabla 11), solo el % de encapsulante tiene un efecto significativo en el rendimiento del polvo atomizado. Así mismo la interacción de ambos factores no fue significativa.

En el presente estudio se observa que el rendimiento se incrementa a media que también se incrementa el % de encapsulante. Arrazola & Alvis (2014), evaluaron tres niveles de concentración de maltodextrina (15%, 20% y 30%) y 170°C y 180°C en el secado por atomización de antocianinas de berenjena (*Solanum melongena* L.), en la que también reportan el incremento del rendimiento a media que se emplea un porcentaje mayor de encapsulante, los factores con los que obtuvieron un mejor rendimiento (90.74%) fueron: maltodextrina 30% y temperatura de secado a 180°C.

En los tratamientos con 7.5% de maltodextrina se observó polvos adheridos en las paredes de la cámara del secador, lo que se significa de pérdida de encapsulados. El tratamiento con menor adherencia en la cámara del secador fue la del 11% de encapsulante.

El incremento de encapsulante en el secado por atomización

De la tabla 11, se muestra que la temperatura no es significativo en el rendimiento, lo que se asemeja a lo reportado Painsi *et al.*, (2015), que en estudios realizados en microencapsulados de orujos de uva, que un incremento de la temperatura de 130°C a 160°C no tuvo efectos significativos en el rendimiento.

4.2.3.2 Influencia de la TEA y el % de encapsulante en la capacidad antioxidante.

Painsi *et al*, 2015, reporta que en estudios realizados en microencapsulados de orujos de uva, evidencian una mayor capacidad antioxidante con el empleo de 10% (p/v) de maltodextrina y 130°C.

4.2.3.3 Influencia de la TEA y el % de encapsulante en los fenoles totales.

En la tabla 14, se reporta que la combinación de 7.5% de encapsulante (maltodextrina 10D) y la temperatura de entrada del aire a 160° C, con el cual se obtuvieron una mayor cuantificación de felones totales, así mismo, de acuerdo al análisis de varianza (tabla 15), los dos factores (% de encapsulante y temperatura de entrada de aire) tienen un efecto significativo en la cuantificación de fenoles en el polvo atomizado, mientras que la interacción de ambos factores no fue significativa.

Diaz et al., (2017). Reportaron que la combinación de temperatura de entrada de aire a 150°C y 40% de maltodextrina tuvieron un mejor efecto en la cuantificación de polifenoles en la mezcla de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*.)

Paini *et al*, 2015, reporta que en estudios realizados en microencapsulados de orujos de uva, evidencian una mayor contenido de fenoles totales con el empleo de 10% (p/v) de maltodextrina y 130°C.

4.2.3.4 Influencia de la TEA y el % de encapsulante en el contenido de antocianinas.

En la tabla 12, se reporta que la combinación de 7.5% de encapsulante (maltodextrina 10D) y la temperatura de entrada del aire a 160° C, con el cual se obtuvieron una mayor cuantificación de antocianinas, así mismo, de acuerdo al análisis de varianza (tabla 13), los dos factores (% de encapsulante y temperatura de entrada de aire) tienen un efecto significativo en la cuantificación de antocianinas en el polvo atomizado, mientras que la interacción de ambos factores no fue significativa. El encapsulante (maltodextrina) juega un papel muy importante, esto debido a su solubilidad, formación de film, baja viscosidad a mayor concentración de sólidos,

Da Rosa *et al*. (2019), reportan que a una temperatura de 140°C, y 9% de maltodextrinaa y 9% de hi-maize, les proporcionaron mayor cuantificación de antocianinas en extractos de Arandano de la especie highbush *Vaccinium* spp.)

Silva et al., (2013). Evaluaron en extractos de cáscara de jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*), el uso de maltodextrina al 30 %, goma arábica al 25 % + maltodextrina al 5 % y Capsul™ al 25 % + maltodextrina al 5 %, utilizando temperaturas de entrada de secado al aire de 140, 160 y 180 °C; recomendando que el uso de la maltodextrina al 30% y 180°C permitió un mayor cuantificación de antocianinas.

Ferrari *et al.*, (2013). Reporto que, a un mayor porcentaje de maltodextrina, se obtuvo una mayor cuantificación de antocianinas, en atomizado de zarzamora.

