



**Benemérita
Universidad Autónoma de Puebla**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

“Influencia del pre tratamiento y maceración en la cantidad de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante en un licor de arándano azul (*Vaccinium Corymbosum* L).”

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de:

***LICENCIATURA
DE INGENIERO EN ALIMENTOS***

Presentan:

**Maricruz Vargas Moreno
Luis Alberto Pérez Alvarado**

Director de Tesis:

**Dra. María Elena Ramos Casellis.
M.C.**

Puebla, Pue. Agosto, 2022



BUAP.

Oficio No. FIQ/AC/230/2021
Asunto: Registro de Tema de Tesis

C. MARICRUZ VARGAS MORENO
PASANTE DE LA LICENCIATURA EN
INGENIERÍA EN ALIMENTOS
P R E S E N T E:

Por medio del presente me permito informarle, de la aprobación del Registro de Tema de Tesis de la Licenciatura en Ingeniería en Alimentos cuyo título es el siguiente:

“Influencia del pre tratamiento y maceración en la cantidad de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante en un licor de arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L)”

Con el siguiente contenido:

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1	ANTECEDENTES
CAPÍTULO 2	METODOLOGÍA
CAPÍTULO 3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CONCLUSIONES
BIBLIOGRAFÍA

Directora de Tesis: Dra. Ma. Elena Ramos Cassellis.

Lo cual me permito comunicarle para su conocimiento y fines consiguientes aclarando que la vigencia de este tema será **UNICAMENTE POR UN AÑO**.

Atentamente
“Pensar Bien, Para Vivir Mejor”
H. Puebla de Z., a 12 de agosto de 2021

Dra. Valeria Jordana González Coronel
Secretaría Académica



C.c.p. Directora de Tesis: Dra. Ma. Elena Ramos Cassellis.
C.c.p. Archivo.

Facultad
de Ingeniería
Química

Av. San Claudio s/n, Col. San
Manuel, Ciudad Universitaria,
Puebla, Pue. C.P. 72590
01 (222) 229 55 00
Exts. 7250 y 7251



BUAP.

Oficio No. FIQ/AC/229/2021
Asunto: Registro de Tema de Tesis

C. LUIS ALBERTO PÉREZ ALVARADO
PASANTE DE LA LICENCIATURA EN
INGENIERÍA EN ALIMENTOS
P R E S E N T E:

Por medio del presente me permito informarle, de la aprobación del Registro de Tema de Tesis de la Licenciatura en Ingeniería en Alimentos cuyo título es el siguiente:

“Influencia del pre tratamiento y maceración en la cantidad de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante en un licor de arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L)”

Con el siguiente contenido:

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1	ANTECEDENTES
CAPÍTULO 2	METODOLOGÍA
CAPÍTULO 3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CONCLUSIONES
BIBLIOGRAFÍA

Directora de Tesis: Dra. Ma. Elena Ramos Cassellis.

Lo cual me permito comunicarle para su conocimiento y fines consiguientes aclarando que la vigencia de este tema será **UNICAMENTE POR UN AÑO**.

Atentamente
"Pensar Bien, Para Vivir Mejor"
H. Puebla de Z., a 12 de agosto de 2021

Dra. Valeria Jordana González Coronado
Secretaria Académica



C.c.p. Directora de Tesis: Dra. Ma. Elena Ramos Cassellis.
C.c.p. Archivo.

Facultad
de Ingeniería
Química

Av. San Claudio s/n, Col. San
Manuel, Ciudad Universitaria,
Puebla, Pue. C.P. 72590
01 (222) 229 55 00
Exts. 7250 y 7251



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA



Ingeniería Ambiental ()
Ingeniería en Alimentos (x)
Ingeniería en Materiales ()

Al C. Sustentante: Maricruz Vargas Moreno

De acuerdo a la **presentación y revisión** del coloquio de tesis:

“Influencia del pre tratamiento y maceración en la cantidad de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante

en un licor de arándano azul (*Vaccinium Corymbosum L.*) se aprueba la impresión y empastado de la misma.

Integrantes de la Comisión Revisora:

Presidente: Dra. Lorena Luna Guevara.
Secretario: MES. Madai Gizeh Sánchez Arzubide.
Vocal: Dra. María Elena Ramos Casellis.

FIRMA





Fecha de Examen: 26 de agosto del 2022

H. Puebla de Zaragoza a 20 de junio de 2022



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA



Ingeniería Ambiental ()
Ingeniería en Alimentos (x)
Ingeniería en Materiales ()

Al C. Sustentante: Luis Alberto Pérez Alvarado

De acuerdo a la **presentación y revisión** del coloquio de tesis:

“Influencia del pre tratamiento y maceración en la cantidad de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante

en un licor de arándano azul (*Vaccinium Corymbosum L.*” se aprueba la impresión y empastado de la misma.

Integrantes de la Comisión Revisora:

Presidente: Dra. Lorena Luna Guevara.
Secretario: MES. Madai Gizeh Sánchez Arzubide.
Vocal: Dra. María Elena Ramos Casellis.

FIRMA





Fecha de Examen: 26 de agosto del 2022

H. Puebla de Zaragoza a 20 de junio de 2022

Mari

A mi madre; Eutiquia Moreno Espinoza, por ser mi ejemplo a seguir, enseñarme a ser perseverante, guiarme y apoyarme durante todo este tiempo. Por su amor, comprensión y tener siempre las palabras adecuadas para cada situación. Gracias infinitas que me alcance la vida para devolverle un poco de todo lo que me da. Gracias por todo tu trabajo, tu cansancio y fuerza, por tu entrega día a día a tu familia.

A mi padre; Arturo Vargas Reyes, Por todo su apoyo, por su interés en mi formación y su tiempo. Gracias por creer en mí, por mostrarme la importancia de la constancia en el trabajo, por su inspiración a levantarme temprano cada día para aprovechar el día y cumplir con nuestros objetivos.

A mis hermanos: Luis Arturo; por ser ejemplo a seguir, Guadalupe; por todo su cuidado y apoyo durante este tiempo, Daniel; por su apoyo y trabajo, Ana Luisa; por ser mi cómplice jeje, Juan Jesús; por su apoyo y madurez sobre todo en estos últimos años. Gracias a cada uno por ser porque han formado parte durante todo este tiempo.

A mis sobrinos: Por alegrar mis días, por ayudarme a olvidar el estrés con sus ocurrencias, cuando los días eran muy pesados.

A mis amigos: Por su ayuda, por su motivación y compartir momentos de preocupación, estrés jaja, pero sobre todo momentos de amistad, de risas y apoyo incondicional. Y sobre todo a Luis por ser coautor en este proyecto, por ser un gran amigo y por sus consejos durante toda la uní. Pero sobre todo quiero agradecer a DIOS por darme entendimiento, inteligencia, constancia, paciencia. Por todas las bendiciones derramadas en mí y mi familia. Por ayudarme a superar cada etapa de dificultad y cada reto que se presentó en el camino.

LUIS

Quiero agradecer personalmente a DIOS por guiarme en todo momento y por permitirme estar presente.

A mi madre Gabriela Alvarado y mi hijo Abdiel Pérez por ser fuente de inspiración, amor y motores en mi vida.

También a mis hermanos Gabriel, Saul, Paty y Monse y mi tío Alfredo por todo su apoyo incondicional, consejos y por creer en mí.

A Maricruz Vargas por todo su apoyo, acompañamiento, compromiso, dedicación y cariño durante la carrera y nuestra tesis.

A nuestra directora de tesis Dra. María Elena Ramos Casellis por todo su apoyo, por dedicarnos sus atenciones y tiempo, las enseñanzas y paciencia

Índice

Índice	2
Introducción:	9
Objetivo General:	10
Objetivos específicos:	10
Hipótesis:	11
CAPITULO 1: ANTECEDENTES	12
1.1 Zona trabajo.....	12
1.2 Fruto arándano	12
1.2.1 Cultivo	13
1.2.2 Suelo.....	13
1.2.3 Clima.....	13
1.2.4 Agua:.....	14
1.2.5 Cosecha	14
1.3 Importancia de las bayas en México	15
1.4 Composición química.....	15
1.5 Metabolitos secundarios (Antioxidantes).....	17
1.6 Compuestos fenólicos:.....	17
1.7 Antocianinas	19
1.8 Estrés oxidativo y antioxidantes	20
1.9 Alimentos Funcionales	20
1.10 Bebidas.....	21
1.10.1 Origen de los Licores.....	21
1.10.2 Clasificación de Licores:	22
1.11 Pre tratamientos.....	23
1.11.1 Escaldado.....	23
1.11.2 Tipos de escaldado	23
1.11.3 Secado	24
1.12 Mecanismos de transferencia de masa y calor	26
1.13 Maceración	27
1.13.1 Tipos	28
1.13.2 Variables de extracción	29
1.14 Fundamentos de los procedimientos.....	29
1.14.1 Cuadrado de Pearson:	29
1.14.2 Índice de madurez.....	30

1.14.3 Fundamento del Método de Folin-Ciocalteu.	30
1.14.4 Mecanismo de acción del reactivo Folin Ciocalteu.....	31
1.14.5 Método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo).	32
1.14.6 Análisis sensorial:.....	34
1.14.7 Prueba triangular:	35
CAPITULO 2: METODOLOGIA	37
2.1 Obtención de la materia prima.	38
2.2 Lavado y desinfección:.....	39
2.3 Acidez titulable:.....	39
2.4 Metodología de grados °Bx.	41
2.5 Metodología para determinación de pH:	41
2.6 Determinación del índice de madurez:	42
2.7 Metodología de los 3 pretratamientos independientes aplicados al arándano azul. ...	43
2.7.1 Escalado (ESC):.....	43
2.7.2 Secado convectivo (SC):	43
2.7.3 Secado solar (SS):	44
2.8 Maceración en frío (MF):.....	45
2.9 Maceración en caliente (MC):	45
2.10 Elaboración del licor:.....	47
2.10.1 Elaboración de jarabe a 5°brix para obtener el licor de 12°brix	47
2.11 Método de Folin-Ciocalteu (FC)	48
12.12. Determinación de la Actividad antioxidante 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH)....	50
2.14. Prueba de Ordenamiento:.....	50
2.15 Método estadístico:.....	51
CAPITULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
3.1 Obtención de la materia prima:	52
3.2 Caracterización fisicoquímica del arándano azul.....	52
3.2.1 Medición de pH	52
3.2.2 Medición de grados °Brix.....	53
3.2.3 Acidez titulable (AT)	53
3.2.4 Índice de madurez.....	54
3.3 SECADO CONVECTIVO Y CINETICA DE SECADO.....	54
3.4 SECADO SOLAR Y CINETICA DE SECADO:	55
3.5 ESCALDADO.....	59
3.6 MACERACIÓN EN FRIO:	59
3.7 MACERACIÓN EN CALIENTE	60

3.8 OBTENCIÓN DE LICOR.....	62
3.9 Determinación de Polifenoles totales, resultados del ensayo método de Folin.....	64
3.10 Actividad antioxidante, Resultados del ensayo método DDPH.....	66
3.11 Análisis sensorial	68
3.11.2 Resultados de prueba preferencia.....	68
3.11.2 Resultados de prueba sensoria Dúo-trío.....	71
3.12. Análisis estadístico: Anova de dos factores.	73
3.12.1 Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo, para evaluar contenido fenólico.	73
3.12.1.1 Comparaciones por parejas de Fisher: PRETRATAMIENTO *MACERACION	74
Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%.....	74
3.12.2 Anova de dos factores para Actividad antioxidante en licores de arándano azul (<i>Vaccinium corymbosum L.</i>).....	75
3.13 Conclusiones	77
3.14 Bibliografía:.....	78
“ANEXOS 1”	89
ANEXO: PRUEBA SENSORIAL.....	96
“ANEXO 3 “	97

INDICE DE FIGURAS

Tabla 1.1 Composición nutricional del arándano (<i>Vaccinium corymbosum L.</i>)	16
Fig. 1.2 Estructura química flavonoides.	18
Fig.1.3 Estructura química Flavonoides.	18
Fig.- 1.4 Clasificación de compuestos fenólicos.	19
Fig. 1.4. Clasificación de compuestos fenólicos según su estructura química, Fuente: Harborne & Simmonds, 1964.....	19
Fig.1.5 Estructura química del Acido Gálico. Fuente: (La cueva, A., y col..... (2010).....	31
Fig.1.6 Reacción entre el ácido gálico y el reactivo de FC. Fuente Magalhaes y col., 2010.....	31
Fig.-1.7 Estructura química del reactivo de Folin. Fuente: (BRAND-WILLAMS y col., 1995).....	32
Fig. 1.8 Estructura química del DPPH.....	33
Fig.1.9 Mecanismo de reacción del radical DPPH* con un compuesto antioxidante Fuente: Brand y col, 1995.	33
Fig.2.1 Diagrama de trabajo experimental.	37
Fig.2.1- Diagrama de proceso para la elaboración de licor de arándano azul (<i>Vaccinium corymbosum L.</i>). Fuente: Elaboración propia.	37
Fig. 2.2 Ubicación de la central de abastos donde se obtuvo el arándano azul.	38
Fig. 2.3 Defectos encontrados en Arándano azul.	39
Fig. 2.4 Determinación de acidez titulable.....	40
Fig. 2.5 Equipo para medir Solidos Solubles (Refractómetro).....	41
Fig. 2.6 Determinación de pH instrumento y peso de muestra.	42
Fig.2.7 Pretratamiento escaldado de arándano azul.....	44
2.8. Arándano azul laminado en 3mm de grosor.....	43
Fig.2.9- Secado solar y monitoreo de humedad.....	44
Fig. 2.9 Secado solar del arándano azul (<i>Vaccinium corymbosum L.</i>),.....	44
Fuente: Elaboración propia.	45
Fig. 2.10 Control de temperatura en el proceso de maceración en caliente.	46
.....	46
Fig.-2.11 Espectrofotómetro UV-VIS (Jenway, 7305), utilizado para leer absorbancia a 760 nm para el método de Folin Ciocalteu determinación de fenoles totales.	49
Fuente: Elaboración propia	49
Fig.- 2.12 Método de Folin C. Para determinar fenoles totales.	49
Fig.3.1 Determinación de °Brix en Arándano azul.	53

Fig.-3.2 Grafica. Cinética de secado convectivo de arándano azul cortado en láminas de 3mm a 65°C, los puntos representan el promedio de los datos experimentales obtenidos. Fuente: Elaboración propia	54
Fig. 3.3 Proceso de secado solar del Arándano azul, el fruto fue cortado en láminas de 3mm. a) Capsulas para control de humedad, b) Sistema donde se realizó el proceso de secado solar. Fuente: Elaboración propia.....	56
Fig.-3.4 Cinética de secado solar de arándano azul cortado en láminas de 3 mm. Fuente: Elaboración Propia.....	57
Fig.- 3.5 a) Apreciación del arándano azul antes del pre tratamiento de escaldado. b) Apreciación de abrillantamiento en superficie de Arándano Azul Vaccinium Corymbosum después del pretratamiento de escaldado. Fuente: Elaboración propia.	59
Fig.-3.6 imágenes de los macerados obtenidos, a) SCMF, b) ESCMF, c) SSMF, d) SSMC, e) ESCMC y f) SCMC. Fuente: Elaboración propia.....	61
Fig.- 3.7 Licores de arándano azul obtenidos.	63
Fig.3.8 Representación gráfica de la aceptación del sabor de 3 licores, LSCMF, LSCMF Y LSCMC, codificados 235, 487 y 023, respectivamente en prueba sensorial. Fuente: Elaboración propia.	69
Fig.-3.9 Representación gráfica de la aceptación de color de diferentes licores en prueba sensorial. Fuente: Elaboración propia.....	70
Fig.-3.10 Representación gráfica de los resultados obtenidos en la prueba sensorial donde A) R=163 Y B) R=419.....	72

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Vol gastado durante la Titulación con NaOH 0.01 N para determinar índice de madurez en el arándano azul fresco.	40
Tabla. 2.2 Claves de identificación para los macerados.....	47
Tabla 2.3. Tabla de volúmenes calculados mediante el cuadrado de Pearson para elaborar licores de 12° Brix.	48
Tabla. 3.1. Resultados de análisis fisicoquímico para el arándano azul (Vaccinium Corymbosum), Fruto fresco.	52
Tabla 3.2.- Porcentaje de humedad obtenido en arándano azul, laminado a 3mm de grosor, para secado solar (SS) y secado convectivo (SC) a distintos intervalos de tiempo. Fuente: elaboración propia.	58
Fig.3.3 Tabla. Resultados fisicoquímicos de los macerados.	61
Tabla.3.4 Determinación de concentración de solidos en los 6 macerados obtenidos.	62
Tabla. - 3.6. Los Valores indican la media aritmética \pm desviación estándar resultados arrojados con el método DPPH, las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.	66
Tabla. – 3.7 Resultados obtenidos para la prueba sensorial por ordenamiento: Evaluación de sabor y color.	68
Tabla. - 3.8Resultados obtenidos en la prueba dúo-trío, aplicado a 30 panelistas de consumidores.....	71
Tabla. - 3.9Resultados obtenidos para prueba anova de dos factores con nivel de significancia 0.05. Fuente: Elaboración propia.	73
Tabla. - 3.10Metodo de Fisher para evaluar pretratamientos y tipo de maceración en cantidad de compuestos fenólicos de los licores, Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.....	74
Tabla. - 3.11Anova de 2 factores para la actividad antioxidante de los licores desarrollados. Fuente: Elaboración propia.	75
Tabla. - 3.12Metodo de Fisher para evaluar pretratamientos y tipo de maceración en actividad antioxidante de los licores, Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.	76

INDICE DE ECUACIONES

Ec.1. Ecuación para calcular la acidez titulable en arándano azul.	40
EC. 2.1 Ecuación para determinar el % de humedad. Fuente: AOAC 2005, NTP-ISO 6496-2015.	45
Ec.2.2 Cálculo de volumen necesario de etanol	46

Introducción:

Los licores en nuestro país representan una gran diversidad de conocimientos y vivencias de los productores, con una gran diversidad de sabores y recetas que se conservan desde hace muchos años y que se transmiten de generación en generación. A estos licores se les han atribuido diferentes propiedades medicinales debido a los metabolitos presentes en los frutos y los vegetales (Prior & Cao., 2000).

Los arándanos, como otras frutas rojas, aportan compuestos fenólicos (antocianinas) que están asociados a la reducción del estrés oxidativo y a colaborar en la prevención de ciertas enfermedades degenerativas, esto los ha llevado a pertenecer a un grupo de alimentos conocidos como funcionales, debido a las propiedades biológicas de sus pigmentos y a su capacidad antioxidante llamados también superfrutas, siendo un factor para el rápido crecimiento de su producción y comercialización mundial; las razones que explican el interés que han despertado estos frutos son: su elevada rentabilidad, rápido retorno de la inversión, uso intensivo de mano de obra, versatilidad de los frutos para su consumo y su potencial exportador (González y col., 2019).

Dentro de las bayas el arándano azul ocupa el primer lugar en contenido de antioxidantes, la calidad de estos es superior en comparación con los antioxidantes encontrados en otras bayas (Neto., 2007), debido a esto, el creciente interés por obtener la actividad fisiológica de los compuestos fenólicos y fitoquímicos al consumirlos, ha despertado el interés de los consumidores, así como el de mucha investigación sobre el beneficio de su ingesta.

Existen múltiples familias de compuestos fenólicos en la composición del arándano azul como ácidos fenólicos, catequinas, flavonoides y antonianos que han mostrado tener una gran actividad antioxidante (Sellapan y col., 2002).

Objetivo General:

Desarrollar un licor de arándano azul (*Vaccinium corymbosum L*) con frutos producidos en Michoacán, aplicando distintos pre tratamientos antes del proceso de maceración, para evaluar su efecto en el contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en el producto obtenido.

Objetivos específicos:

- Establecer contacto con productores que cultiven arándano azul y presenten una pérdida significativa de su producción para ofrecer una alternativa de uso.
- Aplicar 3 pre tratamientos (secado convectivo (A), Escaldado (B), secado solar(C) al arándano azul y dividir en dos muestras cada grupo, realizar una maceración en frío a la muestra 1 y maceración en caliente a la muestra 2, evaluar propiedades fisicoquímicas para cada macerado.
- Desarrollar un licor de arándano azul con cada tipo de macerado para evaluar la actividad antioxidante en cada producto final.
- Obtener el contenido de compuestos fenólicos y realizar una comparación de resultados para los licores obtenidos.

Hipótesis:

La actividad antioxidante del licor de arándano azul se potencializa o se mantiene en función de un pre tratamiento y del tipo macerado.

CAPITULO 1: ANTECEDENTES

Resumen: “El arándano azul es conocido como un alimento funcional debido a su composición química, principalmente a los compuestos fenólicos y antocianinas pues se ha demostrado en múltiples estudios científicos los beneficios que estos ofrecen a la prevención de enfermedades crónico degenerativas, el consumo de estas bayas presenta una tendencia creciente en los últimos años, su cultivo requiere de características específicas para el suelo, el agua y el clima pues esto repercute directamente en la disponibilidad y calidad del fruto ”

1.1 Zona trabajo

El valle de los Reyes es una zona productora importante de diversas frutas, algunas de estas son; la frambuesa, la zarzamora, la caña dulce y no puede faltar el arándano azul, que su producción destaca a nivel nacional. Este valle se encuentra situado en la zona occidental el estado de Michoacán. La superficie se extiende desde 20 kilómetros de norte a sur y 12 kilómetros de poniente a oriente aproximadamente, con una altitud promedio de 1,200 metros sobre el nivel del mar, está rodeado por una serie de cadenas montañosas: el eje neo volcánico al norte, oriente, sur y la sierra del Tigre, también llamada Sierra de Jalmich, al occidente (Thièbaut., 2011).

1.2 Fruto arándano

El arándano azul se desarrolla en arbustos perennes, suelen ser elevados y reclinados, de altura que va desde los 10 cm a los 4 m, estas bayas tienen un color azul oscuro o rojizo y una forma esférica con un diámetro que va desde los 5- 16 mm, con una corona acampanada (Valdenegro., 2007). Posee un diámetro de 1 a 2 cm, su epidermis está recubierta por una serosidad característica importante, pues junto con la consistencia que posee hace que la durabilidad post cosecha sea mucho mayor que las otras bayas como la frambuesa y la grosella.

El arándano azul o blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) es el tipo de arándano que más se conoce en el mundo, ya que en la actualidad representa el 54% de la superficie cultivada de arándanos a nivel global, se considera una buena fuente importante de

compuestos fenólicos, muy son reconocidos por su alto poder antioxidante (Prior y col., 1998).

1.2.1 Cultivo

Las condiciones para que se pueda llevar a cabo el cultivo de arándano azul son muy específicas e importantes, por ejemplo, el clima que hay en la región es cálido-húmedo, también la tierra de la región es de migajón arcilloso, esto le confiere la capacidad de retención de humedad. Otra ventaja en la zona es que abundan los ríos, que nacen en las sierras de los alrededores y surten las tierras, representando así condiciones favorables para la actividad agrícola en el fondo del valle (Cordero., 1999). A continuación, se mencionan algunas de las condiciones más importantes para el cultivo del arándano azul.

