

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**ELABORACION DE LICOR DE TUNA (*Opuntia ficus-indica*) PURPURA Y
ANARANJADA**

PAULA ANDREA ROMERO ARAYA

Santiago-Chile

2021

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

ELABORACION DE LICOR DE TUNA (*Opuntia ficus-indica*) PURPURA Y ANARANJADA

PREPARATION OF PURPLE CACTUS PEAR AND ORANGE-YELLOW CACTUS PEAR (*Opuntia ficus-indica*) LIQUOR

PAULA ANDREA ROMERO ARAYA

Santiago-Chile

2021

UNIVERSIDAD DE CHILE

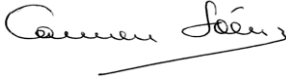


FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

ELABORACION DE LICOR DE TUNA (*Opuntia ficus-indica*) PURPURA Y ANARANJADA

Memoria para optar al Título Profesional de: Ingeniera Agrónoma

PAULA ANDREA ROMERO ARAYA

PROFESORES GUÍAS		Calificaciones
Carmen Sáenz H. Químico Farmacéutico, Dr.		6,0
Marcela Medel M. Ingeniero Agrónomo, Enólogo M.S. Dr.		6,0
PROFESORES EVALUADORES		
Hugo Núñez K. Ingeniero Agrónomo, Mg. Sc.		5,8
Juan Manuel Uribe M. Ingeniero Agrónomo.		6,8

Santiago-Chile

2021

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Virginia, mi madre, por guiarme cada día y por no permitir que me rindiera a terminar esta etapa de mi vida, lamentablemente ella ya no está en vida para ver este logro pero sé que desde los cielos me acompaña.

A mi esposo Mauricio y mis hijos, Renato y Emilia, por siempre estar alentándome para terminar este trabajo.

A la Dra. Carmen Sáenz por seguir conmigo y darme la oportunidad para terminar esta tesis después de tantos años, gracias por su gran dedicación y paciencia.

Al Dr. Eduardo Loyola por el apoyo en este trabajo y querer realizar algo innovador para esos años.

A mi familia por acompañarme en todos estos años, siempre apoyándome y animándome a seguir adelante.

A mis amigas Mónica, Carolina y Claudia por siempre estar ahí cuando las necesite y porque siempre tuvieron una palabra de ánimo, cariño y aliento.

A todos los profesores y compañeros que me apoyaron y ayudaron a resolver dudas y contestar las preguntas que les hice para poder desarrollar de la mejor manera mi trabajo.

INDICE

RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCION	9
Características de tunas purpuras y anaranjadas	9
Elaboración de licores de fruta	10
MATERIALES	12
Materiales	12
Lugar de estudio	12
Materias primas	12
METODOS	12
Métodos	12
Elaboración y Formulación del licor	12
Clarificación	13
Selección de las mejores formulaciones según su aceptabilidad sensorial	13
Análisis a los productos seleccionados	13
Intensidad Colorante (IC)	14
Matiz o Tono (H)	14
Viscosidad	14
Acidez	14
Grado alcohólico (°GL)	14
Prueba de Estabilidad	14
Análisis Sensorial	14
Diseño Experimental y Análisis Estadístico	15
RESULTADOS Y DISCUSION	16
Características físicas y químicas de los macerados de pulpas de tuna	16
Análisis sensorial	17
Calidad técnica sensorial de la formulaciones	17
Aceptabilidad de las formulaciones	20
Calidad técnica sensorial de los productos seleccionados	21
Características físicas y químicas de los productos seleccionados	25
CONCLUSIONES	31
BIBLIOGRAFIA	32
ANEXOS	36
Anexo 1	36

RESUMEN

Actualmente en Chile, la tuna (*Opuntia ficus-indica*) se consume preferentemente en fresco, sin embargo presenta interesantes características desde el punto de vista agroindustrial, siendo factible obtener una gran variedad de productos. Uno de estos productos son las bebidas alcohólicas, que pueden ser destilados o macerados de la fruta (parte comestible), con una vida útil que puede ser desde semanas, meses e incluso años.

En función de esto, este estudio tuvo por objetivos determinar la mejor formulación para elaborar licor de tunas de colores (púrpura y anaranjada) a través de caracterizaciones sensoriales y evaluar las características físicas y químicas del producto final. La fruta que se utilizó para este estudio se trozó en cuatro (sin cáscara) y se mezcló con un destilado de melaza de 95 °GL y se bajó a 50-55 °GL para macerar por tres meses a temperatura ambiente (22-25 °C) y en oscuridad. Se realizaron dos series de 16 °GL y 25 °GL para ambos ecotipos de tunas (púrpura y anaranjada) compuestas por tres formulaciones con diferentes concentraciones de sacarosa y jarabe de glucosa para cada uno (F1 y F4 = 12% sacarosa + 0% jarabe de glucosa; F2 y F5 = 6% sacarosa + 10% jarabe de glucosa; F3 y F6 = 0% sacarosa + 20% jarabe de glucosa), analizándolas de manera independiente. La acidez se corrigió a 3,5 g/L de ácido cítrico.

A partir de la tuna púrpura se obtuvo un licor que cambió de color a uno de tono amarillo-anaranjado en vez de mantener el color púrpura, no así el licor de tuna anaranjada, que no perdió sus características sensoriales, físicas y químicas; por lo que las betaxantinas, responsables del color amarillo, no pierden como las betacianinas su poder colorante en etanol y son más estables. Bajo estas condiciones aunque es factible elaborar licor de tuna de ambos colores, en el caso de la tuna anaranjada este mantiene mejor sus características que al elaborar licor de tuna púrpura.

Para ambos ecotipos de tunas, la formulación mejor evaluada fue la compuesta por 12% de sacarosa y 0% de jarabe de glucosa.

Palabras claves: Tunas, Bebidas alcohólicas, Maceración, Licor de Tuna, Color, Análisis sensorial, Betalaínas.

ABSTRACT

Currently, in Chile the cactus pear fruit (*Opuntia ficus-indica*) is consumed mainly as fresh fruit, nevertheless it shows interesting characteristics for industrial uses, it is possible to obtain a great variety of products. One of these are liquors, that can be distilled or prepared by maceration of the fruit (eatable part), with a shelf-life of weeks, months and even years.

The objectives of this study are to determine the best formulation to prepare liquor of colored cactus pear (orange and purple) through sensorial characterizations, and to evaluate the physical and chemical characteristics of the final product. The fruits used for this study were cut in four pieces (without peel), mixed with molasses distilled at 95 °GL and down to 50-55 °GL to left to macerate for three months at room temperature (22-25 °C) and in a dark place. Two series were made of 16 °GL and 25 °GL for both ecotype of cactus pear, each with three formulations with different concentrations of sucrose and glucose syrup (F1 and F4 = 12% sucrose + 0% glucose syrup; F2 and F5 = 6% sucrose + 10% glucose syrup; F3 and F6 = 0% sucrose + 20% glucose syrup), analyzing them independently. The acidity was corrected to 3.5 g/L citric acid.

From the purple cactus pear, a liquor was obtained that changed color to a yellow-orange tone instead of maintaining the color purple, unlike the orange cactus pear liquor, which did not lose its sensory, physical and chemical characteristics. So the betaxanthins, responsible for the yellow color, do not lose their coloring power in ethanol and are more stable than betacyanins. Under these conditions, although it is feasible to make liquor from cactus pear of both colors, the orange cactus pear maintains its characteristics better than when making purple cactus pear liquor.

For both ecotypes of cactus pear, the formulation composed of 12% sucrose and 0% glucose syrup was better evaluated.

Keywords: Cactus pear, Alcoholics Drinks or Spirits, Maceration, Liquor of cactus pear, Color, Sensorial Analysis, Betalains

INTRODUCCION

La tuna (*Opuntia ficus-indica*), pertenece al grupo de especies que puede desarrollarse en zonas áridas o semiáridas, que presentan suelos de baja fertilidad y escasez de agua. Esta especie frutal pertenece a la familia de las cactáceas, subfamilia *Opuntioideae*, tribu *Opunticae*, género *Opuntia* y subgénero *Opuntia*. Es originaria de América Tropical y fue llevada a Europa por los colonizadores españoles, desde allí fue distribuida hacia diversos países del mundo (Sudzuki *et al.*, 1993). En Chile se reportan 934,4 ha de plantaciones de tunas o nopales, superficie que se ha mantenido estable en la última década. Las principales áreas de producción de tuna se ubican en la Región Metropolitana, Coquimbo y Valparaíso, presentando la región Metropolitana la mayor concentración productiva en las comunas de Til-Til y Pudahuel, tradicionales centros tuneros (Odepa-Ciren, 2016). Las variedades cultivadas de tuna se pueden agrupar según el color de la pulpa en blancas, rojo-púrpura y amarillo-anaranjado; en Chile solo se cultivan a nivel comercial tunas de pulpa de color verde blanquecina y su consumo es en fresco para el mercado nacional y la fruta presenta dos épocas de cosecha al año, la de mayor producción, entre enero y abril y la segunda entre agosto y octubre (Sudzuki *et al.*, 1993). Aun cuando algunos productores de Curacaví y Til-Til poseen tunas púrpuras, se ha visto una escasa y esporádica comercialización, siendo el volumen de producción insignificante. Como resultado de proyectos recientes, existe un interés creciente hacia el uso de los cladodios del nopal como alimento, mermeladas y nopalitos en la dieta chilena y colorantes a partir de tunas de colores (Carmona *et al.*, 2021; Robert *et al.*, 2015). Actualmente se están encontrando numerosas aplicaciones como las descritas por Sáenz (2006) y Sáenz *et al.* (2017), además del interés que presenta actualmente esta planta, al ser una especie de bajo requerimiento hídrico.

