

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN COLORANTE NATURAL DE
INFLORESCENCIAS DE AMARANTO (*Amaranthus* spp.)**

JAVIERA BELÉN MUÑOZ YÁÑEZ

SANTIAGO – CHILE
2020

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN COLORANTE NATURAL DE
INFLORESCENCIAS DE AMARANTO (*Amaranthus spp.*)**

**PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF A NATURAL COLOURANT
FROM AMARANTH INFLORESCENCEINFLORESCENCES (*Amaranthus spp.*)**

JAVIERA BELÉN MUÑOZ YÁÑEZ

SANTIAGO – CHILE
2020

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

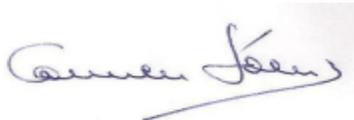
**OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN COLORANTE NATURAL DE
INFLORESCENCIAS DE AMARANTO (*Amaranthus* spp.)**

Memoria para optar al título profesional de:
Ingeniera Agrónoma

JAVIERA BELÉN MUÑOZ YÁÑEZ

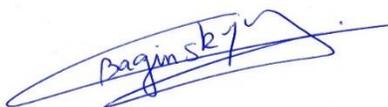
PROFESORES GUÍAS

Sra. Carmen Sáenz H.
Química-Farmacéutica, Dr.



6,5

Sra. Cecilia Baginsky G.
Ingeniera Agrónoma, Dr.



6,5

PROFESORES EVALUADORES

Sr. Hugo Núñez K.
Ingeniero Agrónomo, Mg. Sc.



6,7

Sr. Marcos Mora G.
Ingeniero Agrónomo, Dr.



7,0

COLABORADORA

Srta. Elizabeth Apablaza C.
Bioquímica.

SANTIAGO – CHILE
2020

AGRADECIMIENTOS

Esta memoria forma parte del Proyecto AGCI “Fomento al cultivo y consumo de amaranto: Potenciación Chile-México”, financiado por la AGCID a través del “Fondo Conjunto de Cooperación Chile- México”.

Creo firmemente que uno es quien atrae las cosas, personas, situaciones, etc. Es por ello, que agradezco todos los momentos que he vivido, ya sean buenos o malos, pues estos junto a cada persona que me rodea han hecho de mí quien soy, y eso me encanta.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
PALABRAS CLAVE	1
ABSTRACT.....	2
KEY WORDS:	2
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVOS	5
MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
LUGAR DE ESTUDIO	6
MATERIALES	7
MÉTODOS.....	7
Obtención, caracterización y comparación de los colorantes de las inflorescencias de amaranto.....	7
Obtención y caracterización del extracto acuoso de inflorescencias de amaranto del genotipo Nutrisol (seleccionado)	8
Obtención y caracterización de la jalea.....	9
Evaluación de la estabilidad del color y cuantificación de betalaínas en la jalea	10
Evaluación sensorial.....	11
Tratamientos y diseño experimental	11
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	12
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
Caracterización y comparación de los colorantes en polvo de inflorescencias de amaranto.....	13
Caracterización del extracto acuoso de inflorescencias de amaranto del genotipo Nutrisol (seleccionado)	15
Caracterización de la jalea elaborada con el colorante del genotipo Nutrisol	17
Estudio de la estabilidad del color y contenido de betalaínas en la jalea.....	19
Análisis sensorial	21
CONCLUSIONES.....	25
BIBLIOGRAFÍA.....	26
ANEXOS	30
APÉNDICES.....	32

RESUMEN

La industria alimentaria muestra una clara tendencia a cambiar los ingredientes sintéticos, entre ellos los colorantes, por ingredientes de origen natural. De ahí la búsqueda de fuentes potenciales de colorantes naturales, donde las inflorescencias de amaranto podrían ser una interesante alternativa. El objetivo de esta investigación fue obtener, caracterizar y comparar colorantes provenientes de las inflorescencias de dos genotipos de amaranto, seleccionar el colorante con mayor contenido de betalaínas, polifenoles y capacidad antioxidante para aplicarlo a una jalea. Luego estudiar la estabilidad del color de la jalea durante seis semanas de almacenamiento (4 ± 1 °C) y determinar su aceptabilidad sensorial a nivel de consumidores. Para la obtención de los colorantes se utilizaron dos genotipos de amaranto CB-01 (*A. cruentus*) y Nutrisol (*A. hypochondriacus*). Se extrajeron las flores de las inflorescencias, se secaron y molieron, obteniendo así un colorante en polvo. Se les midió el contenido de betalaínas mediante espectrofotometría, polifenoles aplicando el método de *Folin Ciocalteu* y capacidad antioxidante por el método ORAC, con el fin de comparar y seleccionar al mejor colorante. El colorante del genotipo Nutrisol de color rojo púrpura, presentó mayor contenido de betalaínas, polifenoles y capacidad antioxidante con valores de (188 mg equivalentes a betanina por 100 g de peso seco; 1.036 mg equivalentes a ácido gálico por 100 g de peso seco y 17.025 μmol equivalente a Trolox por 100 g de peso seco, respectivamente. Por ello, Nutrisol fue seleccionado para colorear una jalea y evaluar la estabilidad del color presente en ella, observándose que la variación, reflejada en el cambio de color (ΔE) fue imperceptible para el ojo humano y la aceptabilidad por parte de los consumidores fue alta, presentando un interesante potencial para la aplicación en alimentos.

Palabras clave: Betacianinas, jalea, capacidad antioxidante, estabilidad de color.

ABSTRACT

The food industry shows a clear tendency to change synthetic ingredients, including dyes, for ingredients of natural origin. Hence the search for potential sources of natural dyes, where amaranth inflorescences could be an interesting alternative. The objective of this research was to obtain, characterize and compare dyes from the inflorescences of two amaranth genotypes, select the dye with the highest content of betalains, polyphenols and antioxidant capacity to apply to a jelly. Then study the color stability of the jelly during six weeks of storage (4 ± 1 ° C) and determine its sensory acceptability at the consumer level. To obtain the dyes, two genotypes of amaranth CB-01 (*A. cruentus*) and Nutrisol (*A. hypochondriacus*) were used. The flowers were extracted from the inflorescences, dried and ground, thus obtaining a powder dye. The betalains content was measured by spectrophotometry, polyphenols applying the Folin Ciocalteu method and antioxidant capacity by the ORAC method, in order to compare and select the best dye. The colorant of the Nutrisol genotype of purple red color had a higher content of betalains, polyphenols and antioxidant capacity with values of (188 mg equivalent to betanin per 100 g of dry weight; 1,036 mg equivalent to gallic acid per 100 g of dry weight and 17,025 μ mol equivalent to Trolox per 100 g of dry weight, respectively. For this reason, Nutrisol was selected to color a jelly and evaluate the stability of the color present in it, observing that the variation reflected in the color change (ΔE) was imperceptible to the human eye and the acceptability by consumers was high, presenting an interesting potential for application in food.

Key words: Betacyanins, jelly, antioxidant capacity, color stability.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años la oferta de alimentos se ha ido transformando positivamente. Los consumidores son más conscientes a la hora de elegir y buscan alimentos que no sólo entreguen una experiencia placentera, sino que también el conjunto de ingredientes sea benéfico para el organismo humano (New hope network, 2018). Debido a lo anterior, la industria alimentaria ha tratado de responder a las exigencias del nuevo consumidor, y ha ido cambiando ingredientes sintéticos por ingredientes naturales, entre ellos, los colorantes (Esatbeyoglu, 2015; INIA, 2018).

Los colorantes son aditivos alimentarios utilizados con el propósito de mejorar, realzar y reponer el color en los alimentos, en ocasiones perdido a consecuencia de los procesos. Para un consumidor, el color es un factor determinante en la aceptación de un producto, porque es la primera sensación que se percibe y puede modificar subjetivamente otras características, como el sabor y el olor (Jiménez, 2018).

Actualmente, los colorantes naturales más usados por la industria alimentaria a nivel mundial son los carotenoides, con un 34% de la demanda, los que son utilizados para dar tonos amarillos a anaranjados. Le sigue, el colorante caramelo, con una demanda del 32%, usado para dar tonos ámbar. En tercer lugar, las antocianinas con un 24% de la demanda, utilizadas para dar tonos rojizos. En el 10% restante, se encuentran otros colorantes, por ejemplo, el carmín de cochinilla y las betacianinas, utilizados para dar tonalidades rojizas (Esatbeyoglu, 2015; INIA, 2018).

Las betacianinas son betalaínas, pigmentos naturales nitrogenados derivados del ácido betalámico, con tres dobles enlaces conjugados, que le dan a la molécula la característica del color (Esatbeyoglu, 2015). Se caracterizan por ser compuestos hidrosolubles, estables en un rango de pH de 3 a 7, permitiendo colorear alimentos tanto ácidos como neutros. Las betalaínas se dividen en dos grupos: las betaxantinas, que se caracterizan por sus tonos amarillos a anaranjados y las betacianinas que dan tonos del rojo al violeta (Li et al., 2015). Las primeras, actualmente no están disponibles como pigmentos comerciales, a diferencia de las betacianinas, en concreto la betanina, obtenida principalmente de la betarraga y autorizada como aditivo por la FDA (“Food and Drug Administration”) de Estados Unidos, por la legislación de la Unión Europea y por el RSA (Reglamento Sanitario de los Alimentos) de Chile (Alfaro, 2013; Castillo, 2013). También es posible aislarla de los frutos de las cactáceas del género *Opuntia* y de las plantas de la familia *Amaranthaceae*, como por ejemplo, el amaranto (Esatbeyoglu, 2015; Cai et al., 1998b).

El amaranto es una planta originaria de Centroamérica y Sudamérica, pertenece al género *Amaranthus* y se caracteriza por ser capaz de crecer y desarrollarse en condiciones poco favorables, debido a su tolerancia al estrés abiótico y su capacidad de adaptación a distintas condiciones edafoclimáticas. Se cultiva principalmente por sus granos, debido a la alta calidad de sus proteínas y contenido de almidón, pero también es posible consumir sus hojas e inflorescencias (Espitia et al., 2010; Ayala et al., 2012; Méndez, 2016).