1.2.2 Suelo

Las raíces del arándano no tienen la capacidad de atravesar superficies de suelo compactas y requieren de suelos sueltos y bien drenados, con buena cantidad de materia orgánica (3% a 5%). Los arándanos tienen buen crecimiento de suelos con pH entre 4,4 y 5,5. Para conocer de manera efectiva los macro y micronutrientes, salinidad (conductividad eléctrica), materia orgánica y pH, se recomienda realizar análisis químico de suelos (Rebolledo., 2013)

1.2.3 Clima

El arándano se adapta a una gran diversidad de climas, pero generalmente requiere zonas con una acumulación de 400 a 1200 horas fríos ya que estas regiones resultan idóneas para su cultivo, los veranos soleados favorecen a la calidad del fruto y evitan la formación de plagas como hongos fitopatógenos, pero el exceso de temperaturas altas puede afectar a la calidad del fruto o central la producción a una temporada y restringir la producción escalonada. Se deben evitar lugares con viento y lluvias fuertes donde el cultivo se establece al aire libre pues provoca la caída de flores y frutos además evita la polinización.

1.2.4 Agua:

Los principales problemas que se presentan en el cultivo a causa del riego se deben al tipo de suelo que se elige, se recomienda que el suelo contenga arcilla mayor al 20% para evitar problemas de mala aireación ya que esto limita el crecimiento y correcto desarrollo de raíces debido a exceso de humedad, también se presenta asfixia radicular y enfermedades en raíces en suelos que tiene un contenido menor de arcilla. De manera general la demanda de agua es de 1.5 a 3 litros por día para cada planta.

Cuando hay un desconocimiento de la calidad del agua, se recomienda realizar un análisis químico donde se determine sales solubles, razón de adsorción de sodio (RAS) y pH. También se debe considerar realizar un análisis microbiológico, ya que el agua de riego debe ser de buena calidad, de igual manera el arándano es muy sensible a la falta de agua, pero también al exceso, esto se debe a que el tamaño de las raíces del arándano azul es muy corto (Rebolledo., 2013).

1.2.5 Cosecha

La temporada de cosecha en la zona de los Reyes, Michoacán, inicia en septiembre y finaliza el mes de junio, esto se debe principalmente a que las condiciones ambientales de la región permiten un amplio rango de producción, dejando únicamente dos meses sin producto fresco al mercado, a diferencia de otras zonas productoras en el país.

El color es un buen indicador para realizar una adecuada selección del arándano azul, la cosecha debe realizarse cuando la epidermis posee un color purpura, este cambio de color se debe al contenido de antocianinas, fenoles, pH y sólidos solubles, que en cierta medida repercuten en el tamaño y el color del arándano azul, pasando de rosa al azul oscuro (Kalt y col., 1996), conforme el color del fruto cambia, se produce un aumento en el contenido de sólidos solubles, y también una disminución de la acidez. También se logra observar un progresivo ablandamiento de la pulpa (Vaurant., 2013).

La cosecha da inicio cuando el 10-15% de los frutos están maduros y que tienen un contenido de azúcares por encima de los 11 °Brix, cabe mencionar que no todos los arándanos maduran al mismo tiempo, por lo que se recomienda realizar una cosecha gradual.

1.3 Importancia de las bayas en México

En México, las bayas que se cultivan de forma silvestre en las regiones boscosas, son representantes típicos de las berries en nuestro país, las cuales han sido recolectadas desde tiempos remotos por los habitantes de dichas regiones (Sánchez., 2008). Cabe mencionar que el gran éxito en la producción de dichas especies, se debe en principalmente a que presentan las siguientes características: su atractivo sensorial, los beneficios para la salud, la moda, el control de suministro, su comercialización y la rentabilidad económica.

Los Berries han tomado cierta importancia en México en los últimos años, ya que además de la generación de empleos, es una fuente importante en hacer divisas para nuestro país, debido a que se aprovechan las ventajas comparativas y competitivas que nos brinda el mayor mercado consumidor de dichas frutas, siendo la temporada de invierno con mayor auge. En los últimos años han empezado a crecer, de tal manera que la superficie dedicada a dichas especies se ha incrementado de manera considerable. (Gonzales y col., 2019)

1.4 Composición química

Se ha reportado que el arándano azul contiene 60 Kcal, 2.4 g de fibra dietética, 0.74g de proteína, 9.96 g de azúcares, 9.7 mg de vitamina C (Acido ascórbico), 0.33 g de grasas según el United States Department a Agriculture (USDA por sus siglas en inglés).

El mayor componente en el arándano azul es el agua, según (Giovanelli y col., 2013), el contenido de humedad es del 87.31% y el contenido de sólidos se

encuentran entre 10 y 15 °Brix. Los azúcares totales (fructosa y glucosa principalmente) están en un rango entre 10 y 14 %, de los cuales aproximadamente un 95% pertenecen a azúcares reductores, el ácido cítrico es el principal ácido orgánico, lo sigue el ácido málico, es importante mencionar que el balance entre azúcares y ácidos es muy importante en la calidad del sabor de estas frutas (Dinamarca y col., 1986). Las antocianinas que se pueden hallar en la piel o en la pulpa, son responsables de dar el color característico al fruto. Contienen además una baja cantidad de carotenoides, por el contrario, el contenido de fenoles puede alcanzar hasta un 0.40 % (Dinamarca y col., 1986).

Tabla 1.1 Composición nutrimental de arándano azul.

Nutriente	/100g
Proteína	0.67 Kcal
Lípidos totales	0.38 g
carbohidratos	14.13 g
Fibra dietética	2.70 g
Calcio	6.0 mg
Potasio	89.0 mg
Fosforo	10.0 mg
Magnesio	5.00 mg
Sodio	6.0 mg
Vitamina C	13mg
Vitamina E	1.00 mg

Tabla 1.1 Composición nutricional del arándano (*Vaccinium corymbosum* L.)

Fuente: UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USA), (2002).

1.5 Metabolitos secundarios (Antioxidantes).

Las rutas metabólicas básicas constituyen los orígenes del metabolismo secundario de las plantas, dando como resultado una variada serie de compuestos, algunos de estos son responsables de olores, colores de los vegetales, otros son responsables de virtudes culinarias, medicinales o venenosas. Existen 3 diferentes grupos de interés, terpenos, los compuestos fenólicos y compuestos nitrogenados (Chinou, I., 2008). Según el número de isoprenos que presenta los isoprenoides se clasifican en mono terpenos, diterpenos, triterpenos, tetraterpenos y politerpenos algunos ejemplos de isoprenoides son aceites esenciales, saponinas y cardiotónico.

1.6 Compuestos fenólicos:

Los compuestos fenólicos contienen al menos un anillo aromático con uno o más grupos hidroxilos enlazados, estos se clasifican como: flavonoides y no flavonoides. Dentro de los grupos mayoritarios de los flavonoides se encuentran flavonas, flavonoles, flavan-3-oles, isoflavonas, flavanonas y antocianidinas; en tanto que los no flavonoides comprenden principalmente los ácidos fenólicos y los elagitaninos (Del Río y col., 2013).

Se estima que aproximadamente existen 8000 compuestos denominados como fenoles, distribuidos en especies vegetales, tejidos y células dichos compuestos presentan variaciones en su distribución esto en función del tipo de compuesto y la especie. En contenido de fenoles destacan principalmente las frutas, en la manzana se encuentra la quercetina (0,036 mg/g) y ácido clorogénico (entre 25,08 y 61,47 mg/L en el puré, y entre 38,85 y 81,28 mg/L en el concentrado), estos compuestos también se han encontrado en arándanos en concentraciones de 26,43 y 50,60 mg/L.

Se ha reportado que el arándano azul contiene una cantidad elevada de ácidos fenólicos en comparación con otras bayas, el que está en mayor presencia es el ácido clorogénico. Además, se ha encontrado que el contenido de compuestos fenólicos encontrado en las hojas de este fruto es significativamente mayor que el contenido en las bayas. (Ehlenfeldt y Prior., 2001)

Fig. 1.2 Estructura química flavonoides.

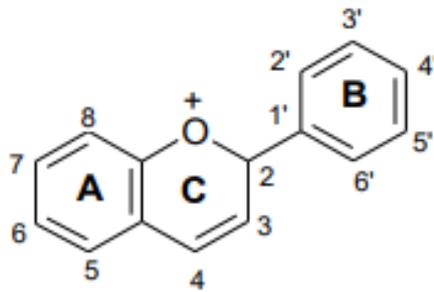


Fig.1.2 Estructura química básica del esqueleto básico de los flavonoides (Shahidi y Naczk, 1995).

Fig.1.3 Estructura química Flavonoides.

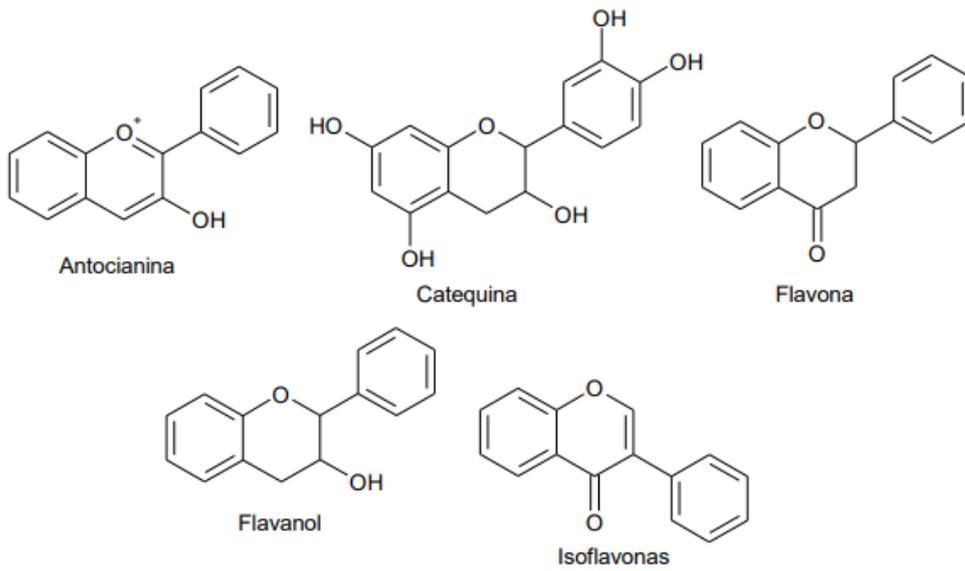


Fig.1.3 Estructura química de algunos flavonoides (Shahidi y Naczk, 1995).

Fig.- 1.4 Clasificación de compuestos fenólicos.

ESTRUCTURA	GRUPO
C6	<i>Fenoles simples</i>
C6-C1	<i>Acidos fenolicos y compuestos relacionados</i>
C6-C2	<i>Acetofenonas y acidos fenilaceticos</i>
C6-C3	<i>Acidos cinamicos, cinamil aldehidos, cinamil alcoholes.</i>
C6-C3	<i>Cumarinas, isocumarinas y cromonas</i>
C15	<i>Chalconas, auronas, dihidrochalconas</i>
C15	<i>Flavanos</i>
C15	<i>Flavonas</i>
C15	<i>Flavononas</i>
C15	<i>Flavanonoles</i>
C15	<i>Antocianidinas</i>
C15	<i>Antocianinas</i>
C30	<i>Biflavonilos</i>
C6-C1-C6-C6-C2-C6	<i>Benzofenonas, xantonas, estilbenos</i>
C6,C10,C14	<i>Quinonas</i>
C18	<i>Betacianinas</i>
<i>Lignanos, neolignanos</i>	<i>Dimeros U oligomeros</i>
<i>Lignina</i>	<i>Polieros</i>
<i>Taninos</i>	<i>Oligomeros o Polimeros</i>
<i>Flobafenos</i>	<i>Polimeros</i>

Fig. 1.4. Clasificación de compuestos fenólicos según su estructura química, Fuente: Harborne & Simmonds, 1964.

1.7 Antocianinas

En cuanto a las antocianinas características se han encontrado principalmente malvidinas, delphinidinas, petunidinas y cianidinas, dentro de los flavonol-3-oles se encuentran la epicatequina y catequina y finalmente la quercetina es el flavonol más reportado (Taruscio y col., 2004, Ferlemi y col., 2016). Se ha demostrado que dichos compuestos poseen propiedades benéficas en la prevención de múltiples enfermedades degenerativas como son: cardiovasculares, diabetes, cáncer, entre otras (Pandey y col., 2009). Por tales motivos, se ha despertado un gran interés desde el punto de vista nutricional y también en la parte de protección y prevención de enfermedades asociadas al estrés oxidativo, estos efectos beneficiosos son atribuidos a su capacidad antioxidante (Anticona y col., 2016).

1.8 Estrés oxidativo y antioxidantes

El organismo posee sus propios mecanismos de defensa para contrarrestar la acción de los agentes oxidantes, existen algunos escenarios donde las defensas antioxidantes pueden verse minorizados por la excesiva generación de especies reactivas del oxígeno (ROS), para la cual podemos decir que hay un desequilibrio, este desequilibrio entre antioxidantes y especies oxidantes es conocido como el “estrés oxidativo”, el cual favorece la oxidación de las macromoléculas, tenido como consecuencia final la muerte de la célula, también se le encuentra relacionado con diversas enfermedades y con el proceso normal de envejecimiento (Lee., 2004).

La ingesta de alimentos con aporte de compuestos bioactivos de origen vegetal como lo son los carotenoides, las vitaminas liposolubles e hidrosolubles, y una extensa variedad de compuestos fenólicos, cuya actividad antioxidante y un gran potencial de efectos benéficos para la salud están siendo investigados (Prior., 2001).

1.9 Alimentos Funcionales

El concepto de alimento funcional es un término reciente que tiene origen en Japón en los años 80 después de observar la necesidad de garantizar principalmente a la población de adultos mayores una mejor calidad de vida, fue así como inicio el desarrollo de alimentos funcionales con el objetivo de mejorar la salud y disminuir la posibilidad de contraer enfermedades. Según el Instituto internacional de las ciencias de la vida en Europa (ILSI- Europa), “Un alimento funcional es aquel que ha demostrado satisfactoriamente que afecta de manera beneficiosa a uno o más organismos o ayuda a reducir de riesgo de enfermedad, más allá de sus efectos nutricionales”.

Los alimentos funcionales pueden ser de carácter natural, o bien a los que se les ha añadido, incrementado o eliminado alguno de sus componentes. De igual manera a los que se les ha modificado la naturaleza o biodisponibilidad de alguno de sus componentes, o a cualquiera de las combinaciones anteriores (Beltrán., 2016).

Estos alimentos se caracterizan por las siguientes cualidades:

- Deben presentarse en forma de alimentos de consumo cotidiano.
- Su ingesta no tiene efectos nocivos para la salud.

- Posee propiedades nutritivas y beneficiosas para el organismo.
- Reduce y/o previene la posibilidad de contraer enfermedades, así como de mejorar el estado de salud de la persona.
- Deben tener la posibilidad de demostrar sus efectos benéficos dentro de las cantidades que normalmente se consumen en la dieta (Beltrán., 2016).

Los principales componentes contenidos en un alimento funcional son macronutrientes, micro nutrientes, esenciales o no esenciales, naturales o modificados, siempre con el formato de un alimento convencional, el beneficio debe conseguirse con las cantidades que habitualmente se consuman en dicho alimento.

Entre los alimentos funcionales con mayor relevancia se puede mencionar a las leches enriquecidas con ácidos grasos omega-3, ácido oleico, ácido fólico, calcio, vitaminas A y D, fósforo y zinc, leches infantiles de iniciación y de continuación fortificadas con ácidos grasos, vitaminas y minerales, yogures enriquecidos con calcio, vitaminas A y D, leches fermentadas enriquecidas con ácidos grasos omega-3, ácido oleico, bacterias probióticas específicas, zumos enriquecidos con vitaminas y minerales, cereales fortificados con fibra y minerales, pan enriquecido con ácido fólico, huevos enriquecidos con ácidos omega-3, margarinas enriquecidas con fitoesteroles y la sal yodada con yodo (SENC y col., 2001)

1.10 Bebidas

1.10.1 Origen de los Licores

Existen algunas referencias del origen del licor que datan desde la antigüedad clásica como los escritos de Hipócrates; donde menciona que los ancianos destilaban hierbas y plantas, mismos que utilizaban con fines medicinales, al igual actuaban como tonificantes. Desde su comienzo a los licores se les atribuye la creencia para sanar enfermedades, en cada rincón del mundo se han elaborado su propia receta de licor a través de experiencia empírica heredada de sus antepasados, también parte de su elaboración se relaciona con la magia y lo ritual ya que eran principalmente curanderos, monjes reclusos en monasterios, alquimistas y físicos los principales

productores guardando celosamente sus recetas, curando extrañas enfermedades y aliviando dolencias desconocidas (Asociación Madrileña de Sumilleres [AMS], 2014).

Era difícil de detectar su alto contenido de alcohol (entre 27° y 55°), pues se ocultaba con el color característico de la materia que se utilizaba en su proceso de maceración y el sabor dulce proveniente del jarabe añadido, las personas que solían lo consumir sin control se olvidaban de los dolores y enfermedades que padecían en ese momento, algunas realizaban propósitos poco habituales por este motivo es que poco a poco se le atribuyeron propiedades mágicas.

La obtención de los licores es el resultado de aplicar diferentes técnicas de elaboración. Los procedimientos de maceración, infusión, destilación, digestión y percolación le confieren autenticidad a cada tipo de licor, los sistemas que se utilizan para la elaboración de licores son variados y no siempre confieren al producto resultante la misma calidad. (Shelles., 1992).

1.10.2 Clasificación de Licores:

Estas bebidas se clasifican, de acuerdo con el número de ingredientes; en licores simples, que cuentan con una sola sustancia; y mixtos, que se elaboran con varias hierbas, frutas o especias, que le dan al licor un toque único. Si revisamos la bibliografía, no se tenía una definición oficial del licor, fue hasta el final de la primera guerra mundial cuando se dio la primera definición oficial “Bebidas hidroalcohólicas aromatizadas obtenidas por maceración, infusión o destilación de diversas sustancias vegetales naturales con alcoholes aromatizados, o por adición a los mismos de extractos aromáticos con una alta porción de azúcar, tendrán un contenido superior a 30 ° centesimales. (AMS., 2014).

De acuerdo a la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-199-SCFI-2017, BEBIDAS ALCOHÓLICAS-DENOMINACIÓN, ESPECIFICACIONEFISICOQUÍMICAS, INFORMACIÓN COMERCIAL Y MÉTODOS DE PRUEBA, Los licores se clasifican de acuerdo al contenido de azúcares reductores como, extra seco: de 1% a 1.9% (m/v), seco: de 2% a 10% (m/v) y dulce mayor a 10.1% (m/v). Esta norma también establece

para la clasificación de Licores y cremas el contenido de alcohol con un valor mínimo de 13.5% y máximo de 55% Alc. Vol.

1.11 Pre tratamientos

1.11.1 Escaldado

El escaldado es un tratamiento térmico utilizado en la industria de los alimentos para inactivar enzimas polifenol oxidasas (PFO) que contribuyen al proceso de oxidación en las frutas y vegetales. Se lleva a cabo a una temperatura y tiempo específico de acuerdo con la naturaleza del producto a tratar, el tratamiento debe ser detenido en forma rápida con un enfriamiento eficiente. Siempre es mejor un tratamiento con alta temperatura por un período corto, ya que las temperaturas utilizadas son letales para las levaduras, la mayoría de los hongos y los microorganismos aeróbicos. Por tal motivo se ha descubierto que el proceso de escaldado reduce la carga microbiana entre un 60 y un 99 por ciento (Alzamora y col., 1995). Una de las características que posee este pretratamiento es el efecto sensibilizante sobre los microorganismos que sobreviven, de tal manera que se vuelven menos resistentes a las condiciones de estreses impuestos por la disminución de pH, a w y por la presencia de sorbatos, sulfitos u otros antimicrobianos

El proceso de escaldado también sirve para fijar los pigmentos de frutas o vegetales además esta operación ayuda a obtener mayor permeabilidad en la piel que nos permite acelerar el proceso de maceración, según (Giovanelli y col., 2012) encontraron que al realizar un proceso de escaldado los componentes poli fenólicos se conservan dando así un efecto positivo para evitar la pérdida de estos.

1.11.2 Tipos de escaldado

Inmersión por agua

El escaldado por inmersión en agua es un tratamiento que se lleva a cabo a temperaturas entre 80 y 100°C dependiendo del fruto de interés, presenta la desventaja de ocupar grandes volúmenes de agua, por consiguiente, debido a que existe contacto directo del medio de escaldado con el fruto, algunos nutrientes se

pierden por una doble lixiviación del producto al ser expuestos directamente con agua caliente y luego a la de enfriamiento (HERSOM y HULLAND., 1984; WOODROOF., 1988). Existe la posibilidad de reducir la doble pérdida de nutrientes, se puede llevar a cabo mediante un escaldado serial, usando la misma agua de escaldado y enfriado en varias oportunidades. Debido a la pérdida de compuestos hidrosolubles es controlada después de tener una acumulación de nutrientes lixiviados en el agua de escaldado, el agregar determinados minerales al agua de escalde promueve la estabilización en el proceso de lixiviación (WOODROOF, 1988).

Vapor de agua

Este proceso se realiza un calentamiento local muy intenso de la superficie del fruto; lo cual provoca el debilitamiento o la desorganización de los tejidos. El escaldado en vapor saturado también destruye enzimas, inactiva algunos microorganismos y sensibiliza los microorganismos restantes a los otros factores de conservación.

1.11.3 Secado

Según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, define como un producto deshidratado al que no contiene más del 2,5% de agua (base seca) y a diferencia de un alimento seco que contiene menos 2,5% de agua y que ha sido expuesto al proceso de eliminación de agua. (Barboza-Cánovas & Vega-Mercado., 2000).

El proceso de secado tiene diferentes objetivos, uno de los principales está relacionado con aumentar la estabilidad del alimento, que se puede definir como la disminución de la actividad de agua (a_w), ya que esta puede ser considerada como una medida indirecta del contenido de agua disponible que provoca deterioro en el alimento. También otro objetivo de importancia es la transformación de productos frescos en materias primas, que tiene como objetivo final ser empleado para realizar formulaciones de nuevos productos que los contengan (Fito-Maupoe y col., 2001).

Existen distintas alternativas de secado que pueden aplicarse al arándano azul mediante procesos sencillos que puedan ser implementados por los mismos productores y que apunten a evitar la destrucción de las antocianinas, en el caso del

arándano azul el color oscuro de la superficie favorece a la absorción de la radiación; su reducido tamaño facilita la transmisión del calor a su centro térmico, situado a 6 - 10 mm bajo la superficie. Según (Wills y col., 2013) reportan que la humedad para el arándano maduro se encuentra en 84.10g/100 g la cual se encuentra dentro del rango para la mayoría de las frutas y hortalizas. Para la variedad específica de arándano (*Vaccinium corymbosum L*) la humedad reportada por (Giovanelli y col., 2013) es de 87.31%.

1.11.3.1 Secado convectivo

El secado convectivo es un tratamiento ampliamente utilizado en la industria alimentaria, se fundamenta en la reducción del contenido de humedad que disminuye la actividad termodinámica del agua en la matriz alimenticia esto evita la proliferación de microorganismos patógenos y deteriorativos (Babalís y Belessiotis., 2004). Este mecanismo de transferencia ha sido estudiado por muchos investigadores con el objetivo de comprenderlo mejor y optimizarlo con ayuda de diseños experimentales y programas estadísticos.

Aunque el secado convectivo no presenta algunas características favorables en cuanto a la eficiencia energética, calidad en el producto e impacto ambiental como los otros métodos de secado, este es el más utilizado en la industria, debido a que se puede tener manipulación de la temperatura y la velocidad del aire en el proceso. Se debe tener en cuenta varias consideraciones al utilizar esta forma de secado, ya que si se llevan a cabo temperaturas elevadas y por tiempos largos de residencia se puede provocar que se presente un oscurecimiento en el producto (Martínez., 2000). Asimismo, el uso de temperaturas elevadas repercute en la formación de una capa impermeable en la superficie del producto, reduciendo así la velocidad de secado, debido a esto se obtiene como resultado un alimento seco por el exterior, pero con humedad en su interior (Fellows., 1994).

