



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA

INGENIERO EN ALIMENTOS

Colorantes a partir de fuentes naturales

TRABAJO DE TITULACIÓN.

Autor: Guartán Cabrera, Bryan Arturo

Directora: Guamán Balcázar, María del Cisne

LOJA - ECUADOR

2021



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NC-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2021

Aprobación del director del trabajo de titulación.

Ingeniero.

Felipe Reyes Bueno.

Coordinador de titulación de Maestría en Alimentos

Ciudad.-

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación denominado: Colorantes a partir de fuentes naturales realizado por Bryan Arturo Guartán Cabrera, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo. Así mismo, doy fe que dicho trabajo de titulación ha sido revisado por la herramienta anti-plagio institucional.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

María del Cisne Guamán Balcázar.
C.I: 1103648505

Declaración de autoría y cesión de derechos

“Yo, Bryan Arturo Guartán Cabrera declaro y acepto en forma expresa lo siguiente:

- Ser autor del Trabajo de Titulación: Colorantes a partir de fuentes naturales, de la Titulación de Ingeniería en Alimentos, específicamente de los contenidos comprendidos en: Introducción, Capítulo 1. Revisión bibliográfica, Capítulo 2. Objetivos, Capítulo 3. Metodología, Capítulo 4. Resultados y discusiones, Conclusiones y Recomendaciones, siendo la PhD. María del Cisne Guamán Balcázar directora del presente trabajo; y en tal virtud, eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones judiciales o administrativas, en relación a la propiedad intelectual. Además, ratifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo son de mi exclusiva responsabilidad.
- Que mi obra, producto de mis actividades académicas y de investigación, forma parte del patrimonio de la Universidad Técnica Particular de Loja, de conformidad con el artículo 20, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior; y, artículo 91 del Estatuto Orgánico de la UTPL, que establece: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.
- Autorizo a la Universidad Técnica Particular de Loja para que pueda hacer uso de mi obra con fines netamente académicos, ya sea de forma impresa, digital y/o electrónica o por cualquier medio conocido o por conocerse, sirviendo el presente instrumento como la fe de mi completo consentimiento; y, para que sea ingresada al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública, en cumplimiento del artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma :

Autor : Bryan Arturo Guartán Cabrera

C.I. : 1105896052

Dedicatoria

A Dios, por tenerme con vida y salud ya que fue un año complicado para todos nosotros.

A mis padres por ser incondicional conmigo, en todo mi transcurso universitario ya que gracias a ellos estoy cumpliendo mis objetivos de apoco.

A mi querido primo Armando este logro te lo dedico a ti por todo lo que fuiste conmigo y me brindaste en toda mi vida.

Agradecimiento

A mis queridos padres José Arturo y Luz María por ser un pilar fundamental en vida académica, siempre enseñándome buenos valores y elegir el camino correcto.

A toda mi familia por apoyarme en todo momento y darme su confianza con su cariño ya aprecio.

Al Ing. Carlos Aguilar y al Ing. Holger Jaramillo que me brindaron su apoyo y ayuda en el desarrollo de mi trabajo de fin de titulación.

A mi tutora PhD. María del Cisne Guamán por su paciencia y apoyo, brindarme de sus conocimientos en el transcurso del proyecto y ayudarme a terminar con éxito este proyecto investigativo.

A todos mis docentes que estuvieron en mi formación académica brindándome de sus conocimientos y confianza en mi vida universitaria.

A todos mis compañeros que compartimos momentos felices durante mis años en la carrera.

Índice de contenidos

Aprobación del director del trabajo de titulación.	II
Declaración de autoría y cesión de derechos	III
Dedicatoria	V
Agradecimiento	VI
Resumen	1
Abstract	2
Introducción	3
1. Revisión bibliográfica	5
1.1. Zanahoria.	5
1.1.1. Origen	5
1.1.2. Descripción botánica.	6
1.1.3. Uso de colorante de la zanahoria	6
1.1.4. Usos agroindustriales de la zanahoria	7
1.1.5. Compuestos de la zanahoria.	8
1.1.5.1. Carotenoides.	8
1.1.5.2. β – caroteno.	8
1.2. Remolacha.	8
1.2.1. Origen	8
1.2.2. Morfología de la remolacha	9
1.2.3. Compuestos de la remolacha	10
1.2.4. Usos de colorantes de la remolacha.	10
1.2.5. Uso agroindustrial de la remolacha	10
1.3. Escancel	11
1.3.1. Origen	11

1.3.2.	Morfología del escancel.	11
1.3.3.	Componentes del escancel	12
1.3.4.	Usos tradicionales	13
1.4.	Colorantes.	13
1.4.1.	Colorantes naturales	14
1.4.2.	Obtención de colorantes naturales a partir de diferente materia prima.	15
1.4.3.	Colorantes artificiales	17
2.	Objetivos	18
2.1.	Objetivo general.	18
2.2.	Objetivos específicos.	18
3.	Materiales y métodos.	19
3.1.	Materia prima	19
3.1.1.	Proceso previo de las materias primas para la obtención de los colorantes.	19
3.2.	Proceso para obtener el colorante.	20
3.2.1.	Proceso de extracción	21
3.2.1.1.	Extracción 1: Maceración con etanol al 95 %.	21
3.2.1.2.	Extracción 2: Maceración dinámica con etanol al 95 %	21
3.2.1.3.	Extracción 3: Maceración dinámica etanol-agua (50:50)	21
3.2.2.	Evaporación de solvente:	21
3.2.3.	Diagrama de flujo de obtención del colorante.	21
3.2.4.	Proceso de atomización	22
3.3.	Determinación de sólidos totales en los extractos	23
3.4.	Diseño experimental.	24
3.4.1.	Rendimiento del colorante atomizado.	25

3.5. Caracterización fisicoquímica	25
3.5.1. Determinación de densidad relativa	25
3.5.2. Determinación de humedad.	25
3.5.3. Determinación de color.	25
3.5.4. Determinación de solubilidad	26
3.5.5. Determinación de actividad de agua.	26
3.6 Análisis estadístico.	27
4. Resultado y discusión.	28
4.1. Materia prima.	28
4.2. Extracción del colorante	28
4.3. Polvo obtenido en el proceso de atomizado.	29
4.4. Resultados de las propiedades físicas de los colorantes.	32
4.4.1. Densidad aparente	32
4.4.2. Humedad.	34
4.4.3. Solubilidad.	37
4.4.4. Actividad de agua (A_w)	39
4.4.5. Color.	41
Conclusiones	44
Recomendaciones	45
Referencias	46
Apéndice 1: Obtención del colorante	51
Apéndice 2: Rendimiento de los subproductos.	55
Apéndice 3: Determinación de % de humedad de los subproductos secados en el deshidratador.	56
Apéndice 4: Determinación de sólidos totales en los extractos del material vegetal.	57
Apéndice 5: Determinación del rendimiento de los colorantes atomizados.	58
Apéndice 6: Propiedades Físicas	59

6.1	Densidad aparente	59
6.2	Humedad	60
6.3	Solubilidad.	61
6.4	Actividad de agua	62
6.5	Color	62
Apéndice 7: Imágenes de colorantes obtenidos en polvo.		63

Índice de tablas

Tabla 1. Taxonomía de la zanahoria.....	5
Tabla 2. Taxonomía de la remolacha.....	9
Tabla 3. Taxonomía del escancel	12
Tabla 4. Colorantes naturales.....	14
Tabla 5. Estudios sobre colorantes naturales a partir de materia prima.....	15
Tabla 6. Componentes que pertenecen a colorantes artificiales.....	17
Tabla 7. Condiciones de atomización.....	23
Tabla 8. <i>Rendimiento de subproductos</i>	28
Tabla 9. Sólidos totales de los extractos.....	29
Tabla 10. Maltodextrina añadida a los extractos.....	30
Tabla 11. Rendimiento de colorantes en polvo.....	31
Tabla 12. Resultados de la densidad aparente en el atomizado del extracto del subproducto de zanahoria, remolacha y escancel obtenido de los diferentes métodos de extracción.....	33
Tabla 13. Resultados del % de humedad en el atomizado de los tres extractos obtenido de los diferentes métodos de maceración.....	35
Tabla 14. Valores encontrados para el subproducto de zanahoria, remolacha y hojas de escancel por atomización para los tratamientos considerados.....	37
Tabla 15. Valores encontrados para actividad de agua en el subproducto de zanahoria, remolacha y hojas de escancel por atomización.....	39
Tabla 16. Parámetros de color del colorante de zanahoria en polvo, remolacha en polvo y hojas de escancel en polvo.....	43

Índice de figuras

Figura 1. Zanahoria	5
Figura 2. Remolacha como una raíz grande y carnosa	9
Figura 3. Escancel	11
Figura 4. Esquema de la investigación	20
Figura 5 Diagrama de flujo para concentración de colorantes	22
Figura 6. Equipo mini Spray Dryer (BUCHI B-290).....	23
Figura 7. Esquema de atomizado de los colorantes	24
Figura 8. Muestra etanólica con maltodextrina no disuelta en su totalidad.	30
Figura 9. Estudio de densidad aparente de varios alimentos referente al subproducto de zanahoria, remolacha y hojas de escancel.....	34
Figura 10 Estudio de humedad de varios alimentos referente al subproducto de zanahoria.	36
Figura 11 Estudio de solubilidad de varios alimentos referente al subproducto de zanahoria.	38
Figura 12 Estudio de actividad de agua de varios alimentos referente al subproducto de zanahoria, remolacha y hojas de escancel.....	40

Resumen

En el presente estudio se buscó obtener colorantes naturales, aprovechando el subproducto de zanahoria, remolacha y las hojas de escancel. Una vez obtenidas las materias primas, fueron deshidratadas a 50 °C por 22 h hasta alcanzar una humedad inferior al 12 %. Se realizó una extracción sólido - líquido utilizando solventes como: agua y etanol a temperatura ambiente y 40°C, por 4 y 48 horas. Todos los extractos fueron sometidos a proceso de pulverización, mediante el secado por atomización a 120 °C de temperatura y flujo de entrada 20%, maltodextrina como encapsulante. El colorante obtenido fue de color magenta para el subproducto de remolacha y hojas de escancel y amarillo para el subproducto de zanahoria. Los resultados revelaron que el mejor rendimiento para los tres colorantes es la extracción mediante etanol-agua como solvente, obteniendo valores de 7,44 % en zanahoria, 9,35 % en remolacha y 13,10 % para escancel. Todas las muestras atomizadas presentaron valores de humedad inferior al 11%, solubilidad superior 60%, densidad aparente 0,21 a 0,43 g/cm³ y aw 0,27 a 0,53.

Palabras claves: colorantes naturales, subproductos vegetales, remolacha, zanahoria, escancel

Abstract

In the present study, we sought to obtain natural colorants, taking advantage of the carrot, beet and escancel leaves by-product. Once the raw materials were obtained, they were dehydrated at 50 ° C for 22 hours until reaching a humidity lower than 12%. A solid-liquid extraction was carried out using solvents such as: water and ethanol at room temperature and 40 ° C, for 4 and 48 hours. All the extracts were subjected to a pulverization process, by means of atomization drying at 120 °C of temperature and inflow at 20%, maltodextrin as encapsulant. The colorant obtained was magenta for the beet by-product and escancel leaves, and yellow for the carrot by-product. The results revealed that the best performance for the three colorants is when using ethanol-water as solvent, obtaining values of 7.44% in carrots, 9.35% in beets and 13.10% for scancel. All the atomized samples presented humidity values lower than 11%, solubility higher than 60%, apparent density 0.21 to 0.43 g / cm³ and aw 0.27 to 0.53.

Key words: natural colorants, vegetable by-products, beet, carrot, escancel

Introducción

Actualmente la industria se ha visto sujeta a cambios debido a que los consumidores están optando por formulaciones más naturales, reemplazando los colorantes sintéticos, ya que varios estudios mencionan efectos perjudiciales para la salud. La demanda de colorantes alimentarios naturales sobre los colorantes alimentarios sintéticos está aumentando debido a la creciente conciencia del consumidor sobre los productos de etiqueta limpia. Actualmente los colorantes usados en los alimentos son elaborados de manera tal de mantener las propiedades sensoriales y de color durante la vida útil del alimento. En los últimos años, la calidad y variedad de colores provenientes de fuentes naturales ha mejorado sustancialmente. Además de ser más inocuos que sus pares sintéticos, algunos otorgan al producto distintos tipos de funcionalidad. Tal es el caso de los carotenoides y de las antocianinas, compuestos conocidos por su actividad antioxidante y por su efecto protector en la prevención de ciertas enfermedades crónico-degenerativas y distintos tipos de cáncer. Las investigaciones continúan en la búsqueda de nuevas fuentes de colorantes naturales a partir de frutas, hortalizas, plantas comestibles y organismos marinos (Carmona, 2013). En la actualidad en nuestro país hay poco aprovechamiento del subproducto de frutas, verduras, hortalizas, por lo que se presentan grandes pérdidas por falta de una comercialización efectiva. Por lo tanto, la extracción de estos pigmentos a partir de ellas es una alternativa que puede ayudar a un mayor aprovechamiento para la industria alimentaria, debido que estos pigmentos mencionados pueden ser un sustituto eficaz de los colorantes sintéticos, brindando al consumidor final mayor seguridad. En esta investigación se planteó como objetivo obtener colorantes naturales a partir de subproductos de zanahoria, remolacha y hojas de escancel, utilizando solventes verdes, donde se realizó una extracción sólido - líquido utilizando solventes como: agua y etanol a temperatura ambiente y 40 °C, por 4 y 48 horas y determinar las propiedades físicas al producto atomizado como: humedad, densidad aparente, solubilidad, actividad de agua y color.

El presente trabajo de fin de titulación consta de cuatro capítulos, el primer capítulo comprende la revisión bibliográfica; el segundo capítulo menciona el objetivo general y los objetivos específicos; el tercer capítulo indica los materiales y métodos aplicados, en el cuarto capítulo se presenta la discusión y resultados obtenidos, finalmente, se incluyen las conclusiones de la experimentación y las recomendaciones para futuras investigaciones que se puedan realizar. Cabe recalcar que debido a la emergencia sanitaria por Covid 19, el producto atomizado fue almacenado por seis meses, y en algunas muestras las propiedades físicas como la humedad cambiaron.

Por otro lado, la obtención de colorantes naturales de los subproductos podría ser utilizados en la vida cotidiana ya sea en productos lácteos, confitería entre otros.