Durante el desarrollo del proyecto “Fomento al cultivo y consumo del amaranto: Potenciación Chile-México”, financiado por la Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AGCID), se observó que las especies de amaranto *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* poseen buen potencial de crecimiento bajo el clima de la zona central de Chile (Cáceres et al., 2017; Palma, 2017). En países como Guatemala, México y Ecuador, son las especies con el mayor número de hectáreas sembradas para el consumo de grano en seco, pero como se mencionó anteriormente, el grano no es la única estructura del amaranto que se puede consumir. Estudios realizados en inflorescencias de amaranto, han encontrado betacianinas identificadas como amarantina e isoamarantina. Esto implica, que las inflorescencias de amaranto se presentan como una fuente alternativa de pigmentos naturales para uso alimentario (Li et al., 2015; Cai et al., 2005).

Cai y Corke (1999) estudiaron la estabilidad de las betacianinas obtenidas de inflorescencias de amaranto, agregándolas a tres matrices alimentarias: helado, bebida y jalea. Concluyeron que estas betacianinas, tienen potencial como colorante a bajas temperaturas (<14 °C), exhibiendo mejores características de color que un colorante natural a base de antocianinas de rábano rojo testeado en los mismos niveles de concentración. Además, la estabilidad de ambos pigmentos fue similar durante 20 semanas de almacenamiento.

Además de su capacidad de colorear alimentos, las inflorescencias de amaranto presentan otras propiedades. Es así como Kraujalis et al. (2013) reportaron que la concentración de polifenoles totales y la capacidad antioxidante es mayor en inflorescencias, con respecto a los granos y tallos. Ambos estudios revelaron lo interesante que sería obtener un colorante a partir de dicha materia prima, ya que, por un lado, cumple la funcionalidad de ser un aditivo alimentario natural para la industria, y por otro, cumple las exigencias del consumidor moderno, debido a los beneficios que éstos podrían otorgar a la salud (Espitia et al., 2010; Ayala et al., 2012; Méndez, 2016).

En un estudio realizado por Sáenz et al. (2018) dentro del marco del proyecto citado anteriormente, se evaluaron los genotipos CB-01 y Nutrisol pertenecientes a las especies *A. cruentus* y *A. hypochondriacus*, respectivamente. El color de sus panojas, se caracteriza por ser rojo intenso, y en cuanto al contenido de betalaínas, polifenoles y capacidad antioxidante, resultaron ser mayores en comparación a otros genotipos estudiados dentro de cada especie.

En definitiva, los estudios acerca de la caracterización y obtención de pigmentos de inflorescencias de amaranto son escasos y poco específicos, centrándose mayormente en los estudios por especie y no por genotipo. En este sentido y dado que es un desafío encontrar nuevas fuentes de ingredientes naturales para el uso en alimentos, es importante continuar investigando con mayor profundidad la obtención, caracterización y estabilidad de un colorante alimentario natural, a partir de los mejores genotipos de amaranto estudiados en el proyecto antes mencionado (CB-01 y Nutrisol), por su capacidad colorante, concentración de betalaínas, polifenoles y capacidad antioxidante.

Objetivos

- Obtener, caracterizar y comparar dos colorantes provenientes de inflorescencias de amaranto de los genotipos CB-01 y Nutrisol.
- Seleccionar y aplicar el colorante con mayor contenido de betalaínas, polifenoles y capacidad antioxidante a una matriz alimentaria tipo gel y estudiar la estabilidad del color durante el almacenamiento.
- Determinar las características sensoriales del producto en cuanto a calidad y aceptabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

Las panojas de amaranto pertenecientes a los genotipos CB-01 y Nutrisol utilizadas para la elaboración y comparación de los colorantes, se obtuvieron del predio “Chacra Dolores” ubicado en la comuna de Isla de Maipo, Región Metropolitana, Chile ($33^{\circ}46'48.97''$ latitud sur y $70^{\circ}54'2.86''$ latitud oeste). El suelo de esta zona pertenece a la serie Isla de Huechún, la cual se caracteriza por tener suelos de clase textural areno francosa fina y ser de origen aluvial (CIREN, 1981).

Las panojas de amaranto que se utilizaron para elaborar el colorante que se añadió a la jalea, se obtuvieron del genotipo Nutrisol establecido en la Estación experimental Antumapu, ubicada en la comuna de La Pintana, Provincia de Santiago, Región Metropolitana, Chile ($32^{\circ}40'$ latitud sur y $70^{\circ}32'$ longitud oeste). El suelo de esta zona pertenece a la serie Maipo, cuyos suelos son de clase textural franca y de origen aluvial. En sí, estos suelos se caracterizan por ser profundos y a la vez, estar constituidos por piedras y gravas (CIREN, 1996).

El clima de ambas zonas mencionadas anteriormente, corresponde a un clima mediterráneo, es decir, posee veranos calurosos y secos e inviernos fríos y lluviosos (CIREN, 1981).

Los análisis químicos y físicos se llevaron a cabo en los Laboratorios de Productos Vegetales y de Ingredientes Funcionales, del Departamento de Agroindustria y Enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, ubicada en la comuna de La Pintana, Región Metropolitana, Chile.

Materiales

Panojas de amaranto de los genotipos Nutrisol y CB-01 cosecha 2018, utilizadas para preparar y comparar los colorantes.

Panojas de amaranto del genotipo Nutrisol cosecha 2019, utilizadas para elaborar el colorante que se aplicó en la jalea.

Gelatina neutra de 220 °Bloom y saborizante de frambuesa para elaborar la jalea, ambos proporcionados por Industrias Floramatic SpA., azúcar, ácido cítrico y sorbato de potasio adquiridos en el comercio local. Recipientes de polipropileno autoclavables de 60 mL, con tapa.

Métodos

Obtención, caracterización y comparación de los colorantes de las inflorescencias de amaranto

Cuando las plantas de amaranto de los genotipos CB-01 y Nutrisol estaban en plena etapa de floración, se cortaron las panojas y se llevaron al laboratorio. Ahí se extrajeron las flores de las panojas de forma manual y se almacenaron en bolsas de PEBD previamente perforadas con una aguja. Luego las flores (dentro de la misma bolsa) se liofilizaron en un equipo marca Sumtron CTFD-10P (China) por un período de 24 horas a -40 ± 5 °C y a 10 Pa. Posteriormente, las flores deshidratadas, se molieron en un equipo Nutribullet 900 (EEUU), obteniendo finalmente los colorantes en polvo (Figura 1), los cuales se almacenaron en bolsas de PEBD.

Para la caracterización y posterior comparación de los colorantes en polvo se realizaron los siguientes análisis:

Color. Para la determinación de los parámetros de color (L, a*, b*, C* y Hab) se pesaron $50\pm 0,5$ g de colorante de cada genotipo de amaranto. Se midieron por reflectancia con la componente especular incluida, en un espectrofotómetro Ultrascan Pro Hunter Associates Laboratory Inc (EEUU).

Polifenoles totales. Se determinó mediante espectrofotometría según el método de *Folin Ciocalteu* (Singleton y Rossi, 1965) a una longitud de onda de 765 nm, expresados como mg equivalente a ácido gálico por 100 g de peso seco.

Betalainas totales. Para cuantificar las betalainas se pesaron $4,0\pm 0,5$ g de muestra de cada genotipo y se utilizó un espectrofotómetro Rayleigh UV-9200 (Beijing, China), según el

método descrito por Cai et al. (1998b). Los resultados se expresaron como mg equivalentes de betanina por 100 g de peso seco.

Capacidad antioxidante. Se determinó de acuerdo al método ORAC propuesto por Dávalos et al. (2004), utilizando 50 μ L de extracto acuoso de cada genotipo, y un fluorímetro modelo FLx 800, BioTek (Estados Unidos). Los resultados se expresaron en μ mol equivalente de Trolox por 100 g de peso seco.

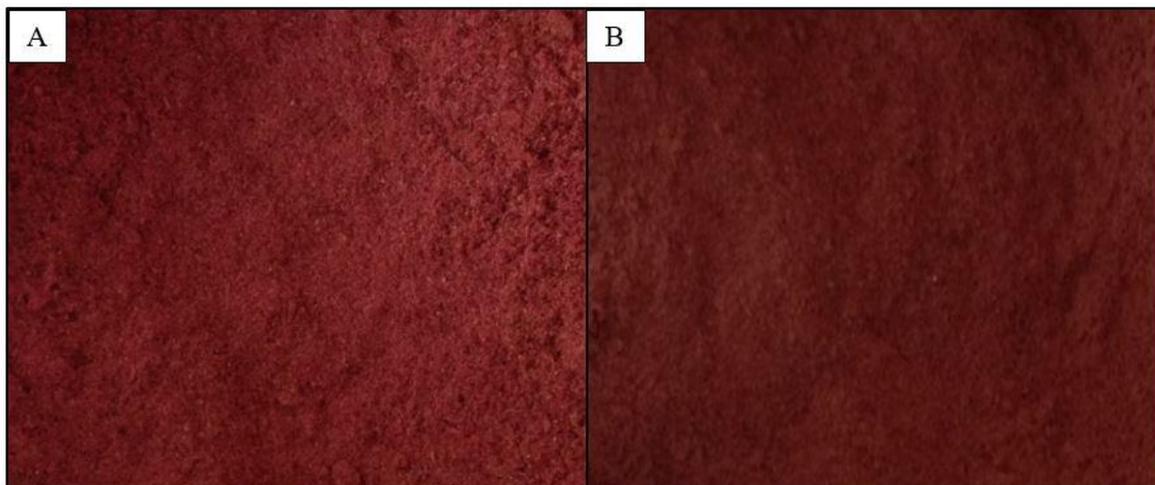


Figura 1. Colorantes de inflorescencias de amaranto provenientes de los genotipos CB-01 (A) y Nutrisol (B).

Obtención y caracterización del extracto acuoso de inflorescencias de amaranto del genotipo Nutrisol (seleccionado)

Se realizó un extracto acuoso con el colorante del genotipo Nutrisol cosecha 2019, debido que la matriz alimentaria en que se aplicaría era translúcida por lo que no debía tener sedimentos.

Para la preparación del extracto acuoso, se mezclaron $5,0 \pm 0,5$ g de colorante del genotipo Nutrisol cosecha 2019 con 100 mL de agua destilada, se homogeneizaron en un Ultra-TurraxIka T18 basic (Brasil) por 1 minuto, luego se agitaron en un Thermolyne Maxi-Mix III (EEUU) entre 600-800 rpm por 60 min y se centrifugaron en un equipo Hermle Labortechnik GmbH (Alemania) por 20 minutos a 5000 rpm, con el fin de extraer y filtrar los sobrenadantes donde se encuentran los pigmentos.

