

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

## FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS



“EXTRACCIÓN DE COLORANTES NATURALES, ANTOCIANINA Y LUTEÍNA, A PARTIR DE *Raphanus sativus L.* (Rabanito) FRESCO Y DESHIDRATADO PARA SU USO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

# T E S I S

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Presentada por el Bachiller:

**RAMIRO CASTILLO SILVA**

Asesores:

Ing. EDUARDO MARCIAL RODRÍGUEZ DÍAZ

Ing. M. Sc. FANNY LUCILA RIMARACHÍN CHÁVEZ

Cajamarca – Perú

2023



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"  
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
Secretaría Académica



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

En la ciudad de Cajamarca, a los dieciocho días del mes de enero del año dos mil veintitrés, se reunieron en el ambiente **2H - 204** de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 378-2022-FCA-UNC, de fecha 01 de diciembre del 2022**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: "**EXTRACCIÓN DE COLORANTES NATURALES, ANTOCIANINA Y LUTEÍNA, A PARTIR DE *Raphanus sativus* L. (RABANITO) FRESCO Y DESHIDRATADO PARA EL USO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA**", realizada por el Bachiller **RAMIRO CASTILLO SILVA** para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las doce horas y treinta minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciséis (16); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las trece horas y cuarenta minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

  
Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones  
PRESIDENTE

  
Ing. M. Cs. Ramiro Salazar Salazar  
SECRETARIO

  
Dr. José Gerardo Salhuana Granados  
VOCAL

  
Ing. M. Sc. Fanny Lucila Rimarachin Chávez  
ASESOR

  
Ing. Eduardo Marcial Rodríguez Díaz  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

A Dios, y a mi querido padre Mario como testimonio de mi gratitud y eterno cariño, quien con mucho sacrificio y dedicación supo cultivar en mí, un espíritu perseverante para poder conseguir mis metas trazadas; a ti padre mi agradecimiento infinito.

A mi madre Ninfa y a mi hermana Emelina, como muestra de mi más tierno y puro amor por su valioso apoyo y comprensión durante el transcurso de mi carrera profesional.

A mi novia Paola y mis hijas Brianna y Mia como esperanza de un futuro prometedor.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios es mi agradecimiento por lo que vivo cada mañana, por las oportunidades, así como la fuerza para afrontar los retos que en mi vida he encontrado, por haberme dado unos padres maravillosos que me han apoyado, y que con sus enseñanzas y ejemplos han sabido forjar en mí el espíritu de seguir adelante.

Expreso mi especial agradecimiento a mis Asesores al Ing. Eduardo Marcial Rodríguez Díaz y la Ing. Fanny Lucila Rimarachín Chávez, por sus enseñanzas y valiosos aportes científicos para desarrollar el presente trabajo de investigación.

A mis familiares y a aquellas demás personas que han colaborado de diversas maneras en la ejecución de esta investigación.

Y por estos años de aprendizaje, le agradezco a la Universidad Nacional de Cajamarca por su excelencia académica universitaria impartida.

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>x</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xi</b>
<b>CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Formulación del problema.....	2
1.2 Objetivos de la investigación.....	2
1.3. Hipótesis de la investigación .....	3
<b>CAPÍTULO II REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Antecedentes de la investigación.....	4
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	4
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	5
2.1.3. Antecedentes locales .....	6
2.2 Bases teóricas.....	6
2.3 Definición de términos básicos.....	22
<b>CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>23</b>
3.1. Localización de la investigación.....	23
3.2. Variables de la investigación.....	23
3.3 Diseño de la investigación.....	23
3.4 Método de la investigación.....	26
3.5 Población y muestra .....	26
3.6 Unidad de análisis .....	26
3.7 Técnicas e instrumentos de recopilación de Información .....	26
3.8 Técnicas de procesamientos y análisis de la información .....	27
3.9 Equipos, materiales e insumos.....	28
3.10 Procedimiento del trabajo de investigación.....	29

<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>42</b>
4.1 Presentación de resultados y discusión .....	42
<b>CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>57</b>
5.1 Conclusiones .....	57
5.2 Recomendaciones y Sugerencias .....	57
<b>CAPÍTULO VI LITERATURA CITADA .....</b>	<b>59</b>
<b>CAPÍTULO VII ANEXOS .....</b>	<b>64</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Estructura de las principales antocianinas .....	8
<b>Tabla 2</b> Composición nutricional de rábano por cada 100 g.....	20
<b>Tabla 3</b> Tratamientos en estudio.....	25
<b>Tabla 4</b> Técnicas e instrumentos de recopilación de información.....	27
<b>Tabla 5</b> Equipos .....	28
<b>Tabla 6</b> Porcentaje de colorante en 10 g de rabanito usando los 3 métodos de extracción	42
<b>Tabla 7</b> Análisis de varianza para el porcentaje de colorante en 10 g de rabanito.o .....	43
<b>Tabla 8</b> Método de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) con una confianza de 95 %.....	44
<b>Tabla 9</b> Método de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) con un 95 % de confianza .....	45
<b>Tabla 10</b> Concentración de antocianina en estado fresco y deshidratado .....	46
<b>Tabla 11</b> Análisis de varianza para la concentración de Antocianina.....	47
<b>Tabla 12</b> Método de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) y con el 95 % de confianza.....	48
<b>Tabla 13</b> Método de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) con una confianza del 95 %.....	49
<b>Tabla 14</b> Concentración de Luteína en estado fresco y deshidratado.....	51
<b>Tabla 15</b> Análisis de varianza para la concentración de Luteína.....	51
<b>Tabla 16</b> Método de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) y una confianza del 95 % .....	52
<b>Tabla 17</b> Método de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) y una confianza de 95 % .....	53
<b>Tabla 18</b> Relación de variables.....	54
<b>Tabla 19</b> Rendimiento teórico obtenido del método de extracción por difusión en estado fresco.....	55
<b>Tabla 20</b> Prueba patrón para la cuantificación del colorante obtenido del método de extracción por difusión en estado deshidratado .....	55
<b>Tabla 21</b> Matriz de consistencia de la investigación.....	64
<b>Tabla 22</b> Extracción por prensado en estado fresco (tratamiento 1).....	68
<b>Tabla 23</b> Extracción por prensado en estado deshidratado (tratamiento 2).....	68
<b>Tabla 24</b> Extracción Soxhlet en estado fresco (tratamiento 3).....	68
<b>Tabla 25</b> Extracción por difusión en estado fresco (tratamiento 5).....	69
<b>Tabla 26</b> Extracción por difusión en estado deshidratado (tratamiento 6).....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Estructura y sustituyentes de las antocianinas .....	7
<b>Figura 2.</b>	Ruta General de biosíntesis de las Antocianinas.....	9
<b>Figura 3</b>	Espectro de disoluciones de antocianina a diferentes valores de pH.s.....	10
<b>Figura 4</b>	Estructura química de Luteína .....	13
<b>Figura 5</b>	Equipo de extracción Soxhlet .....	14
<b>Figura 6</b>	Interacciones de antocianinas.....	18
<b>Figura 7</b>	Flujograma de métodos de extracción en rabanito fresco .....	29
<b>Figura 8</b>	Rabanitos para ser procesados .....	30
<b>Figura 9</b>	Lavado de rabanito .....	31
<b>Figura 10</b>	Tratamiento termico de rabanito .....	31
<b>Figura 11</b>	Proceso de extracción por prensado (a) Mezcla de la muestra, (b) Formado del precipitado .....	32
<b>Figura 12</b>	Equipo Soxhlet (a) para extracción de Antocianina, (b) para extracción de Luteína.....	33
<b>Figura 13</b>	Proceso de extracción por difusión (a) Mezcla de la muestra, (b) Formado del precipitado .....	33
<b>Figura 14</b>	Proceso de centrifugación (a) para Antocianina, (b) para Luteína.....	34
<b>Figura 15</b>	Reposo de los extractos en soluciones buffers. (a) Antocianina, (b) Luteína.....	35
<b>Figura 16</b>	Determinación de la absorbancia de las muestras de Antocianina y Luteína diluidas en disoluciones Buffers. (a) colocación de las muestras en las celdas de cristal para la lectura del espectrofotómetro, (b) lectura de las muestras en el espectrofotómetro a longitudes de onda de 476, 538 nm. ....	35
<b>Figura 17</b>	Envasado de colorante fresco.....	36
<b>Figura 18</b>	Flujograma de métodos de extracción en rabanito deshidratado.....	37
<b>Figura 19</b>	Muestra biológica (rabanito).....	38
<b>Figura 20</b>	Lavado de la muestra.....	38
<b>Figura 21</b>	Proceso de deshidratado, (a) Antocianina, (b) Luteína .....	40
<b>Figura 22</b>	Envasado de colorante deshidratado .....	41
<b>Figura 23</b>	Porcentaje de colorante de rabanito bajo tres métodos de extracción .....	45
<b>Figura 24</b>	Estados del rabanito para la extracción de colorantes .....	46

<b>Figura 25</b>	Contenido en mg de Antocianina en rabanito, bajo tres métodos de extracción.....	49
<b>Figura 26</b>	Estados del rabanito para la extracción en mg de Antocianina.....	50
<b>Figura 27</b>	Contenido en mg de Luteína de rabanito bajo tres métodos de extracción	52
<b>Figura 28</b>	Estados del rabanito en la extracción en mg de Luteína.....	53
<b>Figura 29</b>	Relación de variables y eficiencia del método de difusión.....	54

## RESUMEN

Las pruebas experimentales se realizaron en el Laboratorio de Frutas y hortalizas de la Escuela académico profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, ambiente 2H-109, los análisis fisicoquímicos se realizó en el Laboratorio de Química Analítica del Departamento Académico de Ciencias Químicas y Dinámicas, en el ambiente 1E- 209, de la Universidad Nacional de Cajamarca. La finalidad de esta investigación fue la extracción de los colorantes naturales: Antocianina y Luteína a partir de rabanito fresco y deshidratado, usando tres métodos de extracción. La investigación es experimental, de enfoque cuantitativo y de diseño correlacional simple, conducida bajo un diseño factorial 3E X 2B. Los resultados más relevantes que se obtuvieron fueron: mediante el método de prensado en estado fresco se obtuvo 0.1564 mg de Antocianina; por el método Soxhlet en estado fresco se obtuvo 0.3089 mg de Antocianina; y por el método de difusión en estado fresco se obtuvo 0.4809 mg de Antocianina, mediante el método por prensado en estado deshidratado se obtuvo 0.1252 mg de Antocianina, el método Soxhlet en estado deshidratado no se realizó debido la reacción de Maillard, y por el método de difusión en estado deshidratado se obtuvo 0.2063 mg de Antocianina, por el método de prensado en estado fresco se obtuvo 0.0072 mg de Luteína, por el método Soxhlet en estado fresco se obtuvo 0.0099 mg de Luteína, y por el método de difusión en estado fresco se obtuvo 0.0300 mg de Luteína, en el método por prensado en estado deshidratado se obtuvo, 0.0051 mg de Luteína, el método Soxhlet no se realizó debido a la reacción de Maillard, y por el método de difusión en estado deshidratado se obtuvo 0.0121 mg de Luteína; se realizaron tres repeticiones para cada tratamiento con una frecuencia de 10 minutos por tratamiento. Se concluye que el rendimiento teórico para la Antocianina y Luteína es 5.109 %, obtenidos del método de extracción por difusión en estado fresco; siendo este el más eficiente para obtener el mayor porcentaje de colorante, la cantidad de Antocianina y Luteína de rabanito deshidratado da valores de 4.06% y 0.089% respectivamente.