Características de tunas púrpuras y anaranjadas

La variedad púrpura y anaranjada, debido al color que poseen, del cual son responsables los pigmentos denominados betalainas, son bastante atractivas. Las betalainas se encuentran en flores, frutas y ocasionalmente en otras partes de la planta, dando colores amarillos, naranjas, rojos y violetas (Sudzuki *et al.*, 1993). Las betalainas son pigmentos solubles en agua derivados del ácido betalámico cuya estabilidad se ve afectada por el pH, siendo más estables a pH entre 4,0 y 6,0 (Castellar *et al.*, 2003). Sepúlveda y Sáenz (1990) y Sáenz *et al.* (1995) realizaron análisis obteniendo valores de pH para la pulpa de tuna purpura de 5,85 y para la pulpa de tuna anaranjada de 6,1. Están formadas por dos grupos principales, las betacianinas (rojas) y las betaxantinas (amarillas), que presentan absorbancias a diferentes longitudes de onda (540 nm y 480 nm, respectivamente). Dentro de las betacianinas se encuentran varios compuestos, entre ellos la betanina, que suele ser el mayor responsable del color rojo (Fernández-López *et al.*, 2002). Se encuentra presente tanto en la cáscara como en la pulpa de los frutos y su concentración varía de acuerdo a la especie (Odoux y Domínguez-López, 1996; Sáenz, 2004; Sepúlveda *et al.*, 2003). En un estudio efectuado por Sepúlveda *et al.* (2003) en diversas especies de *Opuntia* cultivadas

en Chile, los autores corroboran esta gran variabilidad en la concentración de pigmentos (Sáenz, 2006). Las tunas rojas y púrpuras contienen principalmente betacianinas y las amarillo-anaranjadas contienen principalmente betaxantinas (Stintzing *et al.*, 2005; Sáenz *et al.*, 2012). A pesar de su atractivo color, las tunas púrpuras y anaranjadas por su textura de tendencia harinosa al madurar, son poco aptas para el consumo en fresco, por lo que su industrialización se presenta como una alternativa para darle valor agregado a este cultivo.

Elaboración de licores de frutas

Según Miranda (2002), los licores de frutas pueden elaborarse principalmente por medio de dos métodos, la maceración y la destilación de fermentados de frutas. La maceración de frutos en alcohol, es un proceso que parte con la selección de frutos frescos tales como moras, frutillas, frambuesas, murtas y otros. Posteriormente estos se maceran en alcohol vínico o de melaza por un tiempo variable (mínimo cuatro meses), lo que permite extraer aromas, sabores y pigmentos desde la fruta. Transcurrido este tiempo, el “macerado” estará apto para ser usado en la elaboración del licor. Se debe separar el líquido de los frutos y estos se pueden prensar para mejorar el rendimiento del macerado. El licor se prepara en base a la mezcla del alcohol utilizado para el macerado y azúcar principalmente, en proporciones variables como por ejemplo 25 °GL con 12-15% de azúcar, 28-30 °GL con 25% azúcar, entre otros. Pueden utilizarse esencias y colorantes en caso necesario, es decir cuando se quiera potenciar la expresión aromática o la intensidad colorante, este último debe ser de carácter alimenticio y que no esté prohibido por el Reglamento Sanitario de los Alimentos (MINSAL, 1997). Durante la elaboración se debe lograr un balance en boca de dulzor y acidez, para ello se puede corregir la acidez (ácido cítrico) y se pueden usar espesantes para darle la viscosidad deseada. Una vez realizada la mezcla, esta se filtra y posteriormente embotella y etiqueta. Aleixandre (1999), señala que los licores son bebidas hidroalcohólicas aromatizadas, que se obtienen por maceración, infusión o destilación de diversas sustancias vegetales naturales, con alcoholes aromatizados, o por adición a los mismos de extractos aromáticos, esencias o aromas autorizados, o por la combinación de ambos procedimientos; pueden estar edulcorados con azúcar, glucosa, miel o mosto de uva, coloreadas o no. Arthey y Ashurst (1997), señalan que el proceso para la elaboración de un licor, implica normalmente la extracción de la pulpa de frutas macerada en fresco, seca o fermentada, con alcohol neutro destilado o con aguardiente obtenido a partir de un determinado vino de fruta. Sin embargo, algunos productos se obtienen mezclando aguardiente de fruta o alcohol neutro, con jugo de fruta y añadiendo algún edulcorante. En México una empresa artesanal elabora licores de tunas de colores de una presentación muy atractiva, que se obtienen por maceración de la pulpa en alcohol de alta graduación. En Italia hay varias empresas que elaboran licores a partir de la tuna, se macera la pulpa en alcohol, luego de varios días se filtra y se agrega agua y azúcar; el licor así elaborado tiene 28 °GL (Sáenz, 2006). La mayor parte de los productos de este tipo, contiene una riqueza alcohólica del orden de 20-28 °GL. Las cualidades organolépticas como aroma y “flavor”, entre otros, de un licor podían verse significativamente afectadas por la condición de la fruta extraída, la relación de fruta/alcohol, la concentración de alcohol, el grado en que la fruta había sido fermentada

antes de la extracción y la calidad del aguardiente destilado a utilizar. Según el reglamento (UE) 2019/787 de la Unión Europea (U.E., 2019) la graduación mínima para un licor es de 15 °GL y pueden ser licores de frutas como piña, citrus, arándano rojo, mora, frambuesa entre otros.

En la Ley 18.455, decreto 78, en su Título II, Artículo 12°, Grupo 2, menciona que los licores deben poseer una graduación alcohólica mínima de 16 °GL (MINAGRI, 2011), además de entregar las siguientes definiciones de licor:

“Licor, es el producto elaborado en base a alcoholes etílicos potables, destilados, bebidas alcohólicas fermentadas, mezclados o no entre sí, y con o sin extractos aromáticos naturales o sintéticos. Puede contener edulcorantes, agua, colorantes o cualquier otro aditivo permitido” y “Licores de fruta, son los preparados a base de zumos de frutas o partes de estas o con maceraciones o esencias de las mismas”. Se permitirá una tolerancia de hasta 0,5 grados menor del mínimo fijado para cada tipo de producto o del indicado en la etiqueta (Ministerio de Agricultura, 1986).

Los licores de frutas tienen un mercado reconocido tanto en Chile como en el extranjero, destacándose el interés de los consumidores por nuevos productos y sabores. Por estos motivos y teniendo en cuenta que darle valor agregado a una especie de bajo requerimiento hídrico puede beneficiar a pequeños agricultores, los ecotipos coloreados de tuna, por su atractivo color y propiedades químicas y organolépticas pueden ser una materia prima interesante para elaborar licores.

Objetivo general

- Elaborar licor de tuna púrpura y anaranjada en base a una maceración hidroalcohólica de la pulpa de la fruta con semillas.

Objetivos específicos

- Determinar la mejor formulación a través de la calidad técnica sensorial y aceptabilidad de los diferentes licores de tuna por ecotipo y grado alcohólico.
- Evaluar las características físicas y químicas de las formulaciones seleccionadas.

MATERIALES Y METODOS

Materiales

Lugar de estudio

Esta investigación se llevó a cabo en los laboratorios del Departamento de Agroindustria y Enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Materias primas

Para la elaboración del licor se utilizaron tunas (*Opuntia ficus-indica*) de ecotipo púrpura y anaranjada, provenientes del Banco de Germoplasma de la Estación Experimental Antumapu de la Universidad de Chile. Se utilizó alcohol etílico potable de melaza de 95 °GL, proporcionado por la Estación Experimental Germán Greve de Rinconada de Maipú, de la Universidad de Chile.

Para las formulaciones se utilizaron jarabe de glucosa, sacarosa y ácido cítrico de tipo comercial.

Para la maceración del fruto en el alcohol se utilizaron recipientes de policarbonato de 10 L y para el embotellado, botellas de vidrio transparente de 750 mL.

Métodos

Los frutos se cosecharon manualmente utilizando cuchillos para separarlos de las paletas, se desespinaron barriéndolos sobre una malla rachel, se lavaron y pelaron para luego guardarlos en bolsas herméticas y congelarlos para mantenerlos a una temperatura de -18 a -20 °C hasta su uso.