Posteriormente se realizó su caracterización mediante los siguientes análisis:

Color. Para la determinación de los parámetros de color (L, a*, b*, C* y Hab), se utilizaron 50 mL de extracto acuoso. Se midió por transmitancia en el mismo espectrofotómetro utilizado para medir color en el polvo.

pH. Se utilizó el pH-Metro Corning modelo 320 (Reino Unido).

Sólidos solubles. Se utilizó un refractómetro digital de mano marca Boeco (Alemania). Los resultados se expresaron en °Brix.

Polifenoles totales. Se determinó mediante espectrofotometría según el método de *Folin Ciocalteu* (Singleton y Rossi, 1965) a una longitud de onda de 765 nm, expresados como mg equivalente a ácido gálico por 100 g de peso seco.

Betalainas totales. Para cuantificar las betalaínas se utilizó el método espectrofotométrico descrito por Cai et al. (1998b). Los resultados se expresaron en mg equivalente a betanina por 100 g de peso seco.

Capacidad antioxidante. Se determinó de acuerdo al método ORAC propuesto por Dávalos et al. (2004), utilizando 50 µL de extracto acuoso de cada genotipo, y un fluorímetro modelo FLx 800, BioTek (Estados Unidos). Los resultados se expresaron en µmol equivalente a Trolox por 100 g de peso seco.

Identificación de betalaínas. Se obtuvieron los cromatogramas del extracto acuoso en un equipo HPLC Agilent Technologies 1100 (EEUU), compuesto por una bomba Agilent Technologies 1100, serie G1311A, un desgasificador Agilent Technologies 1100, serie G1379A y el detector de arreglo de diodos Agilent Technologies 1200, serie G1315B. Luego se utilizaron datos de bibliografía para sugerir su identificación, según el método descrito en Li et al. (2015).

Obtención y caracterización de la jalea

Una vez obtenido el extracto acuoso colorante, se realizaron ensayos previos, a fin de determinar la proporción de colorante, azúcar y ácido cítrico a adicionar a la jalea. Para el resto de los ingredientes (gelatina, saborizante y sorbato de potasio), se usaron en la concentración sugerida por el fabricante.

La prueba para definir la proporción de extracto acuoso colorante, consistió en medir el color a distintas jaleas comerciales sabor frambuesa: Regimel, Nestlé, Colún y Soprole, mediante espectrofotometría. Luego, se hicieron 4 jaleas de 50 mL con distintas concentraciones de extracto colorante: 9, 10, 12 y 15 mL, a las cuales se les midió el color de la misma forma mencionada anteriormente, y se compararon con el color de las jaleas comerciales. La jalea con 12 mL de extracto acuoso, poseía parámetros de color semejantes a la jalea comercial

marca Soprole, que según un *Focus group* (grupo pequeño de panelistas expertos), presentaba el color más atractivo y natural.

Luego para determinar la concentración de azúcar, se formuló una jalea de 50 mL con $0,5 \pm 0,5$ g de gelatina, $0,075 \pm 0,5$ g de saborizante frambuesa, $12 \pm 0,5$ mL de extracto acuoso (3,57 mg de betalaínas por 12 mL de colorante) y $0,025 \pm 0,5$ g de sorbato de potasio. Estos ingredientes se disolvieron en 38 mL de agua hirviendo. Luego se fue añadiendo el azúcar hasta encontrar el dulzor adecuado (determinado por el mismo *Focus group* anteriormente mencionado), el cual fue de $5,0 \pm 0,5$ g de azúcar para 50 mL de jalea.

Para determinar la concentración de ácido cítrico, se le midió el pH inicial a la jalea y gradualmente se le añadió dicho ácido hasta llegar a un pH de 4,6. Este valor es cercano al de las jaleas comerciales y al óptimo de estabilidad de las betalaínas.

Para caracterizar inicialmente la jalea, se realizaron los mismos análisis químicos y físicos descritos para el extracto acuoso.

Evaluación de la estabilidad del color y cuantificación de betalaínas en la jalea

El estudio de estabilidad consistió en elaborar 420 mL de jalea, los cuales se dividieron en 6 recipientes de plástico de polipropileno autoclavables de 60 mL, que fueron almacenados a una temperatura de 4 ± 1 °C. Los periodos de control y análisis efectuados fueron los siguientes:

- a) Cada semana, se escogió un recipiente al azar, al cual se le midieron los parámetros de color: L, a*, b*, C* y Hab, evaluados de la misma manera descrita anteriormente.
- b) Entre semana y entre el inicio y el final del almacenamiento se determinó el cambio de color (ΔE) utilizando la Ec.1, de acuerdo con el método descrito por Rodríguez et al. (2005).
- c) Entre semana se determinó la concentración de betalaínas totales (mg equivalente a betaninas por 100 g de muestra) mediante HPLC, según el método descrito por Li et al. (2015).

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L)^2 + (a^* - a)^2 + (b^* - b)^2} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde L*, a* y b* indican parámetros iniciales de la jalea y L, a y b indican los parámetros obtenidos en el tiempo.

Evaluación sensorial

Con el fin de evaluar la aceptabilidad de la jalea se realizó una evaluación sensorial donde participaron 100 consumidores que a lo menos una vez al año consumieran jalea. El rango de edad fluctuó entre 10 y 70 años.

Se elaboraron dos pautas con preguntas cerradas. La primera pauta evaluó el hedonismo de la jalea, donde se preguntó sobre apariencia, aroma, gusto, textura y finalmente la percepción general del producto. La escala de respuesta consistió en una escala de 7 puntos, donde 1 correspondía a “me disgusta mucho”, 2 “me disgusta”, 3 “me disgusta un poco”, 4 “no me gusta ni me disgusta”, 5 “me gusta un poco”, 6 “me gusta” y 7 “me gusta mucho”, como se muestra en el Apéndice I.

La segunda pauta evaluó si la intensidad de atributos era adecuada para los consumidores. Para ello, se utilizaron tres preguntas: intensidad de color, intensidad de dulzor y consistencia o firmeza de la jalea. La escala de respuesta fue de 5 puntos, donde -2 correspondía a un “mucho menos de lo que me gusta”, -1 era “menos de lo que me gusta”, 0 “está justo como me gusta”, 1 “más de lo que me gusta” y 2 “mucho más de lo que me gusta”, como se muestra en el Apéndice II.

Adicionalmente, se efectuó una encuesta para describir al consumidor, donde se preguntó edad, género, hábito alimentario, frecuencia de consumo de jalea y preferencia de consumo de productos con colorantes naturales. Esto se realizó con el objeto de determinar las relaciones de estos factores con sus respuestas (Apéndice III).

Tratamientos y diseño experimental

Para comparar los colorantes obtenidos de los dos genotipos de amaranto, se establecieron dos tratamientos: T1 correspondiente al colorante a base de inflorescencias de amaranto del genotipo CB-01 y T2, correspondiente al colorante a base de inflorescencias de amaranto del genotipo Nutrisol. El diseño del experimento fue completamente al azar y la unidad experimental correspondió a $50 \pm 0,5$ g de flores, con tres repeticiones.

Análisis estadístico

Los análisis físicos y químicos se realizaron por triplicado. Los resultados se analizaron mediante el uso de una prueba *t* Student con un nivel de significancia del 5 %.

Para el análisis sensorial de hedonismo se realizó un análisis de varianza para saber si existían diferencias estadísticamente significativas. Cuando existieron diferencias significativas, las medias se compararon con el test de LSD de Fisher con un nivel de significancia del 5 %.

Para el análisis sensorial de intensidad de atributos se realizaron escalas de frecuencia.

Los análisis estadísticos se realizaron con el software estadístico InfoStat, versión estudiantil (2008), desarrollado por el grupo InfoStat de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización y comparación de los colorantes en polvo de inflorescencias de amaranto

En el Cuadro 1 se muestran las características físicas y químicas de los colorantes de inflorescencias de amaranto correspondientes a los genotipos CB-01 y Nutrisol.

Cuadro 1. Parámetros físicos y químicos de los colorantes de las inflorescencias de amaranto correspondiente a los genotipos CB-01 y Nutrisol

Parámetro	CB-01 (X ± DS)	Nutrisol (X ± DS)
L	53,09 ± 0,7 a	50,34 ± 0,11 b
a*	10,09 ± 0,07 a	9,68 ± 0,04 b
b*	3,84 ± 0,03 a	1,68 ± 0,06 b
C*	10,80 ± 0,05 a	9,83 ± 0,03 b
Hab	20,82 ± 0,28 a	9,85 ± 0,36 b
Polifenoles totales (mg EAG/ 100 g p.s)	607,0 ± 97 b	1.036 ± 38 a
Betalaínas totales (mg EB/ 100 g p.s)	76,0 ± 1,8 b	188 ± 2,3 a
Capacidad antioxidante (µmol ET/ 100 g p.s)	10.617 ± 62 b	17.025 ± 259 a

Promedios unidos por letras distintas en sentido horizontal, indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$). X: promedio; DS: desviación estándar; EAG: equivalente a ácido gálico; EB: equivalente a betanina; ET: equivalente a Trolox; p.s.: peso seco.

La ubicación del color para ambos colorantes se encuentra en el cuadrante superior derecho del diagrama cromático (Anexo I), con un valor a* positivo, en el color rojo.

El colorante proveniente de Nutrisol presenta menor luminosidad (L) y saturación (C*) que el genotipo CB-01. Los parámetros a* y b* indican que el genotipo Nutrisol tiene mayor contribución de púrpura que el genotipo CB-01. Esto se ve reflejado en el ángulo de tono (Hab), que es mayor en CB-01, siendo un rojo más anaranjado y Nutrisol un rojo más púrpura (Anexo I).

Los datos de color obtenidos para los colorantes de ambos genotipos, tienen concordancia con los publicados por Li et al. (2015).