**Palabras clave:** Antocianina, Luteína, método de extracción, rabanito fresco, rabanito deshidratado.

## ABSTRACT

The experimental tests were carried out in the Fruit and Vegetable Laboratory of the Professional Academic School of Food Industries Engineering, room 2H-109, the physicochemical analyzes were carried out in the Analytical Chemistry Laboratory of the Academic Department of Chemical and Dynamic Sciences, in the environment 1E-209, of the National University of Cajamarca. The purpose of this research was the extraction of natural colorants: Anthocyanin and Lutein from fresh and dehydrated radish, using three extraction methods. The research is experimental, with a quantitative approach and a simple correlational design, conducted under a 3E X 2B factorial design. The most relevant results obtained were: by means of the fresh pressing method, 0.1564 mg of Anthocyanin was obtained; by the Soxhlet method in the fresh state, 0.3089 mg of Anthocyanin was obtained; and by the diffusion method in the fresh state, 0.4809 mg of Anthocyanin was obtained, by means of the method by pressing in the dehydrated state, 0.1252 mg of Anthocyanin was obtained, the Soxhlet method in the dehydrated state was not carried out due to the Maillard reaction, and by the method of diffusion in the dehydrated state 0.2063 mg of Anthocyanin was obtained, by the fresh pressing method 0.0072 mg of Lutein was obtained, by the Soxhlet method in the fresh state 0.0099 mg of Lutein was obtained, and by the diffusion method in the fresh state 0.0300 mg of Lutein was obtained, in the method by pressing in the dehydrated state, 0.0051 mg of Lutein was obtained, the Soxhlet method was not carried out due to the Maillard reaction, and by the diffusion method in the dehydrated state 0.0121 was obtained. mg Lutein; Three repetitions were performed for each treatment with a frequency of 10 minutes per treatment. It is concluded that the theoretical yield for Anthocyanin and Lutein is 5.109%, obtained from the diffusion extraction method in the fresh state; being this the most efficient to obtain the highest percentage of dye, the amount of Anthocyanin and Lutein of dehydrated radish gives values of 4.06% and 0.089% respectively.

Keywords: Anthocyanin, Lutein, extraction method, fresh radish, dried radish.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El ser humano ha desarrollado una mayor tendencia hacía el consumo de alimentos naturales en su búsqueda de contar con buena salud, sin embargo, no todos los alimentos se pueden ofertar con su aspecto natural, pues al momento de decidir por un determinado alimento, el aspecto de este tiene un papel muy relevante; es así que, a algunos alimentos se les añade colorantes para darle color o resaltar el color natural que tiene, por ejemplo, a los guisantes, las conservas, las salsas, entre otros (Feique, 2006).

Los colorantes son aditivos químicos que se adicionan a los alimentos con el fin de hacerlos más atractivos para el consumidor y mientras más coloreado, transformado o elaborado sea un producto, mayor cantidad de aditivos tendrá. Esto sucede normalmente con las golosinas, los refrescos, los aperitivos, los postres industriales, chicles, helados, siropes, pasteles, los productos de confitería, los platos preparados, las salsas, los productos lácteos y de charcutería y salazones, surimi, huevas de pescado, condimentos, sopas deshidratadas, y bebidas alcohólicas (Voss, 2006).

Los colorantes naturales presentan el problema de que su color puede cambiar con el uso de ácidos, u otras sustancias; por ello es que mayormente, la industria alimenticia usa colorantes artificiales, pues poseen gran solubilidad en el agua, lo que le da una facilidad de uso normalmente en forma líquida. En otras ocasiones pueden ser utilizados como sales sódicas (Sánchez, 2013). Empero, hay alimentos como las carnes, a los que solo se le puede añadir colorantes naturales; cada vez más, hay una inclinación mayor por el uso de aditivos naturales en el afán de cuidar la salud; colorantes como la clorofila, los carotenos, las antocianinas, el beta-caroteno y la riboflavina son inocuos, y su uso en los alimentos es recomendado (Sánchez, 2013).

Los colorantes naturales son derivados de diversas especies vegetales, como el *Raphanus Sativus L.* (rabanito), el cual se cultiva a lo largo de todo el Perú y usualmente se consume en ensaladas, estofados, tartas, entre otros; y además puede usarse como una fuente de colorante debido a su pigmento rojo y a su alto contenido de antocianina y luteína (Casseres, 1980). El colorante de rábano rojo se puede obtener a partir de la pulverización, esterilización y secado del colorante, así como de la purificación, filtración, extracción y concentración, conteniendo a la antocianina como su ingrediente

principal; asimismo, una de las ventajas del colorante de este fruto, a pesar de encontrarse por un periodo de tiempo bajo la luz no pierde sus propiedades. Asimismo, posee gran resistencia a la variación temperatura; y es utilizable en bebidas con sabor a fruta, en algunas bebidas heladas, en condimentos, en dulces, en conservas, en mermeladas, en pasteles, en salsas, y otros productos (Albee, 2012). Al ser el rábano un fruto que contiene múltiples minerales y vitaminas, de fácil asimilación, y cuyo colorante presenta diversas ventajas, es que, en la presente investigación se pretende extraer los colorantes naturales, Antocianina y Luteína, de dicho fruto para su uso en la industria alimentaria.

## **1.1 Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema General**

¿Cuáles son los procesos de extracción de colorantes naturales, Antocianina y Luteína, ¿a partir de *Raphanus sativus L.* (rabanito) fresco y deshidratado para su uso en la industria alimentaria?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- a) ¿Cuáles son los métodos de extracción de colorantes naturales, antocianina y luteína, a partir de *Raphanus sativus L.* (rabanito) fresco y deshidratado para su uso en la industria alimentaria?
- b) ¿Cuál es la relación de la extracción de colorantes naturales antocianina y luteína y *Raphanus sativus L.* (rabanito) fresco y deshidratado para su uso en la industria Alimentaria?

## **1.2 Objetivo de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo General**

Determinar los procesos de extracción de colorantes naturales, Antocianina y Luteína, a partir de *Raphanus sativus L.* (rabanito) fresco y deshidratado para su uso en la industria alimentaria.

### **1.2.3. Objetivos Específicos**

- a) Determinar los métodos de extracción de los colorantes naturales, Antocianina y Luteína, a partir de *Raphanus sativus L.* (rabanito) fresco y deshidratado para su uso en la industria alimentaria.

- b) Determinar la relación de la extracción de colorantes naturales antocianina y luteína y *Raphanus sativus L.* (rabanito) fresco y deshidratado para su uso en la industria Alimentaria.

### 1.3 Hipótesis de la investigación

#### 1.3.1. Hipótesis General:

**Ha:** La extracción de colorantes naturales, Antocianina y Luteína, a partir de *Raphanus sativus L.* (rabanito) fresco y deshidratado es eficientemente significativa para su uso en la industria alimentaria.

**Ho:** La extracción de colorantes naturales, Antocianina y Luteína, a partir de *Raphanus sativus L.*(rabanito) fresco y deshidratado no es eficientemente significativa para su uso en la industria alimentaria.

#### 1.3.2. Hipótesis Específicas:

**HEa:** El método de extracción de colorantes naturales, Antocianina y Luteína, a partir de *Raphanus sativus L.* (rabanito) fresco y deshidratado es eficientemente significativo para su uso en la industria alimentaria.

**HEo:** El método de extracción de colorantes naturales, Antocianina y Luteína, a partir de *Raphanus sativus L.* (rabanito) fresco y deshidratado no es eficientemente significativa para su uso en la industria alimentaria.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales.

Ozaeta (2015), en su investigación, se planteó como objetivo la obtención y evaluación de diversos extractos de cáscara de rabanito rojo, ello para detectar metabolitos secundarios que poseen propiedades cromóforas ácido-base. La investigación es mixta, porque consiste en recopilar, analizar e integrar tanto investigación cuantitativa y cualitativa, con un diseño experimental, para lo cual se extrajeron de la cáscara del rabanito algunos pigmentos antociánicos que fueron usados como un indicador natural ácido-base. La conclusión que tuvo esta tesis es referente a los metabolitos secundarios usados y su porcentaje de rendimiento de acuerdo al indicador ácido-base y la variable de operación que obtuvo un valor de 12,96 % para un pH 3 y una extracción de 3 h, por otro lado para un pH 4 se obtuvo un valor de 13 94 % y una extracción de 3 h; así también se obtuvo para un pH 3 un valor de 21 02 % y la extracción de 6 h, finalmente se obtuvo para las muestras a un pH 04 un valor de 23 053 % y la extracción de 6h ; de acuerdo al análisis de varianza, existe una dependencia significativa respecto al tiempo de extracción por maceración dinámica a reflujo del rendimiento de la extracción de los pigmentos antociánicos. Por otro lado, la cianidina-3,5-glucósido, presente en la cáscara del rabanito, fue el pigmento antociánico mayoritario respecto a la Luteína.

Herrera y Rodríguez (2016), en su investigación realizada en Colombia, realizó la evaluación de los extractos de antocianinas y flavonoles respecto a su rendimiento; los cuales fueron obtenidos por medio del uso de 2 métodos: asistida por microondas usando etanol puro como único solvente y por extracción Soxhlet, de acuerdo a condiciones concretas de operación. Obtuvo propiedades como el tipo de solvente a utilizar, temperatura de secado, el pH y liofilizado del fruto. La caracterización se efectuó mediante reacción ácido-base y el ensayo Shinoda para el reconocimiento cualitativo de las antocianinas y los flavonoles correspondientemente, así mismo se usó

el análisis espectrofotométrico para el reconocimiento cuantitativo. Se concluyó que el mayor contenido de antocianinas, haciendo uso del método de extracción, es por solventes Soxhlet, obteniendo un resultado de 110.5 mg de cianidin-3-glucósido/100 g de fruta, usando la materia prima previamente liofilizada.

Chávez (2014), en su investigación realizada en México, evaluó la estabilidad ante el pH, la temperatura y la luz, de las antocianinas obtenidas a partir del camote morado, el rábano y la campanilla roja. La investigación es experimental, y constó de tres etapas: caracterización de la muestra, pruebas de estabilidad y aplicación del colorante a los alimentos. Respecto a la determinación de la concentración de antocianina, el método utilizado fue: pH-diferencial. Se concluyó que, de los extractos obtenidos de los tres frutos, tuvo mayor estabilidad fue del rábano, además fue el que tuvo menores +cambios de color. Asimismo, a través del análisis de varianza se determinó que no existía contraste significativo entre las antocianinas remanentes de las tres muestras. Y al aplicar los extractos en bebidas y gelatinas, se determinó que las antocianinas se pueden usar en alimentos con pH ácido, este estudio aporta a la tesis en mención a tener una certeza del uso de pH ácido en alimentos (p. 19).

### **2.1.2. Antecedentes nacionales.**

Muñoz (2019), en su investigación realizada en Lima, determinó que emplear un preparado enzimático tiene efecto en la extracción de antocianinas en la etapa de pre tratamiento de los orujos de uva. Asimismo, realizó un diseño factorial y estudió la influencia de parámetros tales como el porcentaje del color polimérico, así como la intensidad de colorante que existe en la cantidad de antocianinas monoméricas extraídas. La conclusión de esta investigación muestra que existieron las mejores condiciones de trabajo a una temperatura de 40 °C se obtuvo 10 mg/L de enzimas en un período de 60 minutos. Asimismo, dentro de la etapa de extracción, qué es la que continúa al pretratamiento enzimático se obtuvo una solución de etanol al 25 % (v/v) en un período de 60 minutos, el aporte del autor a mi

estudio me sirvió para controlar los tiempos en el tratamiento para tener un colorante con mayor concentración.

Córdova y Roque (2015), en su investigación realizada en Lima, extrajo y cuantificó, por acción biocatalítica, la luteína del fruto denominado tomate de árbol; además, extrajo y cuantificó el  $\beta$ -caroteno y licopeno por hidrólisis enzimática y solventes orgánicos. La investigación es experimental, en la cual realizó un análisis fisicoquímico, acondicionó la materia prima, la hidrolizó y finalmente cuantificó la luteína mediante un Cromatógrafo Líquido. Los resultados mostraron que el tratamiento con mejores resultados para la extracción de luteína fue a 30 °C por 4 h, con la relación sustrato: enzima de 1:16. (p. 6).