1. Revisión bibliográfica

1.1. Zanahoria.

1.1.1. Origen

La zanahoria (*Daucus corota*), (Figura 1) se deriva de las formas silvestres originarias del centro de Asia, África y del Mediterráneo. Algunos autores señalan a Afganistán como el origen exacto. Antes del siglo XVI se lo empleaba para tratar enfermedades (Bogota, 2015), luego es usado como alimento. En la Tabla 1, se presentan la taxonomía de la zanahoria

Figura 1.

Zanahoria



Nota. El autor

Tabla 1.

Taxonomía de la zanahoria

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliophyta
Orden	Umbelliferales
Familia	Umbelliferales
Género	Daucus
Especie	<i>Carota</i>
Nombre científico	<i>Daucus corota</i>
Nombre común	Zanahoria

Nota. Bogotá, 2015.

1.1.2. Descripción botánica.

La zanahoria es una planta herbácea la cual, dependiendo del tiempo que tome su desarrollo, se clasifica en anual o bianual. Las primeras presentan su fase vegetativa y reproductiva en el mismo año de plantación, mientras que las bianuales presentan su fase vegetativa en un año y durante el siguiente se presenta la fase reproductiva (Bogota, 2015). Las partes de esta planta son:

- **Tallo:** Durante el ciclo vegetativo se encuentra a ras del suelo. Una vez comienza el ciclo reproductivo, el tallo se alarga y en su ápice se desarrolla la inflorescencia primaria.
- **Hojas:** Son pubescentes, con segmentos lobulados. Los peciolo son largos y expandidos en la base. Aparecen 1 o 2 semanas después de la germinación.
- **Raíz:** Su forma varía de redonda a cilíndrica; el diámetro varía entre 1 a 10 cm, dependiendo de la variedad. El largo puede llegar a ser entre 5 y 50 cm.
- **Flores, semillas y frutos:** Las flores son pequeñas, blancas y hermafroditas, y formadas por umbelas compuestas. Las semillas presentan un peso que varía entre 0,8 y 3 gramos por cada 1000 semillas y los frutos de coloración naranja brillante, homogéneo de consistencia firme.

Esta verdura contiene cantidades apreciables de hidratos de carbono y vitaminas destacándose la vitamina A (una zanahoria de tamaño medio cubre el 89 % de las necesidades diarias de esta vitamina para hombres de 20 a 39 años y el 11 % para mujeres de la misma edad), carotenoides con actividad provitamina A como el β -caroteno, (que una vez en el organismo se transforman en vitamina A, la cual contribuye al mantenimiento de la visión, la piel y las mucosas en condiciones normales) y carotenoides sin esta actividad, como la luteína (Fen, 2013).

1.1.3. Uso de colorante de la zanahoria

El colorante rojo extraído a partir de la zanahoria preparado a partir de una antocianina derivada de la línea celular de *Daucus carota* (zanahoria), que contiene este cultivo, la cual se extrae, purifica y se concentra para producir el rojo natural. El colorante natural producido

es estable en un amplio rango de pH bajo varias condiciones. El colorante natural es útil como agente colorante para productos alimenticios, cosméticos y productos farmacéuticos (Hamerkaz & Mevasseret, 1991).

1.1.4. Usos agroindustriales de la zanahoria

Ocupa un lugar importante entre los consumidores de todo el mundo. Es una de las hortalizas más ampliamente conocidas por los múltiples beneficios a la salud, destacándose por su contenido en β -caroteno, siendo el alimento en donde se encuentra en mayor proporción. Este pigmento, encargado de darle su característico color anaranjado, es transformado en vitamina A o retinol. La gama de beneficios sobre el organismo humano es muy variada, desde proporcionar fibra para contribuir al buen funcionamiento del aparato digestivo, neutralizar radicales libres, hasta su conocido beneficio a la vista (Andrango & Anguisaca, 2016).

En el ámbito agroindustrial en la búsqueda de nuevas fuentes de fibra a partir de frutos y sus residuos muestras como: toronja, mango, piña, jícama, plátano, tuna, manzana, zanahoria, hoja de maguey (cáscara y bagazos) como ingredientes funcionales en la elaboración de productos alimenticios. La utilización de estos residuos presenta una buena fuente de fibra y de minerales, además de que debido a la cantidad de polifenoles presentes podrían ser utilizados como antioxidantes y prebióticos (Chávez, L., et al., 2009).

De las cáscaras de zanahoria se puede obtener aceite de zanahoria, el cual, debido a su alto contenido de β -carotenos, es un aceite con propiedades para regenerar la piel, mejorar la psoriasis y eccema. También en quemaduras de sol y ayuda a preparar la piel para el bronceado, prevenir arrugas, entre otras aplicaciones. Las mermas de zanahorias tienen potencial como materia prima para la obtención de etanol, que permitirían obtener 47,5 de etanol bruto por cada tonelada de residuos vegetales tratados. Las condiciones de hidrólisis ácida que generan los mayores rendimientos de etanol a partir de los residuos son: ácido sulfúrico al 4 % y cuatro horas de tratamiento (Moncayo & Reyes, 2018).

1.1.5. Compuestos de la zanahoria.

1.1.5.1. Carotenoides.

Los carotenoides son un grupo numerosos de pigmentos muy difundidos en los reinos vegetal y animal, producen colores que van desde el amarillo hasta el rojo intenso. Se han identificado en la naturaleza más de 600 de estos compuestos. Son esenciales para que las plantas realicen la fotosíntesis. El nombre genérico deriva de la zanahoria, *Daucus carota*, ya que fue de esta hortaliza de donde se aislaron por primera vez. A diferencia de otras frutas y hortalizas, los jitomates y las zanahorias presentan una mayor cantidad de carotenos que las xantofilas. Según Badui, (2006) la cantidad de los distintos carotenoides varía considerablemente con la madurez de los productos vegetales y con la pérdida de la clorofila. Los carotenoides importantes se encuentran en carotenos anaranjados de las zanahorias como lo indico Andrango & Anguisaca, (2016); y, Musatafa et al., (2016) indica que los valores informados están en el rango de 16 a 38 mg/100g.

1.1.5.2. β – caroteno.

El β – caroteno es un pigmento anaranjado, es muy valorado por su alto contenido ya que es precursor de la vitamina A, con un aporte aproximado de 12 mg/g a 20 mg/g. Es conocido por sus propiedades antimutagénicas, fotoprotectoras, inmunológicas, antioxidantes y por los efectos benéficos para la vista y la piel (Ventretera et al., 2013).

1.2. Remolacha.

1.2.1. Origen

La remolacha (*Beta vulgaris* ssp. *Vulgaris*) es la raíz profunda, grande y carnosa (Figura 2) que crece en la planta del mismo nombre. Pertenece a la familia de las Quenopodiáceas (Tabla 2), su color es variable: desde rosáceo o violáceo, anaranjado rojizo o hasta el marrón como lo indica España, (2014). Es un alimento bajo contenido energético. Tras el agua, los hidratos de carbono son el componente más abundante. Éstos son en su totalidad azúcares (de los más altos junto con la zanahoria y el puerro). Es buena fuente de

fibra (una ración cubre el 17 % de las recomendaciones para hombres y el 25 % para mujeres). De sus vitaminas destacan los contenidos en folatos, equivalen al 45 % de las ingestas recomendadas al día (IR/día) para hombres y mujeres de 20 a 39 años con actividad física moderada (Anónimo, 2017). En la Tabla 2, se presenta la taxonomía de la remolacha.

Figura 2.

Remolacha como una raíz grande y carnosa



Nota. El autor

Tabla 2.

Taxonomía de la remolacha

Reino	Plantea
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliophyta
Orden	<i>Caryophyllales</i>
Familia	<i>Quenopodiaceae</i>
Genero	<i>Beta</i>
Especie	<i>Vulgaris</i>
Nombre científico	<i>Beta vulgaris</i> , L. (variedad)
Nombre común	<i>Remolacha, beteraba, betabel</i>

Nota. Andrango & Anguisaca, (2016)

1.2.2. Morfología de la remolacha

La remolacha madura presenta un cuerpo redondeada, cónica o cilíndrica, durante su primer ciclo de crecimiento la planta acumula sustancias de reserva en la raíz, mientras que

en su segundo ciclo de crecimiento produce un tallo floral y los órganos reproductivos (Ortega, 2011).

- **Flores:** poco llamativas y hermafroditas. La fecundación es generalmente cruzada, porque sus órganos masculinos femeninos maduran en épocas diferentes.
- **Raíz:** es pivotante, casi totalmente enterrada, de piel-amarilla verdosa y rugosa al tacto, constituyendo la parte más importante del órgano acumulador de reservas.
- **Semillas:** están adheridas al cáliz y son algo leñosas (Lee, et al., 2012).

1.2.3. Compuestos de la remolacha

Betalaína: Las principales betalaínas en la remolacha roja son la betanina y la isobetanina junto con pequeñas cantidades de vulgaxantina I y II, tanto la betanina como la isobetanina exhiben un grupo de amina fenólica y acíclica. Las betalaínas se consideran ampliamente como antioxidantes que protegen contra los trastornos relacionados con el estrés oxidativo tanto in vitro como in vivo (Frank et al., 2005).

En el área de los alimentos son sustitutos de colorantes sintéticos en la elaboración de gelatinas, confituras, yogur de fresa, helados de cremas, cocktails de frutas, caramelos y galletas siendo aceptado por la comunidad económica europea (Moreno, et al., 2002).

1.2.4. Usos de colorantes de la remolacha.

El colorante de la remolacha encapsulado por el método de extrusión fue utilizado en yogur. Los resultados indicaron que el colorante fue utilizado como fuente de energía por las bacterias lácticas, donde hubo un aumento de acidez y disminución de pH. La técnica de encapsulación del colorante fue viable durante 9 días en almacenamiento (Parra, 2015).

Por otro lado, la capacidad de coloración del tinte de remolacha extraído se ha probado en sustratos como el cuero y el papel, dando como resultado que este colorante es adecuado para teñir estos materiales (Sivakumar, et al., 2009).

1.2.5. Uso agroindustrial de la remolacha

Gilber, (2014) utilizó las hojas de la remolacha liofilizadas para la elaboración de una infusión, obteniendo un o un perfil aromático (frutal y dulce)

Por otro lado, Buenaño et al., (2000) obtuvieron ácido cítrico mediante fermentación, utilizando o *Aspergillus niger*, a partir del concentrado de remolacha al 20 %, como resultado determinaron que a menor pH hay una mayor formación de ácido cítrico, lo que garantiza la no formación de otros ácidos y microorganismos extraños.

Así mismo, se ha utilizado pulpa de remolacha (20 %) y de okara (60 %) para la elaboración de carne de soya. Este alimento, es considerado un sustituto de la carne animal y sus derivados, debido a que contiene mayor cantidad de proteína en comparación a la de origen animal, proporcionando así un producto con un alto valor nutricional (Adler, 2012).

1.3. Escancel

1.3.1. Origen

Una planta denominada científicamente como *Aerva sanguinolenta* de la familia Amaranthaceae (Tabla 3). Es originario de América del Sur, se le puede localizar en Ecuador, Colombia, Guatemala, se encuentra en suelo húmedo y en rastrojos o al borde de las quebradas (Tobergte & Curtis, 2013). Sus hojas (Figura 3) son utilizadas en problemas respiratorios: resfriado, catarro, dolores de pecho, antiinflamatorio (MSPE, 2008). En la Tabla 3, se puede observar la taxonomía del escancel.

Figura 3.

Escancel



Nota. El autor

1.3.2. Morfología del escancel.

Hierba cespitosa, ramas ascendentes, rojizas, estrenudos delgadas y largos, base atenuada, decurrente sobre el peciolo, ápice acuminado, haz y envés rojizo, pubescencia

blanca en las ramas y hojas, flores sésiles, periantio blanco ovado lanceolado de 6 cm de largo, espacialmente puberulento con tres ribetes longitudinales no muy desarrollados (Tobergte & Curtis, 2013).

Tabla 3.

Taxonomía del escancel

Reino	Plantea
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliophyta
Orden	<i>Caryophyllales</i>
Familia	<i>Amaranthaceae</i>
Genero	<i>Aerva</i>
Especie	<i>Aerva sanguinolenta</i>
Nombre científico	<i>Aerva sanguinolenta</i>
Nombre común	Escancel, discancer

Nota. Tobergte & Curtis, (2013)

1.3.3. Componentes del escancel

➤ **Pigmentos fenólicos**

Los pigmentos fenólicos son sustancias con uno o más anillos aromáticos y, al menos, un sustituyente hidroxilo. Existen dos grandes grupos: los +ácidos fenólicos (benzoico y cinámicos) y los flavonoides (flavonoides, antocianinas y taninos). Los ácidos fenólicos tienen un solo anillo, mientras que los flavonoides tienen dos anillos fenólicos unidos por un anillo heterocíclico. Los pigmentos fenólicos reaccionan fácilmente con un ácido orgánico o un azúcar, como los flavonoides y las antocianinas o entre sí para formar polímeros como los taninos (Badui, 2006).

- **Flavonoides**

Los flavonoides y las antocianinas son compuestos fenólicos solubles en agua, metanol y etanol, con características de glucósidos: contienen como aglucón un núcleo flavilo al cual se une una fracción azúcar por medio de un enlace β -glucosídico. Son pigmentos no

nitrogenados, con un esqueleto de difenilpropano derivado del ácido shiquímico, pueden tener estructuras simples o complejas, proporcionan colores amarillos y color naranja a frutas como: peras, fresas, manzanas, cerezas, duraznos, naranjas y limones, así como hortalizas como cebollas y brócoli y otros alimentos como el té, en donde son responsables en gran parte de su astringencia. Otros flavonoides proporcionan el color rojizo de las hojas de otoño.

Las antocianinas se consideran una subclase de los flavonoides azules. Son compuestos no nitrogenados, se han identificado 300 de estos compuestos, que son responsables de una gama muy amplia de colores, desde el incoloro hasta el púrpura. Producen colores rojo, anaranjado, azul y púrpura de las uvas, manzanas, rosas, fresas y otros productos de origen vegetal, principalmente frutas y flores, está formado por un esqueleto consistente en dos anillos bencénicos y uno heterocíclico con oxígeno. El núcleo central flavilo constituye la antocianidina, que unida a la fracción azúcar, forma las antocianinas (Badui, 2006).

1.3.4. Usos tradicionales

Es empleada para la prevención de la tuberculosis y como agua frescas para las insolaciones y tratar dolores ocasionadas por las inflamaciones, las hojas son útiles como agente diurético, hipoglucemiante y diabetes (Cordova & Isaac, 2018).