Elaboración y formulación del licor

Una vez descongelada la fruta, cada tuna se trozó en cuatro partes. Se utilizó 500 g de fruta trozada para 1 L de alcohol de melaza (50-55 °GL). El alcohol tenía una graduación alcohólica inicial de 95 °GL, para bajar el grado de 95 a 50-55 °GL se utilizó agua destilada, la que se incorporó en dos etapas para obtener una solución hidroalcohólica homogénea. Una vez lista la solución hidroalcohólica, se mezcló con la fruta trozada, ya que al descongelar la fruta esta exudó parte de su jugo, el que fue incorporado a la solución hidroalcohólica antes de bajar el grado alcohólico con agua destilada, una vez hecho esto se midió el grado alcohólico y según este resultado se incorporó el agua destilada restante. La maceración se llevó a cabo en recipientes de policarbonato de 10 L herméticamente cerrados y se mantuvo en reposo y en oscuridad a temperatura ambiente (22-25°C),

durante tres meses, que es el tiempo establecido para la maceración de este estudio (Comunicación personal Prof. Eduardo Loyola¹). Al inicio, mitad y fin de la maceración se realizaron análisis de acidez, pH y grado alcohólico (°GL), para tener una referencia de estos valores (Cuadro 2). Una vez finalizado el tiempo de maceración, se separó la solución hidroalcohólica de la fruta y semillas y se usaron botellas transparentes de 750 mL para la preparación de las formulaciones. Estas se realizaron de acuerdo a los tratamientos señalados en el Cuadro 1, para cada ecotipo de tuna de forma independiente. Se utilizaron botellas de 750 mL, colocando 500 mL de la solución hidroalcohólica añadiendo el jarabe de glucosa y la sacarosa según las formulaciones en cada botella. La acidez total se corrigió a 3,5 g/L, con ácido cítrico comercial.

Cuadro 1. Formulaciones para elaborar los licores de tuna de ecotipos púrpura y anaranjado

Formulaciones	Grado alcohólico (°GL)	Jarabe de glucosa (%)	Sacarosa (%)
F1	16	0	12
F2	16	10	6
F3	16	20	0
F4	25	0	12
F5	25	10	6
F6	25	20	0

Clarificación

Se utilizó 10 g/HL de caseína y 30 g/HL de bentonita de tipo comercial para estabilizar físicamente la solución hidroalcohólica.

Selección de las mejores formulaciones según su aceptabilidad sensorial

Para seleccionar las mejores formulaciones se aplicó un análisis de aceptabilidad sensorial empleando el método de la escala hedónica, utilizando una pauta no estructurada con escalas de 0 a 15 cm y un panel de 24 evaluadores no entrenados. El análisis de aceptabilidad se emplea para tener una apreciación más cercana sobre si el producto será aceptado o rechazado por el consumidor (Araya, 2003).

Análisis a los productos seleccionados

En las formulaciones finales, se evaluaron sus características físicas y químicas.

¹Comunicación personal: Dr. E. Loyola, Ing. Agr. Enólogo.

Intensidad Colorante (IC): se determinó en un espectrofotómetro (Jasco UV/Vis, V 530) sumando las absorbancias a 420 nm y a 520 nm ($IC = A_{420} + A_{520}$) (Zoecklein, 2001).

Matiz o Tono (hue): se determinó calculando el cociente entre las absorbancias a 420 nm y 520 nm ($hue = A_{420} / A_{520}$) (Zoecklein, 2001).

Se determinaron además, las Coordenadas de Cromaticidad X, Y y Z, sistema estándar para la medición del color propuesto por la CIE (Comission Internationale de L'Eclairage, 1931) a través del método de los valores triestimulares. Este sistema especifica el color en términos de tres valores X, Y y Z, denominados valores triestimulares, los cuales expresan las proporciones de color rojo, verde y azul (Zoecklein, 2001). Concretamente la determinación consiste en medir la transmitancia a cuatro longitudes de onda: 620, 550, 495 y 445 nm (Loyola, 1989).

Loyola (1989), define estos valores triestimulares según las siguientes fórmulas:

$$X = 0,42 \times T(625) + 0,35 \times T(550) + 0,21 \times T(445)$$

$$Y = 0,20 \times T(625) + 0,63 \times T(550) + 0,17 \times T(495)$$

$$Z = 0,24 \times T(495) + 0,94 \times T(445).$$

$$T = \text{Transmitancia (T = antilogaritmo (A + log 100))}$$

Las Coordenadas de Cromaticidad X, Y y Z se determinan dividiendo el correspondiente valor triestímulo entre la suma de los valores ($x = X/X+Y+Z$; $y = Y/X+Y+Z$; $z = Z/X+Y+Z$; donde $x+y+z = 1$).

Viscosidad: se determinó utilizando un viscosímetro (Brookfield®, modelo RVT utilizando el Spindlle N°1, expresando los valores en cp (centipoise).

Acidez: Se determinó por titulación con NaOH 0,1N usando fenolftaleína, expresando los resultados en % de ácido cítrico (Zoecklein, 2001).

Grado Alcohólico (°GL): se determinó por hidrometría. La lectura del grado alcohólico se determinó con un alcoholímetro calibrado a 20°C (Zoecklein, 2001).

Prueba de Estabilidad: se realizó a las formulaciones finales mediante la aplicación de frío a 0 °C por 72 h para observar la presencia de sedimentos. Según los resultados, se clarificaría, empleando dos clarificantes de tipo comercial: gelatina en dosis de 10, 15 y 20 g/HL y bentonita en dosis de 30 g/HL y se filtraría si fuese necesario. Se procedió a aplicar por separado, caseína y bentonita de tipo comercial, para realizar las pruebas de clarificación.

Análisis Sensorial: para determinar la aceptabilidad se utilizó un panel de 24 evaluadores no entrenados y para determinar la calidad técnica sensorial de los productos se utilizó el método descriptivo, con un panel de 12 evaluadores entrenados, utilizando una pauta no estructurada con una escala de 0 a 15 cm. Para la calidad técnica sensorial se elaboró una

pauta de acuerdo a lo que se busca en la elaboración de este tipo de licor, además se calificaron las características visuales, olfativas y gustativas (Anexo 1).

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar. Cada tratamiento (son 6 tratamientos), se realizó con 4 repeticiones y los bloques están compuestos por los evaluadores (para la aceptabilidad del producto final son 24 evaluadores y para la calidad técnica sensorial son 12 evaluadores). La unidad experimental correspondió a 500 mL de formulación de licor de tuna de cada ecotipo.

Los resultados se expresaron como promedios con su desviación estándar y se analizaron en cuanto a ecotipo y grado alcohólico por separado, mediante ANDEVA, a través del programa Sigma Stat 2.0 y cuando existieron diferencias significativas se aplicó la prueba de rangos múltiples de DUNCAN, a un nivel de significancia de 5 %.

RESULTADOS Y DISCUSION

Características físicas y químicas de los macerados de pulpas de tuna

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de los análisis (grado alcohólico (°GL), pH y acidez) efectuados al inicio, mitad y fin de la maceración.

Cuadro 2. Características químicas durante la maceración del licor de tuna púrpura y anaranjada

Variables	Tuna púrpura			Tuna anaranjada		
	Inicio Maceración	Mitad Maceración	Fin Maceración	Inicio Maceración	Mitad Maceración	Fin Maceración
Grado Alcohólico (°GL)	58,7	52,4	47,1	60	52	47,4
pH	6,02	5,8	5,7	6,6	6,2	6,1
Acidez (g/100 g ac. cítrico)	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09

El grado alcohólico disminuyó a medida que avanzaba el tiempo de maceración, para ambos ecotipos de frutas. El alto contenido de agua del fruto, hizo que no fuera necesario agregar agua al inicio de la maceración para bajar el grado alcohólico, ya que el agua que otorga la propia fruta fue suficiente para bajar de 90 °GL a 60 °GL aproximadamente; a comienzos de la mitad de la maceración se procedió a agregar el agua destilada que faltaba para llegar a 50-55 °GL, en dos partes para que la solución quedara completamente homogénea. Sáenz y Sepúlveda (2001) y Sáenz *et al.* (1995), determinaron que el contenido de agua en la tuna anaranjada y púrpura, era de 85,1 a 85,98 %.

Para las formulaciones se bajó el grado a 16 y 25 °GL, 16 °GL porque es lo mínimo que se necesita para llamar “licor” a una bebida alcohólica, según la Ley 18.455, decreto 78, Título II, Artículo 12° (MINAGRI, 2011) y 25 °GL porque se sacó un promedio de las graduaciones de distintos licores del mercado, ya que no hay un máximo definido. Por lo que se ensayaron estas dos graduaciones para ambos ecotipos de tuna.

El pH durante el tiempo de maceración fue disminuyendo, para el macerado de tuna púrpura, no así para el de tuna anaranjada que es más estable entre pH 4 a 7 (Herbach *et al.*, 2006) dentro del cual estarían los análisis del macerado, también se podría deber a la incorporación de ácidos desde los frutos, ya que existen diversos ácidos que contribuyen a la acidez. Se han estudiado distintas especies de tunas cultivadas en Italia que presentan distintos ácidos orgánicos, encontrando que el ácido cítrico es el que se encuentra en

mayor cantidad, lo sigue el ácido oxálico, el málico y el succínico (Barbagallo *et al.*, 1998).