El contenido de polifenoles totales fue mayor a los valores reportados por Kraujalis et al. (2013) en inflorescencias de *Amaranthus hybridus* con valores de 21 y 520 g EAG/ 100 g peso seco, obtenidos a través extractos en acetona y metanol, respectivamente. También fueron mayores a los descritos por Li et al. (2015), para extractos metanólicos de inflorescencias de la especie *Amaranthus hypochondriacus* (230 mg EAG/ 100 g peso seco). Esto se podría deber a diversos factores como la especie, genotipo, fecha de cosecha, clima, preparación del material vegetal, método de extracción, o también a que los polifenoles presentes son más solubles en agua (Carmona, 2013; Kraujalis et al., 2013). En micropartículas de pulpa de tuna púrpura, que es otra fuente de betalaínas, los valores de polifenoles se encuentran alrededor de 100 mg EAG por 100 g (Vergara, 2013).

Los valores de betalaínas totales en los colorantes se encuentran dentro de los rangos reportados por Cai et al. (1998b). Para la especie *A. cruentus* los valores que fluctuaron entre 45 a 199 mg de betacianinas por 100 g y para el único genotipo estudiado de *A. hypochondriacus* el valor fue de 47 mg de betacianinas por 100 g. En micropartículas de pulpa de tuna púrpura, para uso como colorante los valores son alrededor de los 36 y 58 mg EB por 100 g (Vergara, 2013; Sáenz et al., 2009).

En cuanto a la capacidad antioxidante obtenida en este estudio en el extracto acuoso (10.617 - 17.025 $\mu\text{mol Eq Trolox}/100\text{ g}$ de peso seco), los valores son mayores a los reportados por Kraujalis et al. (2013) quienes a su vez no utilizaron extractos acuosos como el del presente estudio sino, extractos acetónicos y metanólicos de inflorescencias de amaranto, logrando valores de 25 y 740 $\mu\text{mol Eq Trolox}/100\text{ g}$ de peso seco, respectivamente. Los *berries*, reconocidos muchos de ellos por su alta capacidad antioxidante, tienen en el caso del arándano entre 18.708 y 34.329 $\mu\text{mol Eq Trolox}/100\text{ g}$ de peso seco. Los resultados en cuanto a capacidad antioxidante se corresponden con el contenido de polifenoles.

Teniendo en cuenta los resultados de los análisis químicos y físicos realizados, el colorante del genotipo Nutrisol posee mejores características que el colorante del genotipo CB-01, debido a su mayor contenido de betalaínas, polifenoles y capacidad antioxidante. Además hay que destacar, que al aplicar un colorante a una matriz alimentaria, se debe considerar el factor de dilución, por lo tanto es importante considerar que Nutrisol presenta un color más oscuro y con una tendencia al rojo-púrpura, por lo que se necesitaría menor cantidad de colorante para llegar a un determinado tono.

Es por ello que el colorante del genotipo Nutrisol se consideró como el más adecuado para realizar un estudio de estabilidad de color y contenido de betalaínas en una jalea, durante 6 semanas de almacenamiento.

Caracterización del extracto acuoso de inflorescencias de amaranto del genotipo Nutrisol (seleccionado)

Como se especificó en la metodología, luego de haber comparado los colorantes en polvo, se elaboró un extracto acuoso con el mejor de los colorantes en cuanto a características físicas y químicas. Para su preparación, se mezcló $5,0 \pm 0,5$ g de colorante del genotipo Nutrisol con 100 mL agua destilada, luego se centrifugó y filtró.

El Cuadro 2 detalla los parámetros físicos y químicos del extracto acuoso del genotipo Nutrisol. Cabe recordar que este extracto se obtuvo de panojas provenientes de otra temporada y localidad.

Cuadro 2. Parámetros físicos y químicos del extracto acuoso de las inflorescencias de amaranto correspondiente al genotipo Nutrisol

Parámetro	Extracto acuoso Nutrisol (X \pm DS)
L	14,15 \pm 0,11
a*	44,22 \pm 0,27
b*	23,39 \pm 0,31
C*	50,03 \pm 0,32
Hab	27,87 \pm 0,29
pH	5,20 \pm 0,01
Sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix)	1,77 \pm 0,19
Polifenoles totales (mg EAG/100 mL)	10.889 \pm 479,18
Betalainas totales (mg/100 mL)	3.683 \pm 3,61
Capacidad antioxidante (μ mol ET/100 mL)	29.509 \pm 478,30

X: promedio; DS: desviación estándar; EAG: equivalente a ácido gálico; EB: equivalente a betanina; ET: equivalente a Trolox.

En cuanto al color, el valor del parámetro a* se ubica en el cuadrante superior derecho del Diagrama cromático (Anexo I), esto indica que su color se encuentra en la gama de los rojos, con una componente azul por su valor de b*, como se puede observar en la Figura 2.

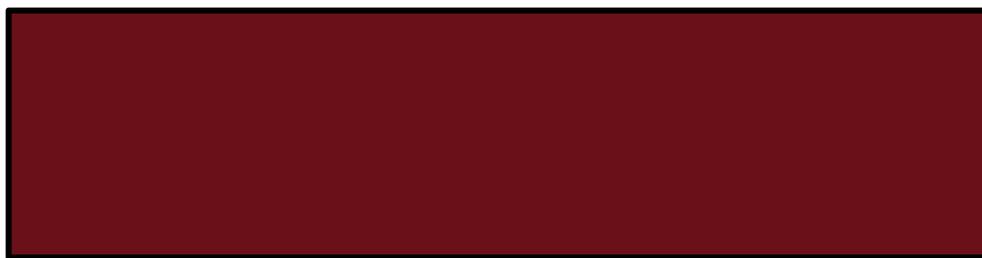


Figura 2. Imagen del color del extracto acuoso.

El pH del extracto acuoso se encuentra dentro del rango donde las betacianinas son estables (3 a 7) (Cai et al., 1998a; Badui, 2006), mientras que los sólidos solubles, son bajos, como era de esperar. El extracto acuoso continúa teniendo porcentajes de polifenoles, betalaínas y capacidad antioxidante, tal como se observa en el Cuadro 2.

El cromatograma obtenido por HPLC del extracto presentó dos picos a una longitud de onda de 538 nm (Figura 3). El tiempo de retención del primer pico fue de 11,39 minutos y del segundo fue de 12,44 minutos. Según el método utilizado por Li et al. (2015), se identifica al primer pico como amarantina y al segundo como isoamarantina (Anexo II). Como se usó el mismo gradiente de concentración, se puede comparar el orden de salida de los picos, y es por ello que los picos obtenidos en este estudio, corresponderían a las betacianinas amarantina e isoamarantina.

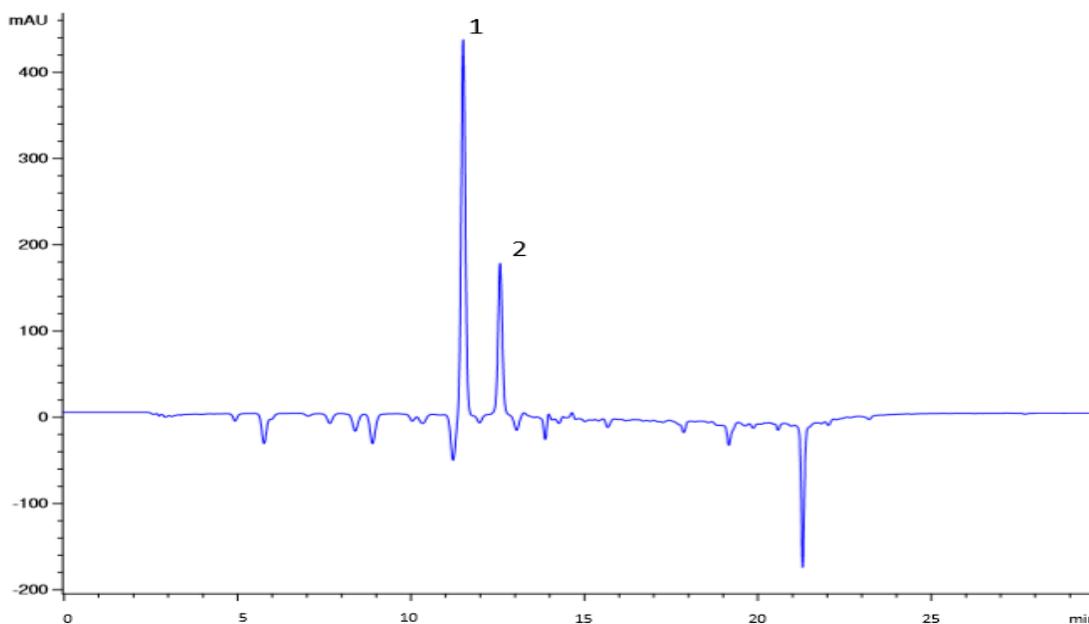


Figura 3. Cromatograma de betalaínas en el extracto acuoso a una longitud de onda de 538 nm. Extracto acuoso genotipo Nutrisol. Pico: 1: amarantina y 2: isoamarantina.

Caracterización de la jalea elaborada con el colorante del genotipo Nutrisol

En el Cuadro 3 se presentan las características físicas y químicas iniciales de la jalea, elaborada con: colorante (genotipo Nutrisol), gelatina sin sabor, azúcar, saborizante de frambuesa, ácido cítrico y sorbato de potasio en las proporciones señaladas en Métodos.

Cuadro 3. Características físicas y químicas iniciales de la jalea.

Parámetro	Valor ± DS
L	24,74 ± 0,04
a*	56,58 ± 0,15
b*	16,72 ± 0,16
C*	59,00 ± 0,11
Hab	16,47 ± 0,18
pH	4,72 ± 0,01
Sólidos solubles (°Brix)	11,10 ± 0,08
Polifenoles totales (mg EAG/100 g de p.s.)	6,30 ± 0,99
Betalainas totales (mg/100 g de p.s.)	25,07 ± 0,17
Capacidad antioxidante (μmol ET/ 100 g p.s.)	1.874,39 ± 15,54

Los valores son promedio. DS: desviación estándar; EAG: equivalente a ácido gálico; EB: equivalente a betanina; ET: equivalente a Trolox; p.s: peso seco.

El color inicial de la jalea se puede describir como rojo, debido a los parámetros a* y Hab que se encuentran en el cuadrante superior derecho del Diagrama cromático (Anexo I). La luminosidad de la jalea aumentó con respecto a la del extracto, esto se ve reflejado en el parámetro L, y se puede atribuir a la dilución del extracto en la preparación de la jalea y a los ingredientes que la componen. El parámetro b* de la jalea disminuyó con respecto al del extracto, esto quiere decir que la jalea tiende menos a los tonos amarillos en comparación con el colorante. Estas relaciones, se reflejan en la mayor saturación de color que tiene la jalea (C*).