Los secadores convectivos utilizan regularmente gases calientes que entran en contacto directo con el sólido húmedo al que se le incide calor por convectivo y que arrastran fuera de secador los vapores producidos (Fito-Maupoy y col., 2001).

1.11.3.2 Secado solar

Los secadores solares son dispositivos que utilizan la radiación solar para calentar aire y así remover el agua de los tejidos de productos como frutas, verduras, semillas, carne, hierbas o madera. Los alimentos que han sido deshidratados, se conservan secos hasta por un año, manteniendo sus propiedades nutritivas, bromatológicas y organolépticas. La deshidratación solar es una alternativa renovable para la microindustria y un mecanismo de desarrollo económico para pequeños productores hortofrutícolas. (Deshidratadores Solares, S.F.)

El secado al solar tiene sus limitantes; está en función de un clima favorable y a ciertos frutos y hortalizas. Existe la probabilidad el deterioro del fruto en el proceso de secado, por otra parte, el producto está expuesto a la contaminación ulterior por polvo, suciedad, insectos y roedores, que añaden microorganismos al producto desecado (Downes., 2001). El secado solar técnico supone el empleo de equipos que promuevan el aprovechamiento de la radiación solar pero también permitan preservar los productos de descomponerse debido al elevado contenido de humedad que presentan y lo protegen de las condiciones climáticas, así como de los animales (Vázquez y col., 1997). Se ha reportado que la irradiancia, como la luz UV puede propiciar efectos positivos en la capacidad antioxidantes y en los compuestos fenólicos de ciertos alimentos (Wu y col., 2016).

1.12 Mecanismos de transferencia de masa y calor

Cuando un alimento que se desea deshidratar, debe considerarse como un sistema que está formado por tres fases; una matriz sólida, una fracción líquida y una fracción gaseosa o porosa. Cabe resaltar que, para un alimento con características porosas, la transferencia de masa tiende a ser un fenómeno complejo. Los mecanismos de transporte de materia o masa, se deben diferenciar en base a las características del sistema, ya que depende de la fase a través de la cual se propicia el transporte de masa, enfocado en cómo se debe tratar el agua que se va a retirar, en sus diferentes formas; líquida, líquida más solutos o vapor de agua (Fito-Maupoe y col., 2001). Esta transferencia se lleva a cabo cuando existe un transporte de agua que va desde el interior del alimento, hasta el gas que lo rodea y el agua removida de este, masa que experimenta un cambio de fase. El transporte de masa puede

propiciarse debido a fuerzas capilares, difusión del agua debida a gradientes de concentración, difusión en la superficie y difusión de vapor en los poros.

En tanto la transferencia de calor debe tomarse en cuenta que se encuentra presente en primera instancia en la interfase sólido-gas, que cubre la parte externa de sólido y posteriormente se transfiere al interior del mismo. Las diferentes maneras de transferir el calor hacia el sólido, pueden llevarse a cabo ya sea por convección, conducción y radiación donde uno de estos posee una tendencia a liderar más la transferencia que los demás, llevándose a cabo cuando existe un gradiente de temperatura. Dicho mecanismo tiene una gran relevancia en el secado de alimentos ya que es el que determina la velocidad de evaporación en el producto al proporcionarle su calor latente.

1.13 Maceración

En la industria química se habla de extracciones mientras que cuando se trata de alimentos, hierbas y otros productos para consumo humano se emplea el término maceración, en este caso el agente extractante (fase líquida) suele ser agua, alcohol, vinagres, jugos y aceites. Los objetivos de la maceración son crear y extraer, dentro de la solución, compuestos necesarios como azúcares fermentables, aminoácidos, vitaminas, etc.

La maceración es un proceso físico químico complejo de extracción sólido-líquido donde el producto sólido (materia prima) posee una serie de compuestos solubles en el líquido extractante, que son los compuestos que se pretenden extraer, el solvente circula en todas las direcciones, disolviendo sus principios activos hasta producirse una concentración en equilibrio con la del contenido celular (Shelles, 1992). En la maceración con etanol, la concentración de etanol y la relación sólida/solvente (R/N) son dos parámetros de operación que influyen significativamente en la eficiencia del proceso de maceración.

1.13.1 Tipos

1.13.1.1 Maceración en frío:

Consiste en sumergir el producto en líquido con propiedades de extracción como etanol y dejarlo por un tiempo determinado, con lo cual se transmite al líquido las propiedades del producto de maceración, la ventaja de la maceración en frío consiste en que se logran extraer todas las propiedades del producto que se macera, es decir toda su esencia sin modificarlas en lo más mínimo, esto también dependiendo del solvente que se utilice para la extracción. Por el contrario, el tiempo de maceración es prolongado para que se logre extraer los adecuadamente los compuestos de interés. (UDLAP, SF).

1.13.1.2 Maceración con calor:

En este caso puede variar el medio por el cual se logra la maceración, el tiempo en que se desea macerar es muy variado en comparación con la maceración en frío, tomando en cuenta que al utilizar calor se acelera el proceso de maceración, la principal desventaja de la maceración en calor es que no se logra extraer totalmente la esencia del producto a macerar, ya que los compuestos termolábiles son destruidos en mayor parte, en el caso de antocianinas, a altas temperaturas de extracción (>50 °C), se acelera su proceso de degradación (Dai y col., 2009).

Se puede confirmar que, para la temperatura de extracción, la cantidad de compuestos fenólicos extraída es proporcional al aumento de la temperatura. En un estudio, en el cual se buscaba optimizar el proceso de extracción de antocianinas y la evolución de la capacidad antioxidante del fruto berenjena (*Solana melonera L.*), se observó que el incremento de la temperatura de extracción generaba un incremento en el rendimiento de obtención del pigmento, lo cual tiene relación probablemente con un incremento de la solubilidad de las antocianinas y por consiguiente el coeficiente de difusión del disolvente líquido en la matriz sólida que favorecía la cinética de desorción de los compuestos desde la matriz. (Heras y col., 2013).

1.13.2 Variables de extracción

Diversas variables son involucradas en el proceso de maceración. muchos de ellos tienen relación directa con los compuestos de interés en la extracción, repercutiendo en la velocidad y la eficiencia en el proceso. Los factores más relevantes son; la agitación, concentración de solvente, porosidad, tamaño de partículas y temperatura, cada una de estas juega un rol importante en el proceso de extracción ya que cada una aporta diversas propiedades. (UDLAP, SF)

En el caso del tamaño de partículas, si se reduce la partícula, el área de contacto es mayor, disminuyendo el tiempo de extracción. Por su parte la porosidad permite que el solvente de extracción penetre a través de los canales formados por los poros dentro del sólido, incrementado así el área activa para la extracción. Así mismo la agitación le cede mayor eficiencia a la extracción, ya que disminuye la resistencia a la difusión, esto se debe a que con el movimiento de agitación se elimina la película de flujo que cubre la superficie del sólido en reposo.

1.14 Fundamentos de los procedimientos.

1.14.1 Cuadrado de Pearson:

Este método sirve para resolver problemas de mezclas binarias, es una herramienta sencilla y consiste en elaborar un cuadrado de las siguientes características en el extremo superior izquierdo se colocan valores referentes en kg y concentraciones en % de la solución con la mayor concentración, en la parte inferior izquierda la de menor concentración, en el centro se coloca la concentración final a la que queremos llegar, para que sea posible lograr la concentración deseada debe existir una concentración mayor y una menor a la que tenemos en el centro, el método consiste en restar el valor de las concentraciones iniciales con el valor de la concentración deseada en el lado derecho se coloca el resultado expresándolo siempre como valor positivo, posteriormente se debe considerar la suma como un 100% y cada fracción como la parte del porcentaje al cual corresponde. (Trujillo FV., 1979).

1.14.2 Índice de madurez

El índice de madurez se lleva a cabo para garantizar una calidad mínima aceptable para el consumidor y una larga vida de almacenamiento, son parámetros sencillos y de fácil uso en el campo, estos se establecen de acuerdo al tipo de frutas.

Los aspectos más palpables durante el proceso de maduración son el color, sabor, textura, etc. Todos estos cambios son el resultado de la reestructuración profunda metabólica y química que se desencadena dentro del fruto. Por su parte en los frutos climatéricos, el proceso es controlado principalmente por el etileno y su actividad respiratoria (Monin., 1970).

A medida que el fruto crece en el árbol sufre una serie de cambios anatómicos, fisiológicos y bioquímicos que son perfectamente evaluables. Existe el índice de madurez para determinar el momento óptimo de recolección.

Por tal razón la relevancia de conseguir frutos con unas características de madurez óptimas.

1.14.3 Fundamento del Método de Folin-Ciocalteu.

Este método es utilizado para medir los compuestos fenólicos totales (TP) en productos vegetales, se fundamenta en la capacidad de los fenoles para reaccionar con agentes oxidantes, el reactivo de Folin-Ciocalteu contiene molibdato y tungstato sódico que reaccionan con cualquier tipo de fenol formando complejos fosfomolibdico-fosfotúngstico, el ácido fosfomolibdotungstico (formado por las dos sales en el medio ácido) (Peterson G.L., 1979)., es de color amarillo actualmente se sabe que existe una mayor cantidad de iones de molibdato y éstos funcionan mejor como agentes reductores (Singleton y col., 1999, Huang y col., 2005), la transferencia de electrones en pH básicos reduce estos complejos en óxidos cromógenos de color azul intenso de wolframio (W_8O_{23}) y molibdeno (Mo_8O_{23}). La absorbancia del color azul desarrollado se mide a 760 nm el color es proporcional al número de grupos hidroxilo de la molécula. Los resultados se expresan en mg de ácido gálico por 100 mL de licor.

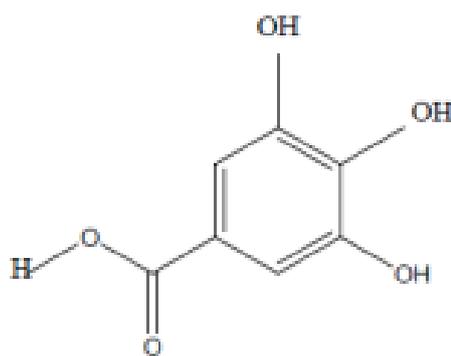


Fig.1.5 Estructura química del Acido Gálico. Fuente: (La cueva, A., y col. (2010).

1.14.4 Mecanismo de acción del reactivo Folin Ciocalteu

El método se basa en una reacción redox, por lo que además puede considerarse también, como un método de medida de la actividad antioxidante total. La oxidación de los polifenoles presentes en la muestra, da como resultado en el cambio de coloración azulada que presenta un máximo de absorción a 765 nm, y que se cuantifica por espectrofotometría en base a una recta patrón de ácido gálico (Fig. 1.6). El método puede definirse como preciso y sensible, que puede padecer numerosas variaciones, fundamentalmente en lo relativo a los volúmenes utilizados de la muestra a analizar, concentración de reactivos y tiempo de reacción. (La cueva, A., y col. 2010).

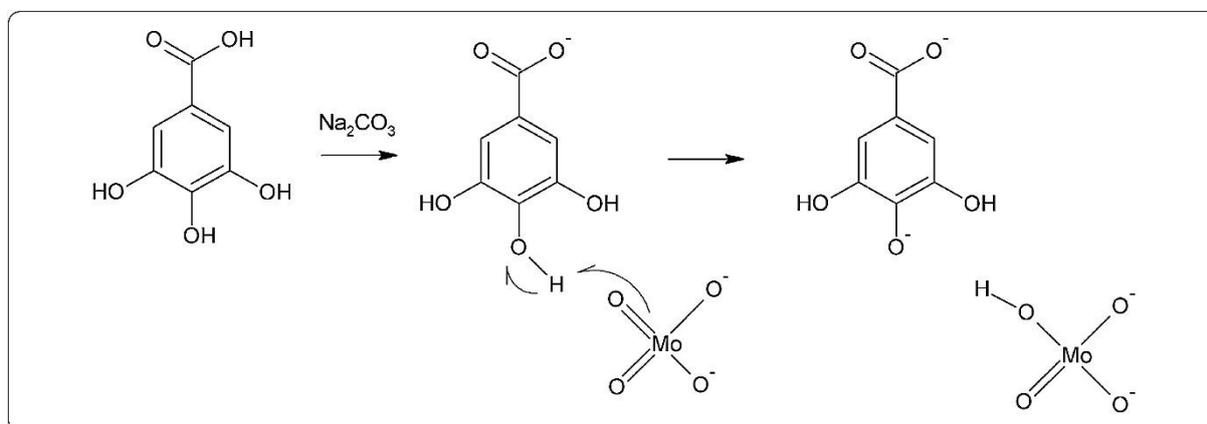


Fig.1.6 Reacción entre el ácido gálico y el reactivo de FC. Fuente Magalhaes y col., 2010.

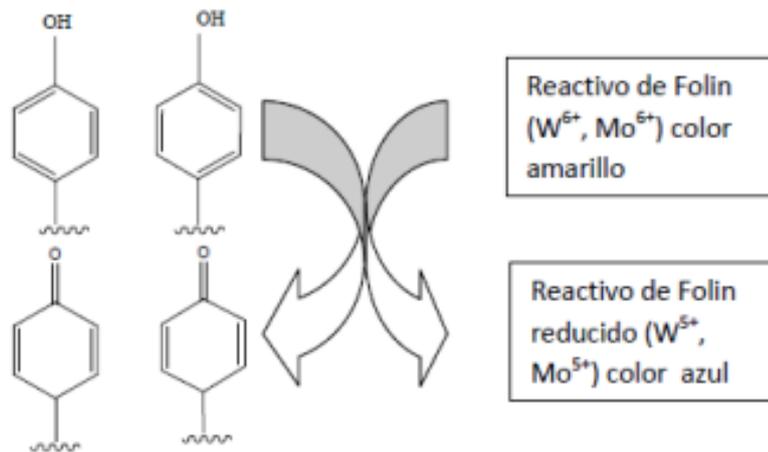


Fig.-1.7 Estructura química del reactivo de Folin. Fuente: (BRAND-WILLAMS y col, 1995)

1.14.5 Método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo).

Fue desarrollado por (BRAND-WILLAMS y col., 1995) El cual se fundamenta en la reducción del radical DPPH por los compuestos antioxidantes donde la absorbancia es leída a 515 nm, con el paso del tiempo este método ha sufrido algunas modificaciones como fue descrito por descrito por (KIM y col.,). Donde 100 μM son disueltos en etanol al 80%, se añaden 0.1 mL de la muestra o solución patrón, esta mezcla debe ser homogenizada y mantenerse en reposo en un lugar oscuro por 30 min, en este procedimiento la absorbancia es medida a 517 nm, La A0 es tomada antes de añadir la muestra, después de 30 min y pasados 60 min (Af). Para calcular la concentración del DPPH en el medio de la reacción se calcula por el método de regresión lineal. Los resultados se expresan en TEAC, o sea, actividad equivalente a Trolox ($\mu\text{M/g}$ de muestra peso fresco). El antioxidante sintético de referencia Trolox, a una concentración de 0,08-1,28 mM en disolución de metanol al 80%, se ensaya en las mismas condiciones, expresándose los resultados en TEAC y VCEAC.

Fig. 1.8 Estructura química del DPPH

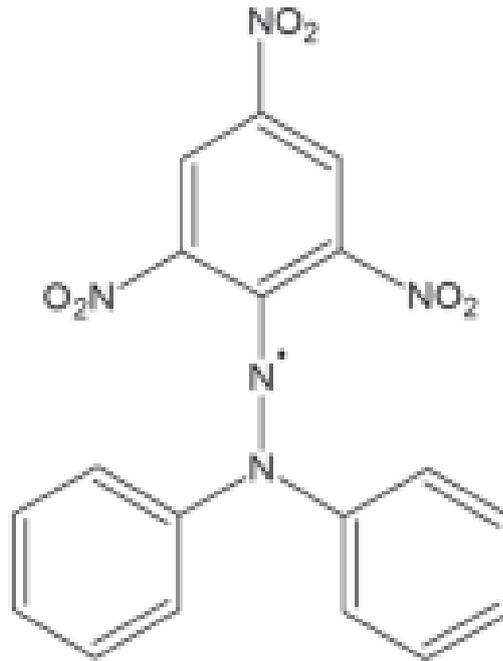


Fig.1.8 Estructura química del radical libre meta estable DPPH, Fuente: (BRAND-WILLAMS y col, 1995)

Este radical libre reacciona con un átomo de hidrogeno que el agente antioxidante le cede, la investigación realizada para esta metodología menciona que la cinética del proceso obedece a una reacción de pseudo primer orden que puede seguirse midiendo por la disminución de la absorbancia en función del tiempo, la primera fase se reproduce de manera acelerada, seguida por una segunda fase lenta, esto debido a una dimerización en los productos de la reacción o a reacciones de los productos de esta; este mecanismo se puede presentar de la siguiente manera. (BRAND-WILLAMS y col, 1995)



Fig.1.9 Mecanismo de reacción del radical DPPH* con un compuesto antioxidante
Fuente: Brand y col, 1995.

Los resultados experimentales expresan la concentración de la sustancia en estudio que es capaz de producir una inhibición del 50% del radical libre DPPH*, por lo que el resultado se reporta en valores de IC50 (Suja y col., 2004).

1.14.6 Análisis sensorial:

El análisis sensorial se define como una disciplina científica que tiene como objetivo; evocar, medir, analizar e interpretar respuestas a los productos percibidos a través de los sentidos del gusto, el tacto, el olfato, el oído y la vista (Stone y col., 2004).

La evaluación sensorial se enfoca en la precisión, exactitud y reproducibilidad de sus metodologías, también considera y analiza la relación entre un estímulo físico dado y la respuesta del sujeto, el resultado es considerado regularmente como un proceso de un solo paso. Cabe mencionar que hay al menos tres pasos en el proceso:

1.- El estímulo interactúa con el órgano sensorial y se convierte en una señal nerviosa que viaja al cerebro.

2.- Con experiencias previas en la memoria, el cerebro lleva a cabo una interpretación, organización e integración de las sensaciones entrantes en las “percepciones”.

3.- Finalmente, se desarrolla una respuesta basada en la percepción del sujeto, que le permite saber si lo que está percibiendo es amarillo, dulce, duro o cualquier otro atributo sensorial (Schiffman., 1996).

En una evaluación sensorial se llevan a cabo un conjunto de técnicas para una medición puntual de las respuestas humanas a los alimentos y minimiza los efectos potencialmente sesgados de la identidad de marca y otra información que pueda tener relevancia en percepción del consumidor. Por otra parte, intenta separar las propiedades sensoriales de los alimentos que son propias de ellos y proporciona información importante de utilidad sobre las características sensoriales de sus productos, a los desarrolladores, científicos de alimentos y gerentes (Lawless y Haymann., 2010).

Prueba discriminativa: Esta tiene como objetivo establecer si existe o no entre dos o más muestras y en algunos casos la magnitud de esta.

Pruebas de aceptación: También conocidas como nivel de agrado o escala hedónica. Se usan para definir el grado de aceptación, el nivel agrado o desagrado que pueda tener un producto y está orientada a los consumidores.

1.14.7 Prueba triangular:

En esta prueba se presentan tres muestras simultáneamente, dos de ellas son idénticas y una es de formulación diferente, esta prueba permite al investigador conocer si existen diferencia perceptible entre los productos sin tener que especificar la naturaleza de la posible diferencia. La posibilidad de tener una respuesta correcta por azar es de 1 a 3 por esto la hipótesis nula es ($H_0: P_t=1/3$). Para esta prueba, existen 6 posibilidades de secuencias de presentación de los vasos (AAB, ABA, BAA, BBA, BAB, ABB) todas las muestras se presentan de manera aleatoria y en igual número. (Olivas y col., 2009). Se considera que es una prueba sencilla y de fácil interpretación, aunque está controlada por diversas tendencias, sesgos, predisposiciones y prejuicios. Se puede considerar uno de los sistemas de minimizarlos que básicamente consiste en presentar cada muestra un número igual de veces en cada una de las posiciones del triángulo, teniendo en cuenta una posible complicación por esto en la prueba Según (Anzaldúa., 1994).

1.14.7.1 Prueba dúo-trío

Consiste en presentar tres muestras al panelista, una de estas muestras es de referencia la cual se codifica con una "R", las dos restantes se codifican con números aleatorios de tres dígitos una de ellas es igual a la muestra de referencia, una de sus ventajas es que no debe conocerse el atributo que se desea evaluar, es una prueba sencilla y de decisión forzada. Se aplicará la prueba con un modo de referencia balanceado ya que ambas muestras son desconocidas y los panelistas no están familiarizados con el producto, (Meilgaard y col., 1999).

1.14.7.2 Prueba de Ordenamiento:

En esta prueba se les pide a los panelistas que ordenen las muestras codificadas, con base a su aceptabilidad. La prueba consiste en entregar las muestras a evaluar a cada panelista en recipientes idénticos, los cuales deben ser codificados con números de tres dígitos aleatorios. Todas las muestras se presentan

simultáneamente, en un orden balanceado o en un orden aleatorio. Para esta prueba el panelista puede probar las muestras las veces que sean necesarias.

Las diferencias entre todos los posibles pares se comparan con el valor crítico de una de estas tablas, con base a un nivel de significancia determinado y al número de panelistas y muestras empleadas en la prueba. Para determinar si existe diferencia entre las muestras se debe sumar los valores de rango asignados a cada muestra y obtener las diferencias significativas entre todos los posibles pares de muestras y comparar valor crítico de la tabla correspondiente, si el valor obtenido es mayor concluye que existe diferencia significativa al nivel de significancia seleccionado (Watts y col., 1989).

CAPITULO 2: METODOLOGIA

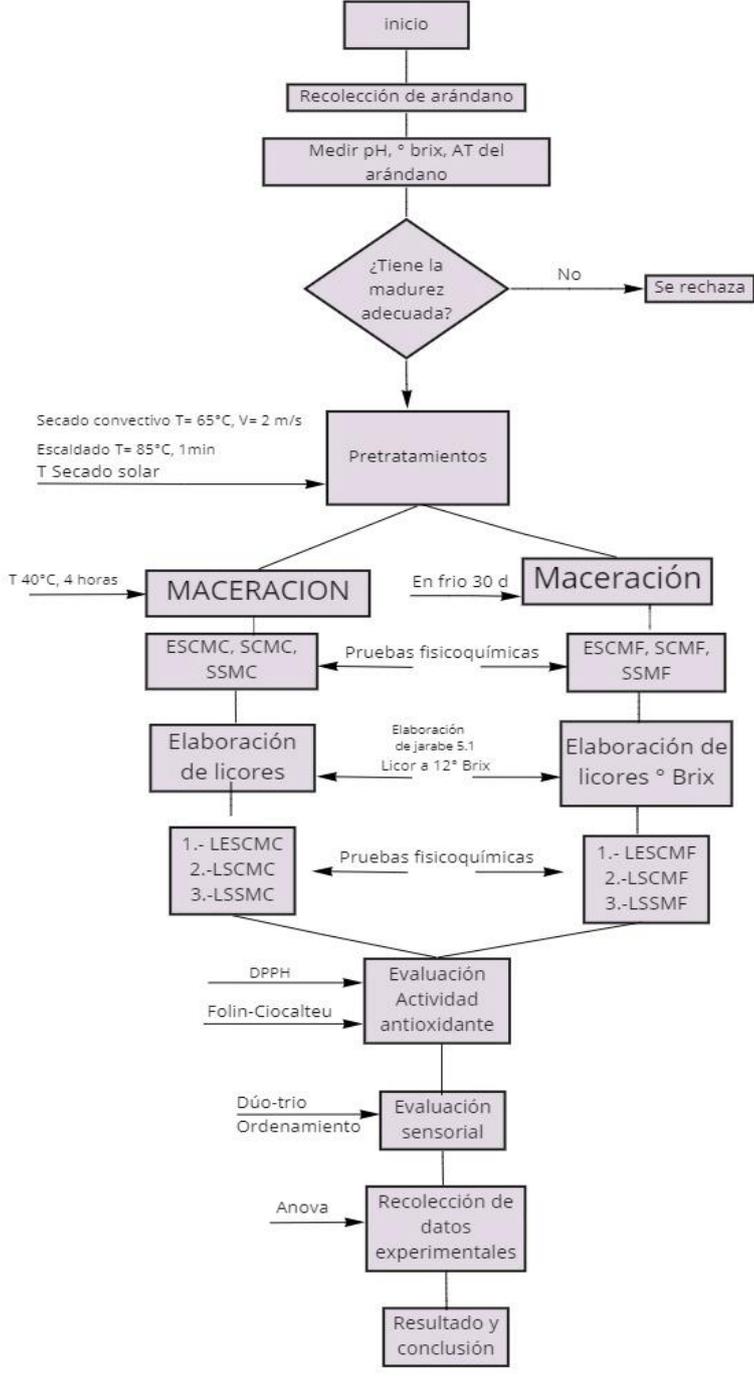


Fig.2.1 Diagrama de trabajo experimental.