### **2.1.3. Antecedentes locales**

Mejía (2016), se planteó como objetivo la determinación de antocianinas en las frambuesas haciendo uso de etanol como solvente aplicando temperaturas de 80 °C, 60 °C y 35 °C, con períodos de una hora y de media hora para la extracción. La investigación es experimental; cuyo proceso consistió en triturar, extraer y filtrar la frambuesa, para luego determinar las antocianinas con el método de pH diferencial. Se concluyó que se obtiene mayor concentración de antocianinas a temperatura de 80 °C, en un periodo de media hora para el proceso de extracción (0,939 mg/g de fruta fresca), es decir que dicha temperatura y tiempo son las mejores condiciones para la extracción de antocianinas.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1. Definición Antocianinas**

El término Antocianina fue acuñado por Marquet en el año 1835, cuando se estaba refiriendo a los pigmentos de las flores de tonos azules. Sin embargo, años después se reveló que otros colores como: el violeta, púrpura, magenta, rojo, y rosado, se debe a pigmentos semejantes a las antocianinas de Marquet (Lock, 1997).

Las Antocianinas son conocidos como pigmentos que forman parte de la familia de los flavonoides y se hallan presentes en diversos frutos, vegetales, y flores, las cuales les proporcionan color como: azul, rojo y morado (Vásquez, 2016).

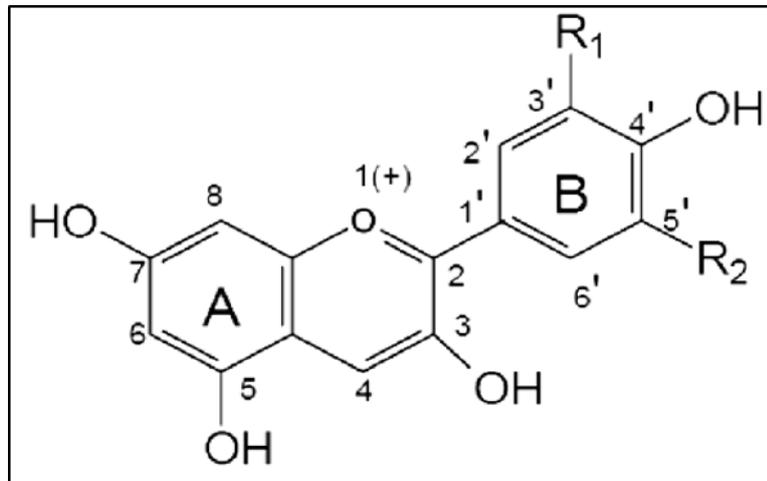
Los frutos que contienen mayor cantidad de antocianinas son las uvas, fresas, cerezas, peras, manzana, calabaza roja, olivo negro, repollo morado, camote, tomatillo, papa, y el rábano, entre otros (Lock, 1997).

### 2.2.1.1. Estructura química

Referente a su estructura química son clasificados dentro del grupo de los flavonoides, tienen una composición de dos anillos aromáticos. Asimismo, estas antocianinas son glucósidos de las antocianidinas, además de la variación que existe en la estructura del anillo B, y se forman otras 6 antocianidinas (Garzón, 2008).

#### Figura 1.

*Estructura y sustituyentes de las antocianinas*



Fuente: Durst y Wrolstad (2001)

**Tabla 1.***Estructura de las principales antocianinas*

	Sustitución		$\lambda$ Max (nm) espectro visible
	R1	R2	
Pelargonidina	H	H	494 (naranja)
Cianidina	OH	H	506 (naranja-rojo)
Delfinidina	OH	OH	508 (azul-rojo)
Peonidina	OCH3	H	506 (naranja-rojo)
Peninidina	OCH3	OH	508 (azul-rojo)
Malvidina	OCH3	OCH3	510 (azul-rojo)

*Fuente:* Durst y Wrolstad (2001).

De acuerdo al número de grupos hidroxilo y a la orientación del metoxilo de la molécula es que se puede definir el color de las antocianinas. Por otro lado, al existir aumentos en la hidroxilación generan movimientos hacia colores azules. Por otro lado, el aumento de metoxilaciones genera tonos rojos. Es por ello que siempre las antocianinas presentan en la naturaleza cambios o sustituciones glicosídicas las cuales aumentan la solubilidad en las posiciones 3 y/o 5 con mono, di o trisacáridos. Por otro lado, la glucosa, rutinosa, galactosa, soforosa, se hallan en algunos de los sacáridos glicosilantes. Existe otra variación a nivel estructural conocido como la acilación que son generados de los residuos de azúcares con ácidos orgánicos. Algunos de estos ácidos pueden ser: alifáticos, tales como: acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), málico ( $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5$ ) u oxálico ( $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ ); por otro lado, están los aromáticos, tales como: gálico ( $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_5$ ), cafeico ( $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$ ). (Garzón, 2008).

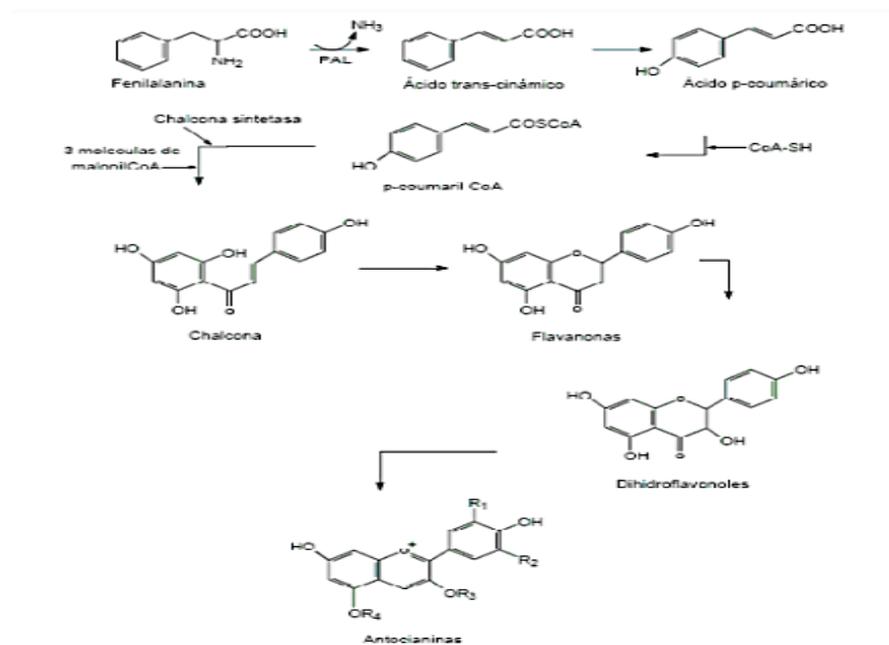
### 2.2.1.2. Biosíntesis de las Antocianinas

Experimentalmente se ha establecido que al anillo A de las Antocianinas se debe sintetizar por el camino del ácido malónico, teniendo en cuenta que se debe condensar con tres moléculas de malonil-CoA, por otro lado, se debe sintetizar por la ruta de ácido shikímico al anillo B. Además, se sabe que quien da paso a la fenilalanina es el ácido shikímico, todo esto por acción de una fenilalanina amonía liasa (PAL), y después se transforma en ácido p-

coumárico por la pérdida de NH<sub>3</sub>. Luego en una reacción de condensación, participa el p-coumaril-CoA, formando una chalcona de 15 C con las tres moléculas de malonil-CoA, reacción propiciada por una chalcona sintetasa. Por otro lado, en una reacción catalizada por una chalcona isomerasa, el compuesto intermedio de 15 C es convertido en una flavanona. Finalmente, por una reacción de hidroxilación en el carbono 3 seguida por una deshidratación es transformada en la correspondiente antocianidina. Es así que se genera estabilidad por glicosilación del heterociclo en la molécula de antocianidina; en ella existe la intervención de una glicosil transferasa, lo que genera reacciones posteriores de metilación de los hidroxilos seguidas de acilaciones (Garzón, 2008).

**Figura 2.**

*Ruta General de biosíntesis de las Antocianinas*



*Fuente:* Delgado y Vargas (2000).

### 2.2.1.3. Factores químicos que determinan el color y estabilidad de las Antocianinas

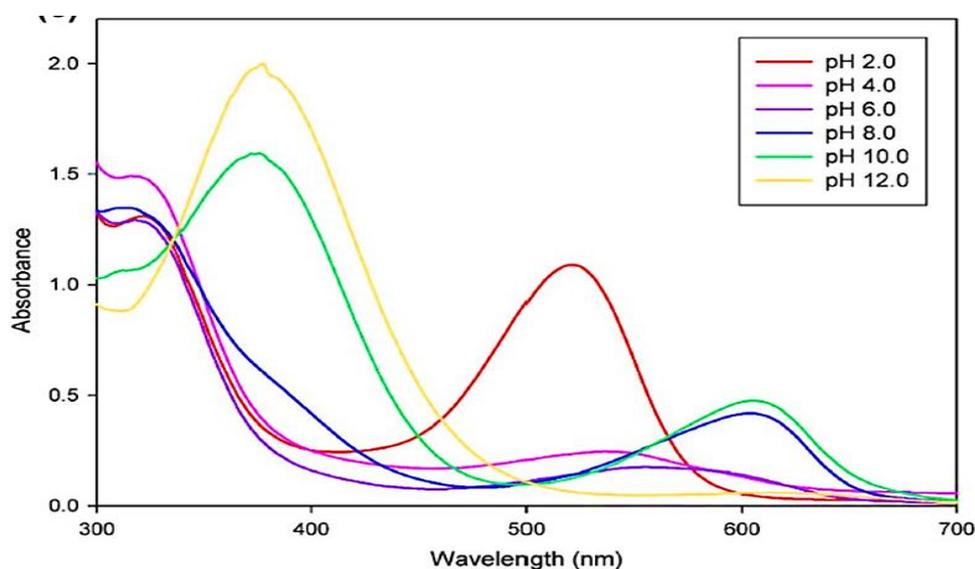
Pueden sustituir a los colorantes artificiales, pero su uso es limitado ya que poseen una baja estabilidad en el proceso y su almacenamiento. Asimismo, intervienen diversos componentes en la estabilidad del

pigmento; tales como: el pH, su estructura química, la presencia de ácido ascórbico y oxígeno, además de la actividad de agua, la temperatura y su concentración, la luz, entre otros (Garzón, 2008).

- **Efecto del pH:** se refleja en la estructura y estabilidad de las antocianinas; ya que, el efecto protector sobre la molécula lo brinda la acidez que tiene. Además, se conoce que el pH tiene una valoración de 2 en soluciones acuosas y que el 100% del pigmento se localiza con mayor estabilidad de catión flavilio (<sup>+</sup>) el cual posee un color rojo intenso. En casos donde el valor de pH es superior, se da la pérdida del protón y adición de agua en la posición 2, generando un equilibrio entre el hemiacetal (B) o conocido como la pseudobase carbinol (CH<sub>3</sub> OH) y la de cadena abierta o forma de chalcona. Por otro lado, tanto la chalcona como el hemiacetal, son bastante inestables y de formas incoloras, cuando los valores de su pH son mayores a 7, presentan formas quinoideas que tienen una coloración púrpura y con rápida degradación debido a la oxidación con el aire (Hutchings, 1999).

**Figura 3.**

*Espectro de disoluciones de antocianina a diferentes valores de pH.*



*Fuente:* Andrea (2011).

- **Temperatura:** La temperatura influye en que las Antocianinas se degraden; si bien, las convenciones de estructura de las Antocianinas son conocidas como reacciones endotérmicas, exponerla a valores térmicos por

sobre los 60 °C provoca su degradación de acuerdo a la cinética de primer orden (Fennema, 2000).

- **Efecto del oxígeno y el ácido ascórbico:** en las Antocianinas, el efecto degradativo del ácido ascórbico y el oxígeno está asociado, pudiendo causar pérdidas significativas de Antocianinas (Garzón, 2008). Asimismo, Rein (2005), sostiene que por reacción directa con oxígeno las Antocianinas pueden oxidarse, o mediante la oxidación indirecta, lo cual conlleva a la obtención de productos de coloración incolora o marrón.

- **Tiempo:** tiene influencia con menor frecuencia en la extracción, ya que en estos momentos se labora con tiempos amplios porque debe coexistir un periodo conveniente para que el soluto genere dispersión íntegramente a la superficie y de esa manera hallar una mejor relación con el solvente (Centeno, 2003).