Kha *et al.*, 2010. Reporto que el empleo de la temperatura de entrada de aire del 120°C y maltodextrina al 10% obtuvieron un mayor valor de antocianinas en polvo de arilo del fruto de Gac (*Momordica cochinchinensis*)

En resumen, se puede considerar como factores optimos a la temperatura de extracción a 70°C, pH 2, tiempo de extracción 30 min; y para el proceso de atomización el empleo de encapsulante a un 11%, con un temperatura de entrada de 160°C. Waterhouse *et al.* (2017), indica que el proceso de atomización, la temperatura de entrada de aire de 150°C, pueden ser prometedores para la producción de polvos de arandano, el cual tiene buenas características funcionales, considerando que el polvo atomizado se obtiene de residuos industriales, las cuales son una fuente rica de compuestos fenolicos, capacidad antioxidante, antocininas, los que con incorporación en la dieta, son eficaces en la prevención y el tratamiento de enfermedades, incluidos los mecanismos de protección, reducción, modulación celular y activación de vías. (Gomes et al., 2022)

CONCLUSIONES

- a) La temperatura y el pH del solvente de la extracción influyen significativamente en el rendimiento de antocianina a partir de residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano, siendo que la temperatura de 70°C y a un pH 2 se mostraron mayor contenido de antocianinas totales; mientras que el tiempo de extracción no influye significativamente.

- b) La temperatura de entrada del aire (TEA) y porcentaje de encapsulante influyen significativamente en el contenido fenoles y antocianinas, mientras que solo la TEA significativamente en la capacidad antioxidante y solo el % de encapsulante en el rendimiento del extracto obtenido de residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano, secado por atomización.

- c) El producto final (polvo atomizado) a partir de los desechos del arándano, con la combinación para el rendimiento de 10.10%, fue a una TEA (160°C) y 11% de encapsulante, mientras que la combinación de los factores TEA (160°C) y 7.5% de encapsulante se obtuvo mayores valores de: antocianinas totales: 10.85 mg-C3G/g; fenoles totales: 45,96 mg GAE/g y capacidad antioxidante: 66.70 ug MTE/g.

RECOMENDACIONES

1. Realizar la identificación de los tipos de antocianinas presentes en los extractos de los desechos del arándano y el encapsulado.
2. Determinar la vida útil del polvo atomizado obtenido a partir de los desechos industriales del arándano.
3. Incorporar el polvo atomizado de en productos alimenticios y su evaluación respectiva en polifenoles, capacidad antioxidante y antocianinas.

BIBLIOGRAFIA

- Anandharamakrishnan C. & Ishwarya SP. (2015). *Spray Drying Techniques for Food Ingredient Encapsulation*. India. First Edit. Wiley Blackwell. doi:10.1002/9781118863985.
- AJEPROCESOS S.A.C. (2019). Informe técnico N°03: Producción de Arándano, marzo 2019.
- Arrazola, G., Herazo, I., & Alvis, A. (2014). Microencapsulación de Antocianinas de Berenjena (*Solanum melongena* L.) mediante Secado por Aspersión y Evaluación de la Estabilidad de su Color y Capacidad Antioxidante. *Información tecnológica*, 25(3), 31-42.
- Blackhall, M. L.; Berry, R.; Davies, N. W.; & Walls, J. T. (2018). Optimized extraction of anthocyanins from Reid Fruits' *Prunus avium* "Lapins" cherries. *Food Chemistry*, 256, 280–285. doi:10.1016/j.foodchem.2018.02.137
- Blaker, K. M., & Olmstead, J. W. (2015). Cell wall composition of the skin and flesh tissue of crisp and standard texture southern highbush blueberry genotypes. *Journal of Berry Research*, 5(1), 9-15. <http://dx.doi.org/10.3233/JBR-140085>
- Bringas, M. A., & Pino, J. A. (2012). Microencapsulación de saborizantes mediante secado por atomización. *Revista ReCiTeIA*. 11(2), 47-49
- Brunton, N. P. (2019). Extraction of Anthocyanins from Food Processing Waste—Potential and Issues. In *Anthocyanins from Natural Sources* (pp. 106-120).
- Caballero, E., & Soto, C. (2019). Valorization of Agro-Industrial Waste into Bioactive Compounds: Techno-Economic Considerations. *Biorefinery*, 235–252. doi:10.1007/978-3-030-10961-5_10
- Castromonte, M., Wacyk, J., & Valenzuela, C. (2020). Encapsulación de extractos antioxidantes desde sub-productos agroindustriales: una revisión. *Revista chilena de nutrición*, 47(5), 836-847. <http://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182020000500836>
- Carmona, I. (2013). De colorantes sintéticos a naturales en la industria alimentaria. *Agrimundo, ODEPA, Ministerio de Agricultura Chile, Reporte*, 5, 1-6. Recuperado de: http://www.agrimundo.gob.cl/wp-content/uploads/130426_reporte_alimentos_procesados_n51.pdf