Fig.2.1- Diagrama de proceso para la elaboración de licor de arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L). Fuente: Elaboración propia.

2.1 Obtención de la materia prima.

El fruto de arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L) se adquirió en la central de abastos de Puebla, situado dentro de la localidad de Heroica Puebla de Zaragoza, en el Municipio de Puebla (en el Estado de Puebla. Situado exactamente a 8.89 km (hacia el N) del centro geográfico del área municipal de Puebla (Fig.2.2), Estos frutos fueron cosechados y empacados para su distribución en el municipio de Los Reyes, Michoacán 60300, 16 de septiembre No 18, Col. Centro.

Fig. 2.2 Ubicación de la central de abastos donde se obtuvo el arándano azul.

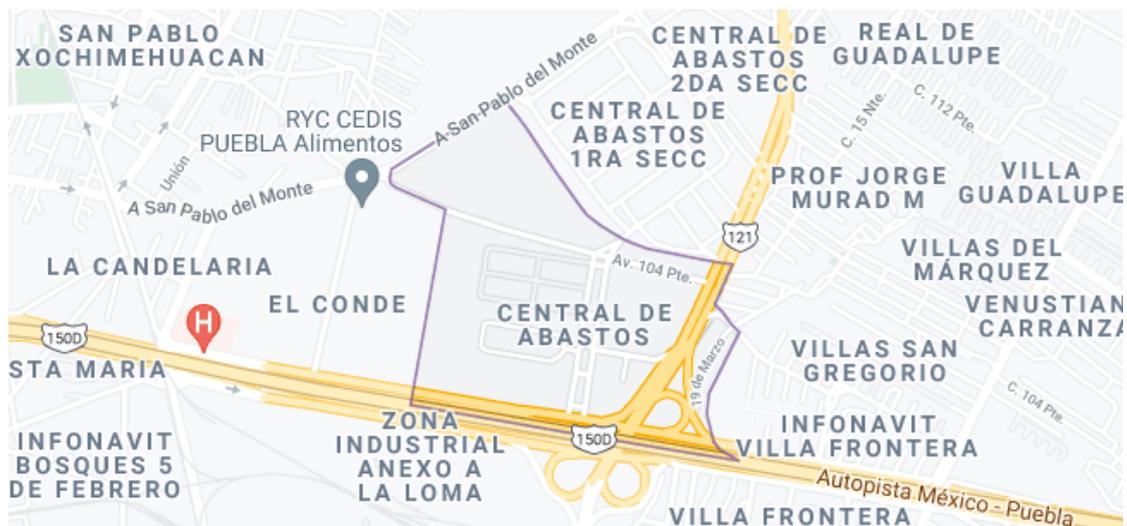


Fig. 2.2 Localización de la central de abastos de Puebla, en el municipio de Puebla. Fuente: INEGI 2021

Los frutos obtenidos se transportaron en contenedores apropiados para mantener las características organolépticas del producto, posterior a esto se realizó una selección del arándano fresco las bayas que presentaban daño físico, pérdida de firmeza y color (Fig. 2.3) fueron rechazadas.

Fig. 2.3 Defectos encontrados en Arándano azul.



Fig. 2.3 Defectos de arándano azul (*Vaccinium corymbosum L*) encontrados durante la selección. Presentan ablandamiento y pérdida de turgencia. (Fuente: Elaboración propia).

2.2 Lavado y desinfección:

Las bayas fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio a una concentración de 10 ppm, el tiempo de contacto fue de 2 min, el hipoclorito de sodio es letal para varios microorganismos, virus y bacterias vegetativas, pero menos efectiva contra esporas bacterianas, hongos y protozoarios. Después de que el tiempo de contacto se cumplió el arándano azul fue enjuagado con agua purificada.

2.3 Acidez titulable:

Para determinar la acidez titulable se realizó el procedimiento descrito en la metodología AOAC 962. Se pesaron 5 gramos de arándano azul, los cuales fueron triturados y diluidos con 100 ml de agua desionizada, obteniendo una dilución 1:20, posteriormente se tomaron 9 ml de cada muestra homogenizada y se agregaron 3 gotas del indicador fenolftaleína, en seguida se procedió a la valoración con una solución NaOH 0.01N, misma que se adicionó poco a poco hasta observar un cambio de color rosado tenue, que permanece por 30 segundos aproximadamente, se registró

el volumen de la solución de NaOH gastado. Esta determinación se realizó por duplicado para la misma muestra. Los resultados se expresan como % Acidez titulable

Fig. 2.4 Determinación de acidez titulable.

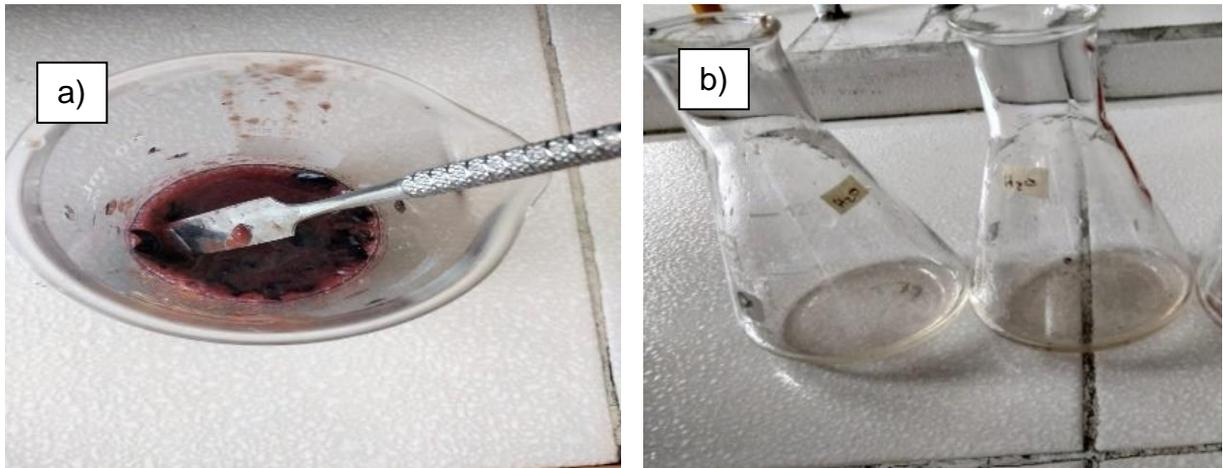


Fig. 2.4 a) Trituración de la muestra, figura b) Observación del cambio de color en la muestra debido al cambio de acidez en el medio y al viraje del indicador de la fenolftaleína.

$$\% \text{de Acidez Titulable} = \frac{(0.1N \times \text{Vol usado} \times \text{Meq. acido Dominante})}{(\text{g o ml de la muestra})} \times 100$$

Ec. 1. Ecuación para calcular la acidez titulable en arándano azul.

Tabla.2.1 Volumen gastado de NaOH.

muestra	Vol. De NaOH Gastado (ml)
1	2.1
2	2.3

Tabla 2.1 Vol gastado durante la Titulación con NaOH 0.01 N para determinar índice de madurez en el arándano azul fresco.

2.4 Metodología de grados °Bx.

La determinación de grados °Bx se llevó a cabo de acuerdo con la metodología descrita en la NMX-F-103-1982. ALIMENTOS. FRUTAS Y DERIVADOS. DETERMINACIÓN DE GRADOS BRUX.

Para medir los grados Brix, se utilizó un refractómetro portátil marca Grand index modelo RHW-25/Brix/ATC. Se colocó el refractómetro en una posición en que la luz natural se podía incidir, se limpió el prisma con agua (destilada) a 20°C, además se limpió cuidadosamente con alcohol antes de hacer la medición. Para verificar la exactitud del refractómetro se coloca agua a 20°C a esta temperatura, el índice de refracción del agua es de 0. Después se trituraron 10 g de muestra hasta que se observó una apariencia homogénea y se tomó una muestra para realizar la medición, se colocó una cantidad suficiente para cubrir toda el área del prisma en el refractómetro, en seguida se leyó directamente el porcentaje de sólidos en la escala de °Bx del instrumento.

Fig. 2.5 Equipo para medir Solidos Solubles (Refractómetro)



Fig. 2.5 Refractómetro portátil marca Grand index modelo RHW-25/Brix/ATC utilizado para medir °Bx en el arándano azul.

2.5 Metodología para determinación de pH:

La determinación de pH se realizó como está especificado en la norma NMX-F-317-S-1978. DETERMINACIÓN DE pH EN ALIMENTOS. Mediante el siguiente procedimiento:

Se utilizaron 10 g de muestra previamente lavadas y desinfectadas, el arándano se molió en un mortero, hasta observarse una pasta uniforme a la cual se le agregaron 2ml de agua como establece la NORMA OFICIAL MEXICANA

"Determinación de pH en Alimentos" NOM-F-317-S-1978 para la preparación de muestra en alimentos sólidos, la norma establece que se debe añadir de 10 a 20 ml de agua destilada recientemente hervida por cada 100 g de producto. Se utilizo potenciómetro, para medir el pH a la correspondiente a la mezcla.

Fig. 2.6 Determinación de pH instrumento y peso de muestra.

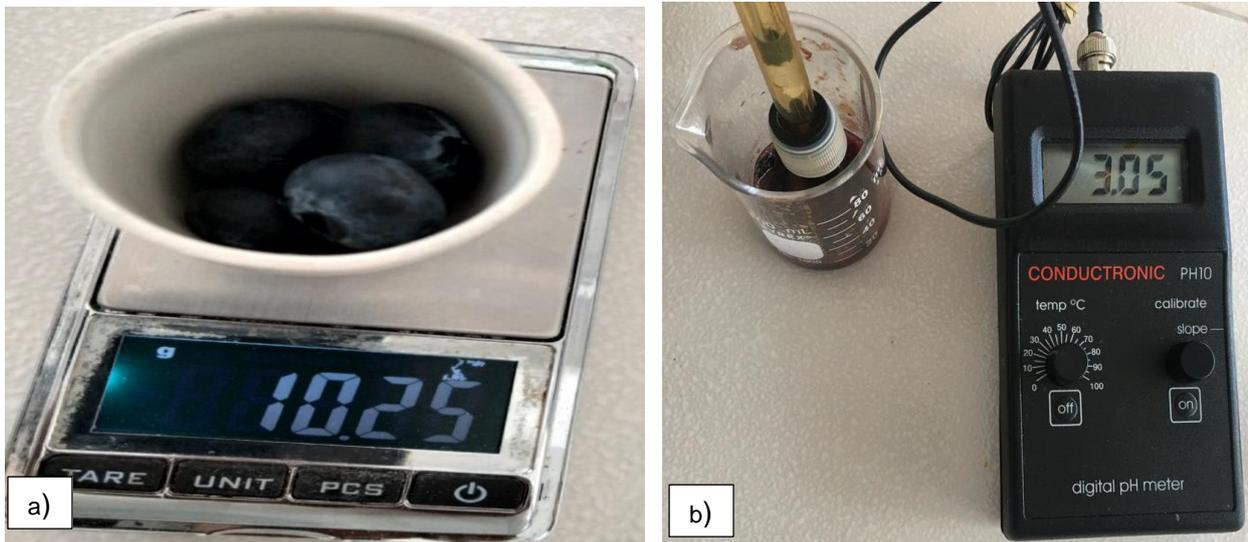


Fig.-2.6 a) Peso de la muestra para realizar metodología de pH, posteriormente triturada, b) Potenciómetro, utilizado para realizar la determinación de pH.

Fuente: Elaboración propia

2.6 Determinación del índice de madurez:

Para determinar el índice de madurez se llevó a cabo las metodologías para la medición de acidez titulable, pH y °Brix. Posteriormente hizo la relación: ° Brix/% de acidez titulable para la determinación del Índice de madurez.

2.7 Metodología de los 3 pretratamientos independientes aplicados al arándano azul.

2.7.2 Secado convectivo (SC):

Para llevar el control de la humedad como lo establece la norma NOM-116-SSA1-1994 se colocaron dos capsulas en una estufa de convección a 100+/- 2°C hasta llegar a peso constante, con un tiempo de 4 horas, el fruto se cortó en láminas de 3 mm de grosor, el proceso se llevó a cabo en una estufa de secado por convección marca Oster con una temperatura de 65°C y con una velocidad de aire de 2 m/s. Se procedió a colocar 5 g de arándano azul en cada capsula y se sometieron a proceso de secado a una temperatura de 65 °C, las lecturas de peso se registraron a diferentes intervalos de tiempo. El proceso termino cuando al calcular el contenido de humedad con la ec.2.1 fue constante. (Tirado, R., 2015).

2.8. Arándano azul laminado en 3mm de grosor.



Fig.-2.8 Arándano azul (*Vaccinium corymbosum L*) cortado a 3mm de grosor para tratamiento de secado convectivo y secado solar. Fuente: Elaboración propia.

2.7.1 Escalado (ESC):

El arándano azul tuvo el pretratamiento de escaldado, el cual se realizó por inmersión en agua purificada a 85°C durante 1 min, la temperatura fue determinada con un termómetro de vástago, posteriormente al escaldado, el arándano azul se llevó a un enfriamiento rápido en agua fría hasta alcanzar 38°C esta metodología se estableció de acuerdo con el estudio de (Giovanelli y col., 2012).

Fig.2.7 Pretratamiento escaldado de arándano azul.

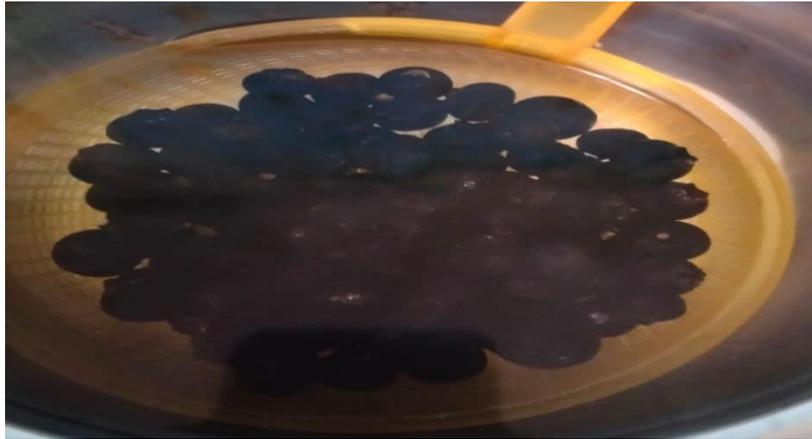


Fig. 2.7 Pretratamiento escaldado por inmersión en agua de arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L) a Temperatura de 85°C por 1min.

2.7.3 Secado solar (SS):

Una parte de las bayas se sometieron al proceso de secado solar, se cortó el arándano azul en forma de lámina con un grosor aproximado de 3 mm, en seguida este se colocó en un secador solar, el secador solar está constituido por una base que es una charola de acero inoxidable, también contaba con un termómetro de área para la temperatura y humedad relativa en el dispositivo. Se aprovechó la intensa radiación solar para utilizar los rayos y calentar el aire que sube, secando las rebanadas del fruto que se encuentran en la charola, el proceso se finalizó cuando el contenido de humedad alcanzó el 11%. Después de esto el arándano azul laminado y secado se colocó en un desecador (Doymaz, I., 2012).

Fig.2.9- Secado solar y monitoreo de humedad.



Fig. 2.9 Secado solar del arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L),

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la cantidad de humedad durante este proceso se empleó el método gravimétrico (Según AOAC 2005, NTP-ISO 6496-2005), se colocaron 4 charolas control, con 5g de arándano azul laminado y siguiendo la Ec. 2.1 se determinó el % de humedad a diferentes intervalos de tiempo, durante todo el proceso.

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{peso final de la muestra}}{\text{peso inicial de la muestra}} * 100$$

EC. 2.1 Ecuación para determinar el % de humedad. Fuente: AOAC 2005, NTP-ISO 6496-2015.

2.8 Maceración en frío (MF):

Para realizar la maceración en frío se procedió a pesar cada muestra de arándano (secado solar, convectivo y escaldado) y a medir el etanol, el arándano azul y el destilado se mezclaron en una relación 2:1 se agregaron en un contenedor de cristal el cual llevo previamente un proceso de esterilizado. Todos los frascos fueron etiquetados y conservados en un lugar oscuro y seco para evitar alteración en la composición química, La maceración tuvo una duración de 30 días, (Maza y Silvana., 2019).

2.9 Maceración en caliente (MC):

Se Coloco en una relación 2:1 el destilado blanco y el arando azul previamente pretratado, en un contenedor de cristal el cual estaba esterilizado seguido de un calentamiento a temperatura de 40°C (Fig.2.10), por 4 horas después de este tiempo se realizó un enfriamiento con agua a 18°C. (Dai y col., 2009). Los frascos fueron envueltos con aluminio y guardados en un lugar oscuro para conservar sus propiedades químicas.

Fig. 2.10 Control de temperatura en el proceso de maceración en caliente.



Fig.-2.10 Monitoreo de temperatura a 40 °C para maceración en caliente, con termómetro de vástago marca Bonne. Fuente: Elaboración Propia.

Para realizar los macerados se colocó el etanol y arándano azul en una relación 2:1, 175 g y 350g de etanol, para determinar el peso del etanol se utilizó el valor de la densidad $\rho=0.789 \text{ g/ml}$

$$\left| \frac{350 \text{ g etanol}}{0.789 \text{ g/ml}} \right| = 443.5 \text{ ml de etanol}$$

Ec.2.2 Cálculo de volumen necesario de etanol

Tabla. 2.2 Claves de identificación para los macerados.

Pretratamientos	Clave Maceración en frío	Clave de Maceración en caliente
Escaldado	ESCMF	ESCMC
Secado solar	SSMF	SSMC
Secado convectivo	SCMF	SCMC

2.10 Elaboración del licor:

Realización de cuadrado de Pearson ejemplo Fig. A-1.1

Se calculo experimentalmente la densidad del licor de arándano azul, 1.142 g/ml, el volumen de licor obtenido fue de 100 ml para cada uno de los 6 licores. Los °Brix de cada macerado y el ° de Alcohol también fueron determinados.

2.10.1 Elaboración de jarabe a 5°brix para obtener el licor de 12°brix

Se pesaron 15.15 g de sacarosa refinada y se agregaron a un vaso de precipitado el cual contenía 273ml de agua purificada previamente calentada, la sacarosa fue agregada lentamente y se agito hasta que se disolvió totalmente, después se rectificó que la concentración fuera la esperada 5°Brix, experimentalmente el resultado fue de 5.1°Brix. El jarabe se dejó enfriar a temperatura ambiente y en seguida se filtró con un lienzo para eliminar las impurezas.

Tabla 2.3 Formulación de la mezcla de jarabe a 5.1°Brix vs Volumen de cada macerado para elaborar licores de 12 °Brix.

Clave de licor	Volumen de macerado (ml)	Volumen de jarabe(ml) (5.1°Brix)
LSCMC	53.48	46.51
LSCMF	57.98	42.01
LSSMC	57.98	42.01
LSSMF	60.53	39.47
LESCMC	88.84	19.31
LESCMF	77.52	24.47

Tabla 2.3. Tabla de volúmenes calculados mediante el cuadrado de Pearson para elaborar licores de 12° Brix.

Siguiendo las proporciones que muestra la tabla 2.3 se elaboraron los 6 licores, cada uno a 12 °Brix Finales, Licor secado convectivo macerado en caliente (LSCMC), Licor secado convectivo macerado en frío (LSCMF), Licor secado solar macerado en caliente (LSSMC), Licor secado solar macerado en frío (LSSMF), Licor escaldado macerado en caliente (LESCMC) y Licor escaldado macerado en frío (LESCMF). Cada licor fue homogenizado y envasado frascos de 100ml, se rectificó la concentración de °Brix y % de alcohol final. Todos los licores fueron protegidos de la exposición a luz, además almacenados en un lugar fresco y oscuro.

2.11 Método de Folin-Ciocalteu (FC)

Para evaluar el contenido de compuestos fenólicos totales del método de Folin-Ciocalteu descrito por (Singleton y Rossi., 1965) con algunas modificaciones. Se tomaron 10 µL de licor y se agregaron 40µL de etanol, enseguida se añadieron 250 µL del reactivo Folin-Ciocalteu al 50 %, la mezcla se agitó por 15s y se dejó reposar por 8 minutos en la oscuridad. Después, se neutralizó la reacción con 1250 µL de carbonato de sodio (Na₂CO₃) al 5 % y se mantuvo en oscuridad por 30 minutos, transcurrido el periodo de tiempo se realizó la lectura de la absorbancia en un espectrofotómetro UV-VIS (Jenway, 7305) a una longitud de onda de 760 nm.

El ensayo se realizó por triplicado para cada tipo de licor, Los resultados del contenido de compuestos fenólicos totales fueron obtenidos por medio de una regresión lineal a partir de una curva de calibración construida con diferentes concentraciones de ácido gálico entre 0 - 0.25 mg/mL y los resultados se expresaron en mg/EAG mL (mg equivalentes de ácido gálico por mililitro).



Fig.-2.11 Espectrofotómetro UV-VIS (Jenway, 7305), utilizado para leer absorbancia a 760 nm para el método de Folin Ciocalteu determinación de fenoles totales.

Fuente: Elaboración propia

Fig.- 2.12 Método de Folin C. Para determinar fenoles totales.

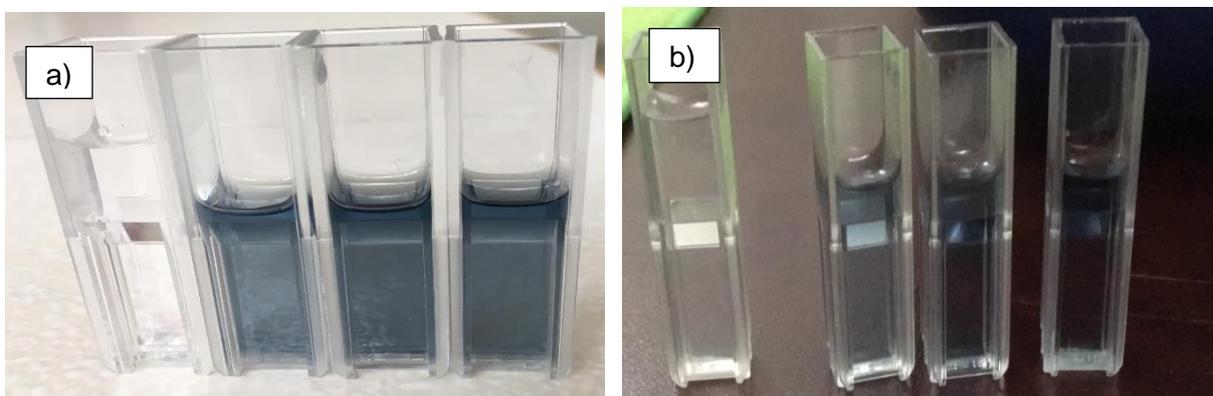


Fig.-2.12 a) Determinación de fenoles totales para la muestra de licor SCMC y b) Determinación de fenoles totales para la muestra de licor ESCMF. Fuente: Elaboración Propia.