- **Agua:** Se considera al agua por su acción de atacar al catión y lograr actuar como nucleófilo formando de tal manera una base incolora de carbón y. a pesar de ello, existen variaciones en esta degradación la cual dependerá de la cantidad de azúcares y su concentración, así como de la copigmentación; ya que existe una intervención de la molécula de agua a través de una reacción que genera el deterioro de las Antocianinas y por ello lo recomendable es eliminarlas con el fin de disminuir las probabilidades de un ataque al catión Flavilio (+) por parte del nucleófilo. (Zapata, 2014).

- **Luz:** a las Antocianinas se les afecta de dos maneras: por medio de la luz. Una de ellas es a través de la biosíntesis y el proceso de aceleración para su degradación, así también se sabe que existe una preservación del color en las antocianinas cuando se encuentran en la oscuridad (Fennema, 2000), por lo cual es necesario salvaguardar, no solo del oxígeno sino también de la luz todo aquello que contienen Antocianinas.

#### **2.2.1.4. Extracción de antocianinas**

Las Antocianinas se logran obtener de diversas fuentes de origen animal o vegetal. La extracción sólido-líquido es el método de extracción más común, así también, la extracción es una técnica de purificación y separación para apartar una sustancia de una mezcla líquida o sólida, a través del uso de un disolvente. El proceso de extracción pasa por 3 períodos: existe una disolución del soluto en el disolvente y luego el soluto se propaga hasta la superficie del sólido, y finalmente existe una migración desde la superficie del sólido, pasando también por el grueso de la disolución (Vásquez, 2016).

Por otro lado, en agua, bajo punto de ebullición para suministrar su posterior separación y alta capacidad de solvatación hacia la sustancia que se realizará la extracción (Peña 2006 et al., 2006).

Hay diversos componentes que afectan en la extracción de Antocianinas, tal como: el área de interfase sólido-líquido o tamaño de partícula, ya que la disminución del tamaño de partícula aumenta la rapidez de extracción; y la selección del solvente, el cual es definido por la distribución química del material a extraer, por ello es importante considerar: baja tensión superficial suministra la humectación de los sólidos, las propiedades físicas, la poca viscosidad ayuda en la difusión en el disolvente y la baja densidad accede la conservación de una masa pequeña de disolvente en el sólido extraído, y la estabilidad térmica en el procesamiento (Vásquez, 2016).

#### **2.2.2. Luteína**

El término Luteína proviene del latín luteum (huevo) luteus (amarillo), un pigmento amarillo-naranja de la familia de los carotenoides, el cual está presente en la yema de huevo, maíz, flores de caléndula, y en los vegetales de hoja verde (Escalona, 2004). La luteína es un carotenoide, un tipo de vitamina que se encarga de dar pigmento a los alimentos y de protegerlos del sol (Hontoria, 2019). También se le denomina xantofila; es muy abundante en la naturaleza, lo encontramos en muchas plantas, en las hojas verdes

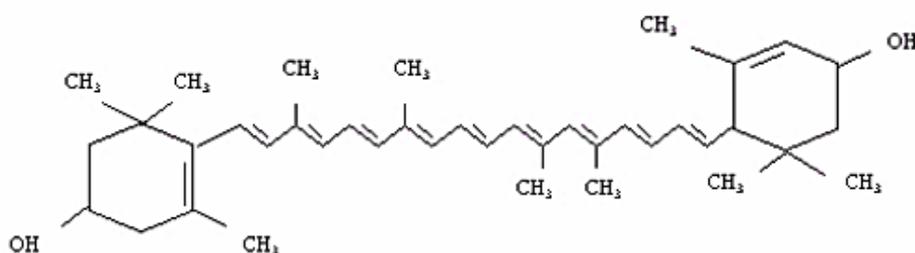
(Primo, 2007). La Luteína es un potente antioxidante, y aporta muchos beneficios para la salud, sobre todo para la visión (Arellano, 2011). Según Cenzano y Vicente (2000), la Luteína se obtiene por extracción con la ayuda de solventes, tales como el dióxido de carbono supercrítico, cuyo uso es cada vez mayor, ya que no es inflamable y no daña al medio ambiente (Arellano, 2011).

### 2.2.2.1. Estructura química

Los carotenoides son tetraterpenos de 40 átomos de carbono con 8 unidades isoprenoides, que se invierten en el centro. Los carotenoides se dividen en carotenos y xantofilas, los cuales son derivados oxigenados. La luteína es una xantofila de fórmula  $C_{40}H_{56}$  (Escalona, 2004).

#### Figura 4.

*Estructura química de Luteína.*



*Fuente:* Escalona (2004).

### 2.2.2.2. Factores que afectan su estabilidad

La extracción de Luteína requiere un proceso riguroso, ya que es susceptible a factores como: temperatura, luz, pH, oxígeno, agua, y tiempo (Córdova y Roque, 2015).

#### - Extracción de Luteína

Los métodos tradicionales para la extracción de componentes bioactivos desde plantas, incluyen: la destilación por vapor y la extracción con solventes orgánicos (maceración o técnicas Soxhlet). Específicamente los pigmentos carotenoides son compuestos liposolubles, que normalmente se extraen con solventes orgánicos tales como: acetona, éter de petróleo,

benceno, hexano, éter dietílico, cloroformo, etanol y metanol (Park et al., 2007).

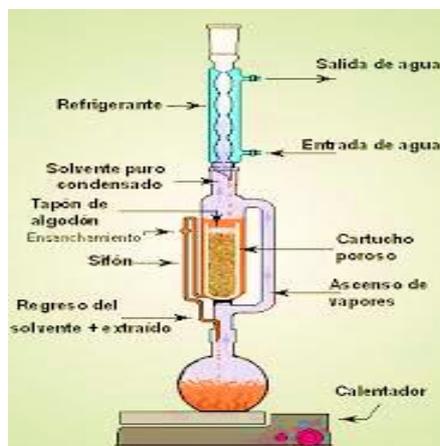
### 2.2.3. Métodos y procesos de extracción

**2.2.3.1. Atributos Extracción por prensado:** El prensado es el método más utilizado desde antaño, consiste en someter a presión un producto. Valderrama y Aravena (1994), refiere que los procesos de prensado y de extracción por solvente pueden ser combinados para optimizar el rendimiento. De modo que se puede usar solo el prensado o extraer con solvente solo, o bien prensado seguido por una extracción con solvente. El proceso de extracción con agua, ha sido desechado debido a los excesivos gastos de energía.

**2.2.3.2. Extracción por circulación (Soxhlet):** Esta técnica utiliza un flujo continuo de disolvente orgánico mediante una disolución acuosa que contiene la mezcla a separar. Si el disolvente es volátil se recoge mediante destilación y condensación. El método de extracción varía de acuerdo a la densidad de la fase orgánica; si está menor que el agua, el disolvente orgánico se introduce gota a gota en la fase acuosa mediante un sistema de inmersión y se pasa a un matraz lateral por rebose, si el disolvente orgánico es más denso que la fase acuosa, se adiciona este, desde la parte superior mediante goteo y se va separando al matraz lateral a través de un sistema de vasos comunicantes (Valcárcel y Gómez, 1988).

**Figura 5.**

*Equipo de extracción Soxhlet.*



*Fuente:* Nuñez (2008).

**2.2.3.3. Extracción por difusión:** en este proceso el disolvente se agrega puro o en mezclas definidas, y esto constituirá la fuerza impulsora para la transferencia de materia; la extracción puede ser una sólida y otra líquida. En este proceso hay una fase que se enriquece en los principios, denominada extracto y otra que se empobrece denominada marco refinado, ello depende si la extracción sólido-líquido o una extracción líquido-líquido (Ferraro et al., 2015).

#### 2.2.4. Colorantes

Un colorante es una sustancia usada como aditivo en un alimento para darle un determinado color en un procesado industrial (Voss, 2006). Existen colorantes artificiales y naturales; estos últimos son extraídos de minerales, animales o vegetales (Sánchez, 2013).

Entre los colorantes naturales se distinguen los solubles en agua, los liposolubles, hidrosolubles, los solubles en la grasa, y los minerales (Voss, 2006). Los más usados son:

- **Curcumina (E100):** color naranja amarillento, extraído de la raíz de la cúrcuma; se usa en refrescos, mermeladas, mantequillas, quesos, y en productos de pastelería y panadería (Voss, 2006).

Riboflavina, lactoflavina o B2 (E101): es el color amarillo fluorescente; se obtiene de la levadura de cerveza, se usa en salsas, verduras, sopas, productos lácteos, pastas (Voss, 2006).

- **Cochinilla (E120):** es el color rojo carmín; se obtiene de la cochinilla; se usa en vinos de frutas, licores, golosinas, refrescos, confituras, etc. (Voss, 2006).

- **Caramelo (E150):** es el color marrón; se obtiene mediante el calentamiento de azúcar o almidón; se usa en golosinas, cerveza, bebidas alcohólicas, cola, chocolate, bollería, cereales, y pan (Sánchez, 2013).

- **Betanina (E162):** es el color rojo oscuro; se obtiene de la remolacha mediante extracción y prensado. Se usa en productos de pastelería, salsas, yogur, chicles. Son anticancerígenos (Sánchez, 2013).

- **Antocianos (E163):** son colores entre rojo y violeta azulado; se obtiene de las moras, frambuesas, fresas, uvas, grosellas, maíz negro, rábano, entre

otros. Se usa en confituras, bebidas, productos lácteos, y helados (Voss, 2006).

- **Clorofilas (E140 y 141):** es el color verde; se extrae de las plantas verdes. Se usa en confituras, chicles, dulces, licores, verduras, etc. (Sánchez, 2013).

- **Carotenoides (E160):** es el color naranja amarillento, se obtiene de la zanahoria, las algas u otros vegetales, se estabiliza con ácido ascórbico; y se usa en margarinas, mantequillas, mayonesa, quesos, postres, helados, y mazapán (Sánchez, 2013).

- **Xantofilas (E161):** es color naranja; se obtiene de la yema de huevo, ortiga, alfalfa, y del aceite de palma; se utiliza en condimentos, salsas, pasteles, golosinas, galletas (Sánchez, 2013).

#### **2.2.4.1. Propiedades colorantes**

Una de las peculiaridades de calidad en un alimento es el color. Actualmente, una práctica común es colorear los alimentos; y existen, diversos colorantes sintéticos y naturales; pese a que los sintéticos exhiben diversas ventajas, hay tendencia hacia el consumo de pigmentos coloreados conseguidos de origen animal de materias primas, fundamentalmente vegetal y mineral.

Por tal razón, las antocianinas se les puede definir como colorantes, cuyas características sensoriales impactan positivamente en los alimentos (Zapata, 2014). Debido a las propiedades terapéuticas y farmacológicas que posee la Antocianina, ha aumentado el interés en sus pigmentos así como el efecto que genera en el Paso del sistema digestivo hacia el sistema circulatorio logrando influir en la prevención de enfermedades coronarias así también de problemas de circulación dificultades neurológicas y cancerígenas así como la diabetes y otras enfermedades que generan inflamación por otro lado se utiliza para tener una agudeza visual óptima y para una mayor capacidad cognitiva (Zapata, 2014).