1.4. Colorantes.

Los colorantes, son sustancias que pueden tener un origen natural (mineral, vegetal o animal) o artificial (azoicos, trifenilmetánicos o cianinas); que sirven para potenciar el color de algunos alimentos, debido a que el alimento ha sufrido pérdida de color durante el tratamiento industrial, también son usados en la industria textil para teñir tejidos (Galarza, 2013).

El color de los alimentos es muy importante para el consumidor, ya que, siendo el primer contacto que tiene con ellos, es determinante para la aceptación o el rechazo de los mismos (Badui, 2006). Existen colorantes naturales y sintéticos.

1.4.1. Colorantes naturales

Son aquellos que también se los conoce como pigmentos estos se los encuentra dividido en el reino vegetal a excepción de los hongos. Estos colorantes se los ubica en la naturaleza por ciertas características que ofrecen como intensificar o modificar el color (Cevallos & Guerrero, 2017). Los colorantes naturales pueden ser clasificados según su naturaleza química en diversos grupos como muestra en Tabla 4.

Tabla 4.

Colorantes naturales

Naturaleza química	Algunos ejemplos	Color predominante	λ_{\max} , nm
Tetrapirroles (lineales y cíclicos)	Ficobilinas	Azul-verde	610- 650
	Clorofila	Amarillo – rojo	540-570
		Verde	640- 660
Carotenoides (tetraterpenoides)	Carotenoides	Amarillo- anaranjado	400- 500
Flavonoides	Flavonas	Blanco-crema	310- 350
	Flavonoles	Amarillo-blanco	330- 360
	Chalconas	Amarillo	340- 390
	Auronas	Amarillo	380-430
	Antocianinas	Rojo-azul	480-550
Xantonas	Xantonas	Amarillo	340- 400
Quinonas	Naftoquinonas	Rojo-azul-verde	
	Antraquinonas	Rojo-púrpura	420- 460
Derivados indigoides e índoles	Indigo	Azul-rosado	470- 485 (betaxantinas)
	Betalaínas	Amarillo - rojo	530- 554 (betacianinas)
Pirimidinas sustituidas	Pterinas	Blanco- amarillo	
	Flavinas	Amarillo	-
	Fenoxazinas	Amarillo- rojo	

Naturaleza química	Algunos ejemplos	Color predominante	λ_{\max} , nm
	Fenazinas	Amarillo- púrpura	

Nota. Ugaz, (1997)

1.4.2. Obtención de colorantes naturales a partir de diferente materia prima.

A continuación, se describe un breve resumen de diferentes estudios en la obtención de colorantes naturales a partir de materias primas como se indica en la Tabla 5.

Tabla 5.

Estudios sobre colorantes naturales a partir de materia prima.

Tema	Descripción.
Extracción de compuestos flavonoides los cuales son responsables de la coloración de muchas flores y frutos, utilizando como muestra el hollejo de la Uva (<i>Vitis vinifera</i>), los frutos de la Fresa (<i>Fragaria vesca</i>) y de la Mora (<i>Morus nigra</i>) (Castillo & Ramírez, 2006).	La Extracción por el método Soxhlet, como resultado, los investigadores obtuvieron la extracción de colorante y estabilidad del mismo. Además, confirmaron la presencia de antocianinas, flavononoles, flavonas y flavonoles en todos los extractos de uva, mora y fresa
Obtención de colorante para uso en yogurt a partir de la flor de Jamaica (<i>Hibiscus sabdariffa</i>) y del mortiño (<i>Vaccinium mytillus</i> L.) (Menéndez, 2008).	Se utilizó método de extracción etanol-ácido cítrico en diferentes concentraciones. Mediante el método del pH diferencial y con los valores obtenidos se estudió la posibilidad de tinción en yogurt.
Microencapsulación de colorantes naturales presentes en la fresa (<i>Fragaria vesca</i>) (Avendaño & Acevedo, 2014).	Proceso de extracción de compuestos de color propios de la fresa mediante osmodeshidratación y soxhlet con etanol 98 %. Se realizó la preservación del colorante mediante la técnica de microencapsulación por secado por aspersion (spray drying).

Tema	Descripción.
<p>Caracterización química de los extractos colorantes de siete especies forestales y del fijador natural, utilizado en 19 comunidades indígenas de Ucayali, Perú (Riveros & Inga, 2014).</p>	<p>Se realizó la caracterización química de las sustancias colorantes provenientes de 7 especies de las cortezas de las plantas, y que son utilizados como materia prima para el teñido de telas y artesanías por 19 comunidades indígenas de la Región Ucayali. Estas especies son: <i>Trichilia maynasiana</i>, <i>Trichilia poeppigiana</i>, <i>Swietenia macrophylla</i>, <i>Buchenavia parvifolia</i>, <i>Terminalia oblonga</i>, <i>Terminalia</i> sp., y <i>Picramnia juniniana</i>. Los tintes y cortezas de estas especies sometidas a un tamizaje fitoquímico donde presentan mayormente taninos, lactonas y flavonoides, en diferentes concentraciones, como principales metabolitos, mientras que la especie <i>Picramnia juniniana</i> “ami”, de coloración lila, presento básicamente quinonas. La fijación de color del colorante se lo realiza en la tela con una arcilla, denominada greda, barro especial o “mano”.</p>
<p>Actividad antimicrobiana, conservante y obtención de un colorante natural a partir de plantas de la región de Boyacá (Ramírez et al., 2007).</p>	<p>Se obtuvo un colorante natural alimentario a partir de la extracción metanólica de antocianinas presentes en la mora de castilla (<i>Rubus glaucus</i> benth); la cual tuvo una concentración de antocianinas por espectrometría 1,48 g/kg cianidina-3-glucosídico y pruebas de toxicidad que se lo clasificó como moderadamente tóxico.</p>
<p>Obtención de extracto de antocianinas a partir de arándanos para ser utilizado como antioxidante y colorante en la industria alimentaria (Zapata, 2014).</p>	<p>Las antocianinas son flavonoides responsables del color de los frutos del arándano. Debido a su elevada actividad antioxidante, presentan potenciales beneficios para la salud. Para su extracción se realizó mediante extracción sólido-líquido (ESLA) y extracción por fermentación (EAF). Los resultados no tuvieron una influencia significativa en la concentración de antocianinas sin embargo la concentración de fenoles totales y actividad antioxidante fue mayor en el extracto obtenido por fermentación.</p>

Nota. El autor

1.4.3. Colorantes artificiales

El origen de estos colorantes es de síntesis química, su composición (Tabla 6) es menos compleja que la de los colorantes naturales, son hidrosolubles, se presentan generalmente en forma de polvo y tienen normas específicas de pureza (Andrango & Anguisaca, 2016). Son muy utilizados por sus excelentes propiedades:

- Proporcionan un color persistente.
- Ofrecen colores variados y uniformes
- Ofrecen colores de la intensidad que se desee (Machado, 2005).

Tabla 6.

Componentes que pertenecen a colorantes artificiales.

Tipo de colorante	Código
Tartracina	E 102
Azorrubina, carmosina	E 122
Amarillo anaranjado	S, E 110
Amaranto	E 123
Rojo cochinilla, rojo Ponceau	4R, E 124
Rojo	2G, E 128
Rojo Allura	AC, E 129
Negro brillante	BN, E 151
Marrón	FK, E 154
Marrón	HT, E 155
Litol Rubina	HT, E 155

Nota. Ibarra & Elizabeth, (2013)

Los colorantes azoicos se han cuestionado reiteradamente, debido a que muchos colorantes de esta familia (no los autorizados para uso alimentario) han demostrado ser cancerígenos. En cambio, los colorantes autorizados, que son muy populares y solubles en agua, no se absorben.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general.

Obtener colorantes naturales a partir de subproductos de la industria.

2.2. Objetivos específicos.

- Extraer el colorante natural a partir de subproductos de la zanahoria, remolacha y hojas de escancel mediante el uso de solventes orgánicos.
- Determinar las características físicas de los colorantes obtenidos.

3. Materiales y métodos.

3.1. Materia prima

La recolección del material vegetal zanahoria (*Daucus corota*), remolacha (*Beta vulgaris* ssp. *Vulgaris*), fue adquirida en el mercado Las Pitas ubicado en la ciudad de Loja que presenta las siguientes coordenadas geográficas: 3°58'20 de Latitud Sur y 79°12'35 4" de longitud Oeste. El escancel (familia Amaranthaceae) se lo recolectó en el barrio Punzara Alto, localizado en coordenadas geográficas: 4°02'06.6" de Latitud Sur y 79°13'32.7" de Longitud Oeste.

3.1.1. Proceso previo de las materias primas para la obtención de los colorantes.

Selección y lavado: Fueron seleccionados los vegetales sanos y hojas de escancel sin golpes y picaduras, con el fin de obtener una materia prima de calidad para el respectivo proceso. Para la limpieza se realizó un lavado mediante sumersión en agua, para eliminar cualquier objeto extraño (tierra, piedras, raíces, etc.).

Pesado: Se determinó el peso específico de cada uno de los vegetales y de las hojas de escancel en una balanza, para posteriormente determinar su rendimiento en el proceso de extracción.

Secado: Las muestras fueron colocadas en bandejas uniformemente distribuidas y fueron colocadas en el deshidratador marca Lassele, Dy-110H a 50 °C por 22 horas. Para un secado óptimo, cada hora se realizó una homogenización de las hojas (escancel) y subproductos (remolacha y zanahoria). Se realizaron los cálculos del porcentaje de humedad (**Apéndice 3**), según la Norma Técnica Ecuatoriana (INEN 1462) con la siguiente fórmula:

$$\%Humedad = \frac{\rho_{inicial} - \rho_{final}}{\rho_{inicial}} * 100$$

Ecuación 1: Ecuación para determinar el % Humedad

Triturado: Primeramente, se realizó el triturado de los vegetales y las hojas de escancel en un molino manual para reducir el tamaño de partículas, y posteriormente se utilizó el molino ultracentrífugo ZM-200 para obtener fracciones más finas.

Rendimiento de los subproductos obtenidos

Se realizó 3 recolecciones de materia prima, los detalles se detallan en el **(Apéndice 2)** y se aplicó la siguiente formula:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{peso subproducto molido seco}}{\text{peso subproducto}} \times 100$$

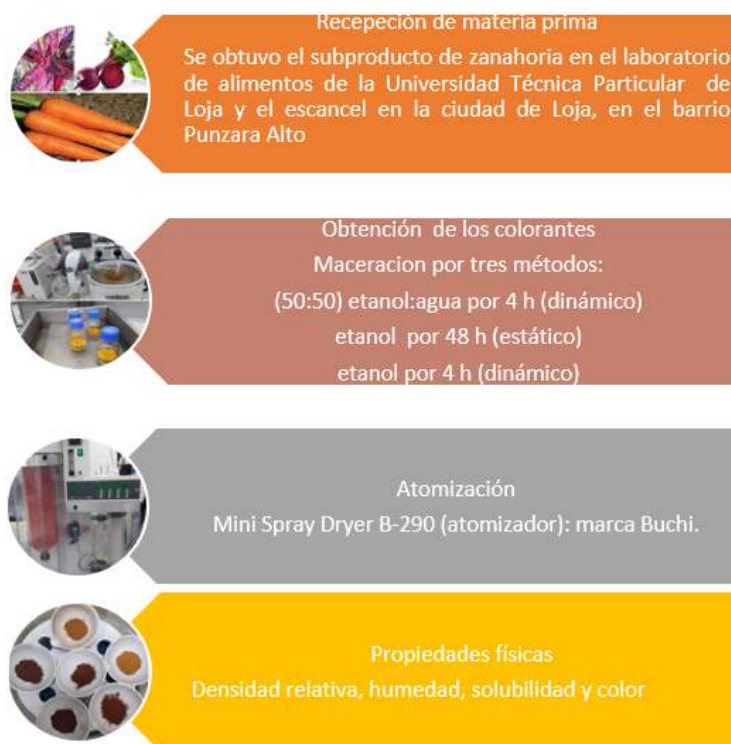
3.2. Proceso para obtener el colorante.

Para la extracción de los colorantes naturales se realizó tres extracciones por cada materia prima, utilizando etanol al 95 % y una mezcla agua: etanol (50:50 %v/%v).

La obtención de los colorantes del subproducto de zanahoria, remolacha y hojas de escancel se llevó a cabo en el Departamento de Química y Ciencias Exactas, del laboratorio de Tecnología Avanzada de la Universidad Técnica Particular de Loja, siguiendo la metodología que se presenta en la Figura 4.

Figura 4.

Esquema de la investigación



Nota. El autor.

3.2.1. Proceso de extracción

El proceso de extracción 1, 2 y 3 se lo realizó al subproducto de zanahoria, remolacha y a las hojas de escancel.

3.2.1.1. Extracción 1: Maceración con etanol al 95 %.

La primera extracción se realizó por 48 horas. La solución se preparó de la siguiente manera: 69,714 g de muestra en 1000 mL de etanol (95 %), donde se agitó con una varilla de vidrio para que penetre en todo el material. La agitación durante el tiempo de la extracción fue esporádicamente. Una vez terminado el tiempo de extracción, la solución fue filtrada a vacío y almacenada para el posterior proceso de atomización.

3.2.1.2. Extracción 2: Maceración dinámica con etanol al 95 %

Para la extracción se pesó 69,714 g de muestra en un frasco Boeco y se adicionó 1000 mL de etanol al 95 %, se llevó a baño maría a 40 °C y se agitó continuamente el extracto por 4 horas. Seguidamente se filtró la solución y se almacenó para el posterior proceso de atomizado.

3.2.1.3. Extracción 3: Maceración dinámica etanol-agua (50:50)

La solución se preparó de la siguiente manera: se pesó 69,714 g de muestra en un frasco Boeco y seguidamente se añadió en 1000 mL de etanol: agua (50/50 % p/p). La solución se llevó a baño maría a 40 °C por 4 horas. La agitación fue constante durante todo el proceso. El extracto se filtró utilizando vacío y se almacenó en refrigeración hasta el posterior proceso de atomizado.