Una vez corregido el alcohol a 16 y 25 °GL y la acidez a 3,5 g/L, para ambos licores, el pH fue de 3,05 y 3,3, respectivamente.

La acidez durante el tiempo de maceración se mantuvo estable para ambos ecotipos, tanto al inicio como al final de la maceración se mantuvo el mismo valor.

Para la tuna púrpura, una vez corregido el grado alcohólico a 16 y 25 ° GL y la acidez a 3,5 g/L para realizar las formulaciones, la acidez experimental obtenida fue de 3,41 y 3,49 g/L, respectivamente. Al corregir para la tuna anaranjada el grado alcohólico a 16 y 25 ° GL y la acidez a 3,5 g/L, la acidez experimental obtenida fue de 3,48 y 3,60 g/L, respectivamente.

Según los resultados obtenidos para la clarificación, no fue necesario utilizar dosis mayores a 10 g/HL para el caso de la caseína, ya que presentó una eficiente clarificación y no se obtuvieron diferencias con respecto a las otras dosis más altas. Para la bentonita, la dosis de 30 g/HL fue la adecuada. Comparando los dos clarificantes, el más eficiente y más fácil de aplicar fue la caseína. Desde el punto de vista de no alterar al licor, se podría no aplicar ni clarificantes ni filtrar (para este caso no fue necesario filtrar), ya que con solo dejarlo decantar un tiempo razonable (3 a 5 días) se clarificó en forma natural. Se pueden realizar uno a dos trasiegos para disminuir los sedimentos depositados al fondo del recipiente. El etanol además, favorece la precipitación de las partículas en suspensión, lo que ayudaría a la clarificación natural del licor (Mandujano, 2006).

Análisis Sensorial

A continuación se presentan los resultados obtenidos del análisis sensorial para calidad técnica y aceptabilidad de las formulaciones, estas se analizaron por separado en cuanto a ecotipo y grado alcohólico.

Calidad técnica sensorial de las formulaciones

En el Cuadro 3 se observan los atributos de la calidad técnica sensorial de las formulaciones de tuna púrpura de 16 y 25 °GL.

Cuadro 3. Calidad técnica de las formulaciones de licor de tuna púrpura de 16 y 25 °GL

Atributos	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Limpidez	8,8±0,3a	8,4±0,3a	8,6±0,3a	8,7±0,3a	9,5±0,3a	9,3±0,3a
Intensidad de color	9,1±0,3a	9,2±0,3a	9,5±0,3a	9,3±0,2a	9,7±0,2a	10,1±0,2a
Aroma a tuna	7,0±0,5a	7,3±0,5a	7,5±0,5a	8,6±0,7a	8,7±0,7a	9,3±0,7a
Intensidad Aromática	7,8±0,5a	8,7±0,5a	7,5±0,5a	9,1±0,6a	9,6±0,6a	8,7±0,6a
Fuerza alcohólica	9,0±0,5a	9,7±0,5a	8,9±0,5a	9,9±0,6a	9,1±0,6a	9,5±0,6a
Acidez	7,7±0,6a	8,5±0,6a	8,2±0,6a	8,9±0,5a	8,7±0,5a	8,5±0,5a
Dulzor	10,8±0,7b	9,3±0,7ab	7,8±0,7a	9,5±0,6a	9,7±0,6a	8,6±0,6a
Equilibrio Acidez/dulzor	8,8±0,5a	8,5±0,5a	8,2±0,5a	9,1±0,5a	8,4±0,5a	8,6±0,5a
Astringencia	7,3±0,6a	7,2±0,6a	7,3±0,6a	7,0±0,6a	6,9±0,6a	6,8±0,6a
Viscosidad	8,2±0,5a	8,7±0,5a	9,1±0,5a	8,6±0,5a	8,5±0,5a	8,4±0,4a
Amargor	6,3±0,4a	6,4±0,4a	8,2±0,4b	5,9±0,6a	7,6±0,6ab	8,5±0,6b

Letras distintas en cada fila indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$).

De los atributos evaluados, el dulzor y el amargor fueron discriminantes en las formulaciones. La formulación 1 obtuvo el mayor dulzor y el menor amargor, esto se explica porque está compuesto solo de sacarosa y otorga mayor dulzor y enmascara al amargor y en la formulación 4 el amargor fue menor y la fuerza alcohólica mayor, esto se debe a que esta formulación tiene 25 °GL.

En el Cuadro 4 se observan los atributos de calidad técnica sensorial de las formulaciones de tuna anaranjada de 16 y 25 °GL.

Cuadro 4. Calidad técnica de las formulaciones de licor de tuna anaranjada de 16 y 25 °GL

Atributos	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Limpidez	9,5±0,3a b	8,7±0,3a	10,1±0,3 b	8,6±0,6a	9,8±0,6a	9,6±0,6a
Intensidad de color	9,6±0,4a	9,6±0,4a	10,4±0,4 a	8,9±0,6a	9,5±0,6a	9,3±0,6a
Aroma a tuna	6,5±0,4a	7,1±0,4a b	8,4±0,4b	7,7±0,6a	8,2±0,6a	8,5±0,6a
Intensidad Aromática	8,5±0,5a	8,6±0,5a	8,4±0,5a	9,3±0,4a b	8,4±0,4a	10,3±0,4 b
Fuerza alcohólica	8,2±0,5a	9,3±0,5a	9,2±0,5a	9,1±0,5a	9,6±0,5a	10,2±0,5 a
Acidez	7,7±0,6a	8,5±0,6a	8,2±0,6a	9,0±0,6a	9,1±0,6a	9,0±0,6a
Dulzor	9,7±0,6b	9,6±0,6b	7,4±0,6a	10,7±0,5 b	8,9±0,5a	8,6±0,5a
Equilibrio						
Acidez/dulzor	8,3±0,5a	8,1±0,5a	7,9±0,5a	9,6±0,5a	8,9±0,5a	8,6±0,5a
Astringencia	6,8±0,6a	6,5±0,6a	7,9±0,6a	6,7±0,9a	7,2±0,9a	6,9±0,9a
Viscosidad	8,1±0,5a	8,8±0,5a	8,3±0,5a	8,9±0,7a	8,4±0,7a	8,6±0,7a
Amargor	6,7±0,6a	8,1±0,6a b	9,3±0,6b	6,4±0,9a	10,5±0,9 b	9,4±0,9a b

Letras distintas en cada fila indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$).

La formulación 1 presenta un mayor dulzor y un menor amargor y aroma a tuna, esto se debe a que esta formulación está compuesta solo de sacarosa. En la formulación F4 destaca el mayor dulzor y el menor amargor.

Aceptabilidad de las formulaciones

La aceptabilidad para los licores de ambos ecotipos de tunas y graduaciones alcohólicas se presenta en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Aceptabilidad de las formulaciones de licores de tuna púrpura y anaranjada de dos graduaciones alcohólicas (16 y 25 °GL)

Tratamientos	Tuna púrpura	Tuna anaranjada
F1	7,5 ± 0,5c	7,8 ± 0,2bc
F2	4,4 ± 0,9a	6,2 ± 0,5abc
F3	5,9 ± 0,6abc	5,2 ± 0,6a
F4	7,1 ± 0,6bc	8,5 ± 0,4c
F5	4,6 ± 0,7ab	6,1 ± 0,5ab
F6	4,9 ± 0,9abc	5,1 ± 0,6a

Letras distintas en cada fila indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$).

La aceptabilidad de las formulaciones del licor de tuna púrpura de 16 °GL y 25 °GL, presentaron diferencias estadísticas significativas, siendo F1 y F4 las mejores evaluadas. Esto coincide con los resultados de la calidad técnica (Cuadros 3-4), en que F1 y F4 obtuvieron el mayor dulzor y menor amargor.

Estas formulaciones (F1 y F4) tienen en común que sólo contienen sacarosa y no jarabe de glucosa. En la formulación F4, de mayor grado alcohólico, según comentarios de los panelistas, es más difícil percibir el dulzor, ya que al sentir más el grado alcohólico, el dulzor no se alcanza a percibir bien.

De manera similar ocurrió en la formulación del licor de tuna anaranjada, siendo evaluadas con la mejor aceptabilidad las formulaciones con sacarosa (F1 y F4). Aun cuando no existieron diferencias significativas entre las graduaciones alcohólicas, la formulación F4 (25 °GL) obtuvo el mayor valor de aceptabilidad.

Por tanto, las formulaciones F1 y F4 para cada ecotipo de tuna, fueron las seleccionadas para continuar el estudio. Esta mayor aceptabilidad se explicaría ya que en dichas formulaciones se utilizó sólo sacarosa, la cual entrega un buen dulzor al licor, además de conferirle cuerpo.