- Chaves, M., Sgroppo, S., & Avanza, J. (2003). Cinética de secado de berenjenas (*Solanum melongena* L.). *Universidad nacional del nordeste. Comunicaciones científicas y tecnológicas. Corrientes, Argentina. Resumen E-60.*
- Cury, K.; Aguas, Y.; Martínez, A.; Olivero, R.; & Chams, L. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 9, 122-132. doi.org/10.24188/recia.v9.nS.2017.530
- Da Rosa, J. R.; Nunes, G. L.; Motta, M. H.; Fortes, J. P.; Weis, G. C. C.; Hecktheuer, L. H. R.;... & da Rosa, C. S. (2019). Microencapsulation of anthocyanin compounds extracted from blueberry (*Vaccinium* spp.) by spray drying: Characterization, stability and simulated gastrointestinal conditions. *Food Hydrocolloids*, 89, 742-748. doi:10.1016/j.foodhyd.2018.11.042
- De Leon Serna, F. E., & DE LEON SERNA, F. E. (2021). *Estudio de transporte de masa en la extracción asistida con ultrasonido de alta intensidad de compuestos fenólicos en uva syrah (vitis vinífera)* (Master's thesis).
- Diario Gestión, 2019. Producción y exportación del arándano creció a más del 200% en menos de dos años. 01 de marzo del 2019. Diario Gestión.
Recuperado en: <https://gestion.pe/economia/produccion-exportacion-arandano-crecio-200-dos-anos-260136>
- Diaz, Y. L., Torres, L. S., Serna, J. A., & Sotelo, L. I. (2017). Efecto de la encapsulación en secado por atomización de biocomponentes de pitahaya amarilla con interés funcional. *Información tecnológica*, 28(6), 23-34.
- Delfín, K. C.; López, A. C., & Mondragón, M. C. (2016). Subproductos obtenidos a partir de distintas cáscaras de fruta. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 3(5). Recuperado en: <https://www.pag.org.mx/index.php/PAG/article/viewFile/551/588>
- Escribano-Bailon M. T., Beulga-Santos C. y Rivas-Gonzalo J. C. 2004. Anthocyanins in Cereals. *Journal Chromatography*, 1054:129-141. DOI: [10.1016/j.chroma.2004.08.152](https://doi.org/10.1016/j.chroma.2004.08.152)
- FDA (2022); Sustancias alimentarias directas afirmadas como generalmente reconocidas como seguras. Ácido cítrico. CFR - Código de Regulaciones Federales Título 21. Cap. I, sub capítulo B, parte 184. Vol. 3. Actualización (20/06/2022). <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=184.1033>