#### **2.2.4.2. Uso de colorantes naturales de origen vegetal en la industria alimentaria**

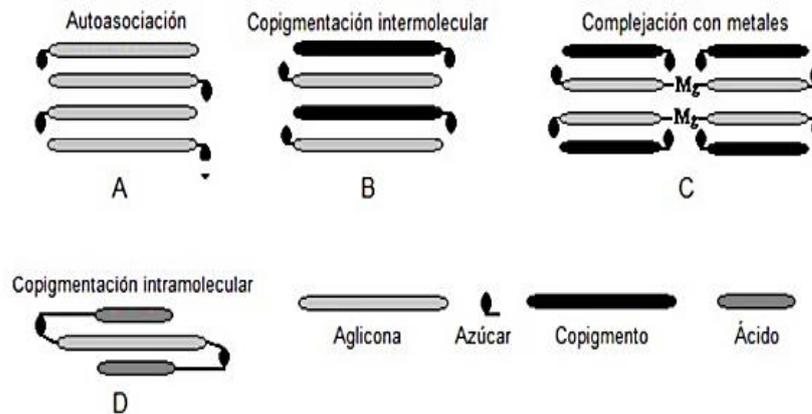
Flores et al. (2018). Utilizaron antocianinas extraídas de las hojas de uña de gato (*Uncaria tomentosa*) combinados con maíz morado (*Zea mays* L.) para crear una bebida funcional y luego de determinar el contenido de antocianina y su capacidad antioxidante, evaluaron los productos en dos temperaturas de almacenamiento y llegaron a la conclusión de que este tipo de bebidas presentan características organolépticas y sensoriales adecuadas y proponen este tipo de bebidas para la industria alimentaria. Según el autor, las antocianinas aportan color y tienen propiedades funcionales ideales para utilizarse en productos alimenticios, ya que el uso de estos pigmentos es un factor determinante cuando buscamos algún producto alimentario ya que estos producen sensaciones y complementan su estética con la gama de colores que producen las antocianinas, además, hay una alta exigencia de las personas de consumir pigmentos de fuentes naturales que garanticen seguridad y calidad, y sustituir los colorantes sintéticos, por ello la investigación propone las antocianinas extraídas de las rosas porque representan una buena alternativa para la industria alimentaria, ya sea que se usen de forma concentrada o el polvo y utilizarlas para diversos tipos de alimentos como bebidas, jaleas, mermeladas, etc.

#### **2.2.4.3. Copigmentación**

La Copigmentación se realiza en una condición de pH ácido (Zapata, 2014), y puede acontecer por medio de distintas relaciones. Los mecanismos más significativos son: formación de complejos de metales, copigmentación intramolecular, copigmentación intermolecular autoasociación y (Zapata, 2014).

## Figura 6.

### *Interacciones de antocianinas.*



*Fuente.* Rein (2005).

Una sugerencia para la copigmentación intermolecular es que los complementos y las Antocianinas los cuales podrían ser compuestos fenólicos o flavonoides sin color, los cuales poseen una interacción mediante interacciones hidrofóbicas muy débiles, así como de enlaces de hidrógeno los cuales forman complejos. Si puede producir esta clase de copigmentación con el catión de Flavio ( $^+$ ) así también con las formas que posee la Antocianina a nivel de base quinonoid (Rein, 2005). Cabe mencionar que, Se deben encontrar opciones para la copigmentación para que de esa manera exista una evasión al ataque nucleófilo de agua hacia el catión Flavilio ( $^+$ ), y de esa manera logrando impedir que se realice la decoloración en este pigmento antociánico. Entre las alternativas podría considerarse mantener una alta concentración de Antocianinas para aumentar las posibilidades de autoasociación, o bien incorporar algún compuesto que actúe como copigmento (Zapata, 2014).

### 2.2.5. Rabanito

El rábano (*Raphanus sativus* L.) es una hortaliza de raíz, es una planta Brassicaceae originaria de Japón; es de raíz gruesa y carnosa, cuya piel es de color rosado, rojo, blanco u oscuro; de lámina lobulada con uno a tres pares de segmentos laterales y tiene hojas pecioladas, basales (Casimir, 2001).

### 2.2.5.1. Morfología y taxonomía

En relación a la morfología y taxonomía del rábano, el Ing. Octavio Reyes postula lo siguiente:

**Nombre científico:** *Raphanus sativus* L.

**Origen:** Europa y Asia

**Planta:** anual o bienal

- **Sistema radicular:** muy variable en cuanto a la forma y al tamaño, raíz carnosa y gruesa, de piel blanca, pardo-oscuro o rosada, roja y a veces manchada de diversos colores.

- **Tallo:** se prolonga consiguiendo una altura de 0,50 a 1 m en el momento que florece la planta, de color glauco.

- **Hojas:** con 1 a 3 pares de segmentos laterales de borde irregular, glabras o con unos pocos pelos hirsutos, pecioladas, basales, de lámina lobulada, las hojas caulinares son menos lobuladas y dentadas que las basales y un tanto pubescentes.

- **Flores:** ascendentes, en racimos grandes y abiertos; sépalos erguidos, acomodadas sobre pedicelos delgados, pétalos rosados o amarillentos y casi siempre blancos, con un estilo delgado y estigma ligeramente lobulado, con nervios violáceos o púrpura; 6 estambres libres.

- **Fruto:** cada fruto posee de 1 a 10 semillas que se encuentran en un tejido esponjoso, así también tiene una silícula de 3-10 cm de longitud, esponjoso, con un pico largo, indehisciente (Reyes, 2018).

### 2.2.5.2. Variedades

Giaconi y Escaff (1998), refieren que existen dos variedades: rábanos (cuyas raíces son grandes, de forma cilíndrica, ovalada, achatada y esférica; de piel roja, blanca, grisácea, de primavera, de verano, de otoño); y rabanitos (el cual es conocido como rabanito francés, y se cultiva en cualquier época del año).

### 2.2.5.3. Valor nutricional

Los rábanos contienen alto contenido de agua, tiene propiedades antioxidantes, por lo cual ayuda a restaurar tejidos y vasos sanguíneos, y

mejora el sistema inmunológico (García, 2019); contiene alto valor en vitaminas, minerales, y propiedades nutraceuticas; contiene protidos, vitamina C, vitamina B1, vitamina A, vitamina B2 y (Africano y Pinzón 2014); minerales como: azufre, fósforo, cloro, potasio, calcio, hierro, magnesio, sodio, y yodo; además, contiene agua, grasas, proteínas, y carbohidratos (Unterladstaetter, 2000).

Por cada 100 g de materia fresca, su valor nutricional es:

**Tabla 2.**

*Composición nutricional de rábano por cada 100 g.*

<b>Componentes</b>	<b>Contenido</b>
Glúcidos	2,44 g
Prótidos	0,86 g
Vitamina A	30 UI
Vitamina B <sub>1</sub>	30 mg
Vitamina B <sub>2</sub>	20 mg
Vitamina C	24 mg
Fe	1 mg
Ca	37 mg
P	31 mg

*Fuente:* Info agro. El cultivo del rabanito.

#### **2.2.5.4. Usos de Rabanito**

Generalmente, el rábano se consume en ensaladas, encurtidos, como saborizante de pipianes (García, 2019); también se puede preparar rábano salteado, asado, estofado, al vapor, en salsa (Leyva, 2020). Además de su uso en elaboraciones gastronómicas; también es usado como colorante en bebidas, confitería, helados, gelatinas y mermeladas; el cual es obtenido de la extracción y refinamiento del rábano, cuyos componentes son pelargonidinas y antocianinas (Pigmentine, 2011).

### **2.2.5.5. Beneficios y propiedades del rábano**

Leyva (2020), señala que el rábano tiene diversas propiedades como:

- Mejora la función inmune, ya que contiene vitamina C.
- Combate la ictericia, pues asistancia en la eliminación de la abundancia de bilirrubina.
- Ayuda a combatir el estreñimiento, ya que cuenta con una gran cantidad de fibra dietética y agua.
- Ayuda en la prevención de hemorroides, debido a su función desintoxicante.
- Ayuda a mejorar las condiciones respiratorias, pues se logra eliminar el exceso de moco.
- Ayuda a proteger la salud digestiva, renal, hepática, y cardíaca.

### 2.3 Definición de Términos Básicos

- **Antocianinas:** Son pigmentos que dan colores llamativos y brillantes a flores, frutas y hojas, que van desde el rojo al violeta o azul (Herrera y Rodríguez, 2016).
- **Colorante:** Son sustancias que se añaden a un producto con el fin de cambiar o mejorar su color (Alva y Vigo, 2014).
- **Deshidratado:** es el método de eliminación de humedad; para conseguir un producto sólido y seco (Herrera y Rodríguez, 2016).
- **Difusión:** proceso de la fuerza impulsora para la transferencia de materia sólida o líquida (Ferraro et al., 2015).
- **Espectrofotometría:** Método que se basa en la relación entre absorción de luz por parte de un compuesto y su concentración (Herrera y Rodríguez, 2016).
- **Extracción:** Proceso usado para apartar un producto orgánico de una mezcla a través de un disolvente (Herrera y Rodríguez, 2016).
- **Inactivación enzimática:** Es el tratamiento térmico en un alimento para conservarlo, cuyo fin es destruir la carga microbiana que provoque el deterioro en su calidad física, química o biológica, o que origine algún tipo de perjuicio en la salud del consumidor (Castañeda, 2018).
- **Luteína:** Es un pigmento amarillo-naranja de la familia de los carotenoides (Escalona, 2004).
- **Métodos:** modo de proceder para llegar a un resultado o fin determinado o procedimiento que se sigue para conseguir algo (Valderrama y Aravena, 1994).
- **Solvente:** Líquido o gas que puede diluir o extraer otras sustancias (Herrera y Rodríguez, 2016).
- **Soxhlet:** técnica utilizada un flujo continuo de disolvente orgánico mediante una disolución acuosa que mezcla o separa. Si el disolvente es volátil se recoge mediante destilación y condensación (Valcárcel y Gómez, 1988).
- **Prensado:** es el método más utilizado desde antaño, consiste en someter a presión un producto. (Valderrama y Aravena, 1994).

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Localización de la investigación

Las pruebas experimentales se realizó en el laboratorio de Frutas y Hortalizas de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, ambiente (2H- 109), los análisis fisicoquímicos se realizó en el laboratorio de Química Analítica del Departamento Académico de Ciencias Químicas y Dinámicas, ambiente (1E- 209) de la Universidad Nacional de Cajamarca, cabe precisar que las mediciones espectrofométricas de longitud de onda se realizaron en el laboratorio de Bioingeniería y Fermentaciones Lácticas de la EAPIA. Estos laboratorios se encuentran situado en las instalaciones de la mencionada institución, a 3 km de la ciudad de Cajamarca, ubicados en el Distrito, Provincia y Región de Cajamarca cuyas características geográficas son las siguientes: altitud 2750 msnm, 7° 10' latitud sur, 78° 30' longitud este, temperatura promedio anual 14 °C, humedad relativa anual 65 % y precipitación promedio anual 650 mm.

#### 3.2 Variables de la investigación

**3.2.1. Variable Independiente:** Métodos de extracción de colorantes naturales, Antocianina y Luteína.

**3.2.2. Variable Dependiente:** Fresco y deshidratado de la materia prima.

#### 3.3 Diseño de la investigación

Experimental, de enfoque cuantitativo, y diseño correlacional simple, para la presente investigación se trabajó con un diseño factorial 3E X 2B para la comparación de dos o más tratamientos y determinar los patrones del comportamiento de las variables, según Hernández et al. (2014), usando para ello tres métodos de extracción: Prensado, Soxhlet y difusión, con tres repeticiones cada una de la materia prima en estado fresco y deshidratado, tal como se menciona en los resultados y discusiones explicados al detalle con cada método del trabajo en estudio.

## Factores y niveles

### FACTOR “E”: Métodos de Extracción.

- **E1 Extracción por prensado:** Para este método se utilizó 20 g de rabanito previamente inactivados y cortados en trozos que se colocaron en el sistema de alimentación de un licuo-extractor, y se los presionó manualmente con la ayuda de un accesorio en forma de pistón, lo cual permite el ingreso de los trozos a la cámara en donde se encuentra un disco giratorio que tiene ranuras afiladas. El contacto de los trozos de rabanito presionados con el disco produjo la liberación del jugo. La pulpa fue separada mediante un tamiz que contaba con un disco en forma de canastilla y desalojada por la fuerza centrífuga en un recinto especial. Se adicionó al extracto ácido cítrico ( $C_6H_8O_7$ ) en una relación de 1:2 al 0.20%. Para poder conseguir un pH adecuado, obteniendo como producto y resultado los colorantes de Antocianina y Luteína con un valor de 0.1564 mg (Antocianina) y de 0.0072 mg de (Luteína), por el método de prensado.
- **E2 Extracción Soxhlet:** Para este método se usó papel filtro Whatman N° 1, colocamos 10 g de muestra (rabanito deshidratado), y se envuelve formando un cartucho cerrado en ambos extremos, se coloca dentro del equipo Soxhlet. Seguido en un matraz se vierte 100 mL de agua como solvente y se acopla al equipo, se instala este sobre una cocina eléctrica y se espera que la ebullición del solvente libere vapor, el cual es condensado y pasa a través de lecho del producto, extrayendo el colorante. Este proceso se va repitiendo por recirculación del solvente hasta que el colorante de rabanito se considere agotado, obteniendo como producto y resultado los colorantes de (Antocianina) 0.3089 mg y de (Luteína) 0.0099 mg.
- **E3 Extracción por difusión:** Para realizar este método previamente se hizo una inactivación térmica de los rabanitos, luego se agregaron al vaso difusor (licuadora Oster), y se adicionó 5 mL de solvente, para lo cual se usó agua acidulada con ácido cítrico y se licuó, obteniendo como producto y resultados los colorantes de (Antocianina) 0.4809 mg y de (Luteína) 0.0300 mg de rabanito fresco.