3.2.2. Evaporación de solvente:

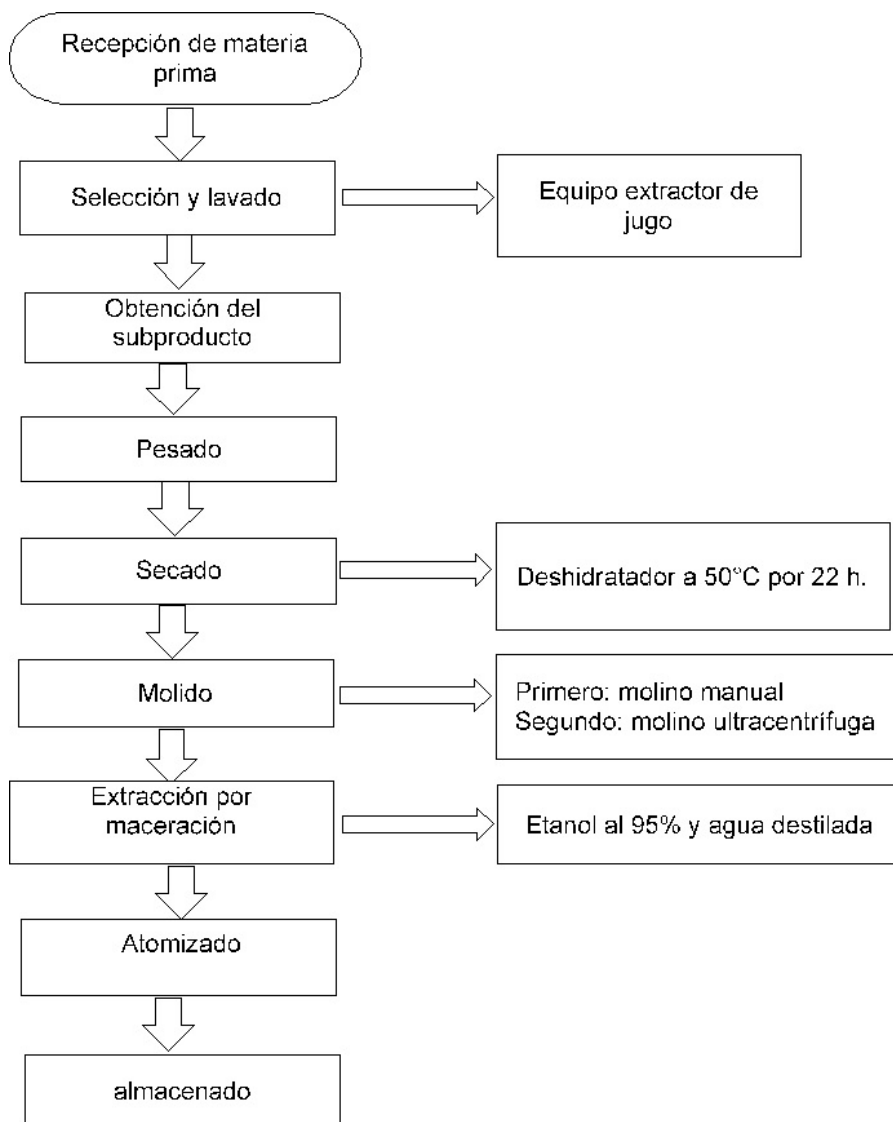
Los extractos etanol/agua (50/50 % p/p) fueron rotaevaporados para la eliminación del solvente etanol. El proceso se realizó, a una temperatura de 40 °C y a presión de vacío.

3.2.3. Diagrama de flujo de obtención del colorante.

En la Figura 5 se aprecia el diagrama del proceso de obtención de los colorantes

Figura 5

Diagrama de flujo para concentración de colorantes



Nota. El autor

3.2.4. Proceso de atomización

El secado se realizó en un secador por atomización, para lo cual se homogenizó las soluciones (extracto de zanahoria, remolacha y escancel) con agente encapsulante maltodextrina al 20%.

Para el proceso de atomización se utilizó el equipo mini Spray Dryer (BUCHI B-290) (Figura 6), bajo las condiciones descritas en la Tabla 7.

Tabla 7.*Condiciones de atomización.*

Condiciones	
Temperatura	120 °C
Flujo de entrada (% de bomba)	20 %

Nota. El autor.

Figura 6.*Equipo mini Spray Dryer (BUCHI B-290)*

3.3. Determinación de sólidos totales en los extractos

Se determinó por medio de la Norma NTE INEN 0014, se pesó 1 mL de muestra, se colocaron en una cápsula de porcelana previamente secada, se llevó a una estufa a 105 °C por 5 horas. Las muestras se dejaron enfriar por 30 minutos en un desecador y se pesaron continuamente, después de cada hora hasta alcanzar un peso constante (**Apéndice 4**) Los pesos se obtuvieron por la pérdida de peso, con la siguiente ecuación.

$$S = \frac{m_1 - m}{m_2 - m} * 100$$

Ecuación 2. Ecuación para determinar el % sólidos totales.

Donde:

S: contenido de sólidos totales, en porcentaje masa

m: masa de la capsula vacía en g.

m₂: masa de la cápsula con la muestra (antes de la desecación) en g.

m₁: masa de la cápsula con los sólidos totales (después de la desecación) en g.

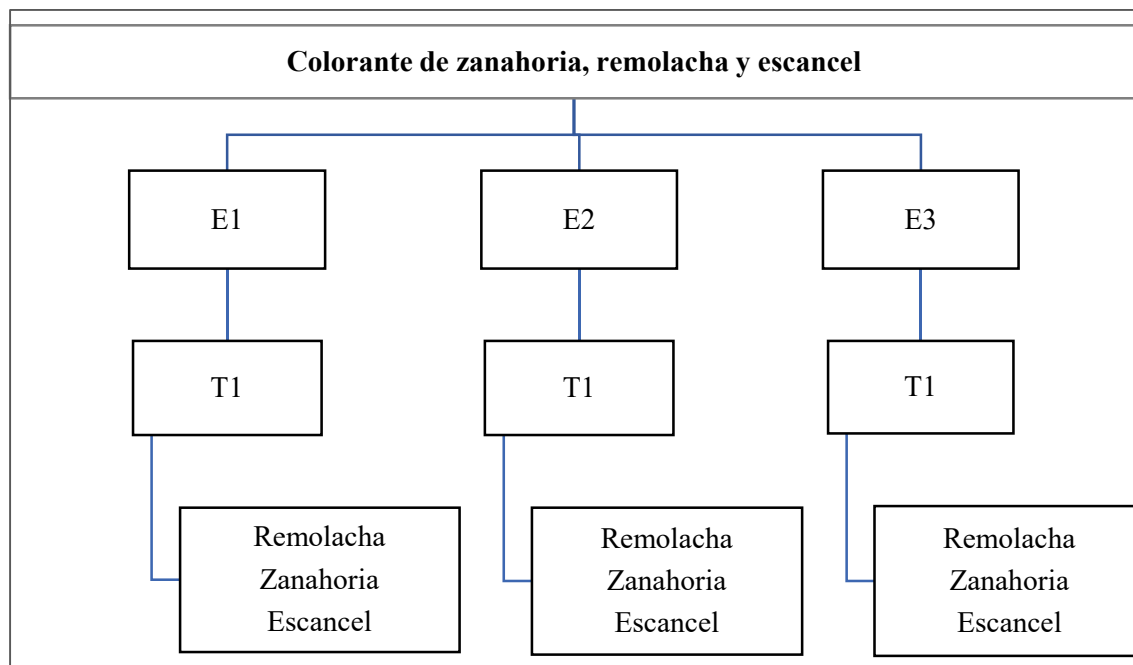
3.4. Diseño experimental.

En la Figura 7, se presenta el diseño experimental utilizado en la presente investigación.

Para la presente investigación, se trabajó con 3 extracciones y como variable respuesta se midió las propiedades físicas en el producto atomizado como: humedad, densidad aparente, actividad de agua, color y solubilidad, así como el rendimiento del proceso de atomización.

Figura 7.

Esquema de atomizado de los colorantes



Nota. E: Extracto, T1: Temperatura (120 °C)

3.4.1. Rendimiento del colorante atomizado.

Se consideró como rendimiento la cantidad de polvo de los subproductos molidos que se obtiene por la cantidad del atomizado del polvo del extracto. En el **Apéndice 5** se presenta con detalle un ejemplo y los resultados del rendimiento. Se aplicó la siguiente ecuación (Riofrío, 2017)

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{masa de polvo obtenida del ciclón (g)}}{\text{sólido en la alimentación (g)}} * 100$$

Ecuación 3. Ecuación para determinar el % de rendimiento.

3.5. Caracterización fisicoquímica

3.5.1. Determinación de densidad relativa

Se llevó a cabo por la técnica descrita por Papadakis et al., (2016), con algunas modificaciones. Se colocó aproximadamente 1 gramo de polvo en una probeta graduada de 10 mL, esta se golpeó ligeramente en la mesa de trabajo aproximadamente 100 veces a la altura de 10 cm de altura. La densidad se calculó al dividir la masa del polvo entre el volumen final ocupado en la probeta, los cálculos se pueden observar a detalle en el **Apéndice 6 (1)**.

3.5.2. Determinación de humedad.

Se realizó según la Norma Técnica Ecuatoriana (INEN 1462), se pesó 2 g de muestra en una cápsula de porcelana previamente seca, se llevó a una estufa al vacío (marca Mettler Toledo) a una temperatura de 100 °C por 3 horas y posteriormente se llevó a un desecador durante 30 minutos, se realizó este proceso hasta obtener un peso constante. En el **Apéndice 6 (2)** se detalla los cálculos realizados aplicando la siguiente ecuación:

$$\% \text{Humedad} = \frac{\rho \text{ inicial} - \rho \text{ final}}{\rho \text{ inicial}} * 100$$

Ecuación 4. Ecuación para determinar el porcentaje de humedad

3.5.3. Determinación de color.

El análisis de color se midió, mediante el empleo de un colorímetro (C-R14 KONICA MINOLTA), se aplicó el sistema Y, x, y, que luego fueron transformadas al sistema de color

CIE, L^* , a^* , b^* (**Apéndice 6 (3)**), que al ser reemplazadas en las siguientes ecuaciones nos dan el resultado de este parámetro.

$$\text{Croma } C^* = (a^2 + b^2)^{1/2}$$

$$\text{Ecuación 5. Croma } C^* \\ \text{Angulo } H^0 = \arctg \frac{b^*}{a^*}$$

$$\text{Ecuación 6. Angulo } H^0$$

Donde:

H^0 : permite conocer el ángulo de tono mediante la percepción de color

C^* : el croma que mide directamente la intensidad de color.

L : indica la coordenada de la luminosidad 100 para el color el blanco y para el color negro (0),

a^* : indica en cambio entre rojo y verde (- indica el verde y + indica en rojo)

b^* : indica el cambio entre azul y amarillo (+ indica el amarillo y - indica el azul).

3.5.4. Determinación de solubilidad

Se determinó la solubilidad del extracto en polvo, se aplicó el método de Eastman y Moore, (Riofrío, 2017). Se agregó agua destilada en un tubo de ensayo de 50 mL, se homogenizó en un vortex por un minuto, y se centrifugó a 2000 rpm por 5 minutos, después se traspasó 12,5 mL del sobrenadante a cápsulas de porcelana. Finalmente, se llevaron a la estufa (MEMMERT) a 105 °C por 5 horas. En el **Apéndice 6 (4)** se presentan los cálculos. Los experimentos se realizaron por duplicado.

El porcentaje de solubilidad se calculó mediante la siguiente ecuación.

$$\%S = 100 \frac{\text{peso de sólidos en el sobrenadante} * 4}{\text{peso de la muestra}}$$

3.5.5. Determinación de actividad de agua.

La determinación de actividad de agua en los polvos atomizados se realizó haciendo uso del equipo water activity (AW) marca Novasina modelo NV260 0179, lo cual nos permite

definir las condiciones de almacenamiento para su conservación **Apéndice 6 (5)** de los valores obtenidos.

3.6 Análisis estadístico.

Todos los análisis se realizaron por triplicado y los resultados obtenidos se expresaron como la media \pm desviación estándar. Se realizó análisis de varianza, (Tukey) con un intervalo de confianza del 95% estos análisis se realizaron en el programa Minitab 2016.

4. Resultado y discusión.

4.1. Materia prima.

En la Tabla 8 se observa el rendimiento de subproducto obtenido de cada una de las materias primas. El subproducto deshidratado obtuvo una humedad en el subproducto de zanahoria de 10,18 %, remolacha 6,74% y escancel 5,48% (Apéndice 3), según la norma Inen 2996 para productos deshidratados señalan que la humedad debe estar hasta un 12%.

Tabla 8.

Rendimiento de subproductos.

Producto	Peso materia prima (Kg)	Peso subproducto (kg)	Peso subproducto seco (kg)	Peso subproducto molido (kg)	Rendimiento %
Zanahoria	7,20	3,32	0,44	0,43	12,95
Remolacha	5,50	2,36	0,45	0,44	18,64
Escancel	11,30	2,60	0,31	0,30	11,53

Nota. La experimentación

4.2. Extracción del colorante

Se obtuvieron 3 extractos por cada una de las materias primas, teniendo un total de 9 extractos, a los cuáles se les determinó la cantidad de sólidos totales para posteriormente someterlos al proceso de atomización. En la Tabla 9, se puede observar que este valor, es superior en todos los casos para el extracto hidroalcohólico.

Por otro lado, se pudo observar a simple vista una diferencia de color de los extractos, para los extractos de subproductos de remolacha con etanol al 95 % independientemente del tiempo y temperatura de extracción (temperatura ambiente y 40 °C) se obtuvieron colores similares y menos intensos que al utilizar la solución hidroalcohólica, mientras que en el extracto de zanahoria sucedió todo lo contrario. Con respecto a los extractos de escancel, al utilizar como solvente etanol se obtuvo un extracto color verde.

Tabla 9.*Sólidos totales de los extractos.*

Muestra	Extracto	Sólidos totales %
Zanahoria	Etanol/agua	15,34
	Etanol (4 horas)	1,70
	Etanol (48 horas)	1,01
Remolacha	Etanol/agua	14,03
	Etanol (4 horas)	0,54
	Etanol (48 horas)	0,44
Escancel	Etanol/agua	7,53
	Etanol (4 horas)	1,25
	Etanol (48 horas)	1,13

Nota. La experimentación.**4.3. Polvo obtenido en el proceso de atomizado.**

De las 9 experimentaciones, se obtuvieron entre 4,49 y 27,81 g de colorante en polvo del total de la experimentación (**Apéndice 5**). Se trabajó con un 20 % de sólidos en todos los extractos. En la Tabla 10, se observa la cantidad de maltodextrina que se colocó a cada uno de los extractos.

Al agregar la maltodextrina a los extracto hidroalcohólicos fue fácil de disolver, ya que tiene una alta solubilidad en agua mientras para las muestras etanólicas no se disolvió en su totalidad, ya que la maltodextrina es un polisacárido del alto peso molecular y es poco solubles en etanol al 96 % (Acofarma, 2009), tal como se observa en la Figura 8.