12.12. Determinación de la Actividad antioxidante 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH)

La actividad antioxidante se evaluó con la metodología DPPH, mediante el Método descrito por Brand-Williams y col, se colocaron 900µL del reactivo DPPH (1,1-difenil-2-picril-hidrazilo), previamente preparado a la concentración 0.1 mM en Metanol, posteriormente se midió la absorbancia en un espectrofotómetro UV-VIS- (Jenway,7305) a una longitud de onda de 517 nm, valor de absorbancia antes de agregar la muestra, (A0). En seguida se agregaron 100µL de la muestra del licor a evaluar la mezcla se dejó reposar por 30 min en condiciones de obscuridad, transcurrido el tiempo se midió la absorbancia en el mismo espectrofotómetro a 517nm (Af). El ensayo se realizó por triplicado para los 6 licores desarrollados, los resultados se expresan como valores de micro molar equivalente Trolox/ mL ($\mu\text{M TEAC/mL}$). Mediante la construcción de una curva de calibración Trolox ($y= 2302x-2.8247$; $R^2= 0.9870$) en una concentración de 0 a 400 $\mu\text{M/mL}$.

2.13 Análisis sensorial

Para el análisis sensorial se realizarán 2 prueba de diferentes tipos, una de tipo discriminativa y una de aceptación.

2.14.1 Prueba de Ordenamiento:

Se entrego a cada panelista 3 muestras en recipientes idénticos, codificados con números aleatorios de tres dígitos en un orden aleatorio. Los licores evaluados fueron LSCMF, LSCMF Y LSCMC, también se entregó una papeleta con instrucciones claras y precisas, los resultados se compararon con el valor crítico de la tabla correspondiente, se realizaron 30 pruebas con panel de consumidores (Watts y col., 1989).

2.14.2 Prueba dúo trio:

Se presentaron al panelista una muestra del licor con el pre tratamiento de secado solar macerado en frio (LSSMF) y una muestra de licor secado convectivo macerado en caliente (LSCMC). Se utilizo el modelo de referencia balanceada, para las primeras 15 evaluaciones la referencia fue LSCMC, para las 15 pruebas restantes se cambió

la referencia por el LSSMF. Una de estas pruebas se presentó dos veces como lo establece el fundamento de la metodología. Se realizaron 30 pruebas con panel de consumidores. (Olivas y col., 2009).

2.15 Método estadístico:

Para evaluar la existencia de diferencia significativa entre la actividad antioxidante y el contenido fenólico en función de los pretratamientos aplicados y el tipo de maceración se usó el análisis de varianza (ANOVA) de dos factores. Donde la variable dependiente fue la actividad antioxidante y la cantidad de compuestos fenólicos, el análisis de varianza de dos factores, con una significancia de $p=0.05$, se desarrolló en el software Minitab Versión 8.1

CAPITULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Obtención de la materia prima:

El total de arándano azul fresco recolectado y seccionado fue de 1070 g, de los cuales 20 g se destinaron para la medición de °Brix, acidez titulable y pH, 1050g se destinaron para realizar pretratamientos, secado solar, secado convectivo y escaldado, se dividió la muestra en tres grupos de 350g cada uno.

Caracterización fisicoquímica del arándano fresco

Parámetro fisicoquímico	Media ± DS
pH	3.5± 0.71
°Bx	11.5± 0.35
Ac Titulable/M eq ácido cítrico	0.312± 0.02

Tabla. 3.1. Resultados de análisis fisicoquímico para el arándano azul (*Vaccinium Corymbosum*), Fruto fresco.

3.2 Caracterización fisicoquímica del arándano azul.

3.2.1 Medición de pH

El resultado obtenido tras la medición de pH con tiras reactivas de papel Merck, reflejaron un valor de 3.5 ± 0.7 , los resultados del análisis fisicoquímico se muestran en la tabla 3.1 en la cual podemos observar que los resultados obtenidos confirman que el arándano azul es un fruto ácido con valores de pH que fluctúan desde los 2.48 ± 0.02 según (Stückrath y Petzold., 2007) hasta 3.59 (Jensen, E., 2015) estos resultados también concuerdan con la investigación realizada en Chile por (Loyola y col., 1993) el cual establece el valor de pH promedio 3.51 para la pulpa de arándano fresco.

3.2.2 Medición de grados °Brix

Se obtuvo un resultado de (11.3, 11.8) ° Brix, estos valores se encuentran en el intervalo (10 - 15 ° Brix), según lo reportado por (Giovanelli., 2013). Los valores obtenidos muestran que las bayas utilizadas para esta investigación se encontraban en la madurez adecuada en todas las pruebas fisicoquímicas realizadas, Según (Buzeta., 1997) señalan que los valores de sólidos solubles totales para cosechar el arándano azul oscilan entre (10 y 15) ° Brix ya que en este rango las propiedades sensoriales del fruto son las deseadas tanto en color, textura y sabor.

Fig.3.1 Determinación de °Brix en Arándano azul.

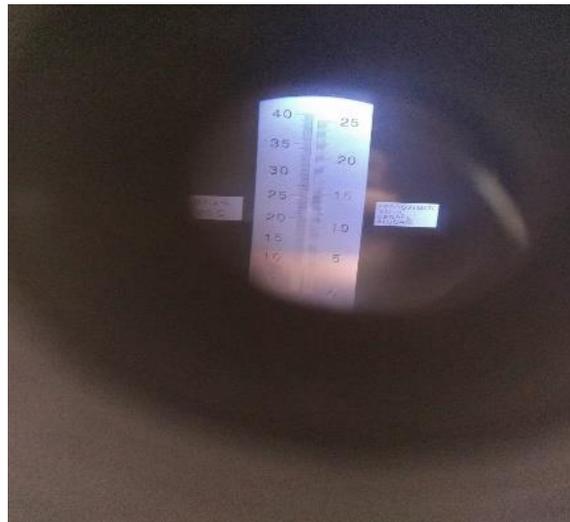


Fig. 3.1 Determinación de °Brix a la materia prima con refractómetro portátil marca Grand index modelo RHW-25/Brix/ATC utilizado para medir °Bx en el arándano azul.

3.2.3 Acidez titulable (AT)

Se realizó la medición por triplicado, obteniendo un valor de 0.327 M eq ácido cítrico mismo valor que se aproxima a lo reportado por (Sánchez., 2018), donde obtuvo 0.38 Meq ácido cítrico, este valor se obtuvo estudiando un jugo de arándano de la misma variedad, el valor se expresó en gramos de ácido cítrico por cada 100 gramos de pulpa. (Kim y col., 2013) realizaron una investigación donde comparaban la calidad de fruto en 45 cultivos diferentes de arándano azul cultivados en Suwon, Corea obteniendo así

que la acidez titulable se encontraba en el rango de 0.8 - 3.6 M eq ácido cítrico, por otro lado, (Sapers y col., 1984) reportan un valor de 0,39 a 1,31 M eq ácido cítrico.

3.2.4 Índice de madurez

El parámetro de índice de madurez obtenido en promedio es de 36.8

El sabor se expresa a través del equilibrio entre los niveles de sólidos solubles (°Brix) y acidez (°Brix/AT) y es el parámetro de mayor impacto sobre la aceptabilidad por parte del consumidor. Los estudios sensoriales realizados en los países hacia donde se exporta, indican un rango entre 10 y 33 como valores óptimos (Feippe y col., 2012)

3.3 SECADO CONVECTIVO Y CINÉTICA DE SECADO.

El peso total del fruto fresco cortado que se obtuvo fue de 350 g y se sometió a un proceso de secado por 15.5 h a 65 °C, se obtuvo un peso final de 87g.

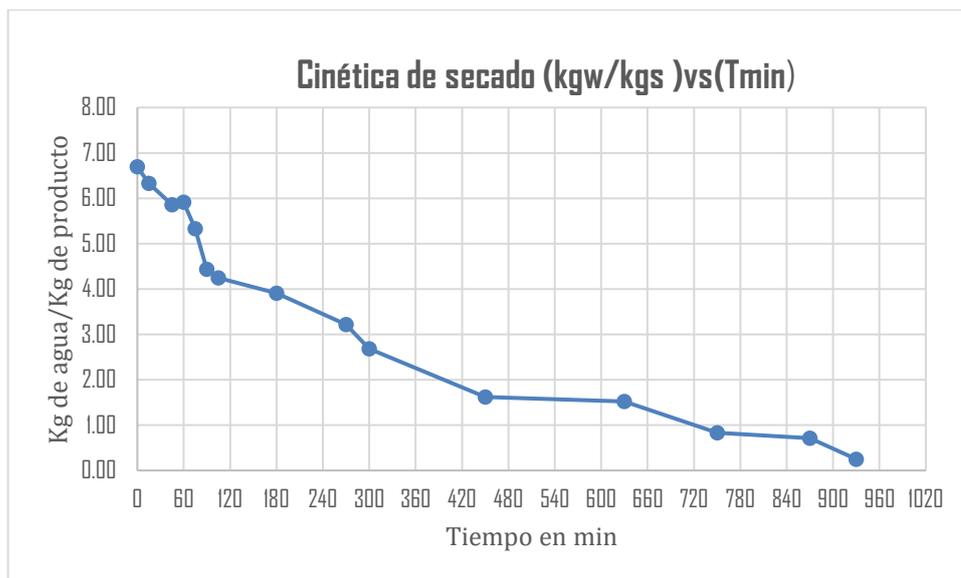


Fig.-3.2 Grafica. Cinética de secado convectivo de arándano azul cortado en láminas de 3mm a 65°C, los puntos representan el promedio de los datos experimentales obtenidos.

Fuente: Elaboración propia

La mayor parte del agua removida del fruto ocurre dentro de los primeros 120 min donde la toma de muestra pare determinar el % de humedad ocurrió en intervalos de 15 min. Y el proceso finalizó a los 930 min, con una humedad del 19.9% (Vega y Col., 2008), Llevaron a cabo un proceso de secado a diferentes temperaturas de las cuales la curva de secado a 65 °C finalizó a los 1600 min, cabe mencionar que no llevaron a cabo la reducción de la superficie de área de contacto en el fruto, por lo cual su tiempo de secado fue mayor.

La humedad que se eliminó en el proceso de secado fue el 80%, De cierta manera la eliminación de humedad fue muy lenta y esto se debe a la cantidad de azúcares y sólidos solubles que impiden el libre tránsito del agua para desplazarse desde el centro hacia el exterior del fruto (Vaurant., 2013).

Existe también una vulnerabilidad por crecimiento fúngico debido a la temperatura de exposición durante el proceso de secado, pero esta situación puede estar ligado a las prácticas de cosecha, que como lo indica (Kabak y col., 2006), se puede prevenir el crecimiento fúngico y la formación de toxinas con una estrategia de campo a la mesa; control de materia prima (precosecha y cosecha), de procesamiento y comercialización. Otro factor importante es mantener la humedad por debajo del 10% para mantener la inactivación de microorganismos en el fruto. (Geankoplis., 1995). La humedad final del fruto fue de 19.9 % por lo cual se no se descarta la posibilidad de proliferación de microorganismos.

Se puede apreciar un ligero pardeamiento en el fruto después del proceso de secado, se recomienda sumergir el fruto cortado en una salmuera para evitar el oscurecimiento del fruto (Michelis y Ochoa., s.f.)

3.4 SECADO SOLAR Y CINETICA DE SECADO:

El peso total del fruto fresco cortado fue de 350 g, el tiempo de secado fue de 13.75 h, el peso final del producto en seco registrado en 68 g, el proceso de secado se llevó a cabo en el mes de septiembre en la comunidad de la Libertad Tecola cuyas coordenadas geográficas son 18° 53' 3" N 98° 11' 1" O y a una altura de 2060 m sobre el nivel del mar.

Se realizó en un secador solar directo donde el producto y el aire se calientan por efecto invernadero, con una superficie de contacto de 0.158 m², el proceso se llevó a cabo durante las horas donde el cielo estaba mayormente despejado, esto para

aprovechar la máxima radiación solar que pudo incidir sobre la superficie de contacto del dispositivo, como se puede observar en la tabla 3.2 después de las primeras 2 horas se alcanzó un a humedad del 47.7%.Una vez que las capsulas de control de humedad llegaron al peso constante se finalizó el proceso, la fruta seca se etiqueto y se guardó en bolsas de plástico para su posterior proceso de maceración.

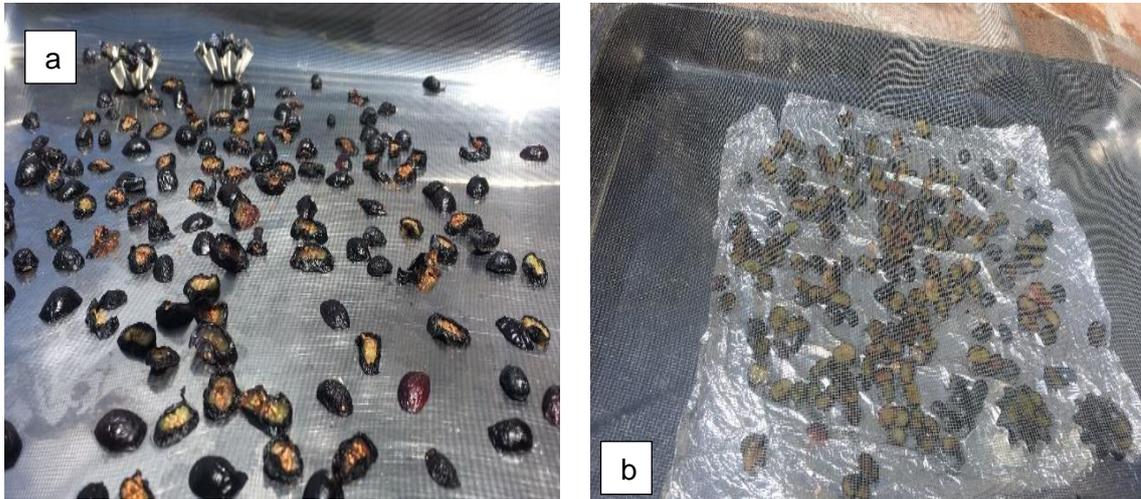


Fig. 3.3 Proceso de secado solar del Arándano azul, el fruto fue cortado en láminas de 3mm. a) Capsulas para control de humedad, b) Sistema donde se realizó el proceso de secado solar. Fuente: Elaboración propia.

En la Fig. 3.3 se puede apreciar un ligero pardeamiento del fruto

La deformación típica del fruto es apreciable debido a que la estructura se contrae por el proceso de secado solar a diferencia de otros procesos como el liofilizado donde la estructura se conserva (López, 2016)

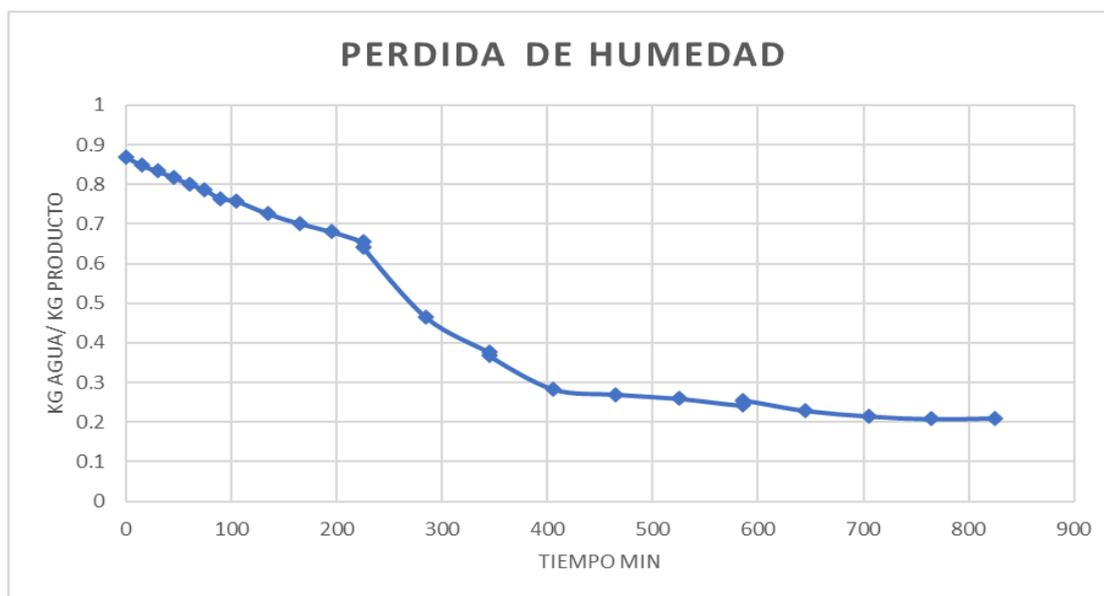


Fig.-3.4 Cinética de secado solar de arándano azul cortado en láminas de 3 mm.

Fuente: Elaboración Propia.

En la curva de secado se puede apreciar un comportamiento típico del secado en alimentos, como se puede ver en fig. 3.4 que la mayor parte de la pérdida de humedad ocurre en las primeras horas del proceso, y es posible apreciar la pérdida de la velocidad de secado representada por el cambio de pendiente hacia las últimas horas.

El tiempo total de secado fue de 825 min (13.75 h), alcanzando una masa de producto de 0.827 g

El contenido de humedad final fue de 0.266 kg agua/kg s mismo valor reportado por López en 2016, donde al aplicar un secado solar directo obtuvo el mismo contenido de humedad al segundo día con una duración de 15 h. Es importante mencionar que las horas de exposición solar son cruciales para el proceso de secado ya que durante el día el nivel de irradiancia es variante, particularmente en el trabajo de (López., 2016) muestra un máximo nivel de irradiancia entre 12:00 y 13:00 h del día. (Pinto y col., 2016) reportó que algunos tipos de radiación UV puede activar la expresión de genes relacionados con la biosíntesis o generación de compuestos fenólicos y acaparar metabolitos secundarios.

La radiación solar puede desencadenar a una actividad metabólica como un mecanismo de defensa contra el estrés que se propicia por la radiación solar, y es posible diferentes concentraciones de fuentes de reserva como ácidos orgánicos y azúcares.

3.4.1 Determinación de contenido de humedad:

La humedad inicial fue de 87.31%, para determinar la cantidad de humedad durante los procesos de secado solar y secado convectivo, se empleó el método gravimétrico (Según AOAC 2005, NTP-ISO 6496-2005), el proceso se detuvo cuando al calcular el % de Humedad como lo describe en la Ec. 2.1 este valor fue constante.

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{peso final de la muestra}}{\text{peso inicial de la muestra}} * 100$$

Ec. 2.1. Ecuación para determinar el % de humedad. Fuente: AOAC 2005, NTP – ISO 6496 – 2005

<i>T (min)</i>	<i>% H SC</i>	<i>% H SS</i>
0	100	100
15	95.2	86.1
30	93.4	78.6
105	73.9	53.95
120	59.8	47.7
450	33.8	17.9
510	25.7	17.65
705	23.1	16.65
825	-	16.5
930	19.9	-

Tabla 3.2.- Porcentaje de humedad obtenido en arándano azul, laminado a 3mm de grosor, para secado solar (SS) y secado convectivo (SC) a distintos intervalos de tiempo. Fuente: elaboración propia.

Es importante mencionar que el proceso de secado tenía como objetivo concentrar los sólidos contenidos en el arándano azul y al no alcanzar un % de humedad menor al 12% no cumple con la definición de secado, en todo caso estamos hablando de un proceso únicamente de deshidratación, pero en esta investigación este proceso cumplió con su principal objetivo.

3.5 ESCALDADO

Para el proceso de escaldado igual que para los pretratamientos de secado convectivo y secado solar, se usaron 350g de arándano azul, se escaldaron conservando su forma esférica natural, el proceso duro 1 min, a temperatura de 85°C. Después del tratamiento las bayas fueron retiradas del agua para llevar el proceso de enfriamiento a temperatura ambiente, después del proceso de escaldado se observó un abrillantamiento en el arándano azul, esto debido a la pérdida de la cera que recubre la epidermis.



Fig.- 3.5 a) Apreciación del arándano azul antes del pre tratamiento de escaldado. b) Apreciación de abrillantamiento en superficie de Arándano Azul *Vaccinium Corymbosum* después del pretratamiento de escaldado. Fuente: Elaboración propia.

3.6 MACERACIÓN EN FRIO:

Maceración en frío con muestra de secado solar:

Para el proceso de maceración en frío se utilizó etanol para extraer los compuestos de interés. Se utilizaron 34g de producto del secado solar a los que posteriormente se le agregaron 443.5ml de etanol, el frasco fue etiquetado para dejarlo reposar según la metodología establecida, en un lugar fresco, oscuro donde el frasco era agitado ocasionalmente.

Maceración en frío secado convectivo:

El proceso de maceración en frío también se aplicó con el producto obtenido por secado convectivo se pesaron 43.5g del arándano seco y se dejó en maceración con 443.5 ml de etanol, el frasco fue etiquetado y colocado en un lugar fresco y oscuro además también era agitado eventualmente esto para favorecer la extracción.

Maceración en frío con arándano azul escaldado.

Para la maceración en frío se pesaron 175g gramos de arándano azul escaldado al igual que con los otro macerados se le agregaron 443.5 ml de etanol, el frasco fue cerrado, rotulado y almacenado en iguales condiciones ya antes mencionadas Pasados los 30 días los 3 macerados, Fig. 3.6.

3.7 MACERACIÓN EN CALIENTE

Maceración en caliente con muestra de secado solar:

Se utilizaron 34g de arándano azul se agregaron 443.5ml de etanol, y se llevó a una temperatura de 40° C con un tiempo de extracción de 4 horas, esta temperatura se consiguió por baño maría en agua, se midió constantemente la temperatura para no sobrepasar y conseguir una extracción sin dañar los compuestos termolábiles de interés, la temperatura se midió con un termómetro de vástago marca (Bonne by concasse). Al finalizar la maceración se retiró el arándano azul, se guardó y etiqueto en frascos previamente esterilizados.

Maceración en caliente con muestra de secado convectivo:

El proceso de maceración en caliente también se aplicó con el producto obtenido secado convectivo se pesaron 43.5g del arándano seco y se agregaron 443.5 ml de etanol, después la temperatura del etanol se llevó hasta 40°C mediante baño maría, se realizó una agitación aleatoria durante el proceso de extracción. La maceración tuvo una duración de 4 horas después de este tiempo el arándano azul fue retirado, el frasco fue etiquetado y colocado en un lugar fresco y oscuro.