### **FACTOR “B” Estado del rabanito.**

B1 Rabanito en estado fresco: Se usaron tres métodos de extracción: prensado, Soxhlet, por difusión, y luego del proceso se hizo lectura de la absorbancia para Antocianina y Luteína, cuya medición se realizó en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 476, 538 nm, y finalmente se envasó teniendo en cuenta el requerimiento del colorante.

B2 Rabanito en estado deshidratado: se utilizaron dos métodos de extracción: por prensado y por difusión, luego de realizar los procesos de extracción se cuantificó el colorante tanto para Antocianina y Luteína, y luego se llevó al espectrofotómetro para medir la absorción con una longitud de onda de 476, 538 nm, finalmente se envasó teniendo en cuenta el requerimiento del colorante, para el caso del colorante deshidratado se agregó sulfato de Magnesio (MgSO<sub>4</sub>), para evitar la higroscopia.

**Tabla 3.**

*Tratamientos en estudio: resultado del estudio factorial 3E X 2B = 6*

<b>Clave</b>		<b>Tratamientos</b>
1	E1	Extracción por Prensado
	B1	con rabanito fresco
2	E1	Extracción por Prensado
	B2	con rabanito deshidratado
3	E2	Extracción Soxhlet con
	B1	rabanito fresco
4	E2	Extracción Soxhlet con
	B2	rabanito deshidratado
5	E3	Extracción por Difusión
	B1	con rabanito fresco
6	E3	Extracción por Difusión
	B2	con rabanito deshidratado

Nota: E2B2 no se realizó debido a la presencia de la reacción Maillard

### 3.4 Métodos de la Investigación

#### ➤ **Métodos Generales de Investigación**

El Método de investigación será, analítico – sintético - descriptivo cuantitativo, que estudia los hechos, partiendo de la descomposición del objeto de estudio en cada una de sus partes para estudiarlas en forma individual (análisis) y luego se integran dichas partes para estudiarlas de manera holística e integral (síntesis).

#### ➤ **Métodos Particulares de investigación**

La investigación fue conducida bajo el Diseño experimental, en manipulación deliberadamente de las variables.

### 3.5 Población y muestra de la investigación

**3.5.1. Población:** se obtuvo de una parcela demostrativa de 4 metros cuadrados, con un rendimiento de 16 Kg, de rabanito *Raphanus sativus L.* (rabanito)

**3.5.2. Muestra:** Los criterios de la selección de la muestra para los métodos de extracción se usó 1Kg de *Raphanus sativus L.* (rabanito)

**3.5.3. Muestreo:** Se realizó de forma probabilística de 100g *Raphanus sativus L.* (rabanito)

**3.6 Unidades de análisis:** para el estudio se tomó en consideración 100g *Raphanus sativus L.* (rabanito)

- **Unidades de Observación:** se tomaron los resultados de la extracción de los colorantes del *Raphanus sativus L.* (rabanito)

### 3.7 Técnicas e instrumentos de recopilación de Información

#### 3.7.1. Técnicas

Según Guerrero (2019), manifiesta que son herramientas utilizadas en un estudio para ayudar al investigador a resolver el problema planteado, utilizando, escalas, listas de verificación, archivos anecdóticos, evaluaciones, encuestas, pruebas, tableros de metacognición, resúmenes, ejercicios matemáticos, cuadernos de trabajo, entrevistas diálogos debates, grabaciones, ficha de observaciones, ficha de campo, entrevistas, diálogos, debates, grabaciones, observaciones, cuestionarios, guía de Revisión documental, etc. En apoyo del aprendizaje del investigador.

### 3.7.2. Instrumento:

El instrumento utilizado fue:

- **Guía de revisión documental:** es una herramienta de investigación; ideal para estudios cuantitativos; la cual, se aleja de las formas de observación directa de los hechos; ya que, la información se recoge a través de las manifestaciones escritas, a través de una serie de datos previamente establecidas” (López y Márquez, 2020).

La información fue obtenida directamente de los antecedentes escritos por otros autores a nivel internacional, nacional y local. Para el análisis de documentos en este caso se recurrió al registro de datos con los que cuenta en la Ley de inocuidad de los alimentos, ley N° 1062, 28 de junio del año 2008, por el Ministerio de Salud y DIGESA.

**Tabla 4**

*Técnicas e instrumentos de recopilación de información*

<b>Técnicas de recopilación de información</b>	<b>Instrumentos de recopilación de información</b>
Revisión documental	Guía de Revisión documental

Nota: Esta tabla muestra las técnicas e instrumentos de recopilación de información que se ha utilizado en la investigación.

### 3.8 Técnicas de procesamientos y análisis de la información

Para el procesamiento y presentación de la información se recurrió al análisis de los resultados de las muestras que fueron aplicadas por el investigador en el laboratorio de estudio, utilizando la estadística cuantitativa y descriptiva, para calcular la extracción de colorantes naturales, antocianina y luteína, a partir de *Raphanus sativus* L. (rabanito) fresco y deshidratado para su uso en la industria alimentaria, se consideran los resultados numéricos que se obtuvieron en el laboratorio, los métodos usados en el estudio comparado en el proceso de evaluación de las muestras recopiladas por el investigador.

### 3.9 Equipos, materiales e insumos

Tabla 5

*Equipos*

Reactivos químicos	Equipos de laboratorio	Material de laboratorio	Otros
Ácido cítrico	Balanza analítica.	Beakers.	Bolsas.
Ácido ascórbico	Potenciómetro.	Tubos de ensayo.	Bandejas.
Sulfato de magnesio	Espectrofotómetro.	Embudos	Cuchillos.
	Estufa.	Pipetas.	Cápsulas de porcelana
	Termómetro	Fiolas.	
	Mechero	Frascos.	
	Bunsen.		
	Centrifuga		
	Licuada		
	Extractor.		
	Pinzas		

#### 3.9.1. Material biológico

En la investigación se orientó a evaluar los resultados de la investigación: Extracción de colorantes naturales, Antocianina y Luteína, a partir de *Raphanus sativus L.* (rabanito), fresco y deshidratado para su uso en la industria alimentaria, el estudio se trabajó con hortalizas de rabanito fresco de la variedad roja en estado Pos cosecha, Fig. 8, procedente del distrito de Baños del Inca, provincia y región de Cajamarca, sus coordenadas geográficas son: altitud 2680 msnm, 7° 9' 30" latitud sur y 78° 27' 48" longitud oeste. Se eligió la variedad mencionada por ser la de mayor producción en la zona y la que se aclimata con mayor facilidad, esto permitió la simbra de una parcela demostrativa realizando las labores culturales pertinentes obteniendo como resultado 16 Kg de *Raphanus sativus L.* (rabanito), posteriormente se utilizó 1 Kg de *Raphanus sativus L.* (rabanito) para el trabajo de investigación como muestra para los tres métodos de extracción, la hortaliza fue cosechada un día antes de su procesamiento y se almacenó a una temperatura de 0 °C, para su posterior extracción. Previo a ello se seleccionaron las raíces de acuerdo a su forma, color, época de cultivo los que presentaron un color rojo intenso y luego se clasificaron de acuerdo a su diámetro con un promedio aproximado de 23 mm.

### 3.10 Procedimiento del trabajo de investigación

#### 1. Procedimiento de trabajo en laboratorio

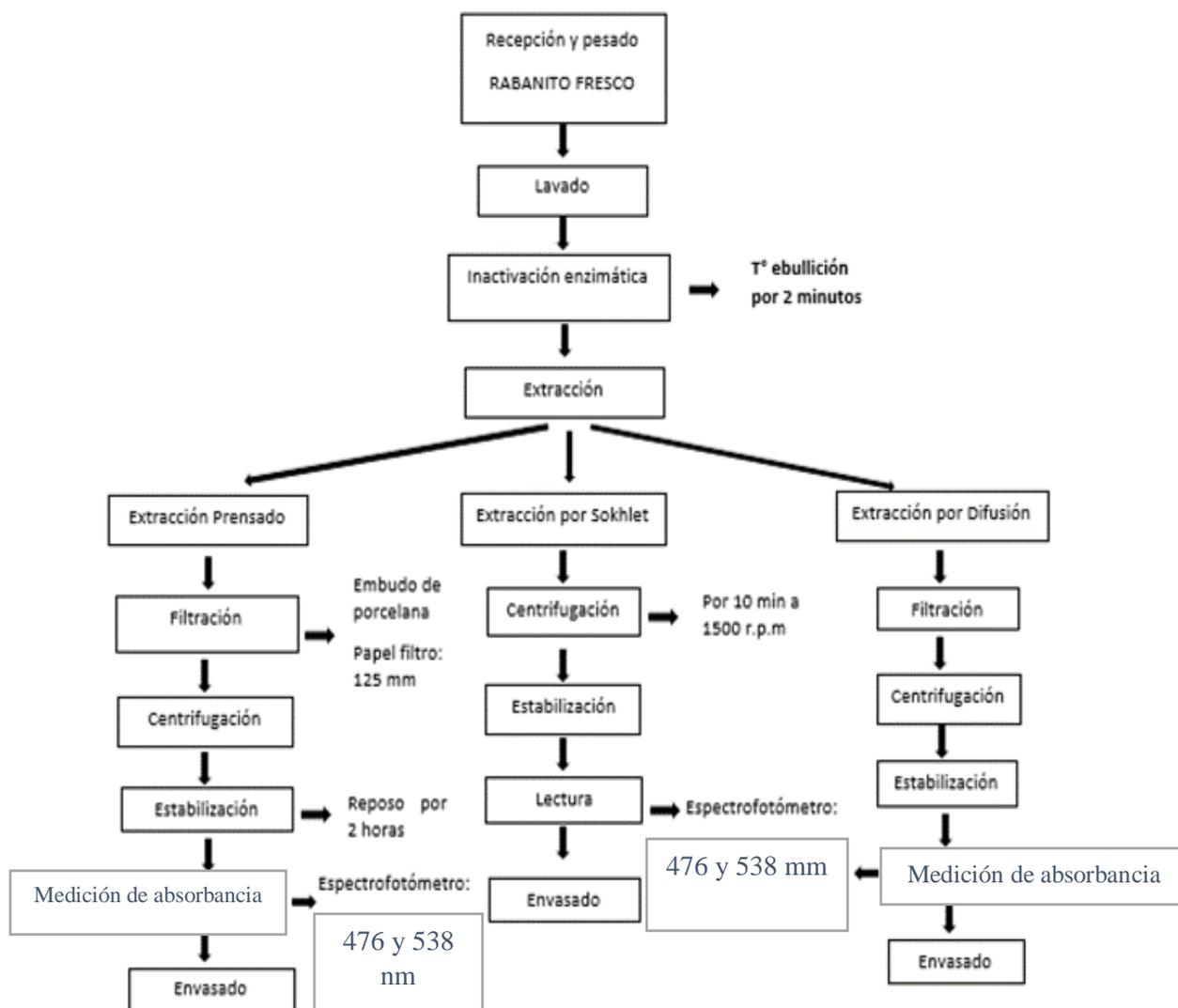


Figura 7. Flujograma de métodos de extracción en rabanito fresco.