Llama la atención el parámetro a*, debido a que aumenta levemente en la jalea en relación con el extracto, a pesar de estar en menor concentración, a menor pH y haberle aplicado agua caliente (>90 °C). Esto se podría atribuir a la interacción del ácido cítrico, sorbato de potasio y gelatina con el colorante.

La formulación de la jalea hace que esta tenga un pH ácido con el cual el color se vio levemente alterado con esta acidificación (Cai et al., 1998a; Cai and Corke, 1999). Los sólidos solubles en la jalea se deben al azúcar añadido en la preparación de la misma.

Hay que destacar que en la elaboración de la jalea, se disolvieron los ingredientes en agua caliente (factor de dilución 4,16) motivo por el cual la concentración de polifenoles totales

disminuyó más de lo esperado, esto se puede deber a la temperatura del agua, ya que estudios demuestran que la degradación de los polifenoles es mayor al aumentar la temperatura (Flores y Flores, 2018).

La concentración de betalaínas se mantuvo dentro de los rangos previstos (considerando el factor de dilución). Esto podría deberse a la isomerización del C₁₅ de la amarantina, que se transforma en isoamarantina, la cual absorbe a la misma longitud de onda (Figura 4) y tiene las mismas propiedades cromáticas que la amarantina (Azeredo, 2009; Carmona, 2013; Castillo, 2013; Alfaro, 2013).

La capacidad antioxidante de la jalea disminuyó, lo cual coincide con la disminución de los polifenoles, debido a que ellos contribuyen mayoritariamente a la capacidad antioxidante (Sánchez, 2006).

En la Figura 4 se presenta el cromatograma de las betalaínas en la jalea. Se observan dos picos cromatográficos, los cuales por comparación bibliográfica, tal como se indicó anteriormente, se podría decir que son las betacianinas amarantina (1) e isoamarantina (2).

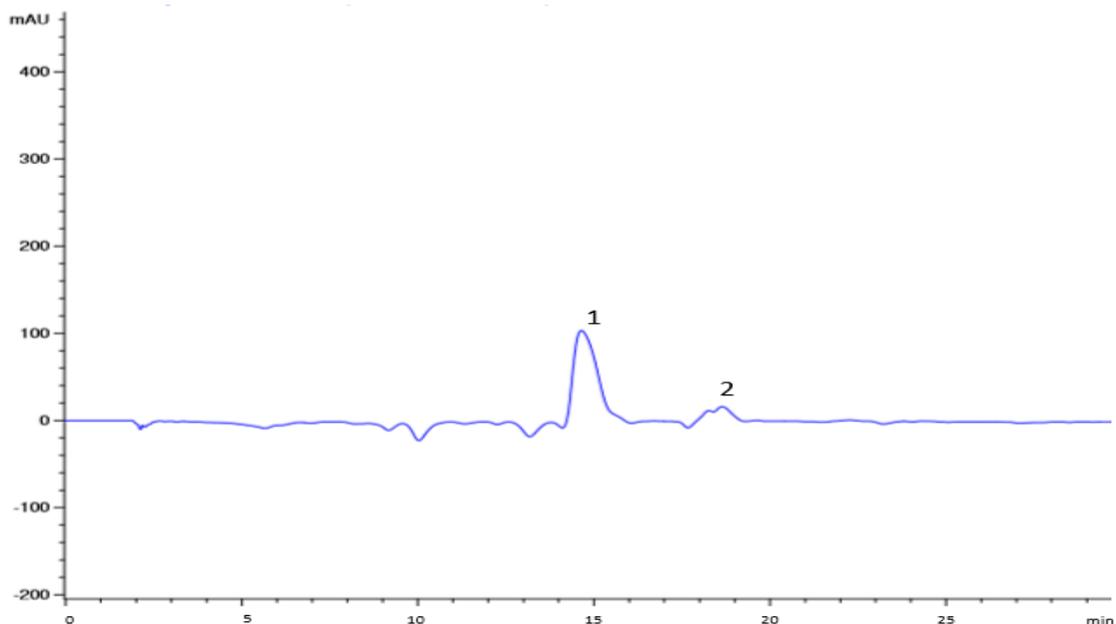


Figura 4. Cromatograma de betalaínas en la jalea por HPLC a 538 nm. Pico: 1 Amarantina y 2: isoamarantina.

A diferencia de los picos que arrojó el cromatograma del extracto acuoso, el tiempo de retención fue mayor para ambos picos. El primero fue a los 14,64 minutos, mientras que el segundo, fue a los 18,64 minutos. El cambio en el tiempo de retención se podría atribuir a

una anomalía en la afinidad de los compuestos por el paso de la columna, producido por un efecto de la matriz, ya que la gelatina es un agente encapsulante que podría interferir en la lectura (Parra, 2010).

Estudio de la estabilidad del color y contenido de betalaínas en la jalea

Se determinaron los parámetros de color (L, a*, b*, C*, Hab) de la jalea almacenada a 4 ± 1 °C durante 6 semanas. También, se evaluó el cambio de color (ΔE) entre cada semana y entre la semana inicial y final (0 y 6). En el Cuadro 4 se presentan los parámetros de color iniciales y finales para la jalea.

Cuadro 4. Parámetros de color de la jalea al inicio y final del almacenamiento.

Semana	L (X \pm DS)	a* (X \pm DS)	b* (X \pm DS)	C* (X \pm DS)	Hab (X \pm DS)
0	24,79 \pm 0,04 b	56,58 \pm 0,15 a	16,72 \pm 0,16 b	59,00 \pm 0,11 a	16,47 \pm 0,18 b
6	25,94 \pm 0,17 a	53,93 \pm 0,53 b	23,28 \pm 1,31 a	58,76 \pm 1,00 a	23,33 \pm 0,98 a

Promedios unidos por letras distintas en sentido vertical, indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$). X: promedio; DS: desviación estándar.

Los parámetros de color entre la semana 0 y 6 tuvieron diferencias estadísticamente significativas a excepción del C*, que es uno de los parámetros más importantes del color al tratarse de colorantes, ya que refleja la intensidad del mismo.

El parámetro a* disminuyó, lo que significa que hubo un descenso del componente rojo del color. El tono (Hab) pasó de un color rojo-púrpura a un rojo-anaranjado (Anexo I), lo que se explicaría con la disminución del contenido de betalaínas durante el almacenamiento (Cuadro 6).

En el Cuadro 5 se presentan los datos de cambio de color (ΔE) por semana y el ΔE entre la semana inicial y final del almacenamiento.

Cuadro 5. Valores de cambio de color de la jalea (ΔE) por semana, durante 6 semanas de almacenamiento

Semanas	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	0 - 6
ΔE Jalea	2,88	1,77	1,14	4,32	2,00	0,61	7,17

Cserhalmi et al. (2006), señalan que el ojo humano no podría distinguir una variación de color cuando el ΔE es menor a 5, por lo tanto, el ser humano no percibiría el cambio entre cada semana, pero si entre la semana 0 y la semana 6, aunque hay que tener en cuenta que la memoria sensorial es débil, por lo tanto, se podría señalar que un consumidor no encontraría diferencias de color en este producto durante el tiempo de vida útil. En la Figura 5 se pueden observar las imágenes del color de cada semana.

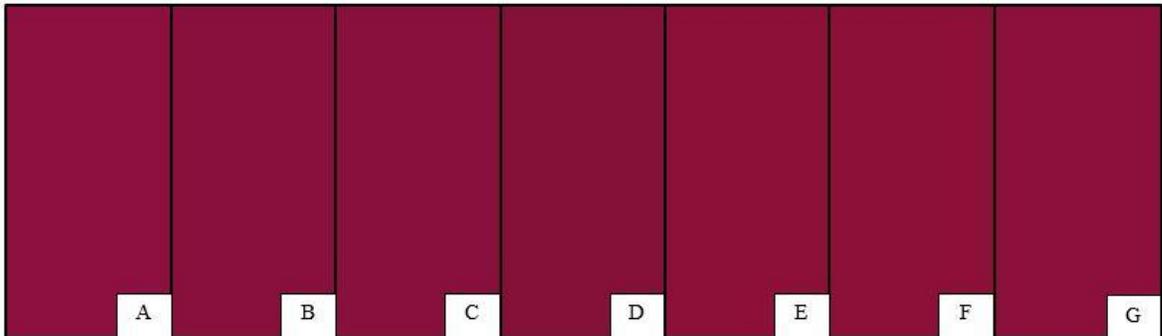


Figura 5. Imágenes del color de la jalea semana 0 (A), semana 1 (B), semana 2(C), semana 3 (D), semana 4 (E), semana 5 (F) y semana 6 (G).

El Cuadro 6 muestra el contenido semanal de betalaínas totales medidas por HPLC durante seis semanas de almacenamiento.

Cuadro 6. Contenido de betalaínas en la jalea durante seis semanas de almacenamiento.

Semana	Valor (mg EB/100 g de muestra)
0	30,7
1	18,1
2	25,0
3	24,3
4	12,6
5	12,1
6	12,6

EB: equivalente a betanina.

La degradación de las betalaínas, específicamente de las betacianinas, no fue de carácter lineal, sin embargo, la tendencia de descenso de la concentración es clara. Esto se podría deber a la actividad de agua (a_w) de la matriz alimentaria. Al ser mayor a 0,6 el a_w de la jalea,

la estabilidad de las betalaínas se podría ver afectada porque hay más agua disponible para que ocurran reacciones químicas (Azeredo, 2009), también podría haber influido la exposición intermitente a la luz en el refrigerador, o la actividad enzimática en el alimento (Herbach et al., 2006).

Análisis sensorial

La edad promedio de los consumidores fue de 25 años, donde el 43 % se identificó con el género femenino y el 57 % con el género masculino. En cuanto al hábito alimentario, el 12 % de los encuestados indicaron ser vegetarianos y el 88 % omnívoros.

En el Cuadro 7, se presentan los porcentajes de aceptabilidad sobre la apariencia, aroma, sabor y textura de la jalea por parte de los consumidores (Apéndice I). Se consideró aceptabilidad desde el punto 5 (me gusta un poco) hasta el punto 7 (me gusta mucho) de la escala de respuesta. Todos los atributos de la jalea tuvieron una aceptación mayor al 50 %.

Cuadro 7. Porcentajes de aceptación sobre los atributos de la jalea de la encuesta hedónica.