Tabla 10.*Maltodextrina añadida a los extractos.*

Muestra	Extracto	Volumen atomizar (ml)	Cantidad de maltodextrina (g)
Zanahoria	Etanol/ agua	310	37,33
	Etanol (4 horas)	654	95,60
	Etanol (48 horas)	658	97,60
Remolacha	Etanol/ agua	345	30,29
	Etanol (4 horas)	550	70,68
	Etanol (48 horas)	610	80,29
Escancel	Etanol/ agua	250	34,40
	Etanol (4 horas)	520	84,58
	Etanol (48 horas)	530	79,60

Nota. La experimentación.**Figura 8.***Muestra etanólica con maltodextrina no disuelta en su totalidad.**Nota.* La experimentación.

El rendimiento se determinó a las 9 experimentaciones como se indica en la tabla 11.

Tabla 11.*Rendimiento de colorantes en polvo.*

Ensayo	Subproducto	Extracto	% maltodextrina	Temperatura entrada (°C)	Flujo (%)	Rendimiento (%)
1	Zanahoria	Etanol/ agua	20	120°	20	37,47
2		Etanol (4 horas)	20	120°	20	4,46
3		Etanol (48 horas)	20	120°	20	2,39
4	Remolacha	Etanol/ agua	20	120°	20	48,42
5		Etanol (4 horas)	20	120°	20	4,15
6		Etanol (48 horas)	20	120°	20	5,68
7	Escancel	Etanol/ agua	20	120°	20	65,49
8		Etanol (4 horas)	20	120°	20	3,31
9		Etanol (48 horas)	20	120°	20	1,70

Nota. La experimentación.

En la tabla 11, se puede apreciar los rendimientos del proceso de atomización por cada uno de los extractos utilizados. En todos los casos, se utilizó 120 °C de temperatura de entrada del spray dryer y 20 % de flujo.

Es importante mencionar que se realizaron pruebas previas con una temperatura de 130 °C y una concentración de 20 % de maltodextrina, en el transcurso del tiempo en las paredes del ciclón hubo adhesión y caramelización, por lo que se optó a disminuir la temperatura.

Tal como se observa en la Tabla 11, en los ensayos 1, 4 y 7 (solvente etanol/agua) se obtuvieron los mayores rendimientos 37,47 %, 48,42 % y 65,49 % respectivamente, esto se debe a que el agua y etanol son disolventes polares que funcionan mejor para extracción de pigmentos (Adedokun, et al., 2018). Por otro lado, en todos los extractos etanólicos el rendimiento de producto atomizado fue inferior al 6 %, puesto que mucha cantidad de muestra se quedó adherida a la superficie y a las paredes del equipo, esto pudo deberse a que los

parámetros de atomización no fueron los más adecuados para este solvente, y porque el agente encapsulante (maltodextrina) no se disolvió en su totalidad en el extracto. En el apéndice 3, se puede observar en detalle el rendimiento obtenido.

El rendimiento del proceso de atomización, se ve influenciado por un sin número de variables, entre las que más se destacan son: % de encapsulante, flujo de entrada, temperatura de secado, tipo de extracto, etc. En este sentido, Bakowska & Kolodziejczyk, (2011) con respecto al % de maltodextrina, en la encapsulación de antocianinas de la berenjena trabajó con variante de 15 % de maltodextrina donde observó la adherencia del polvo encapsulado en las paredes del secador y por consiguiente la pérdida de material encapsulado siendo los tratamientos a 30 % de maltodextrina los que tuvieron una menor pérdida de material por adhesión. Por otro lado, Alvarez & Veliz, (2015) en la microencapsulación del extracto de betanina del *beta Vulgaris* obtuvieron un mayor rendimiento (18,69 %) con una concentración de maltodextrina del 10 % y una temperatura de secado de 140 °C. Analizando, las dos investigaciones mencionadas anteriormente, se puede decir que el porcentaje adecuado de adición de maltodextrina depende del tipo de materia prima, flujo de entrada/salida, temperatura de secado, entre otras.

4.4. Resultados de las propiedades físicas de los colorantes.

Todos los extractos de los subproductos de zanahoria, remolacha y hojas de escancel, luego de su extracción de colorante fueron micro encapsulados para su posterior análisis de los parámetros físicos.

4.4.1. Densidad aparente

De la Tabla 12, se puede apreciar valores de densidad aparente que oscilan desde 0,28 a 0,35 g/cm³ en la zanahoria, 0,29 a 0,43 g/cm³ en la remolacha y 0,21 a 0,29 g/cm³ en el escancel, estos resultados fueron sometidos a un análisis de varianza donde hay una diferencia significativa ($p < 0.05$) en cuanto al método de maceración, obteniendo un mayor valor de densidad para los tres extractos utilizando como solvente etanol/agua 50:50.

Tabla 12.

Resultados de la densidad aparente en el atomizado del extracto del subproducto de zanahoria, remolacha y escancel obtenido de los diferentes métodos de extracción.

Método	Densidad (g/cm ³)		
	Media ± SD zanahoria	Media ± SD remolacha	Media ± SD escancel
Etanol/agua	0,35 ± 0,01 ^A	0,43 ± 0,00 ^A	0,21 ± 0,01 ^C
Etanol 48h	0,32 ± 0,00 ^B	0,29 ± 0,00 ^B	0,29 ± 0,01 ^A
Etanol 4h	0,28 ± 0,00 ^C	0,22 ± 0,00 ^C	0,24 ± 0,01 ^B

Nota: Las diferentes letras^(A,B,C) en el superíndice en la columna indican estadísticas significación (Tukey<0.05).

Tal como se observa en la Figura 9, en estudios realizados por Asheh, et al., (2003) encontraron en la pasta de tomate en polvo, valores de densidad en el orden de 0,54 a 0,78 g/ml, mientras que Becerra & Venturo, (2017) en la encapsulación de carotenoides en el jugo de zanahoria obtuvieron valores entre 0,43 a 0,52 g/cm³. Los estudios realizados con el subproducto de zanahoria son inferiores a las de los autores antes mencionados

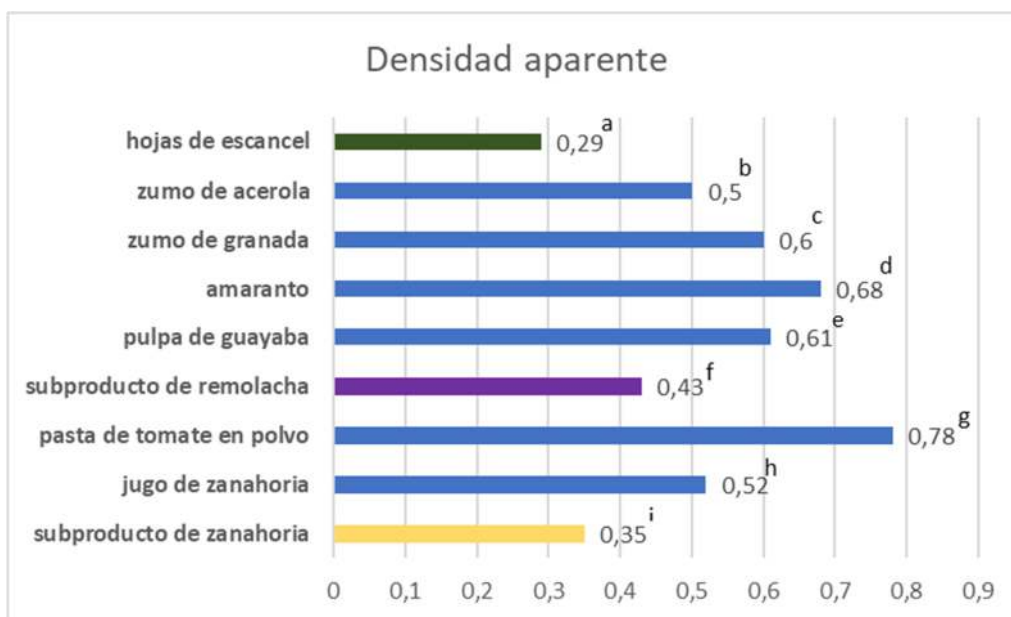
En la investigación de Cai & Corke, (2000) en el amaranto encontraron valores de densidad aparente para productos atomizado entre 0,52 y 0,68 g/cm³; en la pulpa de guayaba valores están entre 0,51 a 0,61 g/cm³ según Ochoa et al., (2011), mientras que el zumo de granada los valores están entre 0,50 y 0,60 g/cm³ (Miravet, 2009; Phisut, 2012; Tonon et al., 2011).

La densidad aparente en la industria de producción de alimentos es una variable importante para el transporte, almacenamiento y envasado. En un estudio realizado por Movahhed & Mohebbi, (2016) mostraron que el aumento de la temperatura del aire de entrada disminuye la densidad aparente debido a los altos procesos de secado y la rápida formación de la capa seca dura en la superficie de la partícula de jugo, produciendo menor contracción de partículas, y por ende una disminución de la densidad del polvo. Así mismo, otros

investigadores comprobaron que a mayor proporción de maltodextrina y un aumento de temperatura en el proceso de atomización, causa reducción de la densidad (Jittanit et al., 2011).

Figura 9.

Estudio de densidad aparente de varios alimentos referente al subproducto de zanahoria, remolacha y hojas de escancel.



Nota. ^{a, f, i} La experimentación, ^b Miravet, 2009; Taylor et al., (2007) citado por Miravet, (2009), ^eOchoa et al. (2011), ^c Cai & Corke, (2000), ^d Miravet, (2009), ^h Becerra & Venturo, (2017), ^g Al Asheh et al., (2003).

4.4.2. Humedad.

El contenido de humedad varía desde 4,78 – 8,43 % en la zanahoria, 4,53 – 11,17 % remolacha y 4,40 – 5,91 % en el escancel como se indica en la Tabla 13. Mediante el análisis de varianza, se determinó que no hay una diferencia significativa en cuanto al método de maceración ($p > 0,005$), resultando un bajo porcentaje de humedad en los atomizados obtenidos a partir de extractos etanol/agua. En la tabla 11, se observa un aumento de humedad con respecto a los demás métodos con un 11,17 % en la muestra remolacha etanol/agua, unas de las causas, puede ser el tiempo que estuvo en almacenamiento el atomizado, previo al análisis de humedad.

Tabla 13.

Resultados del % de humedad en el atomizado de los tres extractos obtenido de los diferentes métodos de maceración.

Método	Humedad (%)		
	Media±SD Zanahoria	Media±SD Remolacha	Media±SD Escancel
Etanol/agua	4,78 ± 1,23 ^A	11,17 ± 3,85 ^A	4,40 ± 0,85 ^A
Etanol 4h	8,42 ± 0,13 ^A	4,53 ± 0,18 ^A	5,91 ± 0,19 ^A
Etanol 48h	5,74 ± 2,15 ^A	5,60 ± 0,76 ^A	5,44 ± 0,40 ^A

Nota. Las diferentes letras^(A,B,C) en el superíndice en la columna indican estadísticas significación (Tukey<0.05).

Los valores obtenidos en la investigación del subproducto de zanahoria son superiores en comparación con otros autores, tal como se puede observar en la Figura 10, en el polvo de zanahoria se obtuvo 2,08 % de humedad a temperatura de entrada/salida 150/75 °C, en el jugo de mango 2,10 % a 120 °C/88 °C (Caez & Jaraba, 2012; Loksuan, 2007; Shaaruddin et al., 2019).

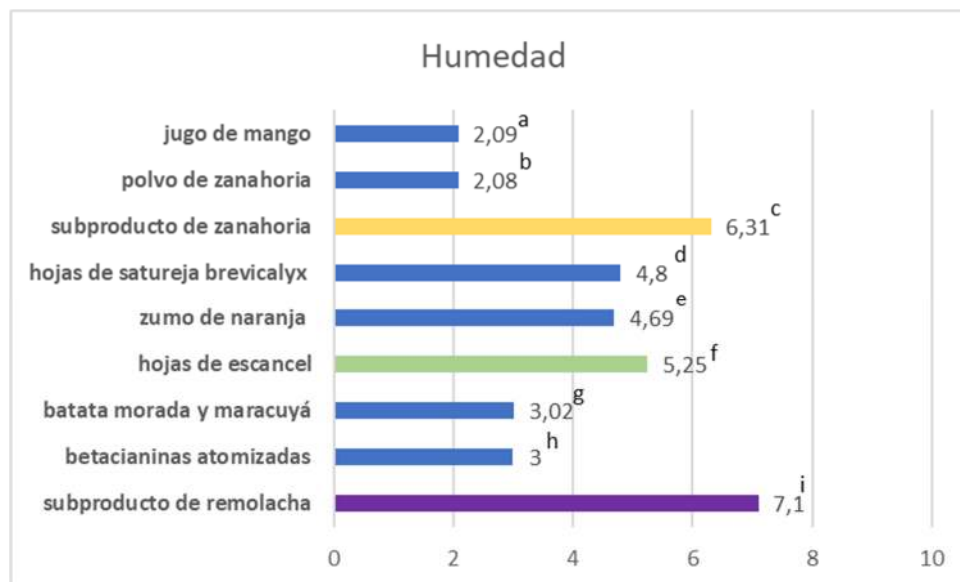
El comportamiento del jugo de zanahoria con respecto a la temperatura y concentración de encapsulante estudiado por Miravet, (2009) menciona que la concentración de solutos a atomizar, el caudal del aire de secado, caudal de líquido de entrada, humedad del aire de entrada y temperatura de entrada influye en la humedad final del producto atomizado. Cuanto mayor sea la concentración de solutos a atomizar menor es la humedad pues habrá una disminución de agua para evaporar una presión parcial menor.

El valor obtenido de humedad del subproducto de remolacha en polvo 7,10 % y escancel 5,25% son superiores al comparar con otros productos atomizados (Figura 11). En otros estudios realizados obtuvieron 3 ± 0,05 % en la obtención de betacianinas de la remolacha a una temperatura de entrada de 120 °C y concentración de maltodextrina del 50 % p/p (Salazar et al., 2019), igualmente Utpott et al., (2020) obtuvo un valor de 3,02 %. Ahmed et al., (2010) y Ruiz et al., (2009) observaron que el contenido de humedad disminuyó a

medida que aumentó la concentración de maltodextrina en muestras de batata morada y maracuyá respectivamente (Figura 10).

Figura 10

Estudio de humedad de varios alimentos referente al subproducto de zanahoria.