#### 2. Proceso de extracción de Antocianina y Luteína a partir de rabanito fresco.

##### a) Inicio del proceso

- **Materia prima:** Para el estudio se trabajó con hortalizas de rabanito fresco de la variedad roja en estado pos cosecha, como se observa en la Fig. 8, procedente del distrito de Baños del Inca, provincia y región de Cajamarca. Se eligió la variedad mencionada por ser la de mayor

producción en la zona y la que se aclimata con mayor facilidad, esto permitió la siembra de una parcela demostrativa realizando las labores culturales pertinentes obteniendo como resultado 16 Kg de *Raphanus sativus* L. (rabanito), posteriormente se utilizó 1 Kg de *Raphanus sativus* L. (rabanito) para el trabajo de investigación como muestra para los tres métodos de extracción, la hortaliza fue cosechada un día antes de su procesamiento y se almacenó a una temperatura de 0 °C, para su posterior extracción. Previo a ello se seleccionaron las raíces de acuerdo a su forma, color, época de cultivo los que presentaron un color rojo intenso y luego se clasificaron de acuerdo a su diámetro con un promedio aproximado de 23 mm.



**Figura 8.** *Rabanitos para ser procesados.*

- **Lavado:** En la Fig. 9 se observa el lavado o desinfectado, se realizó con el fin de separar la suciedad que se encontraba adherida al rabanito; para ello se eliminó manualmente los tallos y se lavó con abundante agua, a fin de dejar el rabanito completamente limpio.



**Figura 9.** *Lavado de rabanitos.*

- **Inactivación enzimática:** Se empleó el método de tratamiento térmico, con el objetivo de reducir la carga microbiana del rabanito; sumergiendo en agua a la temperatura de punto de ebullición por un lapso de 2 minutos. Cabe mencionar que, si el lapso es mayor al tiempo señalado, el rabanito pierde su color.



**Figura 10.** *Tratamiento térmico de rabanito.*

- **Extracción:** Se basó en la solubilidad del colorante en determinadas sustancias. Tanto la Antocianina como la Luteína son solubles en compuestos polares como el agua, por lo tanto, se sometieron las raíces del rabanito a una extracción utilizando como solvente al agua.

## b) Procedimiento de extracción de colorantes

Para realizar la extracción de colorantes del rabanito, se usaron tres métodos de extracción:

### 1. Método de extracción de prensado en estado fresco

Este método consiste en cortar en trozos los rabanitos (10 g), colocar en el sistema de alimentación de un licuo-extractor, y se los presiona manualmente con la ayuda de un accesorio en forma de pistón, lo cual permite el ingreso de los trozos a la cámara en donde se encuentra un disco giratorio que tiene ranuras afiladas. Al contacto con los trozos de rabanito y presionados con el disco se produjo la liberación del jugo. La pulpa fue separada mediante un tamiz que contaba con un disco en forma de canastilla y desalojada por la fuerza centrífuga en un recinto especial. Se adiciona al extracto ácido cítrico ( $C_6H_8O_7$ ) en una relación de 1:2 al 0.20%. Para poder conseguir un pH adecuado como se puede evidenciar en la Fig. 11.



**Figura 11.** *Proceso de extracción por prensado (a) Mezcla de la muestra, (b) Formado del precipitado.*

### 2. Método de extracción de Soxhlet, en estado fresco

Este método consiste en colocar rabanito deshidratado (10 g), en papel filtro Whatman N° 1, envolviendo formando un cartucho cerrado en ambos extremos, se coloca dentro del equipo Soxhlet. Seguido en un matraz se vierte 100 mL de solvente y se acopla al equipo, se instala este sobre una cocina eléctrica y se espera que la

ebullición del solvente libere vapor, el cual es condensado y pasa a través de lecho del producto, extrayendo el colorante. Este proceso se va repitiendo por recirculación del solvente hasta que el colorante de rabanito se considere agotado como se denota en la Fig. 12.



**Figura 12.** Equipo Soxhlet (a) para extracción de Antocianina, (b) para extracción de Luteína

### 3. Método de extracción por difusión en estado fresco

Para realizar este método previamente se hizo una inactivación térmica de los rabanitos (10 g), luego se agregaron al vaso difusor (licuadora Oster), y se adicionó 5 mL de agua como solvente y ácido cítrico ( $C_6H_8O_7$ ), en una relación 1:2 y se licuó con la finalidad de obtener una muestra más concentrada como se muestra en la Fig. 13.



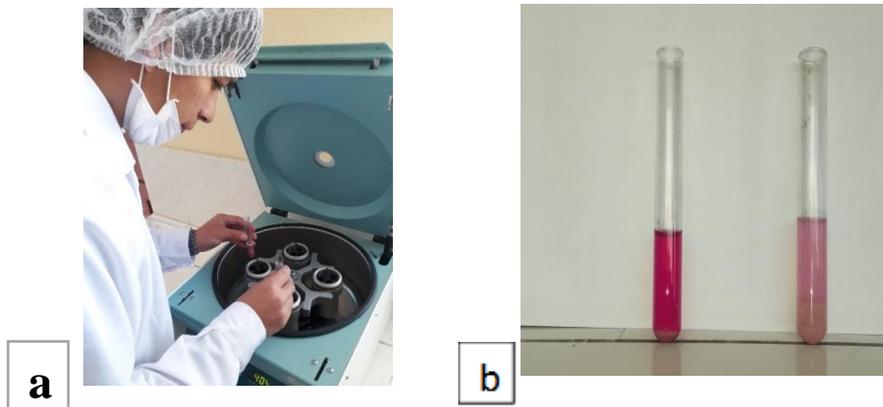
**Figura 13.** Proceso de extracción por difusión (a) Mezcla de la muestra, (b) Formado del precipitado.

**c) Filtración**

Se realizó con el objetivo de eliminar la materia sólida y obtener solo la parte líquida del extracto, para ello se utilizó un embudo Buchner con papel filtro de 125 mm de diámetro, el cual se colocó en un matraz Kitasato que a la vez se conectó a una bomba de vacío para facilitar el filtrado.

**d) Centrifugación**

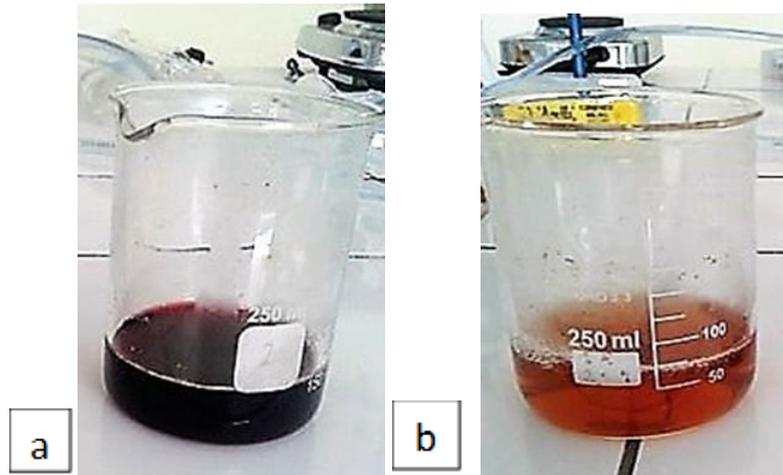
El jugo obtenido libre de pulpa en la filtración se coloca en tubos de ensayo y se centrifuga por espacio de 10 minutos a 1500 r.p.m. después se decanta para obtener el jugo puro como se evidencia en la Fig. 14.



**Figura 14.** *Proceso de centrifugación (a) para Antocianina, (b) para Luteína.*

**e) Estabilización**

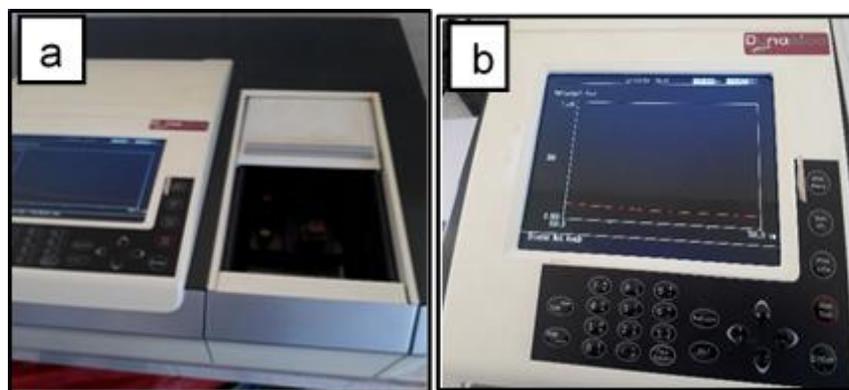
Las muestras se dejan reposar por dos horas en un ambiente oscuro y a temperatura ambiente como se puede evidenciar en la Fig. 15, básicamente esta técnica se usa para evitar la oxidación del colorante, se agregó ácido ascórbico ( $C_6H_8O_6$ ) en pequeñas cantidades (0.005 mg).



**Figura 15.** *Reposo de los extractos en soluciones buffers. (a) Antocianina, (b) Luteína*

**f) Procedimiento de lectura de la absorción de Antocianina y Luteína**

La medición se realizó en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 476 nm para Luteína, y 538 nm para Antocianina y luteína, finalmente se envasó teniendo en cuenta el requerimiento del colorante, como se muestra en los resultados y a su vez en la Fig. 16.



**Figura 16.** *Determinación de la absorbancia de las muestras de Antocianina y Luteína diluidas en disoluciones Buffers. (a) colocación de las muestras en las celdas de cristal para la lectura del espectrofotómetro, (b) lectura de las muestras en el espectrofotómetro a longitudes de onda de 476, 538 nm.*

**g) Envasado**

El envasado se hace teniendo en cuenta el requerimiento del colorante.