- Fennema O. (2000). *Química de los Alimentos*. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España.
- Ferrari, C.C.; Germer, S.P.M.; Alvim, I.D. and de Aguirre, J.M. (2013). Storage Stability of Spray-Dried Blackberry Powder Produced with Maltodextrin or Gum Arabic. *Drying Technology* **31**, 470–478.
- Figuroa, R.; Tamayo, J.; González, S.; Moreno, G., & Vargas, L. (2011). Actividad antioxidante de antocianinas presentes en cáscara de pitahaya (*Hylocereus undatus*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, *12*(1), 44-55. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81318808007>
- Flores, F. P. & Kong, F. (2019). Chapter 9. Encapsulation Techniques for Anthocyanins. Su-ling & Celli (Eds). *Anthocyanins from Natural Sources : Exploiting Targeted Delivery for Improved Health*. (pp. 266-277). The Royal Society of Chemistry.
- Kha, T. C.; Nguyen, M. H., & Roach, P. D. (2010). Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. *Journal of Food Engineering*, *98*(3), 385–392. doi:10.1016/j.jfoodeng.2010.01.016
- Heras, I., Alvis, A., & Arrazola, G. (2013). Optimización del proceso de extracción de antocianinas y evaluación de la capacidad antioxidante de berenjena (*Solana melonera* L.). *Información tecnológica*, *24*(5), 93-102.
- Hutabarat, R. P.; Xiao, Y. D.; Wu, H.; Wang, J.; Li, D. J., & Huang, W. Y. (2019). Identification of Anthocyanins and Optimization of Their Extraction from Rabbiteye Blueberry Fruits in Nanjing. *Journal of Food Quality*, *2019*, 1-10. Doi:10.1155/2019/6806790
- Hilz, H., Bakx, E. J., Schols, H. A., & Voragen, A. G. (2005). Cell wall polysaccharides in black currants and bilberries—characterisation in berries, juice, and press cake. *Carbohydrate Polymers*, *59*(4), 477-488.
- Garzón, G. A. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. *Acta Biológica Colombiana*, *13*(3), 27-36.
- Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2001). Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, *00*(1), F1.2.1–F1.2.13. doi:10.1002/0471142913.faf0102s00
- Gomes, B. B., de Jesus, L. K., Schmiele, M., & Rigolon, T. C. B. (2022). Efeitos das antocianinas na saúde: uma revisão sistemática. *Research, Society and Development*, *11*(4), e6411427069-e6411427069. DOI: 10.33448/rsd-v11i4.27069 <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/27069>

- Laleh GH, Frydoonfar H, Heidary R, Jameel R, Zare S. (2006). The effect of light, temperature, pH and species on stability of anthocyanin pigments in four berberis species. *Pakistan Journal of Nutrition*, 5: 90-92.
- Lee J. & Wroslad R. E. (2004). Extraction of Anthocyanins and Polyphenolics from Blueberry Processing Waste. *Journal of Food Science*, 69(7). 64-73. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb13651.x>
- León, J. M.; González, T. R., & Rivero, A. E. G. (2017). Fitogeografía y morfología de los Vaccinium (Ericaceae) “arándanos nativos” del Perú. *INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable*, 3(1), 43-52. doi: 10.25127/indes.201501.004
- Liu, Y., Liu, Y., Tao, C., Liu, M., Pan, Y., & Lv, Z. (2018). Effect of temperature and pH on stability of anthocyanin obtained from blueberry. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(3), 1744-1753.
- Medina, M. J. (2017). Caracterización de polvos deshidratados obtenidos a partir de bagazo de arándano y valoración de su utilización como ingrediente funcional. Trabajo Fin de Máster Universitarios en Ciencia e Ingeniería de los Alimentos. Universitat Politècnica de València. <http://hdl.handle.net/10251/89432>
- Michalska, A. y Łysiak, G. (2015). Bioactive compounds of blueberries: post-harvest factors influencing the nutritional value of products. *International journal of molecular sciences*, 16(8), 18642-18663.. doi: [10.3390/ijms160818642](https://doi.org/10.3390/ijms160818642)
- Moldova B, David L, Chişbora C, Cimpoi C. (2012). Degradation kinetics of anthocyanins from european cranberrybush (*Viburnum opulus* L.) fruit extracts. Effects of temperature, pH and storage solvent. *Molecules* 2012, 17: 11655-11666.
- Muzaffar, K., & Kumar, P. (2017). Spray drying of tamarind pulp: effect of process parameters using protein as carrier agent. *Journal of food processing and preservation*, 41(2), e12781. DOI: 10.1111/jfpp.12781
- Paini, M.; Aliakbarian, B.; Casazza, A. A.; Lagazzo, A.; Botter, R., & Perego, P. (2015). Microencapsulation of phenolic compounds from olive pomace using spray drying: A study of operative parameters. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 177–186. doi:10.1016/j.lwt.2015.01.022
- Parra, V.P. (2004). Estudio comparativo en el uso de colorantes naturales y sintéticos en alimentos, desde un punto de vista funcional y toxicológico. *Tesis de Licenciatura. Universidad Austral de Chile.*

Recuperado

de:

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/fap259e/pdf/fap259e.pdf>

- Peng, Z., Li, J., Guan, Y. and Zhao, G. (2013). Effect of carriers on physicochemical properties, antioxidant activities and biological components of spray-dried purple sweet potato flours. *LWT – Food Science and Technology* 51, 348–355.
- Pereira, D. T. V.; Tarone, A. G.; Cazarin, C. B. B.; Barbero, G. F., & Martínez, J. (2019). Pressurized liquid extraction of bioactive compounds from grape marc. *Journal of food engineering*, 240, 105-113.
- Pinedo, S. K. (2018). Caracterización fisicoquímica y organoléptica de variedades comerciales de arándano y otras especies del género *Vaccinium*. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 1(3), 52-58. <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/CNI/article/view/426>
- Vásquez, S.; Guillen, R.; Jaramillo, S.; Jimenez, A.; Rodríguez, R. (2012). Funcionalidad de distintas variedades de arándanos. VII Congreso Español de Ingeniería de Alimentos. 07 – 09 noviembre. Universidad de Castilla La Mancha. España. Recuperado en: <https://previa.uclm.es/area/cta/cesia2012/cd/web/Docs/Libro-CESIA2012.pdf>
- Ray, S.; Raychaudhuri, U., & Chakraborty, R. (2016). An overview of encapsulation of active compounds used in food products by drying technology. *Food Bioscience*, 13, 76-83. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2015.12.009>
- Ruales A. V.; Rojas A. F., & Cardona, C. A. (2017). Obtención de compuestos fenólicos a partir de residuos de uva isabella (*Vitis labrusca*). *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(spe2), 72-79.
- Ryu, D., Park, H. M., & Koh, E. (2020). Effects of solid-liquid ratio, time, and temperature on water extraction of anthocyanin from Campbell early grape. *Food Analytical Methods*, 13(3), 637-646.
- Šarić, B., Dapčević-Hadnađev, T., Hadnađev, M., Sakač, M., Mandić, A., Mišan, A., & Škrobot, D. (2019). Fiber concentrates from raspberry and blueberry pomace in gluten-free cookie formulation: Effect on dough rheology and cookie baking properties. *Journal of Texture Studies*, 50(2), 124–130
- Sangoluisa-Tipan, M. P., Santacruz, C., & Salvador, M. (2019). Efecto del método de extracción de antocianinas de la flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) en la eficiencia de celdas solares sensibilizadas. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 11(2). <https://doi.org/10.18272/aci.v11i2.888>

- Shimamura T, Sumikura Y, Yamazaki T, Tada A, Kashiwagi T, Ishikawa H, Matsui T, Sugimoto N, Akiyama H, Ukeda H. (2014). Applicability of the DPPH assay for evaluating the antioxidant capacity of food additives - inter-laboratory evaluation study -. *Anal Sci.* 2014;30(7):717-21. doi: 10.2116/analsci.30.717. PMID: 25007929.
- Silva, P. I., Stringheta, P. C., Teófilo, R. F., & de Oliveira, I. R. N. (2013). Parameter optimization for spray-drying microencapsulation of jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) peel extracts using simultaneous analysis of responses. *Journal of Food Engineering*, 117(4), 538-544. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.08.039>
- Tagliani, C., Pérez, C., Curutchet, A., Arcia, P., & Cozzano, S. (2019). Blueberry pomace, valorization of an industry by-product source of fibre with antioxidant capacity. *Food Science and Technology*, 39, 644-651. <https://doi.org/10.1590/fst.00318>
- Treybal, R. E., & García Rodríguez, A. (1988). *Operaciones de transferencia de masa*. 2da Edic, Editorial McGraw-Hill.
- Thuy, N. M., Han, D. H. N., Minh, V. Q., & Van Tai, N. (2022). Effect of extraction methods and temperature preservation on total anthocyanins compounds of *Peristrophe bivalvis* L. Merr leaf. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, 10(2), 1-5.
- Waterhouse, G. I.; Sun-Waterhouse, D.; Su, G.; Zhao, H., & Zhao, M. (2017). Spray-drying of antioxidant-rich blueberry waste extracts; interplay between waste pretreatments and spray-drying process. *Food and Bioprocess Technology*, 10(6), 1074-1092.
- Zapata, L. M. (2014). *Obtención de extracto de antocianinas a partir de arándanos para ser utilizado como antioxidante y colorante en la industria alimentaria* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- Zhang, J. & Singh, R. & Quek, Siew Young. (2019). Chapter 3. Extraction of Anthocyanins from Natural Sources – Methods and Commercial Considerations. Su-ling & Celli (Eds). *Anthocyanins from Natural Sources : Exploiting Targeted Delivery for Improved Health*. (pp. 77-99). The Royal Society of Chemistry
- Zuidam, N. J., & Nedovic, V. (Eds.). (2010). *Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing*. doi:10.1007/978-1-4419-1008-0