Según Sotomayor y Lavín (1987), quienes evaluaron la factibilidad de fabricar licor de murtilla, macerando el fruto en distintas proporciones de alcohol vínico, llegaron a la conclusión de que la concentración aproximada de azúcar para 1 kg de fruta en 10 L de alcohol y rebajado a 25 °GL era de 45 g/L y que era probable que al aumentar la concentración de azúcar se obtuviera un licor con mayor aceptabilidad, lo que por otra

parte permitiría aumentar el grado alcohólico. En el caso de este estudio la graduación alcohólica más aceptada fue la de 25 °GL, ya que en los dos tipos de tunas, F4 fue la formulación con mayor puntaje según lo señalado por los panelistas. Martínez y Romero (2006), elaboraron un licor de tuna de pulpa verde de 20 °GL, seleccionando sacarosa para edulcorar el licor (30,6 g/L), lo que además de proporcionarle las mejores propiedades al producto final, como viscosidad y cuerpo, resaltó el sabor a tuna. Este valor de sacarosa es bastante más inferior al utilizado en este estudio. Sin embargo, en estudios futuros se podrían ensayar mayores dulzores con otros edulcorantes bajos en calorías, ya que según los comentarios de los panelistas, la aceptabilidad sería mayor a mayor dulzor, siendo uno de los parámetros importantes en la elaboración de un licor de fruta. Sin embargo, hay que tener en cuenta que a los consumidores chilenos les gusta un marcado dulzor en los alimentos, lo que tiene la desventaja de no ser beneficioso para la salud, sobre todo si se trata de edulcorantes nutritivos como sacarosa. Quitral *et al.* (2019) realizaron un estudio sobre el contenido de azúcares en bebidas y néctares donde señalan que desde muy pequeños nos sentimos atraídos por el dulzor de estas, lo que es un problema de salud pública, ya que son estos los grandes responsables de la obesidad en Chile. Por ello el uso de edulcorantes no calóricos en licores podría ser una interesante alternativa.

Calidad técnica sensorial de los productos seleccionados

En el Cuadro 6 se presentan los resultados de la calidad técnica sensorial que obtuvieron las formulaciones F1 y F4 del licor de tuna púrpura y anaranjada, que fueron aquellas que presentaron mayor aceptabilidad, ambas compuestas por sacarosa y de 16 y 25 °GL, respectivamente, para ambos ecotipos de tunas. Los resultados son los entregados por el panel entrenado según la pauta utilizada (Anexo 1).

Cuadro 6. Calidad técnica sensorial de las formulaciones de los licores de tuna púrpura y anaranjada de 16 y 25 °GL seleccionados

Parámetros	Tuna púrpura		Tuna anaranjada	
	F1 (16 °GL)	F4 (25 °GL)	F1 (16 °GL)	F4 (25 °GL)
Limpidez	8,8±0,3a	8,7±0,3a	9,5±0,3ab	8,6±0,6a
Intensidad de color	9,1±0,3a	9,3±0,2a	9,6±0,4a	8,9±0,6a
Aroma a tuna	7,0±0,5a	8,6±0,7a	6,5±0,4a	7,7±0,6a
Intensidad Aromática	7,8±0,5a	9,1±0,6a	8,5±0,5a	9,3±0,4ab
Fuerza alcohólica	9,0±0,5a	9,9±0,6a	8,2±0,5a	9,1±0,5a
Acidez	7,7±0,6a	8,9±0,5a	7,7±0,6a	9,0±0,6a
Dulzor	10,8±0,7b	9,5±0,6a	9,7±0,6b	10,7±0,5b
Equilibrio Acidez/dulzor	8,8±0,5a	9,1±0,5a	8,3±0,5a	9,6±0,5a
Astringencia	7,3±0,6a	7,0±0,6a	6,8±0,6a	6,7±0,9a
Viscosidad	8,2±0,5a	8,6±0,5a	8,1±0,5a	8,9±0,7a
Amargor	6,3±0,4a	5,9±0,6a	6,7±0,6a	6,4±0,9a

Letras distintas en cada fila indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$).

Según los resultados entregados por los panelistas para la evaluación sensorial de calidad técnica del tratamiento F1 elaborado con tuna púrpura (Cuadro 6), se puede decir que la limpidez, intensidad de color, fuerza alcohólica, dulzor, equilibrio acidez/dulzor y viscosidad, se encuentran dentro del rango medio de calificación. El dulzor fue superior a 10 y se explicaría porque esta formulación está compuesta por sacarosa, que otorga una buena sensación de dulzor.

El aroma a tuna e intensidad aromática se verían reforzadas por la mayor graduación alcohólica; sin embargo, el parámetro aroma a tuna recibió comentarios de los panelistas, como un aroma poco franco en nariz, lo que hacía difícil distinguirlo claramente. La acidez y astringencia, fueron calificadas con una intensidad media por los panelistas. El parámetro de amargor, fue calificado con intensidades bajas, esto era de esperar porque la formulación está compuesta de sacarosa, lo que baja la sensación de amargor y porque las pulpas de tunas no contienen compuestos que les otorguen amargor.

En el F4 elaborado con tuna púrpura (Cuadro 6), la limpidez, intensidad de color, aroma a tuna, intensidad aromática, fuerza alcohólica, acidez, dulzor, equilibrio acidez/dulzor y viscosidad, fueron evaluados con intensidades altas por los panelistas. La fuerza

alcohólica fue evaluada con un puntaje cercano a 10, y puede atribuirse a que este tratamiento F4 tiene una mayor graduación alcohólica (25 °GL). La astringencia y el amargor fueron evaluadas con niveles intermedios y bajos respectivamente, esto debido a lo ya indicado para F1.

Para el licor de tuna anaranjada, los resultados obtenidos en la formulación F1 (Cuadro 6), para los parámetros de limpidez, intensidad de color, intensidad aromática, fuerza alcohólica, equilibrio acidez/dulzor y viscosidad, fueron calificados con valores intermedios por el panel. El dulzor fue calificado con intensidad alta, en lo que puede influir que la formulación está compuesta de sacarosa. La acidez muestra un valor intermedio. Con respecto a los parámetros de aroma a tuna, astringencia y amargor, fueron calificados como valores intermedios; en el caso del amargor, esto se podría atribuir a que la formulación está compuesta de sacarosa, lo que enmascara la sensación de amargor, lo mismo pasa con la astringencia.

De los resultados obtenidos para las formulaciones, señalaron que la formulación F4 para la tuna anaranjada es la mejor evaluada de las 4 formulaciones, puesto que ésta durante la maceración no perdió sus características físicas, químicas y sensoriales, no así la formulación de tuna púrpura, que durante la maceración perdió sus características físicas, químicas y sensoriales, presentando un color amarillo-anaranjado y su aroma, según los panelistas, no era limpio (franco) en nariz.

Se podría decir que la tuna anaranjada es la más adecuada para utilizar como materia prima para elaborar un licor de tipo macerado, ya que las betaxantinas se extraen bien en la solución hidroalcohólica y no se pierden las características originales del color de la fruta durante la maceración. Esto muestra que las betaxantinas son más estables que las betacianinas en soluciones hidroalcohólicas, de modo similar a lo que ocurre en otras matrices alimentarias (Sáenz et al., 2015; Carmona et al., 2021).

Sin embargo, en el licor de tuna púrpura se produjo un cambio de color, mostrando así la menor estabilidad de las betacianinas en soluciones hidroalcohólicas. Esta degradación se podría retardar macerando la fruta a temperatura más baja (4 a 6 °C), ya que las betacianinas se ven afectadas si se exponen a temperaturas media-altas (30 a 70 °C); en este estudio los recipientes se mantuvieron entre 22-25 °C; también se podría aplicar en el recipiente nitrógeno o CO₂ para saturar el espacio que queda entre el recipiente y la solución hidroalcohólica y evitar el contacto entre el oxígeno y las betacianinas y así prevenir la transformación de éstas, las cuales al estar en contacto con el oxígeno se pueden degradar viéndose afectado el color, causando el oscurecimiento del licor y la pérdida del color original (Vergara, 2013). Debe tenerse en cuenta que la degradación de la betacianina suele ir acompañada de un cambio de color, como resultado de la formación de productos de degradación amarillos, como el ácido betalámico y la neobetanina. La degradación de la betacianina puede prevenirse mediante un mínimo de exposición a la luz y oxígeno. La degradación de betacianinas se ha descrito especialmente para la betanina. La hidrólisis causada en la betanina (principal betacianina de la tuna) produce

ácido betalámico (amarillo brillante) y neobetanina de color amarillo, lo que modificaría el color de púrpura a marrón, observándose un pardeamiento (Herbach *et al.*, 2006). Lo que también podría estar influenciado por la descarboxilación de la betanina en soluciones hidroalcohólicas de 20% etanol y superiores, dando compuestos de color anaranjado-rojizo (Narkprasom *et al.*, 2012; Herbach *et al.*, 2006).