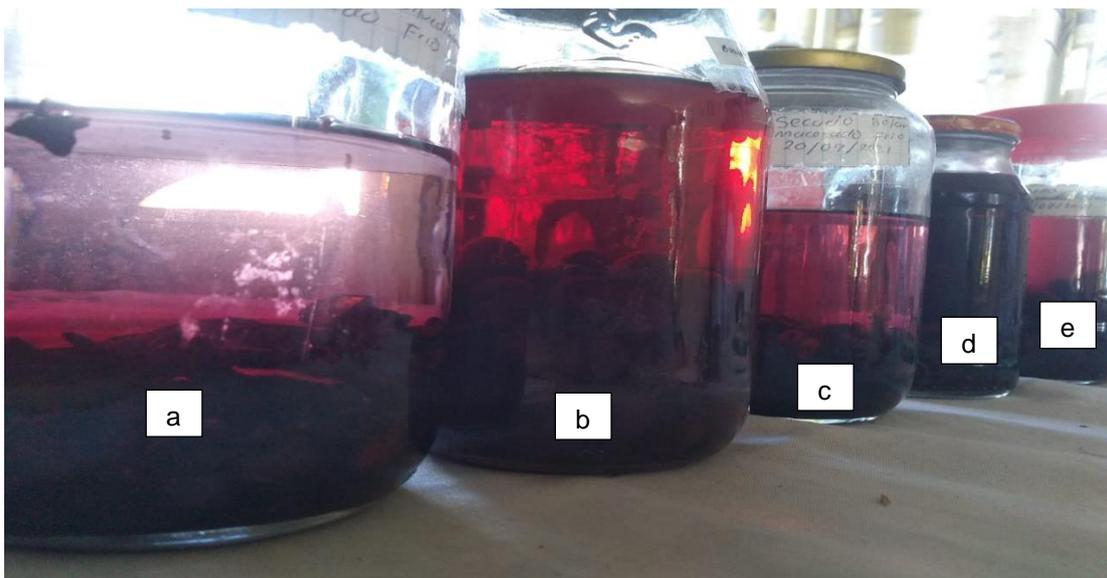


Fig.-3.6 imágenes de los macerados obtenidos, a) SCMF, b) ESCMF, c) SSMF, d) SSMC, e) ESCMC y f) SCMC. Fuente: Elaboración propia.

Maceración en caliente con arándano escaldado.

El proceso de maceración en caliente también se realizó con el arándano con pretratamiento escaldado, una vez que el arándano azul se encontró a temperatura ambiente, fue colocado en un frasco estéril enseguida se le agregaron 443.5 ml de etanol. El proceso duro 4 horas igual que los anteriores macerados, transcurrido el tiempo de extracción el arándano azul fue retirado, el frasco fue rotulado y almacenada en un lugar fresco y oscuro para su correcta conservación y almacenamiento.

Fig.3.3 Tabla. Resultados fisicoquímicos de los macerados.

Macerados	Brix	Alcohol
SSMC	17	27.0
SCMF	17	27.0
ESCMF	14	21.3
SSMF	16.5	27.0
SCMC	18	27.3
ESCMC	12	18.2

Como se puede observar en la tabla 3.3 se evaluó el contenido de °Brix y el contenido de alcohol para cada tipo de macerado, el secado solar macerado en caliente (SSMC) y el secado convectivo macerado en frío (SCMF) presentaron el valor máximo de 17°Brix en cambio el valor mínimo fue obtenido para el escaldado macerado en caliente (ESCMC) con 12°Bx. Este parámetro se utilizó para realizar el balance de sólidos soluble deseados en el licor final mediante el cuadrado de Pearson como se muestra en la sección de “Anexos 1”.

Tabla.3.4 Determinación de concentración de sólidos en los 6 macerados obtenidos.

Claves macerados	Peso inicial (g) arándano azul Base húmeda	Peso final (g) arándano azul Base seca	Humedad (%)	Etanol (ml)	Concentración de solutos % (p/v)	concentración de solutos% (m/m)
SCMC	175	43.5	9.5	443.5	8.93	7.41
SCMF	175	43.5	9.5	443.5	8.93	7.41
SSMC	175	34	11	443.5	7.12	9.29
SSMF	175	34	11	443.5	7.12	9.29
ESCMC	175	175	87	443.5	28.29	29.17
ESCMF	175	175	87	443.5	28.29	29.17

3.8 OBTENCIÓN DE LICOR

Se obtuvieron 6 diferentes licores con un volumen de 100 ml cada uno a una concentración de 12° Brix finales, mismo valor que clasifica a nuestros licores en dulces de acuerdo a la NOM-199-SCFI-2017. Cada uno de estos se licores se ajustaron con el cuadro de Pearson, tomando como jarabe una solución de sacarosa de 5.1 °Brix.

Fig.- 3.7 Licores de arándano azul obtenidos.



Fig.-3.7 Licores de arándano azul obtenidos, a) LSSMC; 12°Bx, b) LSCMC;12.1Bx, c) LESCNC; 10Bx, d) LSSMF; 13Bx, e) LSCMF; 12.5Bx y f) LESCMF; 12Bx. Todos los licores fueron protegidos y almacenados en un lugar oscuro y en las mismas condiciones. Fuente: Elaboración propia

3.9 Determinación de Polifenoles totales, resultados del ensayo método de Folin.

CLAVE DE LICOR	TEMPERATURA DE PRETRATAMIENTO (°C)	Tiempo de maceración (H)	Fenoles mg EAG/100ml
LSCMC	40	4	132.476±25.517 ^a
LSCMF	40	720	40.790± 15.643 ^b
LSSMC	-	4	66.576± 2.512 ^{b c}
LSSMF	-	720	89.671± 37.044 ^{b c}
LESCMC	85	4	17.781± 4.691 ^{c d}
LESCMF	85	720	67.618± 7.167 ^d

Tabla 3.5. Resultados de la evaluación de contenido de compuestos fenólicos MD±DS en EAG mg/100 g ms.de los diferentes licores

El contenido de compuestos fenólicos totales oscilo entre 132.476±25.51 y 17.78±4.69 Fenoles mg EAG/100 ml (Tabla 3.5) los valores indican la media ± desviación estándar, Para la muestra LSCMC el contenido de fenoles, representa el valor más alto 132.476±25.51 mg EAG/100 ml, el valor más bajo obtenido fue para la muestra LESCMC 17.781± 4.691 mg EAG/100 g ms, se observa un rango amplio en el contenido fenólico, posteriormente se comprobara con análisis estadístico si estas diferencias son significativas.

Guindán y col., (2012), reportan en su investigación titulada “P. Arándanos y duraznos: análisis nutricional y actividad antioxidante” para el arándano azul *Vaccinium corymbosum* un contenido fenólico de 154 ± 2mg EAG/ 100g de fruta, este valor coincide con el valor más alto en esta investigación 168.76 ±32.50 mg EAG/100 g ms, cabe mencionar que nuestro valor esta reportado en gramos de masa seca , lo cual nos indica que en el licor LSCMC el contenido fenólico se mantuvo, a diferencia de los otros licores donde el contenido fenólico es mucho menor esto puede ser indicio de que en el proceso estos compuestos se vieron afectados y disminuyo así su concentración.

Por otra parte (Heinonen y col., (1998), en su investigación analiza el contenido de fenoles para licores de fresa, arándano, cereza y mora, 500, 525, 1080 y (447-885)

mg EAG/L de licor respectivamente, nuestro licor LSCMC arrojó un contenido fenólico de 1324.75 mg EAG/L, este valor es mucho más grande que el reportado por estos autores, para los licores LSSMC, LSSMF y LSCMF con 665.763, 896.714 y 676.182 mg EAG/L respectivamente, sucede lo mismo los valores encontrados son mayores esto evidencia que efectivamente existe una influencia de los pretratamientos y el tipo de maceración que se realiza en cada licor. Los licores LSCMF y LSCMC tienen el menor contenido de compuestos fenólicos con 407.89 y 177.81 mg EAG/L, respectivamente.

Anticona y col., (2016), reportan 379 ± 1.5 mg EAG/ 100g para un producto comercial con el 72% de pulpa de arándano azul de la variedad *Vaccinium Corymbosum L.* y 358 ± 2.4 mg EAG/ 100g en fruto fresco proveniente de Huelva, España. (Seeram y col), obtienen 230 mg/100 ml de polifenoles totales en zumo de arándanos, *V. Corymbosum L.*, (EE. UU.). En otros estudios realizados con arándanos *V. Corymbosum L.*, cultivados en USA se obtienen datos de 175.8 mg/100g, 190 mg/100g y 208 mg/100g.

Alarcón y col., (2021), realizó la determinación de PT en extractos etílicos de arándano seco, (60°C por 36 horas), *Vaccinium Corymbosum L.*, macerados por 48 horas en etanol al 70%, sus resultados fueron 900.27 ± 5.64 mg EAG/ 100g es importante mencionar que este estudio se realizó en Ecuador, si comparamos este valor con el obtenido en nuestra investigación difiere en gran medida el secado que se realizó en dicho estudio fue más prolongado en comparación con nuestro proceso lo cual explica que este pretratamiento concentra aún más los sólidos que se encuentran en la fruta. Aunado a esto la investigación sustenta que la distribución geográfica, condiciones agroclimáticas, exposición de la luz, altura y temperatura, calidad del suelo, influye directamente proporcional en la concentración de polifenoles totales que se encuentran en el fruto.

CLAVE DE LICOR	TEMPERATURA DE PRETRATAMIENTO (°C)	Tiempo de maceración (H)	% De Retención
LSCMC	40	4	85.7
LSCMF	40	720	26.4
LSSMC	-	4	43.1
LSSMF	-	720	58.1
LESCMC	85	4	11.4
LESCMF	85	720	43.8

Tabla 3.6.- % de retención de polifenoles totales para los licores evaluados. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 3.6 el licor LSCMC fue el que conservo la mayor parte de compuestos fenólicos con un 85.7%. el licor con menor % de retención fue para LESCMF.

3.10 Actividad antioxidante, Resultados del ensayo método DDPH

Clave del licor	T de pretratamiento (°C)	T de maceración (°C)	Tiempo de maceración (h)	µM TEAC/ml
LSCMC	40	40	4	204.07±6.73 ^D
LSCMF	40	20-24	720	282.88±6.21 ^{AB}
LSSMC	20-24	40	4	265.31±25.96 ^{BC}
LSSMF	20-24	20-24	720	246.32±16.45 ^C
LESCMC	85	40	4	316.59±22.8 ^A
LESCMF	85	20-24	720	261.04±25.45 ^{BC}

Tabla. - 3.6. Los Valores indican la media aritmética ±desviación estándar resultados arrojados con el método DPPH, las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Los resultados en el ensayo de actividad antioxidante mediante el método de espectrofotetría DPPH evaluando los 6 licores desarrollados nos arrojaron que el licor LSCMC tiene el valor más alto con $316.59 \pm 22.8 \mu\text{M TEAC/ml}$ el valor más bajo se obtuvo para el licor LSCMC con $204.07 \pm 6.73 \mu\text{M TEAC/ml}$. (Fabiani y col. 2013) determinaron actividad antioxidante de diferentes frutas obteniendo para el arándano azul *Vaccinium corymbosum L.* una concentración de 154 mg TEAC/100g de fruta fresca, este valor fue determinado a una absorbancia de 517 nm , el valor reportado es menor a los valores obtenidos en nuestra investigación ya que nuestro valor más bajo reportado es de 204.07 ± 6.73 que corresponde al LSCMC, esto puede deberse a que los pretratamientos como el secado convectivo, influyen de manera significativa en la concentración de los sólidos, aumentado así la concentración de los compuestos fenólicos, otro factor importante que debe mencionarse es el solvente utilizado para la extracción.

Bach y Bach., (2019) demostraron que la extracción etílica favorece la extracción de los compuestos fenólicos a diferencia de la extracción acuosa, por lo cual la actividad antioxidante es influenciada por el factor solvente extractor, siendo los compuestos fenólicos poli hidroxilados más solubles en etanol que en agua, Bach obtuvo valores para la actividad antioxidante de 1.80 mg/ml para el extracto acuoso y 2.05 mg/ml para el extracto etílico. (Alarcón y col., 2021) en su estudio reporta $48.65 \pm 0.993 \text{ mg/ml}$ en comparación con los resultados de la presente investigación que van del intervalo 124.84 ± 9 a 80.47 ± 2.65 a mg TEAC/ml , al comparar estos resultados podemos notar que son mayores para los 6 licores evaluados, en base a esto podemos decir que los pretratamientos aplicados si influyen en la actividad antioxidante.

3.11 Análisis sensorial

3.11.2 Resultados de prueba preferencia.

PANELISTA	SABOR			COLOR		
	235	487	023	235	487	023
1	2	3	1	3	2	1
2	1	3	2	3	2	1
3	2	3	1	3	2	1
4	1	2	3	3	2	1
5	3	2	1	2	1	3
6	1	2	3	1	2	3
7	2	3	1	1	2	3
8	3	2	1	3	1	2
9	3	1	2	3	2	1
10	3	1	2	3	2	1
11	2	3	1	2	3	1
12	2	3	1	2	3	1
13	3	2	1	2	3	1
14	2	3	1	3	2	1
15	3	2	1	1	3	2
16	2	3	1	3	2	1
17	2	3	1	2	1	3
18	2	3	1	2	3	1
19	2	3	1	3	2	1
20	1	2	3	2	3	1
21						
22	2	3	1	3	2	1
23	3	2	1	3	1	2
24	3	2	1			
25	3	2	1	3	1	2
26	3	2	1	3	2	1
27	2	1	3	3	2	1
28	3	2	1			
29	2	1	3	3	2	1
30	3	2	1	3	2	1
Total	66	66	42	68	55	39

Tabla. – 3.7 Resultados obtenidos para la prueba sensorial por ordenamiento: Evaluación de sabor y color.

Las muestras se codificaron como se muestra en la tabla 3.7 con números aleatorios de tres dígitos, 235, 487 y 023, que representan al licor, LSCMF, LESECMF Y LSCMC, respectivamente, se obtuvo la suma total, de los valores que cada panelista le asigno a las muestras, en seguida se realizó la comparación de esta sumatoria con el valor critico establecido de acuerdo a la Tabla A-1: Diferencia de sumatoria ordinal absoluta critica de “todos los tratamientos”, Comparaciones al nivel de significancia del 5%. El valor critico establecido para 30 panelistas y 3 muestras con un nivel de significancia del 5% es 19, de acuerdo a este valor podemos concluir que existe diferencia entre las muestras LSCMF Y LSCMC, también se establece una diferencia significativa entre la muestra LESECMF Y LSCMC para la evaluación de sabor. Nuestra escala de evaluación consistió en la numeración del 1 al 3 donde 1 correspondía al licor con el sabor más agradable, 2 el medianamente agradable y 3 el menos agradable. Como resultado se obtuvo que el LSCMC es el más aceptado con 21 votos valuados con el número 1.

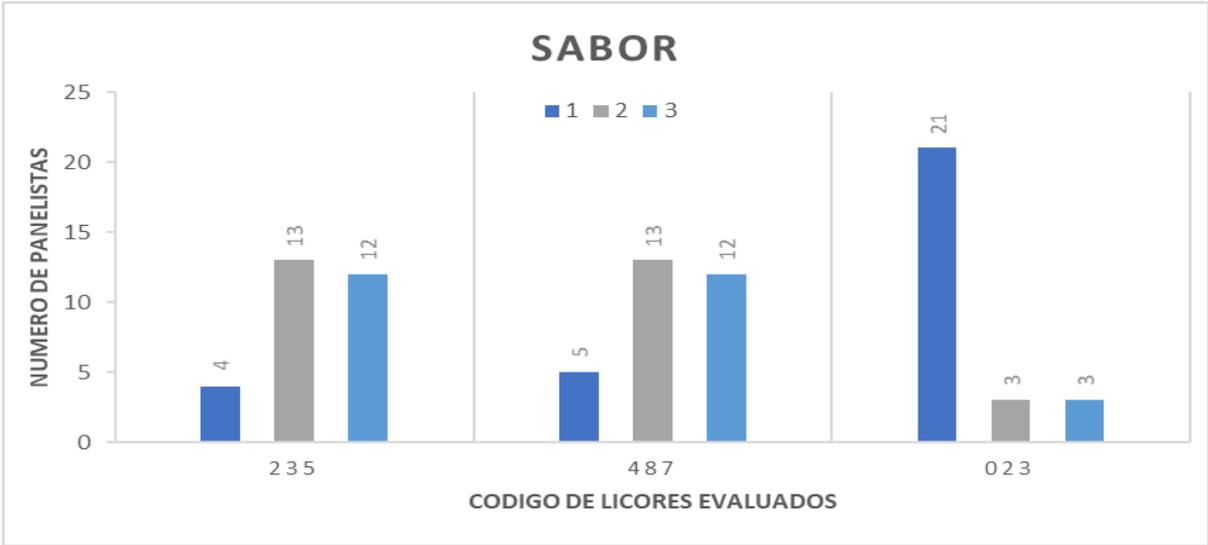


Fig.3.8 Representación gráfica de la aceptación del sabor de 3 licores, LSCMF, LESECMF Y LSCMC, codificados 235, 487 y 023, respectivamente en prueba sensorial. Fuente: Elaboración propia.

Para el análisis de color las muestras LSCMF Y LSCMC fueron las únicas que presentaron diferencias significativas, la interpretación de los resultados evidencia que el licor LSCMC es el que tiene mayor aceptación o preferencia por los panelistas de acuerdo al sabor, con esta aceptación por parte de los panelistas, se puede decir que el licor LSCMC es el más aceptado con las mejores cualidades sensoriales.

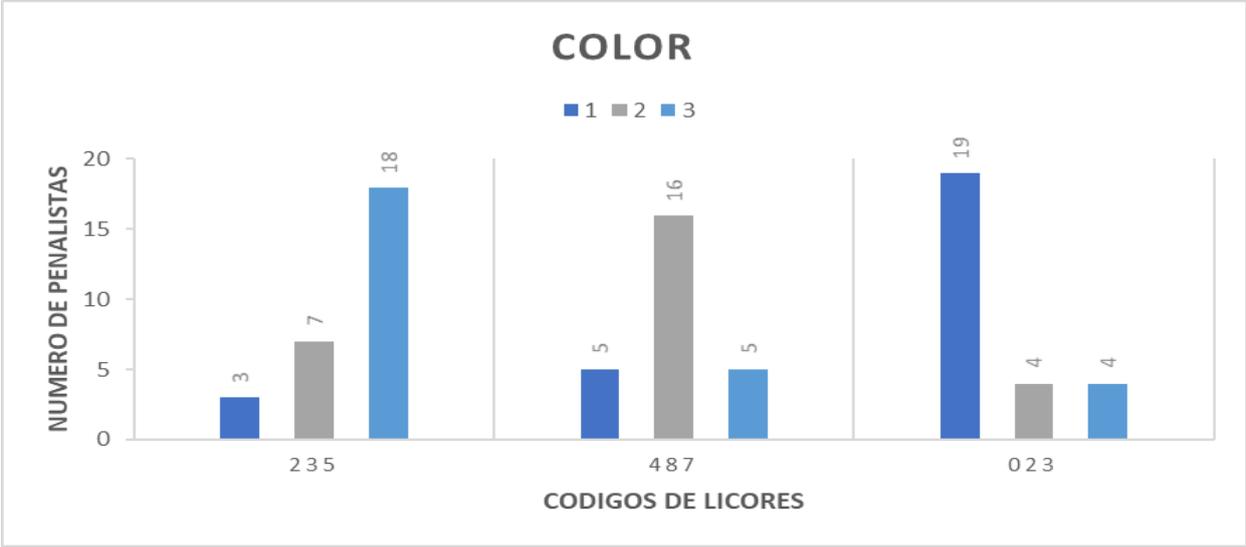


Fig.-3.9 Representación gráfica de la aceptación de color de diferentes licores en prueba sensorial. Fuente: Elaboración propia.

El resultado en la prueba de preferencia para el color evidencio que, si existe diferencia entre los licores evaluados, la muestra codificada como 023 obtuvo la mejor aceptación con 19 votos valuados con el número 1. El LSCMC fue el más aceptado por los consumidores para ambas características sensoriales evaluadas, color y sabor.

3.11.2 Resultados de prueba sensoria Dúo-trio

Tabla. - 3.8 Resultados obtenidos en la prueba dúo-trio, aplicado a 30 panelistas de consumidores.

R=419	419	163	R=163	419	163
1	1		1		1
2	1		2		1
3	1		3		1
4	1		4	1	
5	1		5		1
6	1		6		1
7	1		7		1
8	1		8		1
9	1		9	1	
10	1		10	1	
11	1		11		1
12		1	12		1
13		1	13		1
14		1	14		1
15		1	15		1
TOTAL	11	4		3	12

En la realización de la prueba dúo-trio se utilizó la referencia balanceada las muestras evaluadas fueron LSCMC y LSSMF, codificadas con los siguientes números aleatorios de 3 dígitos 419 y 163 respectivamente, para los primeros 15 panelistas la muestra de referencia (R) fue LSCMC y los 15 restantes la Referencia (R) fue el LSSMF. En los resultados de la prueba aplicada a 30 panelistas no entrenados, 23 panelistas seleccionaron la respuesta correcta, 7 de ellos no lograron identificar cuál de las muestras era igual a la referencia.

De acuerdo a la tabla Tabla. - Número mínimo de juicios correctos para establecer significancia a varios niveles de significancia para pruebas de comparación por pares y dúo- trio (una cola $P=1/2$), establece 20 juicios correctos con un nivel de significancia de 0.05. En base a esto podemos concluir que, si existe diferencia sensorial en los dos licores evaluados, los panelistas de consumidores lograron detectar las diferencias en los licores presentados e identificar cual correspondía a la referencia a pesar de que se utilizó el método de referencia balanceada.

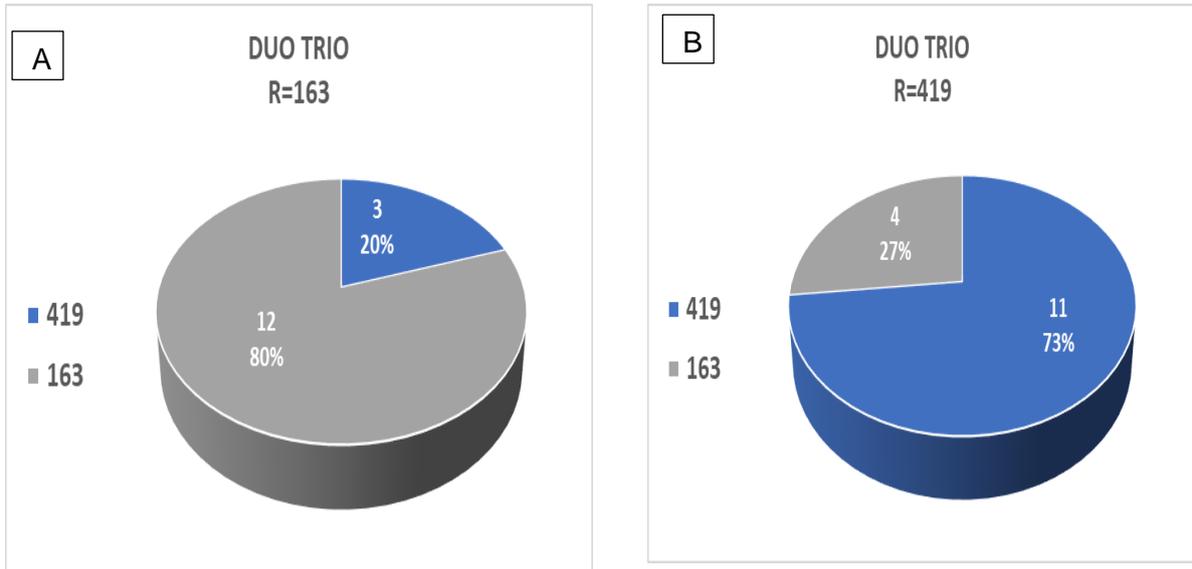


Fig.-3.10 Representación gráfica de los resultados obtenidos en la prueba sensorial donde A) R=163 Y B) R=419.

En la fig.3.10 se puede observar la distribución grafica de los resultados obtenidos en la prueba dúo- trio, el porcentaje de aciertos en ambas tablas es muy alto del 73% al 80%.