ANEXOS

ANEXO N°1: Declaración de autenticidad

ANEXO C: DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD



Universidad
Ricardo Palma

Escuela de Posgrado

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y NO PLAGIO

DECLARACIÓN DEL GRADUANDO

Por el presente, el graduando: *(Apellidos y nombres)*

CONDE CARRIÓN, Chammy Samuel

en condición de egresado del Programa de Posgrado:

Sistemas de Gestión de la Calidad e Inocuidad en la Ind. Alimentaria

deja constancia que ha elaborado la tesis intitulada:

"Influencia de la Extracción y Secado por Atomización de Desechos Industriales (*Vaccinium corymbosum* L.) en la Calidad del Concentrado obtenido en Antocianina, Polifenoles y Capacidad Antioxidante."

Declara que el presente trabajo de tesis ha sido elaborado por el mismo y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica, de investigación, profesional o similar.

Deja constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no ha asumido como suyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o de la Internet.

Asimismo, ratifica que es plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asume la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento y es consciente de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, el graduando se somete a lo dispuesto en las normas de la Universidad Ricardo Palma y los dispositivos legales vigentes.


Firma del graduando

19-12-2022
Fecha

ANEXO N°2: Autorización de consentimiento para realizar la investigación

ANEXO D: AUTORIZACIÓN DE CONSENTIMIENTO PARA REALIZAR LA INVESTIGACIÓN



Universidad
Ricardo Palma

Escuela de Posgrado

AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR LA INVESTIGACIÓN

DECLARACIÓN DEL RESPONSABLE DEL AREA O DEPENDENCIA DONDE SE REALIZARA LA INVESTIGACIÓN

Dejo constancia que el área o dependencia que dirijo, ha tomado conocimiento del proyecto de tesis titulado:

"Influencia de la Extracción y Secado por Atomización de
Desechos de Sañdano (*Vaccinium Corymbosum* L.) en el cont.
de Antocianina, polifenoles y Capacidad Antioxidante"

el mismo que es realizado por el Sr./Srta. Estudiante (Apellidos y nombres):

CONDE CARRIÓN, Chammy Samuel

, en condición de estudiante - investigador del Programa de:

Maestría en Gestión de la Calidad e Inocuidad en la Ind. Alimentaria.

Así mismo señalamos, que según nuestra normativa interna procederemos con el apoyo al desarrollo del proyecto de investigación, dando las facilidades del caso para aplicación de los instrumentos de recolección de datos.

En razón de lo expresado doy mi consentimiento para el uso de la información y/o la aplicación de los instrumentos de recolección de datos:

Nombre de la empresa: <i>INSTITUTO DE DESARROLLO AGROINDUSTRIAL INDDA - UNALM</i>	Autorización para el uso del nombre de la Empresa en el Informe Final	<input checked="" type="checkbox"/> NO
--	---	---

Apellidos y Nombres del Jefe/Responsable del área: <i>Mg. Monique Muñoz Mosto</i>	Cargo del Jefe/Responsable del área: <i>Directora Ejecutiva</i>
--	--

Teléfono fijo (incluyendo anexo) y/o celular: <i>349 5641 / 995518030</i>	Correo electrónico de la empresa: <i>mmunoz@la.molina.edu.pe</i>
--	---

INSTITUTO DE DESARROLLO AGROINDUSTRIAL
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