La Figura 1 muestra las posibles vías de degradación de la betanina, asociando los productos de degradación con el color que presenta cada compuesto.

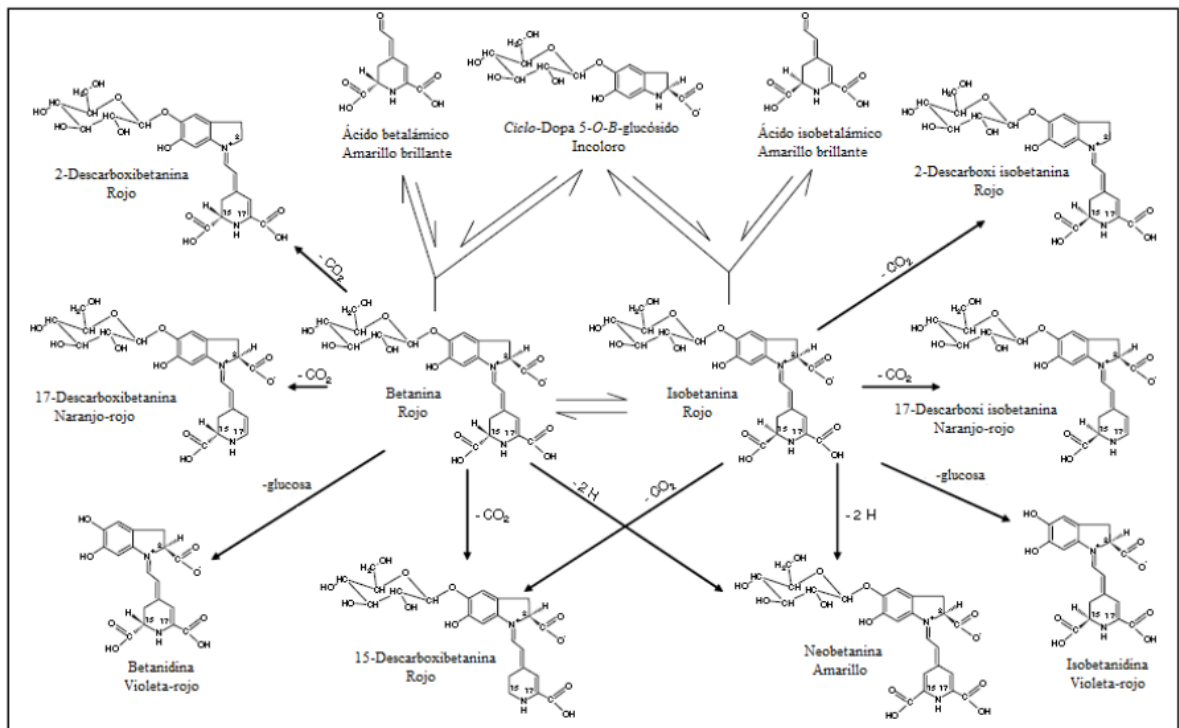


Figura 1. Diagrama de las vías de degradación de la betanina (Herbach *et al.*, 2006).

Con respecto al tiempo de maceración, este podría ser menor, quizás quince días o un mes, ya que se observó que desde la etapa inicial de maceración se extrajo una gran cantidad de color, aroma y sabor, tanto para la tuna púrpura como para la anaranjada. Márquez-Lemus *et al.* (2019), elaboraron un licor de tuna a partir de *Opuntia robusta*, macerando durante 7 días y lo analizaron por día, siendo el mejor aceptado por los consumidores el del día 2, por su aroma; sin embargo no analizaron la extracción de pigmentos, observando también una pérdida de color con el tiempo de maceración.

Características físicas y químicas de los productos seleccionados

Para ambos ecotipos de tuna, la tonalidad expresada calculando el cociente entre los valores obtenidos de las absorbancias a 420 nm y 520 nm, dio como resultado para la formulación F4 un tono (Hab^*) de 4,2 para el licor de tuna púrpura y un tono (Hab) de 3,2 para el licor de tuna anaranjada, lo que indica colores muy cercanos y de tonos anaranjados. Esto se determinó a través de las Coordenadas de Cromaticidad X, Y y Z, sistema estándar para la medición del color propuesto por la CIE (Comisión Internationale de L'Eclairage, 1931) a través del método de los valores triestimulares. Este sistema especifica el color en términos de tres valores X, Y y Z, denominados valores triestimulares, los cuales expresan las proporciones de color rojo, verde y azul (Zoecklein, 2001).

El licor de tuna púrpura presentó una notable pérdida del color púrpura, según lo que señala Herbach *et al.* (2006), la betacianina en medio etanólico se descarboxila transformándose en 17-d Descarboxibetanina, dando un color anaranjado-rojizo y también quizás en menor grado, el color se pudo ver afectado por la presencia de oxígeno en el espacio de cabeza del recipiente, ya que al estar las betalaínas en contacto con el oxígeno causan el oscurecimiento y la pérdida del pigmento (Vergara, 2013).

En la Fig. 2 se observan los cambios de color del licor preparado con tuna púrpura, durante la maceración. A los 15 días del comienzo de ésta, el color presentó pardeamiento, y a medida que avanzaron los meses se fue acrecentando y llegó a ser amarillo-anaranjado.

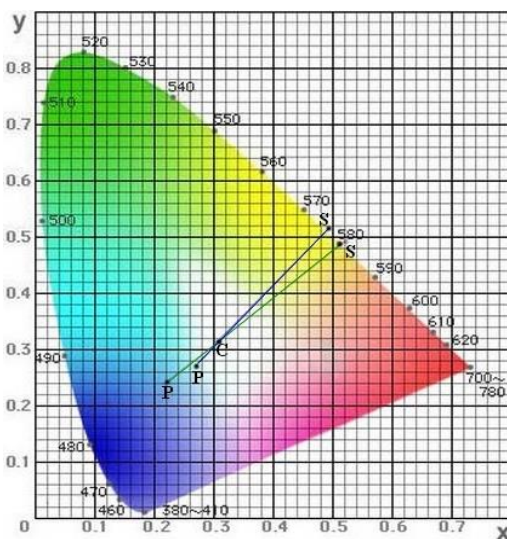
Esto se podría deber, además, a lo descrito por Herbach *et al.* (2006) respecto a la degradación de la betanina a ácido betalámico de color amarillo brillante, lo que fue observado también por Narkprasom *et al.* (2012) en un estudio sobre el efecto de la concentración de etanol y el pH en Djulis cuyo pigmento son también betalaínas. Los autores observaron que a mayor concentración de etanol, mayor degradación de las betalaínas, por lo que este cambio de color se observaba en menor proporción en concentraciones menores a 20 % etanol y pH 5.5.



Figura 2. Cambio de color para el licor de tuna púrpura durante la maceración.

Las formulaciones F1 y F4, obtuvieron un valor de longitud de onda muy cercano, 580 nm y 579 nm, respectivamente, que corresponde a un color amarillo-anaranjado para ambas (Figura 3). El valor de longitud de onda se obtuvo determinando los valores triestimulares que se definieron mediante las fórmulas antes señaladas.

En el Diagrama de Cromaticidad (Minolta, 2007) (Figura 3) se observan graficadas las longitudes de onda para cada formulación del licor de tuna púrpura. El color correspondiente al licor, que como se dijo anteriormente y como se observa en la Figura 3, fue amarillo-anaranjado para ambas graduaciones alcohólicas.



- Tuna púrpura 16 °GL, (580 nm).
- Tuna púrpura 25 °GL, (579 nm).

Figura 3. Valores de longitud de onda de los licores F1 y F4 de tuna púrpura.

Las betalaínas, como se mencionó anteriormente, podrían perder coloración bajo la influencia del pH, luz, altas temperaturas, oxígeno y actividad del agua (Herbach *et al.*, 2006).

Otra de las posibles respuestas a la pérdida de color ocurrida en este estudio para la tuna púrpura, es que las betacianinas, principal pigmento rojo de las betalaínas, se podrían ver afectadas por el pH influenciado por el oxígeno, su pH óptimo de estabilidad se encuentra entre pH 4-6 (Herbach *et al.*, 2006). Lugo (1998), observó que entre pH 4-6, con menor presencia de oxígeno, están menos susceptibles a degradarse, fuera de estos rangos las betalaínas reaccionan con el oxígeno y se degradan. La betacianina es más pH dependiente en presencia de oxígeno que en ausencia, ya que en presencia de éste se acelera la pérdida de color. Como ya se señaló, algo de O₂ quedó en el espacio de cabeza de los recipientes, lo que podría haber influido en la degradación de las betacianinas y la pérdida de color.

Respecto al efecto de la temperatura, a temperaturas mayores a 30 °C, las betalaínas estarían expuestas a sufrir degradación, sin embargo, en las condiciones utilizadas en este

estudio la temperatura no podría haber afectado, ya que se mantuvo a temperatura ambiente (22-25 °C).