3.12. Análisis estadístico: Anova de dos factores.

3.12.1 Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo, para evaluar contenido fenólico.

CLAVE DE LICOR	TEMPERATURA DE PRETRATAMIENTO (°C)	Tiempo de maceración (H)	Fenoles mg EAG/100ml
LSCMC	40	4	132.476±25.517 ^a
LSCMF	40	720	40.790± 15.643 ^b
LSSMC	-	4	66.576± 2.512 ^{b c}
LSSMF	-	720	89.671± 37.044 ^{b c}
LESCMC	85	4	17.781± 4.691 ^{c d}
LESCMF	85	720	67.618± 7.167 ^d

Tabla. - 3.9 Resultados obtenidos para prueba Anova de dos factores con nivel de significancia 0.05, el valor p para el pretratamiento fue 0.005, 0.515 para la maceración y 0.000 para la interacción entre pretratamiento*maceración. Fuente: Elaboración propia.

Para evaluar si existe diferencia significativa en el contenido fenólico de los 6 licores elaborados se realizó el análisis de varianza (ANOVA) de dos factores con un diseño completamente al azar, el análisis de datos se realizó en software Minitab versión 8.1. Los resultados de la prueba evidenciaron que, si existe diferencia en el contenido fenólico de los 6 licores, esto se puede comprobar debido a que el valor de F para la interacción es mayor que la F de Fisher ($31.630 > 3.885$) reportada en tablas, lo que significa que existe una diferencia en la cantidad de compuestos fenólicos cuando las dos variables maceración y pretratamientos son ejercidas, por otra parte, en los análisis independientes de cada una de las variables el valor de la significancia prefijada α es mayor al valor de P ($0.05 > 0.005$ y $0.05 > 0.000$) lo cual nos arroja una mayor fiabilidad en el estudio.

3.12.1.1 Comparaciones por parejas de Fisher: PRETRATAMIENTO *MACERACION

PRETRATAM*MACERACIO	N	Media	Agrupación			
LSCMC	3	132.476	A			
LSSMF	3	89.671		B		
LESCMF	3	67.618		B	C	
LSSMC	3	66.576		B	C	
LSCMF	3	40.790			C	D
LESCMC	3	17.781				D

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

Tabla. - 3.10 Metodo de Fisher para evaluar pretratamientos y tipo de maceración en cantidad de compuestos fenólicos de los licores, Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Para realizar la comparación de Fisher, los pretratamientos y el tipo de maceración se codificaron del 1 al 3 de la siguiente manera; 1=secado solar, 2=secado convectivo, 3= escaldado; 1=macerado caliente, 2= macerado en frio respectivamente. En este estudio formaron 4 grupos de la letra A - D, Tabla 3.10.

La media de la codificación 21 correspondiente a LSCMC es significativamente diferente para los tres grupos restantes, se precisa en que no comparte letras de otros grupos, la combinación del pretratamiento y macerado influyeron de manera positiva, obteniendo así el contenido de fenoles más alto (132.76). siendo la media más alta de licores comparados. La codificación 12 y 31 que corresponden a SSMF y ESCMC no comparten letras, por lo que también son significativamente diferentes, siendo la codificación 31 la que tiene la menor concentración de fenoles obtuvo.

Las codificaciones 32, 11 que pertenecen a ESCMF, SSMC respectivamente, muestran letras compartidas por lo son estadísticamente iguales, la combinación de los pretratamientos y tipos de maceración de estas muestras no propiciaron el incremento en la cantidad de compuestos fenólicos, también el proceso influyó para ambos de la misma manera obteniendo así resultados muy similares.

3.12.2 Anova de dos factores para Actividad antioxidante en licores de arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.).

Modelo lineal general: μ M TEAC/ml vs. PRETRATAMIENTO, MACERACION

<i>Clave del licor</i>	<i>T de pretratamiento (°C)</i>	<i>T de maceración (°C)</i>	<i>Tiempo de maceración (h)</i>	<i>μM TEAC/ml</i>
LSCMC	40	40	4	204.07±6.73 ^D
LSCMF	40	20-24	720	282.88±6.21 ^{AB}
LSSMC	20-24	40	4	265.31±25.96 ^{BC}
LSSMF	20-24	20-24	720	246.32±16.45 ^C
LESCMC	85	40	4	316.59±22.8 ^A
LESCMF	85	20-24	720	261.04±25.45 ^{BC}

Tabla. - 3.11 Anova de 2 factores para la actividad antioxidante de los licores desarrollados, el valor p para el pretratamiento fue de 0.004, 0.877 para la maceración y 0.00 para la interacción pretratamiento* maceración. Fuente: Elaboración propia.

El método estadístico Anova de dos factores desarrollado en el software Minitab versión 8.1, con un diseño completamente al azar, nos concluye que las medias obtenidas para los pretratamientos aplicados son significativamente diferentes ya que el valor $P_{cal} < P (0.05)$ lo mismo pasa si evaluamos la interacción del pretratamiento y el tipo de maceración, la influencia que ejercen si se aplican de manera simultánea, la prueba nos permite concluir que si es significativa. Por el contrario, el tipo de maceración evaluado por sí solo no presenta diferencia, tabla 3.11, permitiéndonos observar que no influye en la actividad antioxidante si se aplica sin algún pretratamiento.

Una vez que se confirma que existe diferencia significativa para la cantidad de actividad antioxidante en los 6 licores desarrollados se realiza la prueba de Fisher con un nivel de confianza del 95%.

3.12.2.1 Comparaciones por parejas de Fisher: PRETRATAM*MACERACIO Para actividad antioxidante.

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

PRETRATAM*MACERACIO	N	Media	Agrupación			
LESCMC	3	316.591	A			
LSCMF	3	282.884	A	B		
LSSMC	3	265.317		B	C	
LESCMF	3	261.045		B	C	
LSSMF	3	246.327			C	
LSCMC	3	204.073				D

Tabla. - 3.12Metodo de Fisher para evaluar pretratamientos y tipo de maceración en actividad antioxidante de los licores, Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Para realizar la comparación de Fisher, los pretratamientos y el tipo de maceración se codificaron del 1 al 3 de la siguiente manera; 1=secado solar, 2=secado convectivo, 3= escaldado; 1=macerado caliente, 2= macerado en frio respectivamente. En este estudio formaron 4 grupos de la letra A, B, C Y D, tabla 3.12.

El Licor LESCMC, obtuvo la mayor actividad antioxidante, clasificándose, así como el grupo A en la tabla 3.12 que es significativamente diferente a los tres grupos restantes. El licor LSSMF también presento diferencia significativa, al igual que el licor LSCMC que obtuvo el valor más pequeño para la actividad antioxidante.

Los licores LSCMF, LSSMC Y LESCMF son un grupo homogéneo, donde a pesar de tener diferentes pretratamientos y tipos de macerados la actividad antioxidante se encuentra en el mismo rango, sin presentar una influencia de estos sobre la actividad antioxidante.

3.13 Conclusiones

En el desarrollo de la investigación se lograron alcanzar los diferentes objetivos que se propusieron, los licores que se obtuvieron alcanzaron diferentes características fisicoquímicas, sensoriales, compuestos fenólicos y la actividad antioxidante. El licor LSCMC alcanzó sensorialmente la aceptación al cumplir con el sabor y color preferente, así mismo la cantidad de concentración de compuestos fenólicos fue mayor, dado que el secado convectivo resultó ser el más apropiado para exponer los componentes de interés, en consecuencia, las variables de proceso como la temperatura de 40° C y el tiempo de 4 horas de la maceración en caliente etílica, propiciaron la extracción adecuada al conservar los compuestos bioactivos que como se revisó en la bibliografía son afectados por diferentes factores, como la luz, el pH, la temperatura y el tiempo.

Por otra parte, se observó que los licores que tenían mayor cantidad de compuestos fenólicos tenían una menor actividad antioxidante y viceversa, por ejemplo, el licor LSCMC tuvo una mayor actividad antioxidante y su cantidad de fenoles fue menor o una de las más bajas. LSCMC tuvo una actividad antioxidante muy bajo y su cantidad de compuestos fenólicos fue mayor. Se puede deducir que los licores con mayor cantidad de fenoles no precisamente tienen la mayor actividad antioxidante, esto puede deberse a algunos factores como la disponibilidad de los compuestos fenólicos, y que a pesar de su presencia no están en su total activación. Otra posibilidad es que entre mayor cantidad se encuentren los fenoles pueden tener un efecto de auto inhibición.

Los resultados nos permiten concluir que los pretratamientos aplicados antes de la maceración sí influyen en el contenido fenólico y actividad antioxidante. Por el contrario, el tipo de maceración no influye de la misma manera, solo parece influir en el contenido de los compuestos fenólicos totales, pero no en la cantidad de actividad antioxidante.

3.14 Bibliografía:

- [1] Alarcón Arana, B. L., & Castro Sánchez, J. I. (2021). *Estudio comparativo de polifenoles y actividad antioxidante en arándanos rojos (Vaccinium macrocarpon) y arándanos azules (Vaccinium corymbosum) en extractos etanólicos* (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas).
- [2] Alzamora, S.M., Cerrutti, P., Guerrero, S. y López-Malo, A. 1995. Minimally processed fruits by combined methods. In Food preservation by moisture control - fundamentals and applications (pp. 463-492). Lancaster, USA, Eds. Weltri-Chanes, J. & Barbosa-Cánovas, G., Technomic Pub. Co.
- [3] ANTICONA, M., FRÍGOLA, A. ESTEVE, M. (2016). Determination of total polyphenols in blueberries and derivatives. Departamento de Medicina Preventiva Salud Pública, Ciències de l'Alimentació, Toxicología Medicina Legal. Universidad de Valencia. Av. Vicent Andrés Estellés s/n. 46100 Burjassot, Valencia, España.
- [4] Anzaldúa, M.A. (1994) La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la teoría y la Práctica. Editorial Acribia, Zaragoza España, 67-113.
- [5] A. Vega, R. L. Mondaca, C. Tello, M. Miranda, and F. Yagnam (2008) ABSTRACT KINETIC STUDY OF CONVECTIVE DRYING OF BLUEBERRY VARIETY O'NEIL (*Vaccinium corymbosum* L.) Universidad de La Serena, Departamento de Ingeniería de Alimentos, Av. Raúl Bitrán s/n. Box 599, La Serena, Chile.
- [6] Babalis, S.J., and V.G. Belessiotis. 2004. Influence of the drying conditions on the drying constants moisture diffusivity during the thin-layer drying of figs. J. Food Eng. 65:449-458.
- [7] Beltrán R. Alimentos funcionales. Farmacia Profesional, 2016;(30):12-14.
- [8] Buzeta, A. 1997. Arándanos. In Chile: Berries para el 2000, arándano. Departamento Agroindustrial. Fundación Chile. Santiago. Chile. Pp. 53-133. Disponible

online:<http://studyres.es/doc/3201041/monografia-el-cultivo-de-arandanovacciniumsp?page=63> (Ultima vista 29 de octubre del 2021).

[9] Barboza-Cánovas, G., & Vega-Mercado, H. (2000). Deshidratación de alimentos. Zaragoza, ES.: Acribia, S.A.

[10] Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT Food Sci Technol.* 1995; 28(1) :25-30.

[11] Bach, C., & Bach, G. (2019). Determinación de la actividad antioxidante y citotóxica del extracto hidroalcohólico del fruto de *Vaccinium corymbosum* (Arándano) proveniente de Cañete, Lima. Lima: Universidad InterAmerican.

[12] Babalis, s., Belessiotis, V.(2004). Influence of the drying conditions on the drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer drying of figs. Solar & Energy Systems Laboratory, NCSR “Demokritos”, 15310 Aghia Paraskevi Attikis.

[13] Chinou, I (2008) Primary and secondary metabolites and their biological activity. En: Waksmundzka - Hajnos M, Sherma J, Kowalska T (Eds) *Thin layer chromatography in photochemistry*, pp. 59-76. CRS Press, Boca Rato.

[14] Dai, J.; Gupte, A.; Gates, L. & Mumper, R. J. 2009. A comprehensive study of anthocyanin –containing extracts from selected blackberry cultivars: extraction methods, stability, anticancer properties and mechanisms. *Food and Chemical Toxicology.* 47: 837-47.

[15] Dinamarca, P., Poblete, R., Sanchez, A. 1986. Aspectos técnico económico en la producción de berries. Santiago de Chile, Fundación Chile, Departamento Agroindustrial. Publicación técnica N° 16. 28 p.

[16] Doymaz, I. Sun drying of seedless and seeded grapes. *Journal Food Science Technology* 49, 214–220 (2012). <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0272-9>

[17]Deshidrataciones secado de frutas hortalizas y hongos procedimientos hogareños y comercial a pequeña escala

[18] Downes FP, Ito K, eds. 2001. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. APHA, Washington, p 515, 533, 561

[19] Deshidratadores Solares – Unidad de Ecotecnologías, UNAM, Campus Morelia

[20] Del Río, D., A. Rodríguez-Mateos, J. P. Spencer, M. Tognolini, G. Borges y A. Crozier (2013). "Dietary (poly) phenolics in human health: structures, bioavailability, and evidence of protective effects against chronic diseases." *Antioxid. Redox Signal.* 18(14): 1818-1892.

[21] Ehrenfeld, M. K., & Prior, R. L. (2001). Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and Phenolic and anthocyanin concentrations in fruit and leaf tissues of highbush blueberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*,49(5)

[22] Feippe, A., Ibáñez, F., Fredes, A., OVarela, P y Lado, J. (2012). EFECTO DEL ESTADO DE DESARROLLO DE ARÁNDANOS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS, Recuperado el NaN de <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2125/1/18429091012113202.pdf>

[23] Federación de Nutrición. Guía de Alimentos funcionales. Madrid (España): Puleva Food y SENC, 2001. [Internet. Citado 17 de febrero de 2020]. <https://www.fesnad.org/index.phpseccion=dinamico&subSeccion=documento&idF=44>

[24] Fito-Maupoe, P., Andrés-Grau, A.M., Albus-Sorolla, A.M., & Barat-Baviera, J.M. 2001. Introducción al secado de alimentos por aire caliente. Universidad Politécnica de Valencia.

[25] Fabiani, G., Pérez E., Corral E., Salguero A., González M., Tereschuk M., Boggetti H. (2013). Evaluación del contenido de antioxidantes en extractos convencionales y supercríticos de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) Departamento de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Santiago del Estero.

Departamento de Ingeniería de Procesos y Gestión Industrial, Universidad Nacional de Tucumán. Argentina.

[26] Fellows, M. 1994. Tecnología del proceso de alimentos. Editorial Acriba.

[27] Gutiérrez, D., Ortiz, C., & Mendoza, A. (2008, octubre 24). Medición de Fenoles y Actividad Antioxidante en Malezas Usadas para Alimentación Animal. Centro Nacional de Metrología, 1, pp. 2-3.

[28] Gonzales F., Rebollar S., Hernández J., Morales J., Ramírez O. 2019. SITUACION ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE LA PRODUCCIÓN DE BERRIES EN MÉXICO. Revista Mexicana de Agronegocios, vol. 44, pp. 260-272, 2019
Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C.

[29] Guindán, C.; Maldonado, P.; Tereschuk, M. L.; González, M.; Cerutti, G. & Albarracín, P. Arándanos y duraznos: análisis nutricional y actividad antioxidante. IV Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. ISBN-13: 978-987-28845-0-5 Córdoba. Noviembre 2012. pág. 708

[30] G.L. Peterson, Review of the Folin protein quantitation method of Lowry, Rosebrough, Farr and Randall, Analytical biochemistry, Vol.100 No.2, 1979, 201-220.

[31] Giovanelli, G., Brambilla, A., Rizzolo, A., & Sinelli, N. (2012). Combined effects of osmo-and air-dehydration treatments on chemical, antioxidant and morphological characteristics of blueberries. In *CIGR*.

[32] Granados Pucuhuayla, L. M., & Chaccha Ricaldi, R. F. (2014) Elaboración de bebida de" arándano" *Vaccinium corymbosum* y la determinación de su actividad antioxidante.

[33] HERMSOM, A.C. y HULLAND, E.D. 1984. Conservas alimenticias. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España. 451 p.

[34] Heras I, Alvis A, Arrazola G. Optimización del Proceso de Extracción de Antocianinas y Evaluación de la Capacidad Antioxidante de Berenjena (Solana melonera L.). Información tecnológica.2013; 24(5), 93-102.

[35] Heinonen I. M., Meyer A. S. y Frankel E. N (1998). Antioxidant activity of berry phenolics on human low-density lipoprotein y liposome oxidation. Journal of Agricultural y Food Chemistry, 46, 4107-4112.

[36] HERMSOM, A.C. y HULLAND, E.D. 1984. Conservas alimenticias. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España. 451 p.

[37] Jensen, E. (2015). "CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE VARIEDADES DE ARÁNDANO *Vaccinium corymbosum* L", (D.N.I.:34.660.443), [Tesis de grado, Universidad Nacional de La Plata]. SEDIC.

[38] Kalt W, C Lawand, D Ryan, J McDonald, H Donner, C Forney (2003) Oxygen Radical Absorbing Capacity, Anthocyanin and phenolic content of Highbush Blueberries (*vaccinium corymbosum* L) during Ripening and Storage. J. Amer. Coc. Hort. Sci. 128 (6): 917-923.

[39] KIM, J. G.; KIM, H. L.; KIM, S. J. Y PARK, K.: «Fruit quality, anthocyanin and total phenolic contents, and antioxidant activities of 45 blueberry cultivars grown in Suwon, Korea», Journal of Zhejiang University-SCIENCE B (Biomedicine & Biotechnology), Vol.14, Núm.9, pp.793-799, 2013.

[40] Kabak, B, Dobson, A.W., VAR, I. 2006 Strategies to prevent mycotoxin contamination of food and animal feed: a review. Critical Reviews in food Science and Nutrition, 46: 593-619

[41] Lee, J., Durst, R. W. y Wrolstad, R. E. (2002). Impact of juice processing on blueberry anthocyanins and polyphenolics: comparis on of two pretreatments. Journal of Food Science, 67: 1660-1667.

[42] Loyola. N., Georgi. M., Andrade. N., Teixido. E. 1993. Comportamiento de arándano, mora cultivada y mora silvestre en almacenamiento refrigerado y su impacto en la calidad. *Agro Sur* 21 (1): 59-69

[43] López, E. (2016). Estudio experimental del proceso de secado solar directo e indirecto y su efecto sobre la capacidad antioxidante de la fresa (*Fragaria x ananassa*), arándano azul (*Vaccinium Corymbosum*) y zarzamora (*Rubus Fruticosus*). Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México.

[44] La cueva, A., et al. (2010). "Phenolic Compounds: Chemistry and Occurrence in Fruits and Vegetables", en *Chemistry, Nutritional Value and Stability*. 1ra edición. Blackwell Publishing Iowa, USA.

[45] Michel, M. (2018) Encapsulación de compuestos fenólicos de *Vaccinium corymbosum* a través del desarrollo de matrices poliméricas y su efecto en la modulación del microbiota intestinal humana. CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA EN TECNOLOGÍA Y DISEÑO DEL ESTADO DE JALISCO, A. C.

[46] Moggia, C.1991. Aspectos de cosecha y postcosecha de arándanos. Seminario internacional Producción comercial y perspectivas económicas. 4 de octubre de 1991. Talca, Chile. En: Figueroa, DS., JC. Guerrero, y ET. Bensch. 2010. Efecto de momento cosecha y permanencia en huerto sobre la calidad en postcosecha arándano alto (*Vaccinium Corymbosum* L.), Berkeley, Brigitta y Elliott durante la temporada 2005-2006. DESIA (Chile), Vol 28.

[47] Martínez, N.L. 2000. Características y comparación del secado de durazno sometido a distintos pretratamientos. Ph.D. tesis, Universidad De Las Américas Puebla.

[48] Monin A., Etude de la qualite gustative de la pomme golden delicious, rev. Agric. (1970) vol 3, 471-487.

[49] Neto, C.C. Cranberry and Its Phytochemicals: A Review of In Vitro Anticancer Studies. *The Journal of Nutrition*. 2007, 137, 186S–193S.

[50] NMX-Z-013-1977. Guía para Redacción, Estructuración y Presentación de las Normas Mexicanas. NMX-F-103-1965. Norma Oficial de Método de Prueba para la Determinación de "Grados °Brix"

[51] NMX-F-317-S-1978. DETERMINACIÓN DE pH EN ALIMENTOS. DETERMINATION OF pH IN FOODS. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.

[52] Olivas, R., Nevárez. G & Gastelum, M. (2009, abril 02). Las pruebas de diferencia en el análisis sensorial de los alimentos. Tecno ciencia Chihuahua, 3, p.3.

[53] Pino, C. (2007). Descripción del desarrollo vegetativo y de las características físicas y químicas de los frutos de cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE. FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS. Valdivia, Chile.

[54] Paqui Maza, Nathaly Silvana. (2019). Elaboración de licores artesanales a base de flores: rosas, begonia, malvas olorosas y violetas. (Trabajo de Titulación de Licenciado en Gastronomía). UTPL, Loja

[55] Prior, R., & Cao, G. (2000). Antioxidant phytochemicals in fruits and vegetables: diet and health implications. *HortScience*, 35(4), 588-592.

[56] Pujol Vargas, Paola; Diseño de tres programas prerrequisitos del Sistema HACCP, una capacitación en Buenas Prácticas de manufactura, y validación del procedimiento de limpieza y desinfección de las tablas de picar de polietileno del servicio de alimentación del Hospital de San José, Costa Rica; Universidad de Costa Rica, 2016. D

[57] Prior, R. L., Cao, G. H., Martin, A., Sofic, E., McEwen, J., O'Brien, C., et al. (1998). Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity, and variety of *Vaccinium* species. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*, 46, 2686–2693

[58] Pandey, K. B. y S. I. Rizvi (2009). "Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease." *Oxid. Med. Cell. Longev.* 2(5): 270-278.

[59] Planeación agrícola nacional (2017). 2017-2030. Secretaría de Agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (SAGARPA). Ciudad de México.

[60] Re, R.; Pellegrini, N.; Proteggente, A.; Pannala, A.; Yang, M.; Rice-Evans, C. Antioxidant activity applying an improved abts radical cation de colorization assay. *Free rad. Biol. Med.* V. 26, p. 1231-1237, 1999.

[61] R. Julkunen-Tiito, Phenolic constituents in the leaves of Northern willows: Methods for the analysis of certain phenolics, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 33 No.2, 1985, 213-217.

[62] SHELLES FLORES, Farmacia galénica. Madrid, Selsa, 1992.

[63] Sellappan, S., Akoh, C. C., & Krewer, G. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia – grown blueberries and blackberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002; 50(8): 2432- 2438.

[64] Stückerath, R & Petzold, G. (2007, febrero 10). Formulación de una Pasta Gelificada a Partir del Descarte de Arándanos (*Vaccinium corymbosum*). *Información tecnológica*, 18, p.56.

[65] Sapers, g., Burgher, a., Phillips, j., Jones, s. 1987. Color and composition of highbush blueberry cultivars. *Journal of American Society for Horticultural Science*.

[66] Stone, Herbert y Sidel, Joel. *Sensory evaluation practices*, 3a ed. Elsevier Academic Press. 2004

[67] Schiffman, Harvey. 1996 *Sensation and perception. An integrated approach*, Nueva York. John Wiley & Sons. 4a ed.

[68] Sánchez, R. G. 2008. La Red de Valor de la Zarzamora. El Clúster de Los Reyes Michoacán, un ejemplo de reconversión competitiva. Sistema de Inteligencia de Mercados. Fundación Produce Michoacán, A. C. Primera ed. Laser Impresores. Morelia, Mich.