[Firma]
.....
Mg. Adm. Olga Monique Muñoz Mosto
Directora Ejecutiva

22/10/19

Fecha

ANEXO N° 3 : Matriz de consistencia

Título: “INFLUENCIA DE LA EXTRACCIÓN Y SECADO POR ATOMIZACIÓN DE DESECHOS INDUSTRIALES DE ARÁNDANO (*Vaccinium corymbosum* L) EN LA CALIDAD DEL CONCENTRADO OBTENIDO EN ANTOCIANINA, POLIFENOLES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE”

Problema General	Objetivo General	Hipótesis general	Variables generales	Dimensión	Indicador	Técnicas /instrumentos
¿Cuál es la influencia de la extracción y secado por atomización de desechos industriales de arándano (<i>vaccinium corymbosum</i> l) en la calidad del concentrado obtenido, en antocianina, polifenoles y capacidad antioxidante?	Determinar la influencia de la extracción y secado por atomización de desechos industriales de arándano (<i>vaccinium corymbosum</i> l) en la calidad del concentrado obtenido, en antocianina, polifenoles y capacidad antioxidante.	La extracción y secado por atomización de desechos industriales de arándano (<i>vaccinium corymbosum</i> l) influyen significativamente en la calidad del concentrado obtenido, en antocianina, polifenoles y capacidad antioxidante.	Extracción: - Temperatura - pH - Tiempo Secado por atomización: - Temperatura de entrada del aire. - Porcentaje de Maltodextrina	Temperatura pH Tiempo Temperatura Encapsulante	- Grados Celsius, °C - Escala de pH - Minutos - Grados Celsius, °C - % de Maltodextrina	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicos	Variables específicas	Dimensión	Indicador	
a) ¿Cuál es la influencia de la temperatura, pH y tiempo de extracción en el rendimiento de antocianina a partir de residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L)? b) ¿Cuál es la influencia de la temperatura de entrada del aire y porcentaje de maltodextrina en el rendimiento, fenoles totales, capacidad antioxidante, y contenido de antocianina de extracto obtenido de residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L), secado por atomización? c) ¿Cuál es la calidad del producto obtenido en polifenoles, capacidad antioxidante y antocianina?	a) Evaluar la influencia de la temperatura, pH y tiempo de extracción en el rendimiento de antocianina a partir de residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano. b) Determinar la influencia de la temperatura de entrada del aire y porcentaje de maltodextrina en el rendimiento, fenoles totales, capacidad antioxidante y contenido de antocianina de extracto obtenido de residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano, secado por atomización. c) Determinar la calidad del producto obtenido en polifenoles, capacidad antioxidante y antocianina.	a) La temperatura, pH y tiempo de extracción, influyen significativamente en el rendimiento de antocianina a partir de residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L). b) La temperatura de entrada del aire y porcentaje de maltodextrina influyen significativamente en el rendimiento, fenoles totales, capacidad antioxidante y contenido de antocianina de extracto obtenido de residuos procedentes de la industria de pulpa de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L), secado por atomización. c) La calidad del producto obtenido es alta en polifenoles, capacidad antioxidante y antocianina.	Contenido de antocianas Contenido de compuestos fenólicos Capacidad antioxidante. Rendimiento masico	--	mg de cianidina /g muestra Ác.gálico (EAG)/ g de muestra. µmol equiv. Trolox/g mg de equiv. % (g/100g)	Método de pH Diferencial Método Folin-Ciocalteu Método DPPH

ANEXO N° 4: Matriz de Operacionalización.

	Materia prima (cascara de arándano)	Pre-tratamiento	Extracción de componentes	Filtrado y estandarizado	Secado por atomización	Envasado y Caracterización
			Lixiviación		Parámetros de estudio	
P R O C E S O S	Cascara de arándano	<p style="text-align: center;">→ Secado</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">Molienda →</p>	<p>T°C: min. 50°C – máx. 70°C</p> <p>pH: min. 2.0 – máx. 3.0</p> <p>Tiemp: min. 30 min – máx. 60 min</p> <p>Mejor tratamiento</p>		<p>% Malto dextrina: min 7.5 % - máx. 11%</p> <p>TEA: min: 140°C – máx. 160°C</p>	
C O N T R O L E S	Análisis químico proximal	- Análisis químico proximal	- Antocianina Totales.			<ul style="list-style-type: none"> - Antocianina Totales - Cap. Antioxidante. - Polifenoles Totales. - Rendimiento masico.