Nota. ^{a,b} Caez & Jaraba, (2012); Loksuwan, (2007); Shaaruddin et al., (2019),^{c,f} La experimentación, ^d Yancce, (2016), ^b Cahuaya, (2017), ⁱ la experimentación..

El uso de temperaturas altas en el proceso de atomización, implica una mayor tasa de transferencia de calor a las partículas, lo que conduce a un aumento de la evaporación de agua, resultando polvos con menor porcentaje de humedad.

Los alimentos en polvo requieren de contenidos de humedad menores al 4 % para asegurar su estabilidad (Corcoran et al., 2004), en nuestra investigación en todos los polvos se obtuvieron humedades superiores a 4%.

Por otro lado, se ha observado una relación inversa entre la higroscopicidad y el contenido de humedad de los polvos. Los polvos obtenidos a temperaturas de entrada de aire más altas son más higroscópicos debido al menor contenido de humedad en el polvo. Esto está relacionado con el gradiente de concentración de agua entre el producto y el aire circundante, que es ideal para polvos menos húmedos (Phisut, 2012; Tee et al., 2012; Tonon et al., 2011).

4.4.3. Solubilidad.

En la Tabla 14, se puede apreciar que no existe diferencia significativa en los extractos atomizados de las muestras (zanahoria, remolacha y escancel) a excepción de la muestra de escancel de 4h presentó un bajo porcentaje de solubilidad en comparación con las demás muestras.

Tabla 14.

Valores encontrados para el subproducto de zanahoria, remolacha y hojas de escancel por atomización para los tratamientos considerados.

Método	Solubilidad (%)		
	Media±SD zanahoria	Media±SD remolacha	Media±SD escancel
Etanol/agua	95,31 ± 0,30 ^A	84,47 ± 4,35 ^A	93,59 ± 0,31 ^A
Etanol 4h	95,31 ± 0,30 ^A	91,75 ± 1,47 ^A	60,62 ± 0,90 ^B
Etanol 48h	91,32 ± 4,66 ^A	83,17 ± 0,06 ^A	91,32 ± 1,43 ^A

Nota. Las diferentes letras^(A,B,C) en el superíndice en la columna indican estadísticas significación (Tukey<0.05).

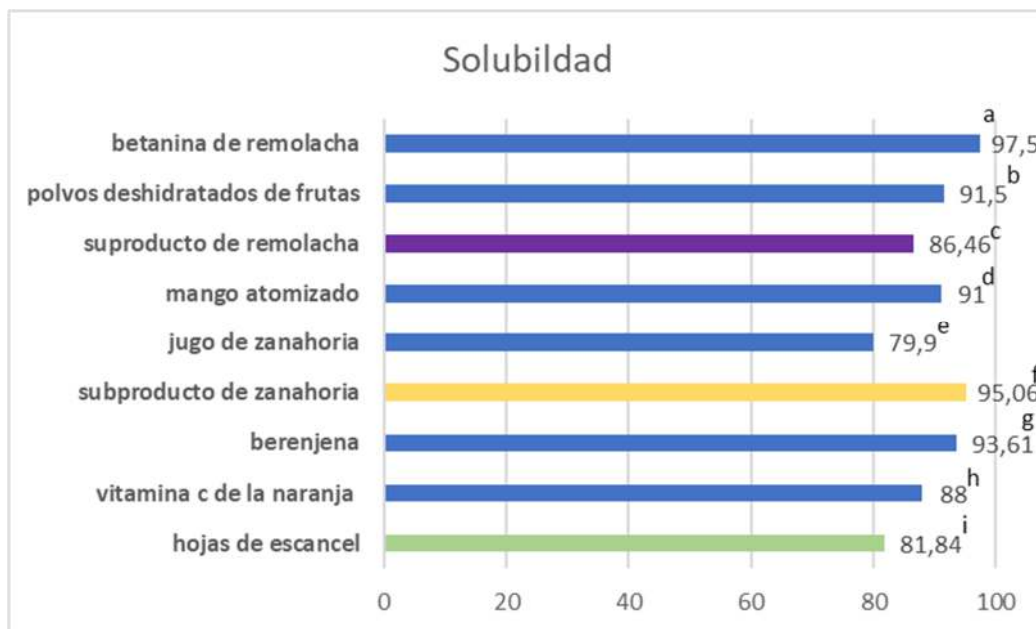
Los valores obtenidos en el extracto de zanahoria son superiores al 91 %. Cano et al., (2005), en su investigación sobre el secado por atomización de polvos de mango, obtuvieron valores de solubilidad alrededor del 90 % con el uso de maltodextrina, indicando que esta es una de las utilizadas como agente aditivo en la deshidratación de extractos y jugos por secado por fragmentación debido a sus propiedades físicas, como la alta solubilidad en agua. Por otro lado, Becerra & Venturo, (2017) reportaron valores 77,70 y 79,9 % con temperatura de 120 y 130 °C y maltodextrina de 15 % en jugo de zanahoria.

Los valores obtenidos en el extracto de remolacha son similares a los citados por Cano et al., (2005) en los que observaron que el polvo de mango con maltodextrina, presentó un alto grado de solubilidad, alcanzando valores superiores al 90 %; Ceballos, (2008) reportó valores de solubilidad entre 84,8 y 91,5 % para polvos deshidratados de frutas, valores

similares obtuvieron Álvarez & Veliz, (2015) en la encapsulación de la betanina de la remolacha 97,55 a 98,51% (Figura 11).

Figura 11

Estudio de solubilidad de varios alimentos referente al subproducto de zanahoria.



Nota. ^a Álvarez & Veliz, (2015), ^b Ceballos, (2008), ^{d, f, i} La experimentación, ^e Cano et al., (2005), ^d Becerra & Venturo, (2017), ^h Cahuaya, (2017), ^g Arrazola & Herazo, (2014).

El extracto de escancel atomizado es inferior, a resultados obtenidos por Rivera, (2017) en el secado por aspersión de vitamina c de la naranja obteniendo valores de 86 % - 88 %. Arrazola & Herazo, (2014) evaluaron pigmentos micro encapsulados de antocianinas de la berenjena, mediante el secado por aspersión con 30 % de maltodextrina y 180 °C, obteniendo valores de solubilidad de 93,61 % (Figura 11).

La solubilidad de los polvos instantáneos está directamente relacionada con su microestructura, como la forma (cristalinas y amorfas), tamaño, propiedades químicas y estabilidad química (Cano, Stringheta, Ramos, & Cal, 2005).

Jittanit et al., (2011) indica que la temperatura de secado de atomización, tiene un efecto positivo sobre la solubilidad, debido a que las altas temperaturas de aire de secado por aspersión producen mayor porosidad en los polvos. El aumento de porosidad da una

mayor superficie específica de polvo, lo que da un área de contacto mayor entre el polvo y el agua.

4.4.4. Actividad de agua (*Aw*)

En la Tabla 15 se observa una variación de actividad de agua que varía de 0,27 a 0,38 en la zanahoria, 0,38 a 0,53 en la remolacha y 0,38 a 0,52 en el escancel, así mismo existe diferencia significativa ($p < 0,05$) en los diferentes tratamientos. Otálora et al., (2015), considera los índices de $aw < 0,6$ estables en el ámbito microbiológico.

La actividad de agua afecta la vida útil del polvo y se define la relación entre la presión de vapor de agua de los alimentos y la presión de vapor de agua pura a la misma temperatura. Berk, (2018) declara la existencia de agua libre un sistema alimentario, a valores altos mayor cantidad de agua disponible, por lo que implica menor vida útil.

Tabla 15.

Valores encontrados para actividad de agua en el subproducto de zanahoria, remolacha y hojas de escancel por atomización.

Método	Aw		
	Media \pm SD zanahoria	Media \pm SD remolacha	Media \pm SD escancel
Etanol 48h	0,38 \pm 0,00 ^A	0,53 \pm 0,00 ^A	0,42 \pm 0,00 ^B
Etanol/agua	0,34 \pm 0,00 ^B	0,45 \pm 0,00 ^B	0,38 \pm 0,00 ^C
Etanol 4h	0,27 \pm 0,00 ^C	0,38 \pm 0,00 ^C	0,52 \pm 0,00 ^A

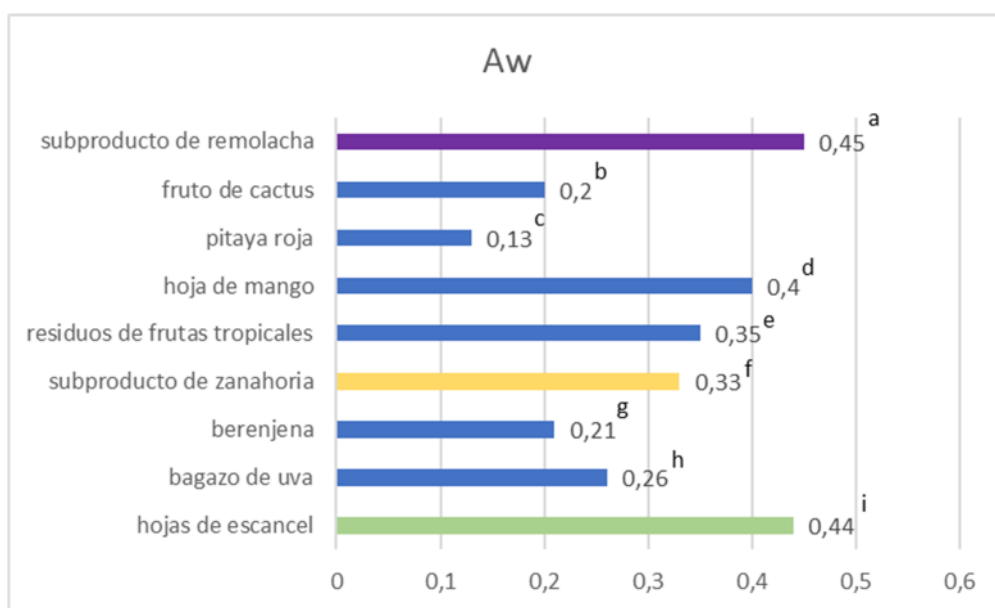
Nota. Las diferentes letras^(A,B,C) en el superíndice en la columna indican estadísticas significación (Tukey <0.05).

En el extracto de subproducto de zanahoria, remolacha y escancel se obtuvieron valores relativamente estables microbiológicamente. Estudios similares de Yunga, (2013) obtuvieron valores entre 0,40 y 0,58 aw en las hojas de mango atomizado, Chacón, (2017) valores entre 0,35 - 0,41 y 0,30 aw en residuos de frutas tropicales. Otálora et al., (2015) obtuvieron valores de 0,176 - 0,205 aw en frutos de cactus, igualmente Utpott et al., (2020)

obtuvieron 0,13 de aw en pulpa de pitaya roja con encapsulante maltodextrina (Figura 12). Un mayor valor de actividad de agua está relacionado con mayor contenido de humedad. Según los autores Velásquez et al., (2018) concluyeron que una aw < 0,6 se garantiza la estabilidad de los polvos.

Figura 12

Estudio de actividad de agua de varios alimentos referente al subproducto de zanahoria, remolacha y hojas de escancel



Nota. ^{a,f,i} La experimentación ^e Chacón, (2017), ^d Yunga, (2013), ^c Utpott et al., (2020), ^b Otálora et al., (2015); ^g Arrazola & Herazo, (2014), ^h Valduga et al., (2008).

Durante el almacenamiento después de unos 15 días aproximadamente, se observó cualitativamente que los micro encapsulados adquirieron una textura pegajosa y también un cambio en el color original de las muestras obtenidas, presentando tonos más oscuros y cafés, asociados a la oxidación, degradación de los compuestos responsables del color como son polifenoles y carotenoides. Por ejemplo, la formación de isómeros 9-cis y 13-cis del β -caroteno, que brinda los colores amarillo-naranja característico de los carotenoides (Meléndez et al., 2004).

4.4.5. Color.

Los parámetros de color L^* , a^* , b^* C^* (Saturación de color) y $^{\circ}H$ (Angulo de tono) se midieron con un colorímetro (C-R14 KONICA MINOLTA). Los valores de "L" son de luminosidad y "a" y "b" son coordenadas cromáticas. El colorímetro se calibró en un plato de cerámica estándar de color blanco antes de su lectura.

En la Tabla 16, el análisis de color en los polvos atomizados del extracto de zanahoria por los tres métodos se observa que los valores de luminosidad L^* varían de 82,65 a 84,20. Mostrando una diferencia estadística en la muestra etanol 4h. El polvo de remolacha la muestra etanol/agua tiene un valor bajo con respecto a los demás extractos, debido a que el extracto hidroalcohólico en su almacenamiento absorbió humedad creando en el atomizado una masa granular, y para la muestra de escancel la variación de los valores de "L" se reporta que hubo un cambio de luminosidad y al ser mayor hay más claridad.

Los valores de a^* para los extractos de zanahoria variaron de 4,10 a 9,20 (tono rojo), los valores de b^* variaron de 23,85 a 43,30 (tono amarillo). En la remolacha variaron de 5,55 a 28,55 que tienden a una tonalidad rojo positivo, los valores de b^* de 7,00 a 16,80 tienden a una tonalidad azul - amarillo en todos los métodos. Finalmente, para las hojas de escancel variaron de -5,90 a 27,25 donde el método de 4h tiende a un verde, en cambio para los demás métodos tiende ligeramente a una tonalidad rojo positivo, los valores de b^* variaron de 6,60 a 30,40 y tienden a una tonalidad ligeramente amarillo.

Los valores de croma (c) en los polvos indica la intensidad de color, los valores obtenidos en la zanahoria 24,30 a 44,00, en remolacha se obtuvieron valores de 9,50 a 33,15 y en hojas de escancel valores de 9,50 a 33,15 demuestran que en todas las muestras atomizados tienen una saturación baja, exceptuando los métodos etanol/agua presenta valores mayores a los demás por lo que hay un mayor brillo en color. Finalmente, los valores en el subproducto de zanahoria de $^{\circ}H$ oscilan de 10,30 a 13,90, lo que indica que los polvos presentaron tonalidad de amarillo opaca. Para la remolacha los valores $^{\circ}H$ oscilan de 35,75 a 59,50. En las hojas de escancel valores $^{\circ}H$ oscilan de 76,30 a 347,20. Caparino et al., (2012)

reportó ángulo de tono ($^{\circ}H$) altos y valores croma bajos indicando un color opaco en polvos de mango secos por aspersión.