[69] Sánchez, I. 2018. "EFECTO DE LA TEMPERATURA Y EL TIEMPO EN LA CINÉTICA DE DEGRADACIÓN TÉRMICA DE LAS ANTOCIANINAS DEL NÉCTAR DE ARÁNDANO (*Vaccinium corymbosum* L.) UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA. AYACUCHO – PERÚ.

[70] Suja KP, Jayalekshmy A, Arumughan C. Free radical scavenging behavior and antioxidant compounds of sesame (*Sesamum indicum* L.) in DPPH system. J Agric Food Chem. 2004; 52: 912-915.

[71] THIÉBAUT, V. (2011). Paisajes rurales y cultivos de exportación. Valle de Los Reyes, Michoacán. pp. 52-70 Universidad Autónoma de Nuevo León Monterrey, Nuevo León, México.

[72] Tirado, R. (2015). Efecto de la temperatura de secado en la retención de antocianinas y aceptabilidad general del arándano (*Vaccinium corymbosum* L.). Variedad Biloxi deshidratado.

[73] Taruscio, T. G., D. L. Barney y J. Exon (2004). "Content and profile of flavanoid and phenolic acid compounds in conjunction with the antioxidant capacity for a variety of northwest *Vaccinium* berries." J. Agric. Food Chem. 52(10): 3169-3176.

[74] Trujillo FV. 1979. Formulación de Raciones Editorial Mac Graw Hill. México.

[75] Undurraga D, Pablo y Vargas S, Sigrid (2013) *Manual del arándano* [en línea]. Chillan: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/7627> (Consultado: 31 enero 2021).

[76]UDLAP.SF.MétodosdeExtracción.http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lpro/lopez_a_e/capitulo1.pdf Sitios web

[77] Valdenegro Macías, Enrique Patricia. (2007) “Plan de Negocios para empresas productora y comercializadora de arándano”, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, departamento de Ingeniería Industrial.

[78] Vuarant, C. O. (2014). Optimización del proceso de secado de arándanos por infrarrojos. (Doctor).

[79] VÁZQUEZ T, ARNÉS CAMACHO S, FERNÁNDEZ M, FERNÁNDEZ J DE D. 1997. Manual del Secado Solar Técnico de alimentos. Cochambaba, Bolivia.

[80] V. Singleton, R. Orthofer, R. Lamuela-Raventós Analysis of Total Phenols and Other Oxidation substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent Methods in Enzymology, 299 (1999), pp. 152-179

[81] V. Singleton, J.A. Rossi. (1965) **Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents**
Am. J. Enol. Vitic., 16 (1965), pp. 144-158

[82] Wu, X., Guan, W., Yan, R., Lei, J., Xu, L., and Wang, Z. (2016) Effects of UV-C on antioxidant activity, total phenolics and main phenolic compounds of the melanin biosynthesis pathway in different tissues of button mushroom. Postharvest Biology and Technology, 118, 51-58.

[83] WOODROOF, J.G. 1988. Preparing vegetables for processing. In: Commercial vegetables processing. AVI Book, Van Nostrand Reinhold. New York. pp: 175- 192.

Sugerencias para la investigación.

De acuerdo a los resultados obtenidos se sugiere continuar con la investigación, evaluar el tiempo de anaquel del producto para evaluar la evolución y estabilidad de actividad antioxidante.

Establecer tipo de envase adecuado para la conservación de las propiedades del licor desarrollado.

“ANEXOS 1”

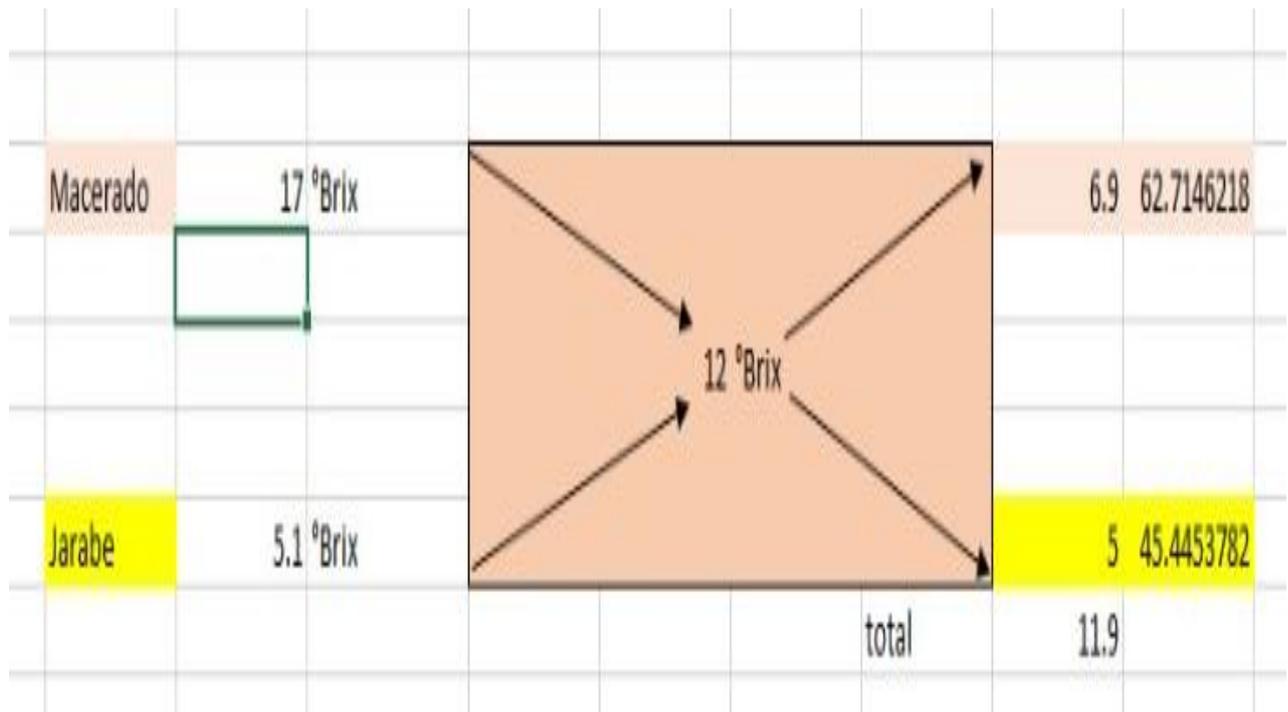


Fig. A-1.1. Ejemplo de cuadrado de Pearson utilizado para obtener licor a 12°Bx con un macerado de 17 °Bx inicial.

#	Ác. Gálico (mg·mL ⁻¹)	Abs ₁	Abs ₂	Abs _p
1	0	0.031	0.088	0.0595
2	0.05	0.229	0.233	0.231
3	0.1	0.341	0.345	0.343
4	0.15	0.397	0.415	0.406
5	0.2	0.485	0.539	0.512
6	0.25	0.61	0.578	0.594
7	0.3	0.66	0.654	0.657

Tabla. - A1.1 Datos experimentales de la curva de calibración para ácido gálico (Sigma Aldrich, CAS 149-91-7, Steinheim, Alemania) en el rango de 0 a 0,3 g/l.

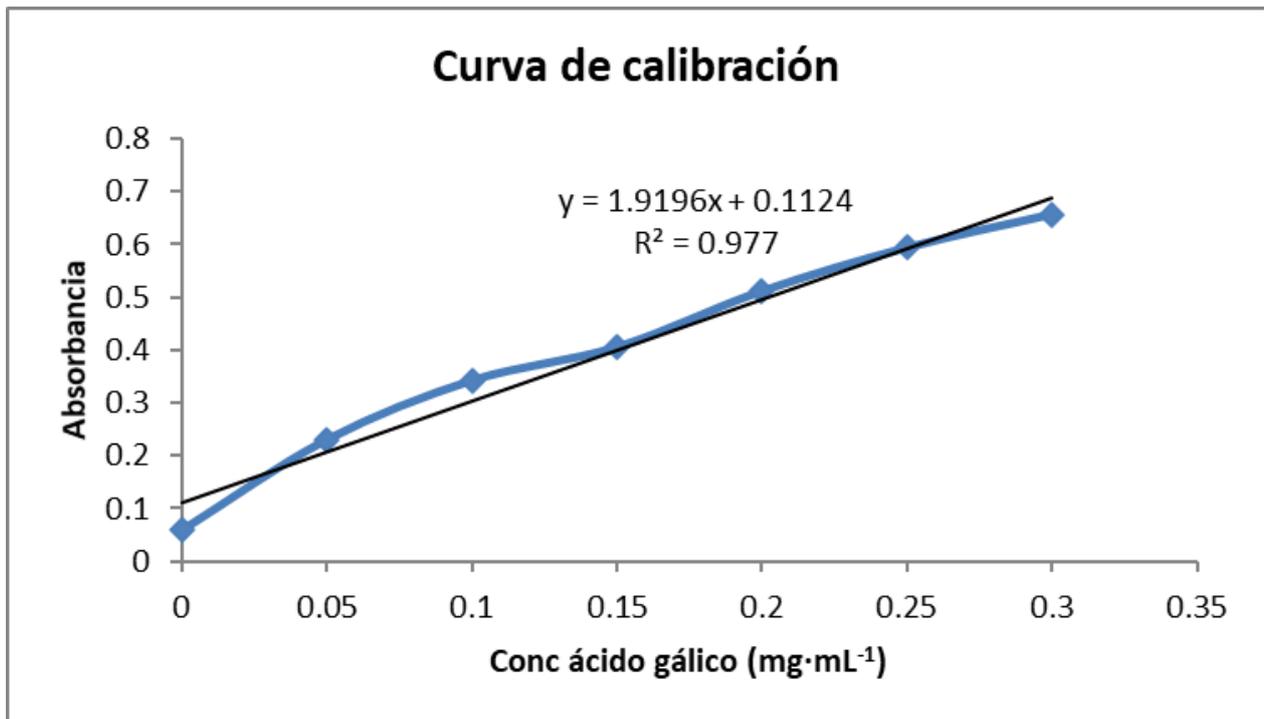


Fig.- A1.2 Curva de calibración de Ácido gálico mg/ml¹, Método de Folin gálico (Sigma Aldrich, CAS 149-91-7, Steinheim, Alemania) en el rango de 0 a 0,3 g/l.

**Anexo 2.1. Ficha de evaluación para prueba sensorial. Fuente:
Elaboración propia.**

Hoja de evaluación para prueba de nivel de agrado por ordenamiento.

Frente a usted tiene 3 muestras codificadas, pruébelas de izquierda a derecha, asigne el valor 1 al que tenga el sabor más aceptable, 2 al que le siga y el valor de 3 al que tenga el sabor menos aceptable. Después repita el procedimiento evaluando el color.

CODIGO	CALIFICACION PARA CADA ATRIBUTO	
	SABOR	COLOR
235		
487		
023		

GRACIAS POR PARTICIPAR.

Anexo 2.2. Ficha de evaluación para prueba sensorial Dúo- trio. Fuente: Elaboración propia.

HOJA DE EVALUACION PRUEBA DUO TRIO

Nombre: _____ Fecha: _____

Frente a usted tiene tres muestras de licor de arándano azul una de referencia marcada con la letra “R” y dos codificadas. Empiece por probar la muestra de referencia y posteriormente las muestras codificadas de izquierda a derecha. Una de las muestras codificadas es igual a “R”.

¿Cuál de las muestras codificadas es igual a “R” ?, marque con una “X”.

CODIGO	Muestra igual a la referencia.
419	
163	

Comentarios:

¡GRACIAS POR PARTICIPAR!

Tabla. - A2.1: Diferencia de sumatoria ordinal absoluta crítica de “todos los tratamientos”,
Comparaciones al nivel de significancia del 5%.

<i>Jueces</i>	<i>Número de muestras</i>									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	6	8	11	13	15	18	20	23	25	28
4	7	10	13	15	18	21	24	27	30	33
5	8	11	14	17	21	24	27	30	34	37
6	9	12	15	19	22	26	30	34	37	42
7	10	13	17	20	24	28	32	36	40	44
8	10	14	18	22	26	30	34	39	43	47
9	10	15	19	23	27	32	36	41	46	50
10	11	15	20	24	29	34	38	43	48	53
11	11	16	21	26	30	35	40	45	51	56
12	12	17	22	27	32	37	42	48	53	58
13	12	18	23	28	33	39	44	50	55	61
14	13	18	24	29	34	40	46	52	57	63
15	13	19	24	30	36	42	47	53	59	66
16	14	19	25	31	37	42	49	55	61	67
17	14	20	26	32	38	44	50	56	63	69
18	15	20	26	32	39	45	51	58	65	71
19	15	21	27	33	40	46	53	60	66	73
20	15	21	28	34	41	47	54	61	68	75
21	16	22	28	35	42	49	56	63	70	77
22	16	22	29	36	43	50	57	64	71	79
23	16	23	30	37	44	51	58	65	73	80
24	17	23	30	37	45	52	59	67	74	82
25	17	24	31	38	46	53	61	68	76	84
26	17	24	32	39	46	54	62	70	77	85
27	18	25	32	40	47	55	63	71	79	87
28	18	25	33	40	48	56	64	72	80	89
29	18	26	33	41	49	57	65	73	82	90
30	19	26	34	42	50	58	66	75	83	92
31	19	27	34	42	51	59	67	76	85	93
32	19	27	35	43	51	60	68	77	86	95
33	20	27	36	44	52	61	70	78	87	96
34	20	28	36	44	53	62	71	79	89	98
35	20	28	37	45	54	63	72	81	90	99
36	20	29	37	46	55	63	73	82	91	100
37	21	29	38	46	55	64	74	83	92	102
38	21	29	38	47	56	65	75	84	94	103
39	21	30	39	48	57	66	76	85	95	105
40	21	30	39	48	57	67	76	86	96	106
41	22	31	40	49	58	68	77	87	97	107
42	22	31	40	49	59	69	78	88	98	109
43	22	31	41	50	60	69	79	89	99	110
44	22	32	41	51	60	70	80	90	101	111

<i>Jueces</i>	<i>Número de muestras</i>									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
45	23	32	41	51	61	71	81	91	102	112
46	23	32	42	52	62	72	82	92	103	114
47	23	33	42	52	62	72	83	93	104	115
48	23	33	43	53	63	73	84	94	105	116
49	24	33	43	53	64	74	85	95	106	117
50	24	34	44	54	64	75	85	95	107	118
55	25	35	46	56	67	78	90	101	112	124
60	26	37	48	59	70	82	94	105	117	130
65	27	38	50	61	73	85	97	110	122	135
70	28	40	52	64	76	88	101	114	127	140
75	29	41	53	66	79	91	105	118	131	145
80	30	42	55	68	81	94	108	122	136	150
85	31	44	57	70	84	97	111	125	140	154
90	32	45	58	72	86	100	114	129	144	159
95	33	46	60	74	88	103	118	133	148	163
100	34	47	61	76	91	105	121	136	151	167

Fuente: Newell G.J., MacFarlane J. D., Expanded tables for multiple comparison procedures in the analysis of ranked data J. Food. Sci. 526(6) 1721-1725. 1987.

Tabla. – A2.2 Número mínimo de juicios correctos para establecer significancia a varios niveles de significancia para pruebas de comparación por pares y dúo- trio (una cola $P=1/2$)

Número de ensayos	Niveles de probabilidad						
	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.005	0.001
7	7	7	7	7	7		
8	7	7	8	8	8	8	
9	8	8	8	9	9	9	
10	9	9	9	9	10	10	10
11	9	9	10	10	10	11	11
12	10	10	10	10	11	11	12
13	10	11	11	11	12	12	13
14	11	11	11	12	12	13	13
15	12	12	12	12	13	13	14
16	12	12	13	13	14	14	15
17	13	13	13	14	14	15	16
18	13	14	14	14	15	15	16
19	14	14	15	15	15	16	17
20	15	15	15	16	16	17	18
21	15	15	16	16	17	17	19
22	16	16	16	17	17	18	19
23	16	17	17	17	18	19	20
24	17	17	18	18	19	19	20
25	18	18	18	19	19	20	21
26	18	18	19	19	20	20	22
27	19	19	19	20	20	21	22
28	19	20	20	20	21	22	23
29	20	20	21	21	22	22	24
30	20	21	21	22	22	23	24
31	21	21	22	22	23	24	25
32	22	22	22	23	24	24	26
33	22	23	23	23	24	25	26
34	23	23	23	24	25	25	27
35	23	24	24	25	25	26	24
36	24	24	25	25	26	27	28
37	24	25	25	26	26	27	29
38	25	25	26	26	27	28	29
39	26	26	26	27	28	28	30
40	26	27	27	27	28	29	30
41	27	27	27	28	29	30	31
42	27	28	28	29	29	30	32
43	28	28	29	29	30	31	32
44	28	29	29	30	31	31	33
45	29	29	30	30	31	32	34

ANEXO: PRUEBA SENSORIAL

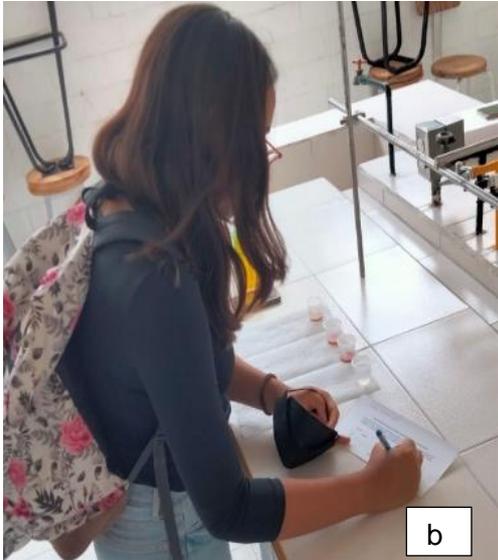


Fig.-A 2.1 Aplicación de prueba sensorial a) y b) corresponde a la evaluación sensorial de preferencia, c) y d) corresponde la aplicación de la prueba dúo-trío. Fuente: Elaboración propia.

“ANEXO 3 “

- Anova de 2 factores, para contenido de polifenoles en licor de arándano azul,
Modelo lineal general: Fenoles vs. PRETRATAMIENTO, MACERACION.

Método

Codificación de (-1, 0, +1)
factores

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
PRETRATAMIENTO	Fijo	3	1, 2, 3
MACERACION	Fijo	2	1, 2

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajuste.	MC Ajuste.	Valor F	Valor p
PRETRATAMIENTO	2	6514.7	3257.3	8.32	0.005
MACERACION	1	175.9	175.9	0.45	0.515
PRETRATAMIENTO*MACERACION	2	16959.2	8479.6	21.67	0.000
Error	12	4695.5	391.3		
Total	17	28345.3			

Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
19.7811	83.43%	76.53%	62.73%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	69.15	4.66	14.83	0.000	
PRETRATAM					
1	8.97	6.59	1.36	0.199	1.33
2	17.48	6.59	2.65	0.021	1.33
MACERACIO					
1	3.13	4.66	0.67	0.515	1.00

PRETRATAM*MACERACIO					
1 1	- 14.67	6.59	-2.23	0.046	1.33
2 1	42.72	6.59	6.48	0.000	1.33

Ecuación de regresión

$$\begin{aligned} \text{Fenoles} = & 69.15 + 8.97 \text{ PRETRATAM}_1 + 17.48 \text{ PRETRATAM}_2 - 26.45 \text{ PRETRATAM}_3 + 3.13 \text{ MACERACIO}_1 \\ & - 3.13 \text{ MACERACIO}_2 - 14.67 \text{ PRETRATAM*MACERACIO}_1 - 1 + 14.67 \text{ PRETRATAM*MACERACIO}_1 - 2 \\ & + 42.72 \text{ PRETRATAM*MACERACIO}_2 - 1 - 42.72 \text{ PRETRATAM*MACERACIO}_2 - 2 \\ & - 28.04 \text{ PRETRATAM*MACERACIO}_3 - 1 + 28.04 \text{ PRETRATAM*MACERACIO}_3 - 2 \end{aligned}$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

				Resid	
Obs	Fenoles	Ajuste	Resid	est.	
6	132.0	89.7	42.3	2.62	R

Residuo grande R

Comparaciones por parejas Modelo de Fisher para evaluar la influencia del PRETRATAMIENTO en el contenido fenólico.

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

PRETRATAM	N	Media	Agrupación
2	6	86.6326	A
1	6	78.1239	A
3	6	42.6999	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Comparaciones por parejas de Fisher: MACERACION

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

MACERACIO	N	Media	Agrupación
1	9	72.2778	A
2	9	66.0265	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Comparaciones por parejas de Fisher: PRETRATAMIENTO*MACERACION
Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

PRETRATAM*MACERACIO	N	Media	Agrupación			
2 1	3	132.476	A			
1 2	3	89.671		B		
3 2	3	67.618		B	C	
1 1	3	66.576		B	C	
2 2	3	40.790			C	D
3 1	3	17.781				D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANOVA DE DOS FACTORES DESARROLLADO PARA EVALUAR LA ACTIVIDAD ATIOXIDANTE DE LOS 6 LICORES DESARROLLADOS.

Modelo lineal general: $\mu\text{M TEAC/ml}$ vs. PRETRATAMIENTO, MACERACION

Método

Codificación de factores	(-1, 0, +1)
--------------------------	-------------

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
PRETRATAM	Fijo	3	1, 2, 3
MACERACIO	Fijo	2	1, 2

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
PRETRATAM	2	6593.5	3296.76	8.99	0.004
MACERACIO	1	9.1	9.13	0.02	0.877
PRETRATAM*MACERACIO	2	14476.5	7238.27	19.74	0.000

Error	12	4400.6	366.72		
Total	17	25479.8			

Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
19.1499	82.73%	75.53%	61.14%

Coeficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	262.71	4.51	58.20	0.000	
PRETRATAM					
1	-6.88	6.38	-1.08	0.302	1.33
2	-19.23	6.38	-3.01	0.011	1.33
MACERACIO					
1	-0.71	4.51	-0.16	0.877	1.00
PRETRATAM*MACERACIO					
1 1	10.21	6.38	1.60	0.136	1.33
2 1	-38.69	6.38	-6.06	0.000	1.33

Ecuación de regresión

$$\begin{aligned} \mu\text{M TEAC/ml} = & 262.71 - 6.88 \text{ PRETRATAM}_1 - 19.23 \text{ PRETRATAM}_2 + 26.11 \text{ PRETRATAM}_3 \\ & - 0.71 \text{ MACERACIO}_1 + 0.71 \text{ MACERACIO}_2 + 10.21 \text{ PRETRATAM*MACERACIO}_1 \\ & - 10.21 \text{ PRETRATAM*MACERACIO}_1 \quad 2 \quad - 38.69 \text{ PRETRATAM*MACERACIO}_2 \quad 1 \\ & + 38.69 \text{ PRETRATAM*MACERACIO}_2 \quad 2 \quad + 28.49 \text{ PRETRATAM*MACERACIO}_3 \quad 1 \\ & - 28.49 \text{ PRETRATAM*MACERACIO}_3 \quad 2 \end{aligned}$$

Comparaciones para $\mu\text{M TEAC/ml}$

Comparaciones por parejas de Fisher: PRETRATAM

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

PRETRATAM	N	Media	Agrupación
3	6	288.818	A
1	6	255.822	B
2	6	243.478	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Comparaciones por parejas de Fisher: MACERACIO

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

<u>MACERACIO</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
2	9	263.418	A
1	9	261.994	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Comparaciones por parejas de Fisher: PRETRATAM*MACERACIO

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

<u>PRETRATAM*MACERACIO</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>			
3 1	3	316.591	A			
2 2	3	282.884	A	B		
1 1	3	265.317		B	C	
3 2	3	261.045		B	C	
1 2	3	246.327			C	
2 1	3	204.073				D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.