Parámetros/ Indicador	Apariencia	Aroma	Sabor	Textura	Aceptación en general de la jalea
Me disgusta mucho	0	0	2	1	0
Me disgusta	0	2	5	2	0
Me disgusta un poco	8	5	19	11	8
No me gusta ni me disgusta	6	6	20	18	6
Me gusta un poco	13	23	17	17	13
Me gusta	48	40	26	37	48
Me gusta mucho	25	24	11	14	25
Total	100	100	100	100	100
Total de aceptación	86	87	54	68	86

El porcentaje de aceptación del atributo sabor en la jalea fue del 54 %. Algunos consumidores describían el sabor de la jalea como “terroso” y lo asimilaban con el sabor de la betarraga, sin embargo, los consumidores usaban ese descriptor positivamente, según lo señalado. Este porcentaje (el 54 % de aceptación) se puede atribuir al dulzor, porque en la encuesta de intensidad de los atributos (Apéndice II) también un 54 % de los consumidores indicó que la jalea estaba “menos dulce de lo que le gustaba”, como se muestra en la Figura 6.

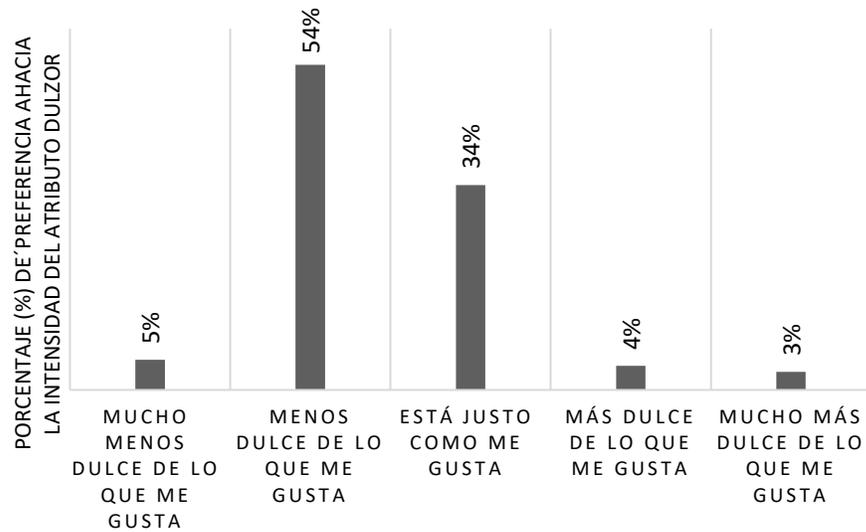


Figura 6. Porcentaje de preferencia de los consumidores hacia la intensidad del atributo dulzor en la jalea.

En cuanto a la textura de la jalea, algunos consumidores encontraron que era más líquida de lo normal, esto se puede deber a que en las jaleas comerciales se utilizan distintos tipos de gomas con el fin de espesar o compactar la matriz alimentaria, ingrediente que no figuraba en la formulación de la jalea de este estudio. El porcentaje de aceptación de la firmeza de la jalea se encuentra en la Figura 7.

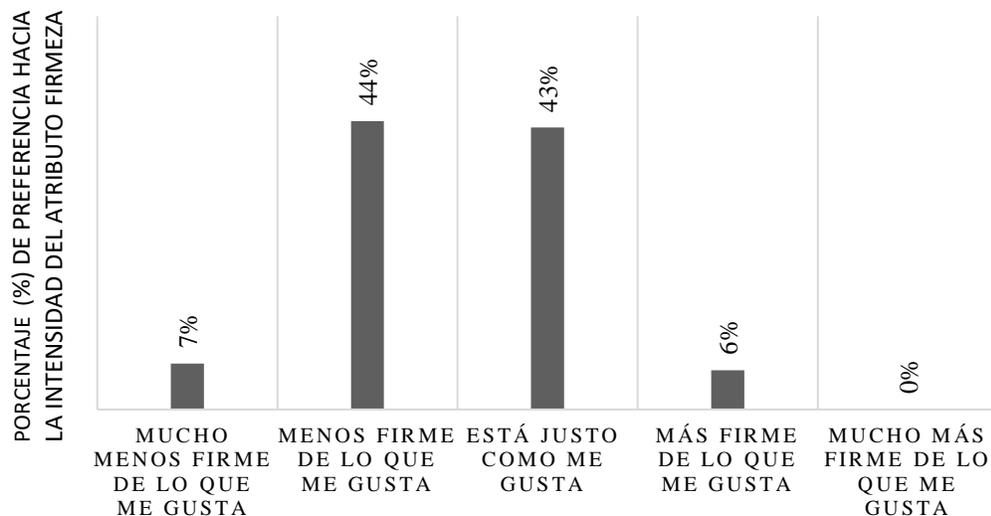


Figura 7. Porcentaje de preferencia de los consumidores hacia la intensidad del atributo firmeza en la jalea.

El 86 % de los consumidores les gustó la apariencia y aceptó el producto en general, además como se muestra en la Figura 8, el 66 % de los consumidores indicó, que el color era de su gusto.

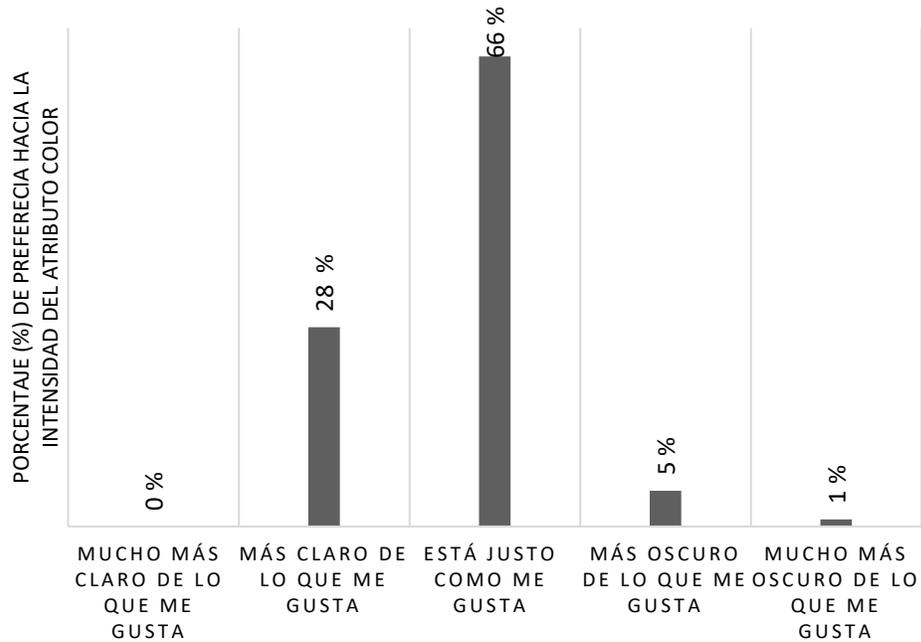


Figura 8. Porcentaje de preferencia de los consumidores hacia la intensidad del atributo color en la jalea.

Se realizaron análisis entre los distintos parámetros, a fin de conocer la relación que existe entre las características del consumidor y sus respuestas ante la aceptabilidad de la jalea.

En el Cuadro 8, se relaciona el género del consumidor y la aceptabilidad de cada parámetro de la jalea.

Cuadro 8. Relación entre el género del consumidor y la aceptabilidad de los parámetros de la jalea.

Género	Apariencia	Aroma	Sabor	Textura	Aceptabilidad general
Masculino	5,69 a	5,67 a	4,97 a	4,93 a	5,07 a
Femenino	5,86 a	5,64 a	4,26 b	5,45 a	4,98 a

Promedios unidos por letras distintas en sentido vertical, indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

En cuanto a los atributos de apariencia y aroma, no hubo distinción entre el género del consumidor y la respuesta, debido a que tanto para hombres como para mujeres la media de estos atributos fue aproximadamente de 6, lo que significa que sí les gustó la apariencia y el aroma de la jalea.

En cuanto al sabor, a los hombres les gustó estadísticamente más la jalea que a las mujeres, con promedios de indicadores de 5 y 4 respectivamente (me gusta un poco y no me gusta ni me disgusta). La razón de esta diferencia no fue estudiada en la presente investigación, pero se podría relacionar a un mayor placer que experimenta el género masculino al simple hecho de comer (Pich et al., 2006). Sin embargo, el género no debería ser un factor determinante, ya que los gustos son individuales, Drewnowski et al., (2012), realizó un estudio del dulzor y preferencia alimentaria e indica que la preferencia (de un nivel de dulzor) está ligado a factores genéticos (cultura, experiencias de vida, etc.), y que los gustos cambian a largo plazo por factores nutricionales y hormonales.

En cuanto a la textura y la aceptabilidad en general, no hubo relación entre dichos parámetros y el género, ya que tanto hombres como mujeres aceptaron estos atributos con un promedio de 5 (me gusta un poco).

Como se observa en el Cuadro 9, los consumidores habituales (que consumen semanalmente jalea) tuvieron una mayor aceptación de los atributos de aroma, sabor y del producto en general que los que consumen jalea anualmente. Los promedios de los indicadores por parte de los consumidores frecuentes fueron mayores a los esperados, debido a la costumbre de un sabor comercial de jaleas, se esperaba una menor aceptación. Esta calificación indica que la jalea formulada en este estudio sería bien aceptada por quienes son consumidores frecuentes de jalea.

Cuadro 9. Relación entre la frecuencia de consumo de jalea y la aceptabilidad de los parámetros de la jalea

Frecuencia de consumo	Apariencia	Aroma	Sabor	Textura	Aceptabilidad general
Semana	6,08 a	6,25 a	5,50 a	5,50 a	5,75 a
Mes	5,79 a	5,79 ab	4,63 ab	4,97 a	5,08 ab
Año	5,66 a	5,42 b	4,50 b	5,20 a	4,82 b

Promedios unidos por letras distintas en sentido vertical, indican diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$).

No hubo relación entre la aceptabilidad de la jalea con el hábito alimenticio, la edad y la preferencia de consumo de colorantes naturales, como se muestra en el Apéndice IV.

CONCLUSIONES

El colorante proveniente del genotipo Nutrisol presenta mejores propiedades en términos de color, contenido de betalaínas, polifenoles y capacidad antioxidante que el proveniente del genotipo CB-01.