Se puede ver que todas las muestras tuvieron una tonalidad clara. Se da por el material de recubrimiento y también a los efectos del calor al que se sometieron las muestras en el proceso de secado por atomización (Parize et al., 2008). Yousefi et al., (2011), reportaron mejores propiedades de color obtenidas al usar maltodextrina como material de pared.

Tabla 16.

Parámetros de color del colorante de zanahoria en polvo, remolacha en polvo y hojas de escancel en polvo.

Muestra	Método	L*	a*	b*	c*	°H
Zanahoria	Etanol/agua	84,00±0,14 ^A	4,10±2,12 ^A	23,85±2,19 ^C	24,30±1,83 ^C	13,90±0,14 ^A
	Etanol 4h	82,65±0,21 ^B	7,85±0,21 ^A	43,30±0,42 ^A	44,00±0,42 ^B	10,30±0,14 ^B
	Etanol 48h	84,20±0,28 ^A	9,20±0,00 ^A	37,35±0,35 ^B	38,50±0,28 ^A	13,85±0,07 ^A
Remolacha	Etanol/agua	54,50±0,28 ^C	28,55±0,07 ^A	16,80±0,28 ^A	33,15±0,21 ^A	59,50±0,42 ^A
	Etanol 4h	76,00±0,14 ^B	7,90± 0,00 ^B	7,00±0,14 ^B	10,55±0,07 ^B	48,40±0,56 ^B
	Etanol 48h	81,00±0,28 ^A	5,55±0,07 ^C	7,70±0,28 ^B	9,50±0,28 ^C	35,75±0,77 ^C
Escancel	Etanol/agua	46,80±0,28 ^C	28,55±0,07 ^A	6,60±0,28 ^A	33,15±0,21 ^A	76,30±0,56 ^A
	Etanol 4h	49,05±0,35 ^B	7,90± 0,00 ^B	22,35±0,35 ^B	10,55±0,07 ^B	345,25±0,21 ^B
	Etanol 48h	67,50±0,28 ^A	-6,90±0,00 ^C	30,40±0,42 ^C	9,50 ±0,28 ^C	347,20± 0,14 ^C

Nota. Las diferentes letras(^{A,B,C}) en el superíndice en la columna indican estadísticas significación (Tukey<0.05).

Conclusiones

Los subproductos de zanahoria y remolacha y hojas de escancel pueden ser utilizados para la extracción de colorantes

El colorante obtenido fue de color magenta para el subproducto de remolacha y hojas de escancel y amarillo para el subproducto de zanahoria.

La mezcla etanol/agua, fue el solvente más adecuado en rendimiento y en extracción del colorante. En las hojas de escancel la sustancia que fue extraída al utilizar etanol como solvente, fue de color verde, identificado como clorofila.

Se determinó las características fisicoquímicas de los colorantes atomizados de las distintas materias primas donde se obtuvo una humedad de 4,78 - 8,42 %, densidad aparente de 0,28 - 0,35 g/cm³, solubilidad de 91,32 - 98,57 % y actividad de agua de 0,27 - 0,39 por los tres métodos en la obtención de colorante zanahoria. Para colorante de la remolacha por los tres métodos de extracción se obtuvo de humedad 4,53 – 11,17 %, densidad aparente 0,22 - 0,43 g/cm³, solubilidad 83,17 – 91,75%, actividad de agua 0,38 – 0,53 y para el colorante de las hojas de escancel por los tres métodos de extracción se obtuvo de humedad 4,10 – 5,91 %, densidad aparente 0,21 - 0,29 g/cm³, solubilidad 60,63 - 93,60 %, actividad de agua 0,38 - 0,52.

Recomendaciones

Estudiar los colorantes atomizados mediante técnicas espectroscopía, espectrofotometría, cromatografía para la identificación de los compuestos.

Optimizar el proceso de atomización de las variables como temperatura, flujo de alimentación, porcentaje de maltodextrina para un mejor resultado como en rendimiento y color en los colorantes obtenidos, así como pruebas con otros encapsulantes.

Probar en alimentos los colorantes obtenidos, para determinar su estabilidad, control de pH y características organolépticas.

Referencias

- Acofarma. (2009). Fichas de información técnica de Maltodextrina. Retrieved from <https://formulasmagistrales.acofarma.com/idb/descarga/3/Maltodextrina> 18.11.19.pdf
- Adler, Z. (2012). *Elaboración de carne de soya utilizando diferentes porcentajes de okara y pulpa de remolacha como mejorador del aspecto sensorial*.
- Alvarez, R., & Veliz, J. (2015). *Microencapsulación del extracto de betanina del Beta vulgaris por atomización y evaluación de sus propiedades funcionales como colorante natural*. Universidad nacional del centro de Perú.
- Andrango, O., & Anguisaca, E. (2016). Colorantes UTC. Retrieved from <repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/319/1/T-UTC-0309.pdf>
- Anonimo. (2017). Remolacha. In *Intef* <http://formacion.intef.es/>. Retrieved from http://formacion.intef.es/pluginfile.php/176598/mod_imscp/content/13/39-remolacha.pdf
- Arrazola, G., & Herazo, I. (2014). *Microencapsulación de Antocianinas de Berenjena (Solanum melongena L .) mediante Secado por Aspersión y Evaluación de la Estabilidad de su Color y Capacidad Antioxidante Anthocyanins Microencapsulation of Eggplant (Solanum melongena L .) and Evaluation*. 25(3), 31–42. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000300006>
- Avendaño, G., & Acevedo, B. (2014). *Microencapsulación de colorantes naturales presentes en la fresa (Fragaria vesca) Microencapsulation process of natural dye from strawberry*. 11(1), 76–82.
- Badui, S. (2006). Química de los alimentos. In *Pearson Educación*.
- Bakowska, A. M., & Kolodziejczyk, P. P. (2011). Black currant polyphenols: Their storage stability and microencapsulation. *Industrial Crops and Products*, 34(2), 1301–1309. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.10.002>
- Berk, Z. (2018). *Food Process Engineering and Technology*. Retrieved from <https://www.elsevier.com/books/food-process-engineering-and-technology/berk/978-0-12-812018-7>

- Bogota, C. de C. de. (2015). Manual Zanahoria: Programa De Apoyo Agrícola Y Agroindustrial. *Dirección de Apoyo Al Sector Agrícola y Agroindustria*, 1, 1–50. <https://doi.org/http://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/14309/Zanahoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cahuaya, G. M. (2017). *Efecto del secado por aspersion en el contenido de vitamina c, capacidad antioxidante y características fisicoquímicas de jugo de naranja*. Universidad Central del Perú.
- Cano, M., Stringheta, P. C., Ramos, A. M., & Cal, J. (2005). *Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization*. 6, 420–428. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2005.05.003>
- Carmona, I. (2013). *De colorantes sintéticos a naturales en la industria alimentaria*. 1–6.
- Castillo, S., & Ramírez, I. (2006). *Ensayo preliminar para la obtención de colorantes naturales a partir de especies vegetales comestibles*. Universidad del Salvador.
- Cevallos, J., & Guerrero, J. (2017). *Extracción y caracterización de colorante natural a partir de la borra de café*.
- Chacón, J. M. G. (2017). *Desarrollo de microencapsulados enriquecidos en carotenoides a partir de residuos de frutas tropicales para uso como colorantes naturales en alimentos*. Universidad Nacional de Colombia.
- Cordova, P., & Isaac, J. (2018). *Unidad académica de ciencias químicas y de la salud carrera de bioquímica y farmacia*.
- Fen. (2013). Zanahoria. In *Fundación española de la nutrición*. Retrieved from <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/zanahoria.pdf>
- Frank, T., Conrad, F., Carle, R., Bitsch, I., Quaas, D., Straß, G., ... Netzel, M. (2005). *Urinary pharmacokinetics of betalains following consumption of red beet juice in healthy humans*. 52, 290–297. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2005.04.005>
- Galarza, C. (2013). *Obtención de un colorante a partir de las flores de ataco o sangorache (Amaranthus sp.)*. Universidad Técnica de Ambato.
- Hamerkaz, R., & Mevasseret, M. (1991). *Production and use of a high-intensity red natural*

colorant derived from carrot cell tissue cultures. (19).

Jittanit, W., Chantara-In, M., Deying, T., & Ratanavong, W. (2011). Production of tamarind powder by drum dryer using maltodextrin and Arabic gum as adjuncts. *SJST*, 33(1), 33–41.

Machado, C. A. E. (2005). *Estudio de la Extracción y Estabilidad del Colorante del ataco (Amaranthus hybridus) Con Potencial de Aplicación como Aditivo Alimentario* (Escuela superior Politécnica de Chimorazo; INIAP Arch). Retrieved from https://books.google.com.ec/books?id=c4wzAQAAMAAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Menéndez, W. (2008). *Obtención de colorante para uso en yogurt a partir de la flor de Jamaica (Hibiscus sabdariffa) y del mortiño (Vaccinium mytillus L)* (Escuela superior Politécnica del litoral). Retrieved from <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/11951/3/CAPITULOSSS.pdf>

Miravet, G. (2009). *Secado por Atomización de zumo de granada* (Universidad Politécnica de Cartagena). Retrieved from <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/1807/pfm92.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Moncayo, M. del R., & Reyes, A. (2018). Aprovechamiento de subproductos agronómicos. Retrieved from <https://www.eumed.net/rev/tlatemoani/29/subproductos-agronicos.html>

MSPE. (2008). *Plantas Medicinales de la Sierra*. Retrieved from <https://bibliotecapromocion.msp.gob.ec/greenstone/collect/promocin/index/assoc/HASH0190.dir/doc.pdf>

Ortega, A. (2011). *Caracterización física, química y nutricional de la remolacha roja (beta vulgaris) cultivada en el Ecuador* (Universidad Tecnológica Equinoccial). Retrieved from http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4910/1/44183_1.pdf

Papadakis, S. E., Gardeli, C., Tzia, C., Papadakis, S. E., Gardeli, C., & Tzia, C. (2016). *Spray Drying of Raisin Juice Concentrate* *Spray Drying of Raisin Juice Concentrate*.

3937(April). <https://doi.org/10.1080/07373930600559019>

- Parize, A. L., Rozone de Souza, T., Costa, I., T de Fávère, V., Laranjeira, M., Spinelli, A., & Longo, E. (2008). *Microencapsulation of the natural urucum pigment with chitosan by spray drying in different solvents*. 7(17), 3107–3114.
- Parra, R. (2015). *características fisicoquímicas y microbiológicas de yogur a partir de colorante de remolacha (beta vulgaris l) encapsulado*. <https://doi.org/https://doi.org/10.24054/16927125.v1.n1.2015.1463>
- Riofrío, Z. (2017). Obtención y caracterización de agua de coco (Cocos nucifera) en polvo mediante secado por aspersion utilizando coadyuvantes de secado. (Vol. 25). <https://doi.org/10.1016/j.jpainsymman.2017.04.009>
- Riveros, L., & Inga, L. I. (2014). *Caracterización química de los extractos colorantes de siete especies forestales y del fijador natural , utilizado en 19 comunidades indígenas de Ucayali , Perú [Chemical characterization of dyeing compounds found in seven timber species , and of the nat. 4(1), 29–36.*
- Taylor, P., Righetto, A. M., & Netto, F. M. (2007). *International journal of food properties effect of encapsulating materials on water sorption , glass transition and stability of juice from immature acerola*. (August 2013), 37–41. <https://doi.org/10.1081/JFP-200060262>
- Tobergte, D. R., & Curtis, S. (2013). “Comprobación del efecto cicatrizante de los extractos hidroalcohólicos de dos variedades de escancel (aerva sanguinolenta) de pastaza y de chimborazo aplicados en ratones (mus musculus)” (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ugaz, O. L. S. de. (1997). *colorantes naturales*. Retrieved from https://books.google.com.ec/books?id=LjmH_3qjaEIC&dq=colorantes&hl=es&source=gs_navlinks_s
- Utpott, M., Assis, R. Q., Pagno, C. H., Krigger, S. P., Rodrigues, E., Rios, A. D. O., & Flôres, S. H. (2020). *Evaluation of the Use of Industrial Wastes on the Encapsulation of Betalains Extracted from Red Pitaya Pulp (Hylocereus polyrhizus) by Spray Drying : Powder Stability and Application*.

- Ventrera, N. B., Vignoni, L., Alessandro, M. S., Césari, M., Césari, R., Guinle, V., ... Tapia, O. (2013). Caracterización por contenido de β -carotenos de ocho cultivares de zanahoria (*Daucus carota* L.) y su relación con el color. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 45(2), 211–218.
- Yunga, J. (2013). *Generación de un producto alto en antioxidantes a partir de extractos de hojas de mango*. Universidad Técnica Particular de Loja.
- Zapata, L. (2014). Obtención De Extracto De Antocianinas a Partir De Arándanos Para Ser Utilizado Como Antioxidante Y Colorante En La Industria Alimentaria. *Universitat Politècnica de Valencia*, 1–248. Retrieved from https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/39105/Versión_3_Tesis_Luz_Marina_Zapata.pdf%281%29.PDF?sequence=21

Apéndice 1: Obtención del colorante**Selección y lavado****Obtención del subproducto**

Secado



Molido



Extracción por maceración



Filtrado



Rotovaporacion del colorante etanol/agua**Atomizado**

Apéndice 2: Rendimiento de los subproductos.

Producto	Peso materia prima (Kg)	Peso subproducto (kg)	Peso subproducto seco (kg)	Peso subproducto molido (kg)	Rendimiento %
Zanahoria	7,20	3,32	0,44	0,43	12,95
Remolacha	5,50	2,36	0,45	0,44	18,64
Escancel	11,30	2,60	0,31	0,30	11,53

$$\%Rendimiento = \frac{\text{peso subproducto molido seco}}{\text{peso subproducto}} \times 100$$

$$\%Rendimiento = \frac{0,43}{3,32} \times 100 = 12.95$$

Apéndice 3: Determinación de % de humedad de los subproductos secados en el deshidratador.