Con respecto al efecto del alcohol, en medio etanólico se promueve la formación de betacianinas descarboxiladas en C17 dando colores anaranjados-rojos y en solución acuosa la descarboxilación en C₂ da colores rojos (Herbach *et al.*, 2006) (Figura 1, Diagrama de las vías de degradación de la betanina). Según Márquez-Lemus *et al.* (2019), el etanol aunque ayuda a extraer los pigmentos y compuestos volátiles del fruto de *Opuntia*, puede afectar el color.

En la Figura 4, se observa que desde el inicio hasta el término de la maceración, la solución hidroalcohólica de tuna anaranjada presentó el mismo color, no se observaron cambios visuales ni pardeamiento, al contrario cada vez fue adquiriendo un tono más anaranjado y brillante. Probablemente por la degradación de las betacianinas presentes en este tipo de tuna, menor que en las púrpuras, pero también presentes.

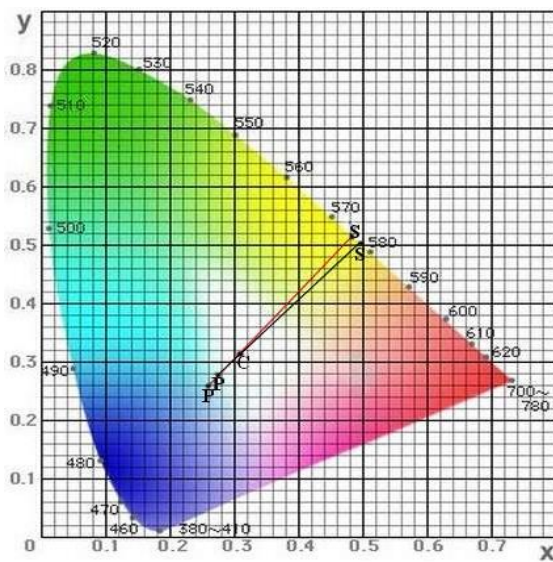


Figura 4. Color durante la maceración para el licor de tuna anaranjada.

Para el licor de tuna anaranjada, ambas formulaciones obtuvieron valores cercanos de longitudes de onda, siendo para F1 de 578 nm y para F4 de 575 nm, lo que corresponde a un color amarillo para ambos licores (Figura 4).

Las betaxantinas son más estables a pH cercano a 7, pero se ven afectadas a pH menores a 4 (Stintzing *et al.*, 2002). El pH promedio obtenido durante la maceración fue de 6,47 (este valor es antes de corregir la acidez) lo que está en el rango de pH en que las betaxantinas y también las betacianinas son más estables, por lo que se podría decir que el pH no afectaría el color en el licor de tuna anaranjada. Según Mandujano (2006), las betaxantinas se degradarían menos en presencia de luz o estando en oscuridad que las betacianinas, esto podría explicar también, que no se vería afectado el color en el licor de tuna anaranjada, ya que este se mantuvo en oscuridad al igual que el licor de tuna púrpura.

En el Diagrama de Cromaticidad (Minolta, 2007) (Figura 5), se observan graficadas las longitudes de onda para cada licor de tuna anaranjada. Estos valores se determinaron como se mencionó anteriormente para el licor de tuna púrpura, graficando el valor de las coordenadas (x, y, z) obteniendo el color correspondiente al licor, que como ya se mencionó y se observa en la Figura 5, fue amarillo.



- Tuna anaranjada 16 °GL, (578 nm).
- Tuna anaranjada 25 °GL, (575 nm).

Figura 5. Valores de longitud de onda de los licores F1 y F4 de tuna anaranjada.

Los análisis realizados a las formulaciones seleccionadas de los dos ecotipos de tuna se muestran en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Características físicas y químicas de las formulaciones seleccionadas de tuna púrpura y anaranjada de 16 y 25 °GL

Parámetros	Tuna púrpura		Tuna anaranjada	
	F1 (16 °G.L.)	F4 (25 °G.L.)	F1 (16 °G.L.)	F4 (25 °G.L.)
Acidez (% ac. cítrico)	3,41±0,02a	3,49±0,02a	3,48±0,01a	3,6±0,01b
pH	3,02±0,03a	3,25±0,03a	3,09±0,01a	3,35±0,01b
Grado alcohólico (°GL)	17,8±0,04a	27,2±0,04b	16,8±0,07a	26,4±0,07b
Intensidad Colorante (IC)	621±0,30a	673±0,30b	318±0,20a	365±0,20b
Tonalidad (H)	3,7±0,08a	4,2±0,08b	3,7±0,03b	3,2±0,03a
Viscosidad (cp)	19,1±0,08b	16,2±0,08a	18,4±0,30b	16,7±0,30a

Letras distintas en cada fila indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$).

La acidez del producto final elaborado con tuna púrpura y anaranjada, perteneciente a las formulaciones elegidas por el panel, se mantuvo dentro del valor al cual fue corregida (3,5 g/L de ácido cítrico).

El pH promedio del producto final para la graduación alcohólica de 25 °GL para ambos ecotipos de tuna fue de 3,3 y para la graduación alcohólica de 16 °GL fue 3,05 para ambos ecotipos de tuna, en ambos casos este resultado de pH es después de haber corregido la acidez a 3,5 g/L. Sotomayor y Lavín (1987) en su licor de murtila obtuvieron valores de pH que varían desde 4,19 a 4,74, según la relación fruta/alcohol.

Una vez que se obtuvieron las formulaciones finales se realizó la medición del grado alcohólico, el cual varió levemente de la graduación alcohólica prefijada (16 y 25 °GL) siendo el promedio de 17,8 y 27,2 °GL para el licor de tuna púrpura y de 16,8 y 26,4 °GL para el licor de tuna anaranjada, respectivamente. Lo anterior se explicaría por el fenómeno de contracción, el cual consiste en la pérdida de volumen al mezclarse el alcohol con el agua. Por esto, podría ser que los valores de las graduaciones alcohólicas dieran más altos de lo esperado, ya que al producirse la contracción aumentaría el grado

alcohólico del licor. Esto no afectó los resultados obtenidos por los panelistas en la evaluación sensorial.

El valor promedio obtenido al medir la viscosidad para el licor de tuna púrpura fue de 19,1 cp para F1 y de 16,2 cp para F4. Para el licor de tuna anaranjada el valor promedio medido para F1 fue de 18,4 cp y para F4 fue de 16,7 cp. Martínez y Romero (2006) obtuvieron valores muy cercanos a los obtenidos en este estudio, el promedio fue de 15,5 cp para el licor de tuna verde que ellos realizaron. Ambos licores presentaron diferencias estadísticas significativas, esto se podría deber a que en presencia del etanol se favoreció la precipitación de los mucilagos, lo que disminuiría la viscosidad del licor. La viscosidad se vería influenciada además, tras el proceso de clarificación, ya que al eliminar las partículas suspendidas en el licor modificaría el valor de esta. Estudios realizados por El-Samahy *et al.* (2006), demostrarían que la viscosidad se ve afectada por el valor de acidez, cationes bivalentes como el calcio y por los azúcares, en este caso no se efectuaron estos estudios lo que podría investigarse en trabajos futuros.

CONCLUSIONES

En las condiciones de este estudio, es factible la elaboración de licores a partir de ecotipos de tunas de colores, en base a una maceración hidroalcohólica, sin embargo, se observó un comportamiento distinto entre los ecotipos.

La tuna anaranjada es más adecuada que la tuna púrpura como materia prima para elaborar licores a partir de estos frutos, ya que su apariencia, color y aroma no se pierden con el tiempo durante la maceración.

Las mejores formulaciones para ambas graduaciones alcohólicas, fueron las elaboradas con sacarosa y dentro de ellas, el licor de 25 °GL elaborado con tuna anaranjada fue el mejor calificado por los panelistas.

BIBLIOGRAFÍA

Alexandrie, J. 1999. Vinos y Bebidas Alcohólicas. Valencia, Universidad Politécnica de Valencia. Servicios de Publicaciones, 1999. 498p. Tema 23: Aguardientes y Licores.

Araya, E. 2003. Guía de laboratorio Curso Evaluación sensorial de los alimentos. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Chile. 81p.

Arthey, D. y P. Ashurst. 1997. Procesado de frutas. Editorial Acribia, Zaragoza, España. 273 p.

Barbagallo, R.; P. Papalardo, e G. Tornatore, 1998. Confronto varietale dei succhi di *Opuntia ficus-indica* mediante dosaggio degli acidi organici per HPLC. *Industrie delle Bevande*, XXVII (6): 273-275.

Carmona, J.; P. Robert; C. Vergara and C. Sáenz. 2021. Micropartículas de pulpa de tuna amarillo-naranja (*Opuntia ficus-indica*) con mucílago de cladodio y maltodextrina como colorante alimentario en yogur. *LWT-Food Science and Technology*, 138.

Castellar, R.; J. Obon; M. Alacid and J. Fernandez-Lopez. 2003. Color properties and stability of betacyanins from *Opuntia* fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 2772–2776.

CIE. 1931. Comission Internationale de L'Eclairage, 1931.