El colorante del genotipo Nutrisol es estable, al menos seis semanas, al ser adicionado a una matriz alimentaria (jalea).

Existe un cambio de color en la matriz alimentaria (jalea) durante el almacenamiento, pero imperceptible por el ojo humano.

Existe un alto porcentaje de aceptabilidad en los atributos sensoriales de la jalea coloreada con colorante de inflorescencias de amaranto.

El colorante estudiado presenta un alto potencial como colorante para uso alimentario y debería ser probado en otras matrices alimentarias.

BIBLIOGRAFÍA

Alfaro, J. 2013. Estabilidad de betalaínas en yogur adicionado con micropartículas de pulpa o ultrafiltrado de tuna púrpura (*Opuntia ficus-indica*). Tesis para optar al título profesional Ingeniero Agrónomo y al Grado de Magíster en Ciencias Agropecuarias, mención Producción Agroindustrial. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 119 p.

Ayala A.; D. Escobedo; Cortés, L. y Espitia E. 2012. Formas de consumo del amaranto en México. p. 341-354. *In*: Espitia, E. (ed.) Amaranto: Ciencia y Tecnología. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Celaya, Guanajuato, México.

Azeredo, H. 2009. Betalains: properties, sources, applications, and stability – a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 44: 2365–2376.

Badui, S. 2006. Pigmentos: Betalaínas. (cap. 7, pp. 429-438). En: Química de los alimentos. Cuarta edición. México: Pearson Educación. 736 p.

Cáceres, D.; H. Morán; M. Robles; C. Baginsky y C. Sáenz. 2017. Amaranto: Un cultivo potencial como fuente de compuestos bioactivos en la industria de alimentos. *Revista La Alimentación Latinoamericana*, 333: 66-72.

Cai, Y. and H. Corke. 1999. *Amaranthus* betacyanin pigments applied in model food systems. *Food Chemistry and Toxicology*, 65(5):869-873.

Cai, Y., M. Sun and H. Corke. 1998a, oct. Colorant properties and stability of *Amaranthus* betacyanin pigments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46:4491-4495.

Cai, Y.; M. Sun; H. Wu; R. Huang; and H. Corke. 1998b, jun. Characterization and quantification of betacyanin pigments from diverse *Amaranthus* species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 2063-2070.

Cai, Y.; M. Sun and H. Corke. 2005. Characterization and application of betalain pigments from plants of the Amaranthaceae. *Trends in Food Science and Technology*, 16(9): 370-376.e

Carmona, F. 2013. Cinética de degradación de betalaínas en micropartículas de pulpa de tuna (*Opuntia ficus-indica*), extracto ultrafiltrado y nanofiltrado. Tesis para optar al título profesional Ingeniero Agrónomo y al Grado de Magíster en Ciencias Agropecuarias,

mención Producción Agroindustrial. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 70 p.

Castillo, I. 2013. Estabilidad de betalainas en una mezcla seca para bebidas refrescantes, a base de pulpa y extracto de tuna púrpura (*Opuntia ficus-indica*) microencapsuladas. Tesis para optar al título de Ingeniero en Alimentos. Santiago, Chile. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile. 62 p.

CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales), Chile. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo: Tomo 1 Estudio agrológico, Región Metropolitana: Agrolog Chile LTDA. 207 p.

CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales), Chile. 1996. Estudio agrológico: Publicación N° 115. Región Metropolitana: Agrolog Chile LTDA. 425 p.

Cserhalmi, Z.; Sass-Kiss, a.; Tóth-Markus, M. and Lechner, N. 2006. Study of pulsed electric field treated citrus juices. *Innovate Food Science and Emerging Technologies*, 7(12): 49-54.

Dávalos, A.; C. Gómez and B. Bartolomé. 2004. Extending applicability of the oxygen radical absorbance capacity (ORAC-Fluorescein) assay. *Journal of Agricultural and food Chemistry*, 52: 48-54.

Di Rienzo, J.; F. Casanoves; M. Balzarini; L. Gonzalez; M. Tablada y C. Robledo. InfoStat versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL: <http://www.infostat.com.ar>.

Drewnowski, A.; J. Mennela; S. Johnson and F. Bellisle. 2012. Sweetness and Food Preference. *The Journal of Nutrition*, 142(6): 1142S-1148S.

Esatbeyoglu, T.; A. Wagner; V. Schini-Kerth and G. Rimbach. 2015. Betanin- A food colorant with biological activity. *Molecular Nutrition and Food Research*, 59: 36-47.

Espitia E.; C. Mapes; D. Escobedo; M. De la O; P. Rivas; G. Martínez et al. 2010. Conservación y uso de los recursos genéticos de Amaranto en México. INIFAP, Centro de Investigación Regional Centro, Celaya, Guanajuato, México. 200 p.

Flores, E. and E. Flores. 2018. Stability of anthocyanin levels, total phenols and antioxidant activity of beverages obtained from purple corn (*Zea mays* L.) and cat's claw (*Uncaria tomentosa* sp). *Información tecnológica*, 29(2):175-184. Disponible en

<<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000200175>>. Consultado en septiembre de 2019.

Herbach, K.M.; Stintzing, F.C. and Carle, R. 2006. Betalain stability and degradation – Structural and chromatic aspects. *Journal of Food Science* 71, R41–R50.

INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias). [en línea]. Santiago, Chile. Recuperado en: <<http://www.inia.cl/alimentos/productos>> Consultado en noviembre de 2018.

Jiménez, F. 2018, ago. Colorantes Naturales: Aspectos Regulatorios Clave a Tener en Consideración. *Indualimentos*, 22(112): 31-34.

Kraujalis, P.; P. Venskutonis; V. Kraujalienė and A. Paukalskas. 2013. Antioxidant Properties and Preliminary Evaluation of Phytochemical Composition of Different Anatomical Parts of Amaranth. *Plant Foods for Human Nutrition*, 68: 322-328.

Konica Minolta 2007. Precise Color Communication. Konica Minolta Sensing Inc. 62 p.

Li, H.; Z. Deng; R. Liu; H. Zhu; J. Draves; M. Marcone et al. 2015. Characterization of phenolics, betacyanins and antioxidant activities of the seed, leaf, sprout, flower and stalk extracts of three *Amaranthus* species. *Journal of Food Composition and analysis*, 37:75-81.

Méndez, J. 2016. Sustratos para la producción de plántulas de cempasúchil (*Tagetes erecta*) y amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) bajo condiciones de vivero. *Tlamati Sabiduría*, 7(2): 10 p.

New hope network. 2018. Kroger predicts top food trends for 2019. [en línea]. Recuperado en: <<https://www.newhope.com/food-and-beverage/kroger-predicts-top-food-trends-2019>> Consultado en noviembre 2018.

Palma, F. 2017. Innovación y cooperación académica: El cultivo del amaranto en Chile y sus posibilidades de mejorar la alimentación de los escolares. Disponible en <<http://www.uchile.cl/noticias/131242/el-cultivo-del-amaranto-en-chile-y-sus-posibilidades>> (Consultado en enero de 2019).

Parra, R. 2010. Microencapsulación de alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 63(2): 5669-5684.

Pich, J.; L. Ballester; M. Tomás; R. Canals; G. Glacone y J. Tur. 2006. Influencia de la edad y el género en la aceptación de alimentos ácidos, amargos y picantes. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 12(3): 156-160.

Rodríguez, G.; R. González; A. Grajales and M. Ruiz. 2005. Spraydrying of cactus pear juice (*Opuntia streptacantha*): Effect on the physicochemical properties of powder and reconstituted product. *Drying Technology*, 23: 955-973.

Sáenz, C., E. Apablaza y C. Baginsky. Colorante alimentario de panojas de amaranto. (pp. 180-182) En: Primer congreso internacional de amaranto (1ª, Octubre de 2018, Santiago, Chile). E. Espitia, D. Escobedo, A. Meza y P. Rivas. Cholula Puebla, México. 457p.

Sáenz, C.; S. Tapia; J. Chávez and P. Robert. 2009. Microencapsulation by spray drying of bioactive compounds from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*). *Food Chemistry*, 114: 616-622.

Sánchez, N. 2006. Extracción y caracterización de los principales pigmentos del *Opuntia joconoste* c.v. (xoconostle). Tesis para obtener el grado de maestro en tecnología avanzada. México: Instituto politécnico nacional. 107p.

Singleton, V. and J. Rossi. 1965. Colorimetric of total phenolics whit phosphomolybdic-phosphotungstics acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16: 144-158.

Vergara, C. 2013. Extracción y estabilización de betalaínas de tuna púrpura (*Opuntia ficus-indica*) mediante tecnología de membranas y microencapsulación, como colorante alimentario. Tesis para optar al grado de Doctor en Nutrición y alimentos. Santiago, Chile: Universidad de Chile. 129 p.

ANEXOS

Anexo I. Carta de representación del color.