Formula aplicada $\%Humedad = \frac{\rho_{inicial} - \rho_{final}}{\rho_{inicial}} * 100$

Ejemplificación los valores de la muestra de zanahoria

$$\%H = \frac{(2,0324 - (52,5445 - 50,7216))}{2,0324} * 100 = 10,308$$

	zanahoria		remolacha		escancel	
Capsula vacía	50,7216	53,6038	45,6744	49,1339	51,0240	51,29460
Capsula + muestra	2,0324	2,0306	2,0008	2,0191	2,0163	2,01890
Peso 1	52,5838	55,4785	47,5563	51,0322	52,9352	53,20020
Peso 2	52,5424	55,4363	47,5506	51,0281	52,9346	53,20000
Peso 3	52,5445	55,4328	47,5411	51,0161	52,9315	53,20090
Humedad (%)	10,308	9,928	6,7023	6,780	5,396	5,577
Promedio (%)	10,118		6,741		5,487	
Desviacion Estándar	0,269		0,055		0,128	
Coefficiente Variacion	0,027		0,008		0,023	

Apéndice 4: Determinación de sólidos totales en los extractos del material vegetal.

	muestra 1(z50:50)	muestra 1(z50:50)	muestra 2(z4h)	muestra 2(z4h)	muestra 3(z48h)	muestra 3(z48h)	muestra 4(R50:50)	muestra 4(R50:50)	muestra 5(R4h)	muestra 5(R4h)	muestra 6(R48h)	muestra 6(R48h)	muestra 7(e50:50)	muestra 7(e50:50)	muestra 8(e4h)	muestra 8(e4h)	muestra 9(e48h)	muestra 9(e48h)
Capsula vacía	47,14	47,07	40,92	53,60	51,88	51,79	50,09	49,14	47,07	47,14	50,85	51,36	51,29	53,60	45,67	50,94	50,85	51,36
Peso de muestra	1,07	1,11	0,81	0,83	0,82	0,82	0,85	0,94	0,80	0,79	0,84	0,82	0,88	0,91	0,80	0,81	0,80	0,79
Peso 1	47,30	47,24	40,93	53,62	51,89	51,80	50,21	49,27	47,07	47,15	50,85	51,37	51,36	53,67	45,68	50,95	50,86	51,37
Peso 2	47,30	47,24	40,93	53,62	51,89	51,80	50,21	49,27	47,07	47,15	50,85	51,37	51,36	53,67	45,68	50,95	50,86	51,37
Sólidos totales (%)	15,44	15,24	1,62	1,79	0,92	1,12	14,06	14,00	0,52	0,56	0,42	0,46	7,60	7,48	1,26	1,24	1,18	1,08
Promedio (%)	15,34		1,71		1,02		14,03		0,54		0,44		7,54		1,25		1,13	
Desviación Estándar	0,14		0,12		0,14		0,04		0,03		0,03		0,09		0,02		0,07	
Coefficiente Variación	0,01		0,07		0,14		0,00		0,05		0,07		0,01		0,01		0,06	

Nota: z = zanahoria, R = remolacha, e = escancel; 50:50 relación etanol/agua; 4h y 48h uso del etanol en las horas respectivas.

Apéndice 5: Determinación del rendimiento de los colorantes atomizados.

Rendimiento del colorante atomizado	Peso frasco total (g)	peso frasco total vacío (g)	Sólidos alimentación (g)	Polvo obtenido	Rendimiento (%)
muestra 1(z50:50)	1222,93	1189,56	374,55	33,37	37,47
muestra 2(z4h)	1194,24	1189,56	630,02	4,68	4,46
muestra 3(z48h)	1192,02	1189,56	637,06	2,46	2,39
muestra 4(R50:50)	1225,22	1189,56	339,31	35,66	48,42
muestra 5(R4h)	1192,62	1189,56	508,18	3,06	4,15
muestra 6(R48h)	1194,25	1189,56	586,71	4,69	5,68
muestra 7(e50:50)	1223,10	1189,56	257,49	33,54	65,49
muestra 8(e4h)	1192,54	1189,56	502,35	2,98	3,31
muestra 9(e48h)	1191,00	1189,56	502,96	1,44	1,70

Nota: z = zanahoria, R = remolacha, e = escancel; 50:50 relación etanol/agua; 4h y 48h uso del etanol en las horas respectivas.

Formula aplicada

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{masa de polvo obtenida (g)}}{\text{sólido en la alimentación (g)}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{33,37}{89,05} * 100 = 37,47$$

Ejemplificación para sacar los sólidos de alimentación muestra 1 (z50:50)

muestra	Volumen atomizar (ml)	Masa	Peso (malto dextrina)
muestra 1(z50:50)	310	337,22	10,33
muestra 2(z4h)	654	534,42	95,6
muestra 3(z48h)	658	514	97,6
muestra 4(R50:50)	345	309,02	30,29
muestra 5(R4h)	550	437,50	70,68
muestra 6(R48h)	610	506,42	80,29
muestra 7(e50:50)	250	223,09	34,4
muestra 8(e4h)	520	417,77	84,58
muestra 9(e48h)	530	423,36	79,6

Apéndice 6: Propiedades Físicas

6.1 Densidad aparente

Formula aplicada $D = \frac{\text{Masa de polvo}}{\text{Volumen final probeta}}$

Ejemplificación muestra 3 $D = \frac{1.13 \text{ g}}{3.53 \text{ ml}} = 0.3208$

	zanahoria 50:50			zanahoria 4h			zanahoria 48h			remolacha 50:50			remolacha 4h			remolacha 48h			escancel 50:50			escancel 4h			escancel 48h		
Nro. de muestra	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9
Volumen (mL)	3,9	3,8	3,8	3,4	3,4	3,4	3,6	3,5	3,5	3,6	3,5	3,5	4,7	4,7	4,7	4,4	4,4	4,3	4,6	4,6	4,6	1,5	1,6	1,6	2,3	2,3	2,3
Peso final (g)	32,65	32,56	32,5	32,16	32,16	32,16	32,36	32,32	32,32	32,75	32,73	32,74	32,28	32,27	32,27	32,51	32,5	32,5	32,25	32,19	32,17	31,57	31,61	31,59	31,84	31,89	31,85
Masa (g)	1,45	1,36	1,3	0,96	0,96	0,96	1,16	1,12	1,12	1,55	1,53	1,54	1,08	1,07	1,07	1,31	1,3	1,3	1,05	0,99	0,97	0,37	0,41	0,39	0,64	0,69	0,65
Promedio de masa (g)	1,37			0,96			1,133			1,54			1,073			1,303			1,003			0,39			0,66		
Densidad aparente (g/cm ³)	0,36			0,28			0,32			0,44			0,23			0,30			0,22			0,25			0,29		
Desviación estándar	0,08			0,00			0,02			0,01			0,01			0,01			0,04			0,02			0,03		
Coefficiente de variación	0,06			0,00			0,02			0,01			0,01			0,00			0,04			0,05			0,04		

Nota: z = zanahoria, R = remolacha, e = escancel; 50:50 relación etanol/agua; 4h y 48h uso del etanol en las horas respectivas.

6.2 Humedad

Formula aplicada $\%Humedad = \frac{\rho_{inicial} - \rho_{final}}{\rho_{inicial}} * 100$

Ejemplificación los valores de la muestra 1

$$\%H = \frac{(0,13644 - (24,04370 - 23,91260))}{0,13644} * 100$$

	muestra 1(z50:50)	muestra 1(z50:50)	muestra 2(z4h)	muestra 2(z4h)	muestra 3(z48h)	muestra 3(z48h)	muestra 4(R50:50)	muestra 4(R50:50)	muestra 5(R4h)	muestra 5(R4h)	muestra 6(R48h)	muestra 6(R48h)	muestra 7(e50:50)	muestra 7(e50:50)	muestra 8(e4h)	muestra 8(e4h)	muestra 9(e48h)	muestra 9(e48h)
Capsula vacía	23,91	23,77	23,95	31,01	23,04	22,97	23,28	23,54	53,61	45,68	27,88	28,44	22,66	23,37	51,80	50,09	51,88	47,14
Capsula + muestra	0,14	0,12	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,15	0,10	0,11	0,11	0,12	0,10	0,11	0,11	0,10	0,11	0,10
Peso 1	24,04	23,88	23,14	31,10	24,09	23,08	23,38	23,67	53,70	45,78	27,80	28,56	22,76	23,48	51,90	50,19	51,98	47,24
Peso 2	24,04	23,88	24,05	31,10	23,14	23,08	23,38	23,67	53,70	45,78	27,98	28,56	22,76	23,48	51,90	50,19	51,98	47,24
Peso 3	24,04	23,88	24,05	31,10	23,15	23,08	23,38	23,67	53,70	45,78	27,98	28,56	22,76	23,48	51,89	50,19	51,98	47,24
Humedad (%)	3,91	5,65	8,33	8,52	4,23	7,27	8,45	13,89	4,41	4,66	5,07	6,13	5,01	3,80	6,05	5,78	5,73	5,16
Promedio (%)	4,78		8,43		5,75		11,17		4,54		5,60		4,41		5,92		5,45	
Desviación Estándar	1,23		0,13		2,15		3,85		0,18		0,76		0,85		0,19		0,40	
Coefficiente Variación	0,26		0,02		0,37		0,34		0,04		0,13		0,19		0,03		0,07	

Nota: z = zanahoria, R = remolacha, e = escancel; 50:50 relación etanol/agua; 4h y 48h uso del etanol en las horas respectivas.

6.3 Solubilidad.

Formula aplicada

$$\%S = 100 \frac{\text{peso de sólidos en el sobrenadante} * 4}{\text{peso de la muestra}}$$

Ejemplificación los valores de la muestra 3

$$\%S = 100 \frac{(23,16005 - 23,04179) * 4}{0,50} = 94,60\%$$

	muestra 1(z50:50)	muestra 1(z50:50)	muestra 2(z4h)	muestra 2(z4h)	muestra 3(z48h)	muestra 3(z48h)	muestra 4(R50:50)	muestra 4(R50:50)	muestra 5(R4h)	muestra 5(R4h)	muestra 6(R48h)	muestra 6(R48h)	muestra 7(e50:50)	muestra 7(e50:50)	muestra 8(e4h)	muestra 8(e4h)	muestra 9(e48h)	muestra 9(e48h)
Capsula vacía	23,91	23,76	23,95	31,01	23,04	22,97	23,28	23,54	53,60	45,68	27,88	28,44	22,66	23,37	51,79	50,09	51,88	47,14
Capsula + muestra	0,51	0,51	0,50	0,50	0,50	0,51	0,51	0,51	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
peso final	24,03	23,89	24,08	31,13	23,16	23,09	23,38	23,65	53,72	45,79	27,98	28,55	22,78	23,49	51,87	50,17	52,00	47,25
volumen (ml)	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50
Solubilidad (%)	95,52	95,10	97,08	100,06	94,61	88,02	81,40	87,55	90,72	92,79	83,13	83,22	93,38	93,82	59,99	61,26	92,34	90,31
promedio Solubilidad (%)	95,31		98,57		91,32		84,48		91,76		83,17		93,60		60,63		91,32	
Desviación Estándar	0,30		2,11		4,66		4,35		1,47		0,06		0,31		0,90		1,43	
Coefficiente Variación	0,00		0,02		0,05		0,05		0,02		0,00		0,00		0,01		0,02	

Nota: z = zanahoria, R = remolacha, e = escancel; 50:50 relación etanol/agua; 4h y 48h uso del etanol en las horas respectivas.

6.4 Actividad de agua

Temperatura 20°C ± 2°C

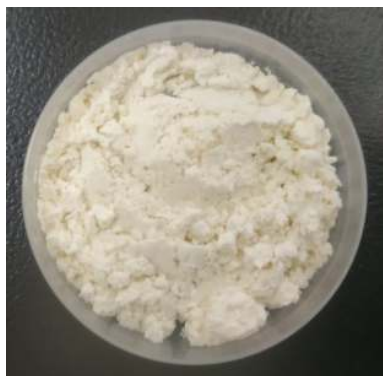
	muestra 1(z50:50)	muestra 2(z4h)	muestra 3(z48h)	muestra 4(R50:50)	muestra 5(R4h)	muestra 6(R48h)	muestra 7(e50:50)	muestra 8(e4h)	muestra 9(e48h)
Encapsulante	Maltodextrina	Maltodextrina	Maltodextrina	Maltodextrina	Maltodextrina	Maltodextrina	Maltodextrina	Maltodextrina	Maltodextrina
Aw1	0,34	0,27	0,39	0,46	0,38	0,53	0,39	0,52	0,42
Aw2	0,35	0,27	0,39	0,46	0,38	0,53	0,39	0,53	0,42
Promedio	0,35	0,27	0,39	0,46	0,38	0,53	0,39	0,52	0,42
DS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CV	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Nota: z = zanahoria, R = remolacha, e = escancel; 50:50 relación etanol/agua; 4h y 48h uso del etanol en las horas respectivas.

6.5 Color

	muestra 1(z50:50)	muestra 1(z50:50)	muestra 2(z4h)	muestra 2(z4h)	muestra 3(z48h)	muestra 3(z48h)	muestra 4(R50:50)	muestra 4(R50:50)	muestra 5(R4h)	muestra 5(R4h)	muestra 6(R48h)	muestra 6(R48h)	muestra 7(e50:50)	muestra 7(e50:50)	muestra 8(e4h)	muestra 8(e4h)	muestra 9(e48h)	muestra 9(e48h)
Encapsulante	Maltodextrina	Maltodextrina	Maltodextrina	Maltodextrina	Maltodextrina	Maltodextrina	Maltodextrina	Maltodextrina	Maltodextrina	Maltodextrina	Maltodextrina	Maltodextrina	Maltodextrina	Maltodextrina	Maltodextrina	Maltodextrina	Maltodextrina	Maltodextrina
L*	83,9	84,1	82,5	82,8	84,0	84,4	54,3	54,7	75,9	76,1	80,8	81,2	46,6	47,0	48,8	49,3	67,3	67,7
a*	5,6	2,6	7,7	8,0	9,2	9,2	28,5	28,6	7,9	7,9	5,5	5,6	27,2	27,3	-5,9	-5,9	-6,9	-6,9
b*	22,3	25,4	43,0	43,6	37,1	37,6	16,6	17,0	6,9	7,1	7,5	7,9	6,4	6,8	22,1	22,6	30,1	30,7
c*	23,0	25,6	43,7	44,3	38,3	38,7	33,0	33,3	10,5	10,6	9,3	9,7	27,9	27,5	22,9	23,3	30,9	31,5
H*	14,0	13,8	10,2	10,4	13,9	13,8	59,8	59,2	48,8	48,0	36,3	35,2	76,7	75,9	345,1	345,4	347,1	347,3

Nota: z = zanahoria, R = remolacha, e = escancel; 50:50 relación etanol/agua; 4h y 48h uso del etanol en las horas respectivas.

Apéndice 7: Imágenes de colorantes obtenidos en polvo.

Zanahoria (etanol/agua)



Zanahoria etanol 4h



Zanahoria etanol 48h



Remolacha etano/agua



Remolacha etanol 4h



Remolacha etanol 48 h



Escancel etano/agua



Escancel etanol 4h



Escancel etanol 48 h