El-Samahy, S.; E. El-Hady; R. Habiba and T. Moussa. 2006. Chemical and Rheological Characteristics of Orange-Yellow Cactus-Pear Pulp from Egypt. *In: Proceedings of the Professional Association for Cactus Development*, (8):39-51.

Fernandez-Lopez, J. A.; R. Castellar; J. M. Obon, and L. Almela. 2002. Screening and MassSpectral Confirmation of Betalains in Cactus Pears. *Chromatography*, 56:591-595.

Herbach, K.; F. Stintzing and R. Carle. 2006. Betalain Stability and Degradation Structural and Chromatic Aspects. *Journal of Food Science*, 71 (4):41-50.

Loyola, E. 1989. El color en vinos. *In: Publicaciones Misceláneas Agrícolas*. Pp 65-78. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 96p.

Lugo, E. 1998. Aprovechamiento integral del Chile (*Capsicum nannum*) y Pitaya (*Stenocereus queretaroensis*) para la Producción de Colorantes Naturales Rojos Sustituyentes de los Sintéticos. Cooperativa de Productores de Pitaya de Techaluta Jal. y CIATEJ. Disponible en línea en www.sciencedirect.com. Consultado: 14 de agosto de 2019.

Mandujano, R. 2006. Estudio preliminar de los pigmentos presentes en cáscara de pitaya (*Stenosereus stellatus*) de la región Mixteca. Tesis de Ingeniero en Alimentos. Universidad Tecnológica de Mixteca. Huajuapán de León, Oaxaca, México. 66p.

Márquez-Lemus, M.; L. Valadez-Carmona; J. García Zebadua; A. Ortiz-Moreno; P. Vasquez-Landaverde; L. Alamilla-Beltrán and R. Mora-Escobedo. 2019. Assessment of the variation of the volatile compound composition and antioxidant activity in *Opuntia* fruits liquors during the maceration process. *CyTA - Journal of Food*, 17(1): 501-508.

Martínez, A., y G. Romero. 2006. Elaboración de Licor de Tuna. Proyecto de investigación Título Ingeniera en Alimentos. DF, México: Instituto Politécnico Nacional. 59 pág.

Minolta, 2007. <http://www.konicaminoltaeurope.com/pcc/es/part4/08.html>. Consultado: 14 de agosto de 2019.

MINAGRI. 2011. Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero. Ley N° 18.455, Fija normas sobre producción, elaboración y comercialización de alcoholes etílicos, Bebidas alcohólicas y vinagres. D. Of. n° 32.318, 11.Nov. 1985. y D. Of. n° 39.903, 07. Marzo. 2011.

MINSAL. 1997. Reglamento Sanitario de los Alimentos (DTO. 977/96). Publicado en el Diario Oficial de 13.05.97. Actualizado en Febrero 2021.

Miranda, P. 2002. Elaboración de licores y vinagres a partir de berries. Pp 39-42. *In*: Hurtado, M. (Ed). Alternativas de procesamiento industrial para berries. Universidad de Chile, departamento de agroindustria y Enología. Santiago, Chile. 51p.

Narkprasom, K.; Sh. Wang; Sh. Hsiao and P. Tsai, 2012. Kinetics of Color Loss of Djulis (*Chenopodium formosanum* Koidz.) Extracts during Storage in Different Concentrations of Alcohol and Temperature. *APCBEE Procedia* 2: 32-36.

Odepa-Ciren. 2016. Catastro de superficie frutícola regional. <http://icet.odepa.gob.cl/> Consultado: 16 de diciembre de 2020.

Odoux, E et A. Dominguez-Lopez. 1996. Le figuier de barbarie: une source industrielle de betalaines? *Fruits*, 51(1): 61-78.

Quitral, V.; J. Arteaga; M. Rivera; J. Galleguillos y I. Valdés. 2019. Comparación del contenido de azúcares y edulcorantes no calóricos en néctares y bebidas antes y después de implementar la Ley chilena 20.606. *Revista Chilena de Nutrición*, 46(3): 245-253.

Robert, P.; V. Torres; P. García; C. Vergara and C. Sáenz. 2015. The encapsulation of purple cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) pulp by using polysaccharide-proteins as encapsulating agents. *LWT - Food Science and Technology*, 60:1039-1045.

Sáenz, C. 2004. Compuestos funcionales y alimentos derivados de *Opuntia* spp. p. 211-222. In: Esparza, G., Valdez, R. y Méndez, S. eds. *El Nopal, Tópicos de actualidad*. Universidad Autónoma de Chapingo, México.

Sáenz, C. 2006. Utilización agroindustrial del nopal. *Boletín de servicios agrícolas de la FAO* N°162. 165p.

Sáenz, C. y E. Sepúlveda. 2001. Ecotipos Coloreados de Tuna (*Opuntia ficus-indica*). *Aconex*, 72 (julio-septiembre): 29-32.

Sáenz, C.; E. Sepúlveda y M. Moreno. 1995. Características tecnológicas de la pulpa de tuna roja. Pp 159. In: XI Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Viña del Mar, Chile.

Sáenz, C.; H. Gómez; AM Fabry; B. Cancino; C. Vergara and P. Robert. 2015. Soft-drinks prepared with pulp, ultrafiltrated and nanofiltrated purple cactus pear microparticles: Betalains stability. *Acta Horticulturae* 1067: 343-348.

Sáenz, C. 2017. Processing and utilization of fruit, cladodes and seeds. pp. 136-149. *Crop Ecology, Cultivation and Uses of cactus pear*. Ed. by. Inglese, P., Mondragón, C., Nefzaoui, A. & Sáenz, C. Published by FAO and ICARDA. 225 pp.

Sáenz, C.; B. Cancino and P. Robert. 2012. Red betalains from *Opuntia* spp.: natural colorants with potential applications in foods. *Israel Journal of Plant Sciences*, 60: 291–299.

Sepúlveda, E., C. Sáenz y M.I. Vallejos, 2003. Comportamiento reológico de néctar elaborado con hidrocoloide de nopal: efecto del tratamiento térmico. En: *Memorias IX Congreso Nacional y VII Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal*, 2–6 Septiembre, Zacatecas, México, pp. 269–272.

Sepúlveda, E. and C. Sáenz. 1990. Chemical and physical characteristics of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) pulp. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 30(4): 551–555.

Sotomayor, J. y A. Lavin. 1987. Licor de murtillas, alternativas para su elaboración. *IPA Quilamapu* 32: 6-9.

Stintzing F.C., K.M. Herbach; M.R. Mosshamer; R. Carle; W. G. Yi; S. Sellappan; C.C. Akoh; R. Bunch and P. Felker. 2005. Color, betalain pattern and antioxidant properties of

cactus pear (*Opuntia* spp.) clones. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 442–451.

Stintzing, F., A. Schieber and R. Carle. 2002. Identification of Betalains from Yellow Beet (*Beta Vulgaris* L.) and Cactus Pear (*Opuntia ficus-indica*. (L). Mill) by high-performance liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(8): 2302-2307.

Sudzuki, F.; C. Muñoz y H. Berger. 1993. El cultivo de la tuna: Cactus pears. Universidad de Chile, Departamento de producción agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 88p.

U.E. 2019. Reglamento (UE) 2019/787 de la Unión Europea. <http://data.europa.eu/eli/reg/2019/787/oj>. Consultado: Febrero 2021.

Vergara, C. 2013. Extracción y Estabilización de Betalaínas de tuna purpura (*Opuntia ficus-indica*) mediante tecnologías de membranas y microencapsulación, como colorante alimentario. Tesis Doctor en Nutrición y Alimentos. Universidad de Chile.

Zoecklein, B.; K. Fugelsang; B. Gump y F. Nury. 2001. Análisis y Producción de Vino. Editorial Acribia, Zaragoza, España. 612p.

ANEXO 1

Pauta de análisis de calidad técnica para evaluar licores. Pauta no estructurada (0 a 15cm)

Nombre: Fecha:

Indique la intensidad de su sensación, marcando con una línea vertical sobre la línea punteada.

<u>VISTA</u>	Limpidez	
0	-----	15
Turbio		Brillante
	Intensidad de Color	
0	-----	15
Baja		Alta
<u>NARIZ</u>	Aroma a Tuna (Franqueza)	
0	-----	15
Sin Aroma a Tuna		Con Aroma a Tuna
	Intensidad aromática	
0	-----	15
Baja		Alta
<u>BOCA</u>	Fuerza Alcohólica	
0	-----	15
Sin Alcohol		Muy Alcohólico
	Acidez	
0	-----	15
Sin Acidez		Muy Ácido
	Dulzor	
0	-----	15
Sin Dulzor		Muy Dulce
	Equilibrio acidez/dulzor	
0	-----	15
Sin Equilibrio		Muy Equilibrado
	Astringencia	
0	-----	15
Sin Astringencia		Muy Astringente
	Viscosidad (cuerpo)	
0	-----	15
Sin Viscosidad		Muy Viscoso
	Amargor	
0	-----	15
Sin Amargor		Muy Amargo

Comentarios.....