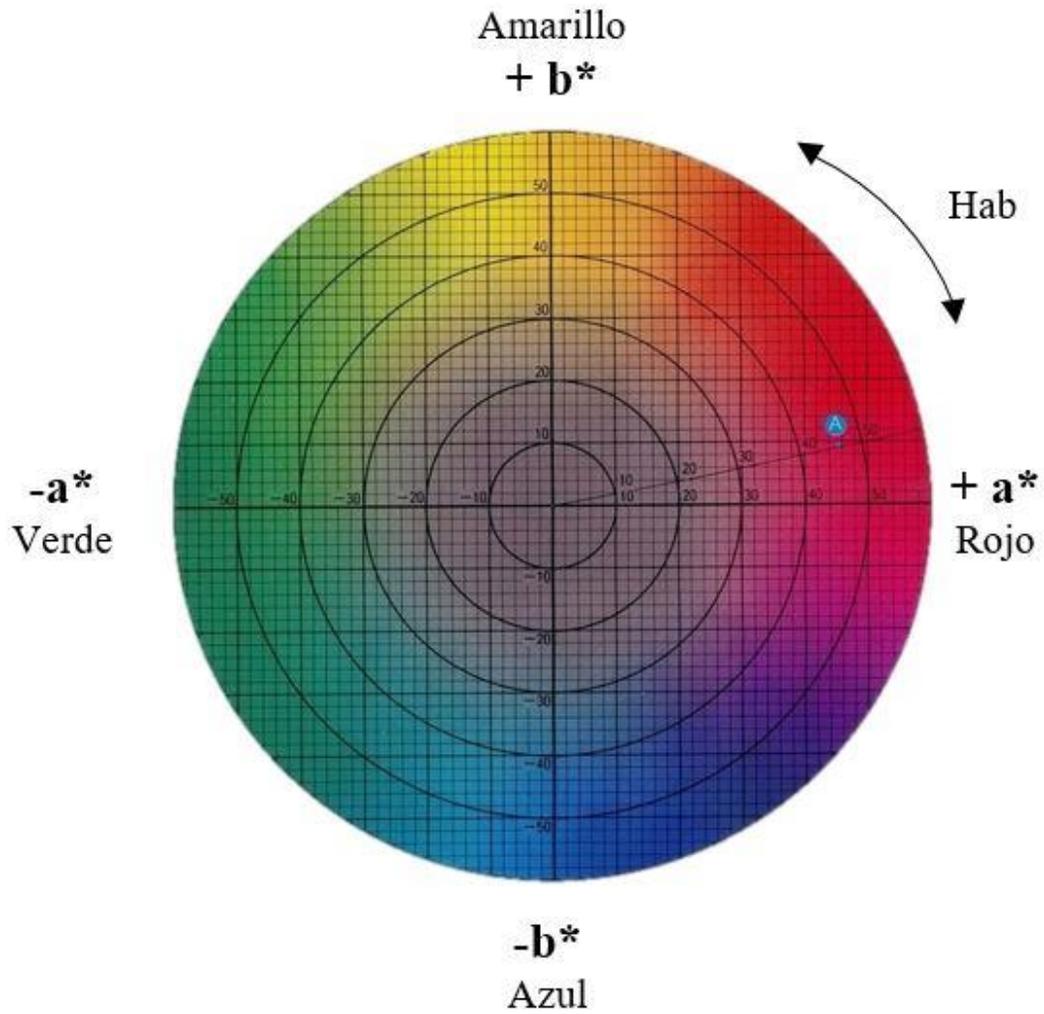


Figura 9. Diagrama cromático (Fuente: Konica Minolta 2007).

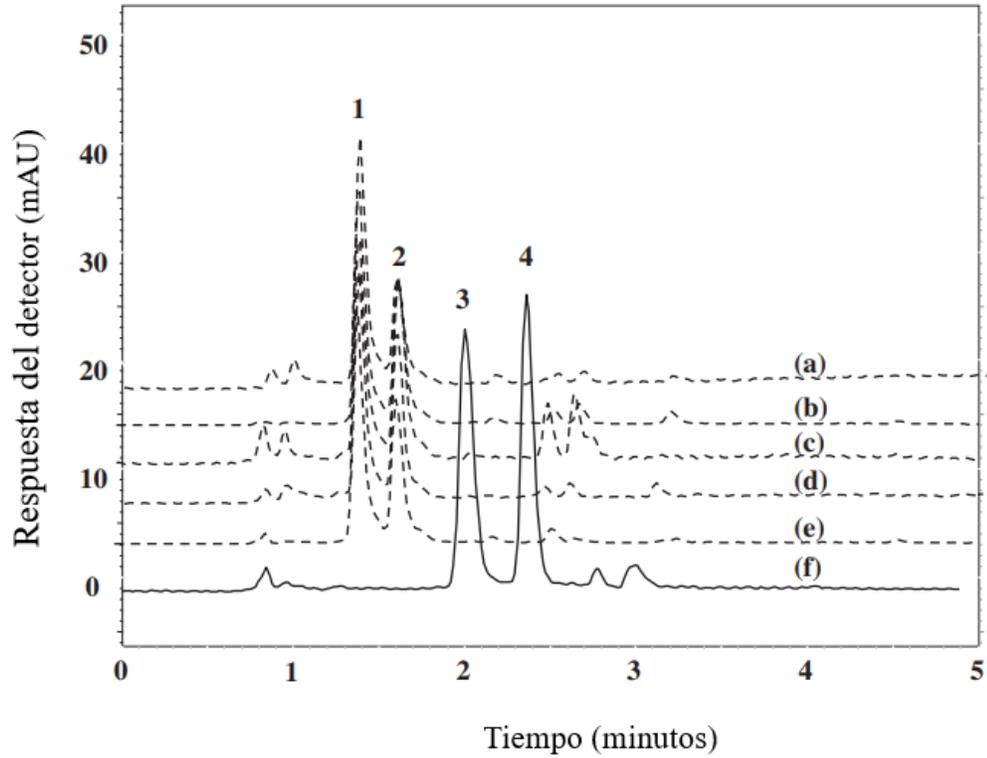
Anexo II. Cromatograma de estándares de betalaínas y betacianinas.

Figura 10. Cromatograma UHPLC de estándares de betalaínas y betacianinas en extractos de diferentes partes de *Amaranthus caudatus* a una longitud de onda de 520 nm. a: hoja; b: tallos; c: semillas; d: flores; e: brotes (a-e líneas punteadas); f: estándares de betanina (línea sólida). Picos: 1: amarantina; 2: iso-amarantina; 3: betanina; 4: iso-betanina (Li et al., 2015).

APÉNDICES

Apéndice I. Pauta de evaluación sensorial hedónica para consumidores

Evaluación sensorial

El producto entregado corresponde a una jalea. Por favor marque la alternativa que mejor represente su opinión sobre el producto.

1. De acuerdo a la escala de esta tarjeta, ¿Qué le parece la **apariciencia** de la jalea?

Me disgusta mucho	Me disgusta	Me disgusta un poco	No me gusta ni me disgusta	Me gusta un poco	Me gusta	Me gusta mucho
1	2	3	4	5	6	7

2. De acuerdo a la escala de esta tarjeta, ¿Qué le parece el **aroma** de la jalea?

Me disgusta mucho	Me disgusta	Me disgusta un poco	No me gusta ni me disgusta	Me gusta un poco	Me gusta	Me gusta mucho
1	2	3	4	5	6	7

3. De acuerdo a la escala de esta tarjeta, ¿Qué le parece el **sabor** de la jalea?

Me disgusta mucho	Me disgusta	Me disgusta un poco	No me gusta ni me disgusta	Me gusta un poco	Me gusta	Me gusta mucho
1	2	3	4	5	6	7

4. De acuerdo a la escala de esta tarjeta, ¿Qué le parece la **textura** de la jalea?

Me disgusta mucho	Me disgusta	Me disgusta un poco	No me gusta ni me disgusta	Me gusta un poco	Me gusta	Me gusta mucho
1	2	3	4	5	6	7

5. De acuerdo a la escala de esta tarjeta, ¿Cuánto le gusta el **producto en general**?

Me disgusta mucho	Me disgusta	Me disgusta un poco	No me gusta ni me disgusta	Me gusta un poco	Me gusta	Me gusta mucho
1	2	3	4	5	6	7

Figura 11. Pauta de evaluación sensorial hedónica.

Apéndice II. Pauta de evaluación sensorial de intensidad de los atributos para consumidores

Evaluación sensorial

1. De acuerdo a las alternativas que aparecen en esta tarjeta, ¿Qué le parece la intensidad del color de la jalea?

Mucho más claro de lo que me gusta	Más claro de lo que me gusta	Está justo como me gusta	Más oscuro de lo que me gusta	Mucho más oscuro de lo que me gusta
-2	-1	0	1	2

2. De acuerdo a las alternativas que aparecen en esta tarjeta, ¿Qué le parece la intensidad de dulzor de la jalea?

Mucho menos dulce de lo que me gusta	Menos dulce de lo que me gusta	Está justo como me gusta	Más dulce de lo que me gusta	Mucho más dulce de lo que me gusta
-2	-1	0	1	2

3. De acuerdo a las alternativas que aparecen en esta tarjeta, ¿Qué le parece la consistencia o firmeza de la jalea?

Mucho menos firme de lo que me gusta	Menos firme de lo que me gusta	Está justo como me gusta	Más firme de lo que me gusta	Mucho más firme de lo que me gusta
-2	-1	0	1	2

Figura 12. Pauta de evaluación sensorial de intensidad de atributos.

Apéndice III. Pauta de evaluación sensorial para conocer al consumidor**Evaluación sensorial**

- Edad:
- Género:
- Hábito alimentario:
 - Vegetariano
 - Omnívoro
 - Otro _____

- Frecuencia del consumo de jalea:
 - Todas las semanas
 - Una vez al mes
 - Alguna vez al año

- ¿Tiene preferencia por el consumo de colorantes naturales?
 - Sí
 - No

Figura 13. Pauta de evaluación sensorial para conocer al consumidor.

Apéndice IV. Relaciones entre el hábito alimentario, edad y preferencia de colorantes naturales y la aceptabilidad de la jalea.

Cuadro 10. Relación entre el hábito alimentario del consumidor y la aceptabilidad de los parámetros de la jalea.

Habito Alimentario	Apariencia	Aroma	Sabor	Textura	Aceptabilidad general
Omnívoro	5,77 a	5,70 a	4,78 a	5,10 a	5,07 a
Vegetariano	5,67 a	5,50 a	3,83 a	5,50 a	4,67 a
Otro	6,00 a	5,00 a	5,00 a	5,00 a	5,50 a

Promedios unidos por letras distintas en sentido vertical, indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Cuadro 11. Relación entre la edad del consumidor y la aceptabilidad de los parámetros de la jalea.

Intervalo de edad	Apariencia	Aroma	Sabor	Textura	Aceptabilidad general
10-20	6,09 a	5,97 a	4,47 a	5,19 a	5,06 a
21-30	5,57 a	5,54 a	4,72 a	5,11 a	4,96 a
31-40	6,14 a	6,00 a	5,00 a	5,29 a	5,43 a
41-50	-	-	-	-	-
51-60	5,60 a	4,80 a	4,80 a	5,60 a	5,00 a
61-70	4,50 a	5,00 a	5,00 a	4,00 a	5,00 a

Promedios unidos por letras distintas en sentido vertical, indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Cuadro 12. Relación entre la preferencia de consumo de colorantes naturales y la aceptabilidad de los parámetros de la jalea.

Preferencia de consumo	Apariencia	Aroma	Sabor	Textura	Aceptabilidad general
Si prefiere	5,69 a	5,73 a	4,58 a	5,37 a	4,95 a
No prefiere	5,85 a	5,56 a	4,80 a	4,83 a	5,15 a

Promedios unidos por letras distintas en sentido vertical, indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).