**Figura 17.** Envasado de colorante fresco.

### Flujograma del método de extracción

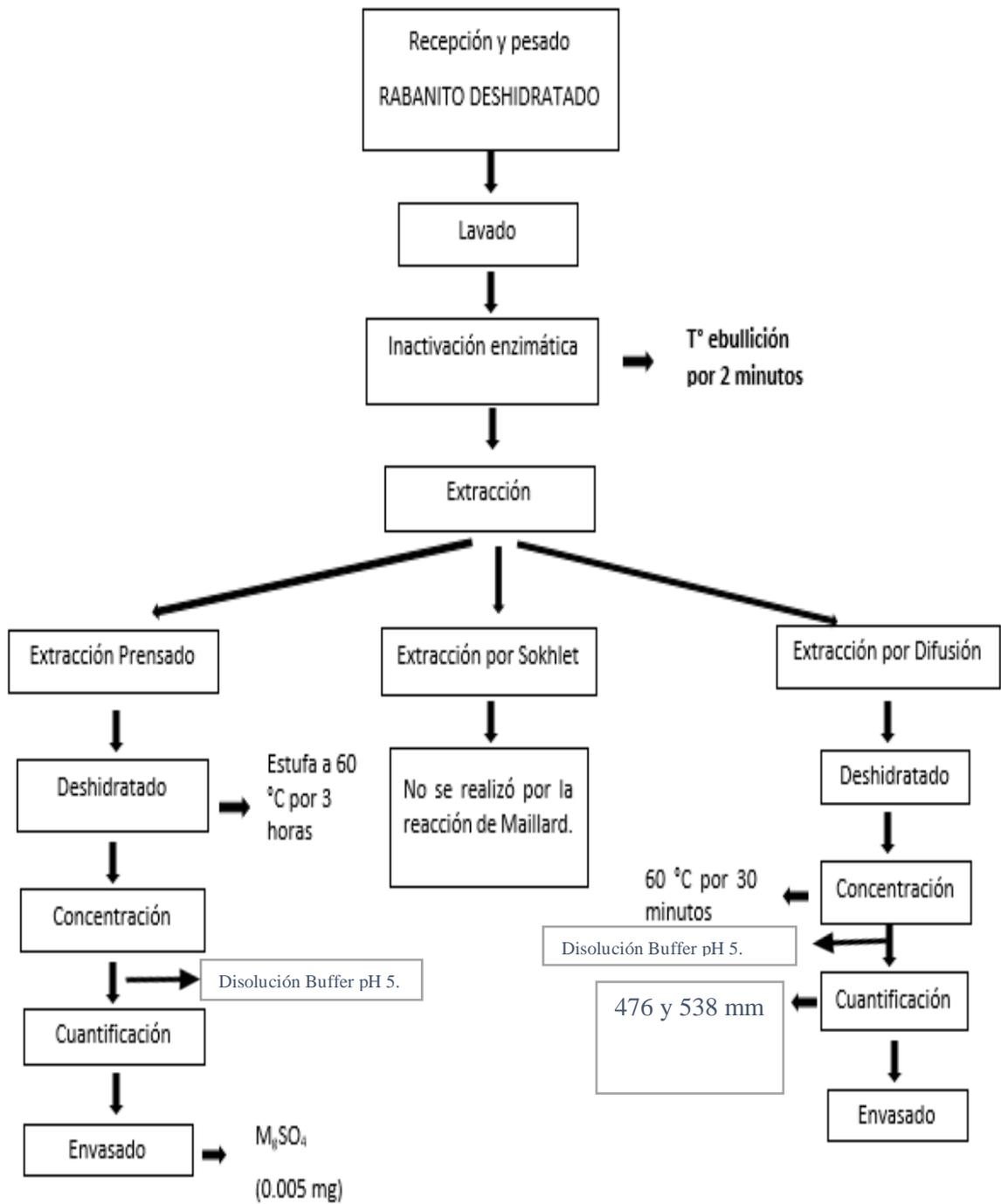


Figura 18. Flujograma de métodos de extracción en rabanito deshidratado

### 3. Proceso de extracción de Antocianina y Luteína a partir de rabanito deshidratado.

#### a) Inicio del proceso

- Como se puede evidenciar en la Figura 19, la materia prima que se utilizó *Raphanus Sativus L.* (rabanito), de la variedad roja, explicado todo el proceso de obtención en el acápite 3.9.1.



**Figura 19.** *Muestra biológica (rabanito).*

- Como segundo paso se realizó el proceso del lavado de la hortaliza con el fin de separar la suciedad que se encontraba adherida al rabanito; para ello se eliminó manualmente los tallos y se lavó con abundante agua, a fin de dejar el rabanito completamente limpio.



**Figura 20.** *Lavado de muestra*

- **Inactivación enzimática:** Se empleó el método de tratamiento térmico, con el objetivo de reducir la carga microbiana del rabanito; sumergiendo en agua a la temperatura de punto de ebullición por un lapso de 2 minutos. Cabe mencionar que, si el lapso es mayor al tiempo señalado, el rabanito pierde su color.

- **Extracción:** Se basó en la solubilidad del colorante en determinadas sustancias. Tanto la Antocianina como la Luteína son solubles en compuestos polares como el agua, por lo tanto, se sometieron las raíces del rabanito a una extracción utilizando como solvente al agua.

### **1. Método de extracción de prensado en estado deshidratado**

Se utilizó 10 g de rabanitos previamente inactivados y cortados en trozos de tamaño uniforme y se colocan en el sistema de alimentación de un licuo-extractor, estos trozos son presionados manualmente con la ayuda de un accesorio en forma de pistón, lo cual permite el ingreso de los trozos a la cámara en donde se encuentra un disco giratorio que tiene ranuras afiladas. El contacto de los trozos de rabanito presionados con el disco produce la liberación del jugo, este es conducido por una canaleta al recipiente. La pulpa es separada mediante un tamiz que cuenta con un disco en forma de canastilla y desalojada por la fuerza centrífuga en un recinto especial. Se adiciona al extracto ácido cítrico ( $C_6H_8O_7$ ), en una relación de 1:2 al 0.20%, para poder conseguir un pH adecuado.

### **2. Método de extracción de Soxhlet, en estado deshidratado**

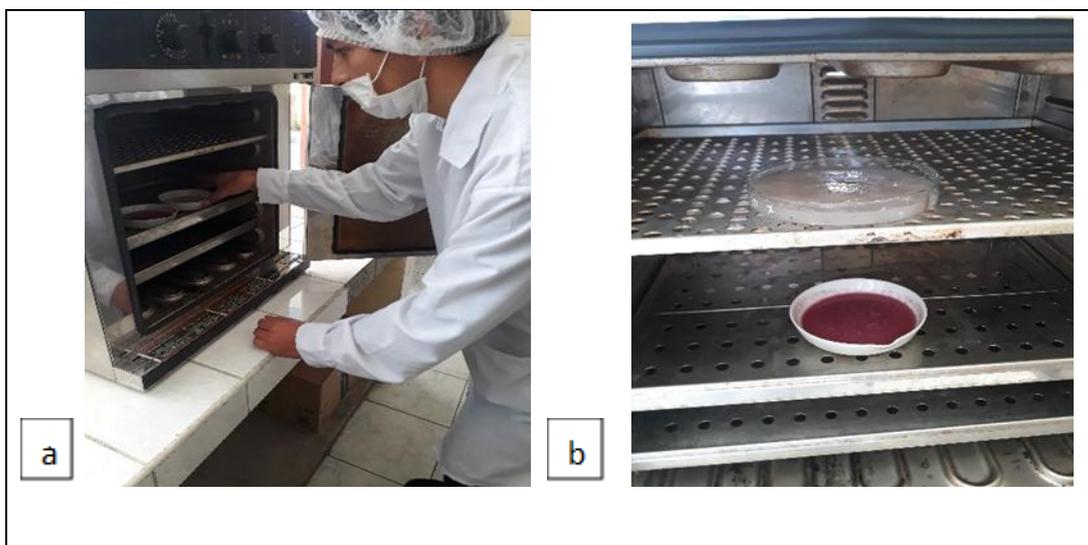
Este método de extracción Soxhlet no se pudo realizar debido a la reacción de Maillard, que técnicamente se trata de un complejo de reacciones químicas que se producen entre las proteínas y los azúcares reductores que se dan al calentarse formándose una especie de caramelizarían, lo cual impidió su deshidratado.

### 3. Método de extracción por difusión en estado deshidratado

Después del tratamiento térmico, los rabanitos son cortados en trozos pequeños y agregados al vaso difusor (licuadora Oster), el solvente es adicionado en diferentes proporciones para lo cual usamos agua acidulada con ácido cítrico ( $C_6H_8O_7$ ), y se licua. Se adiciona disolución de ácido cítrico al 0.20 % como solvente en una relación 1:2 y se licúa.

#### b) Deshidratado

La operación del deshidratado se realiza en una estufa a una temperatura de 60 °C y por un periodo de 3 horas respectivamente. Esta etapa se realizó con precaución para evitar que el rabanito sufra daños superficiales los cuales implicarían un tiempo de vida útil menos al esperado, la presencia de cloruro de calcio ( $CaCl_2$ ), favoreció la absorción del líquido evaporado permitiendo eliminar el disolvente sin que sufra degradación el colorante.



**Figura 21.** Proceso de deshidratado, (a) Antocianina, (b) Luteína.

#### c) Concentración

La concentración se efectúa en estufa a 60 °C, permitiendo eliminar el disolvente sin que sufra degradación el colorante.

**d) Cuantificación de colorante de Antocianina y Luteína:** La espectrofotometría de absorción, es la ciencia de la medición de la cantidad de radiación electromagnética absorbida a una longitud de onda en particular o una serie de longitudes de onda de 476, 538 nm.

Para medir la absorbancia del producto deshidratado se toma 0.1 g de muestra y se diluye a 100 mL con disolución buffer de pH 5 y se determina la absorbancia. La disolución buffer fue utilizada como muestra blanca, para obtener la concentración se utilizó las ecuaciones de Beer-Lambert.

**e) Envasado**

El envasado se hace teniendo en cuenta el requerimiento del colorante, como podemos observar en la Fig. 22. Para el colorante deshidratado se agrega sulfato de magnesio ( $MgSO_4$ ) con un peso de 100 % para evitar la higroscopia.



**Figura 22.** *Envasado de colorante deshidratado.*

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Presentación de resultados y discusión

##### 1. Procesos de extracción de Antocianina y Luteína a partir *Raphanus sativus* (rabanito) fresco y deshidratado. (Respuesta al objetivo general)

Las pruebas experimentales se realizó en el laboratorio de Frutas y Hortalizas de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, ambiente (2H- 109), los análisis fisicoquímicos se realizó en el laboratorio de Química Analítica del Departamento Académico de Ciencias Químicas y Dinámicas, ambiente (1E- 209) de la Universidad Nacional de Cajamarca, cabe precisar que las mediciones espectrofométricas de longitud de onda se realizaron en el laboratorio de Bioingeniería y Fermentaciones Lácticas de la EAPIA. Para realizar el proceso de la extracción de colorantes naturales de rabanito se trabajó con tres métodos de extracción considerados en los objetivos específicos y detallados a continuación:

##### 2. Determinación de los métodos de extracción de los colorantes naturales, Antocianina y Luteína, a partir de *Raphanus sativus* (rabanito) fresco y deshidratado. (Respuesta al objetivo específico a).

**Tabla 6**

*Porcentaje de colorante en 10 g de rabanito usando los 3 métodos de extracción.*

	Fresco	Deshidratado	Fresco	Deshidratado	Fresco	Deshidratado
Rep/Trat	1	2	3	4	5	6
I	0.0160	0.0121	0.0313	0	0.0510	0.0204
II	0.0104	0.0110	0.0318	0	0.0493	0.0212
III	0.0111	0.0128	0.0335	0	0.0498	0.0217

En la Tabla 6 nos muestra, el porcentaje de colorante obtenido a partir de 10 g de rabanito tanto en estado fresco como deshidratado, a la vez se puede apreciar una mayor cantidad de colorante en estado fresco y con el método de extracción de difusión.

**Tabla 7**

*Análisis de varianza para el porcentaje de colorante en 10 g de rabanito.*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MCAjust</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
<b>Extracción</b>	2	0.005064	0.002532	1562.2	0.000
Estado	1	0.003943	0.003943	2432.8	0.000
Extracción*Estad	2	0.001649	0.000825	508.79	0.000
Error	12	0.000019	0.000002		
Total	17	0.010676			

*Nota:* Coeficiente de Variación: 4.61%

Como se describe en la tabla 7, el análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de colorantes, bajo tres métodos de extracción (E) y dos estados de rabanito (B). El coeficiente de variación fue del 4.61 %, valor aceptable para los trabajos de laboratorio. Por otro lado, Ozaeta (2015), en su investigación determinó en el análisis de varianza que el rendimiento de la extracción de los pigmentos antocianínicos dependen significativamente del tiempo de extracción.

La extracción de Antocianina y Luteína se realizó utilizando agua acidulada al 0.20 %, según el diseño factorial que consideró los factores de extracción y estado, indicando que existen diferencias altamente significativas con  $p < 0,05$  para las diferentes extracciones realizadas a la muestra. Los valores que se encontraron para la Antocianina y Luteína extraídas del rabanito indican valores entre 0.0160 mg/10g por el método de prensado en estado fresco; 0.0128 mg/10g en estado deshidratado; y por el método Soxhlet se obtuvo 0.0318 mg/10g en estado fresco, para el método difusión se obtuvo 0.0510 mg/10g en estado fresco 0.0217 mg/10g en estado deshidratado. Sotomayor (2013) en un trabajo relacionado con la extracción y cuantificación de antocianina, a partir de los granos de Zea mays L. (maíz morado), utilizando para ello dos métodos de extracción difusión y Soxhlet, realizó dos ensayos donde obtuvo valores de 4,5 mg/200 g por el método de difusión y 3,5 mg/200 g por el método Soxhlet, utilizó mayor cantidad de fruto por lo que obtuvo mayor rendimiento.

**Tabla 8**

*Método de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) con una confianza de 95 %*

<b>Extracción</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
<b>Difusión</b>	6	0.0542850	<b>A</b>
<b>Prensado</b>	6	0.0205783	<b>B</b>
<b>Soxhlet</b>	6	0.0170900	<b>C</b>

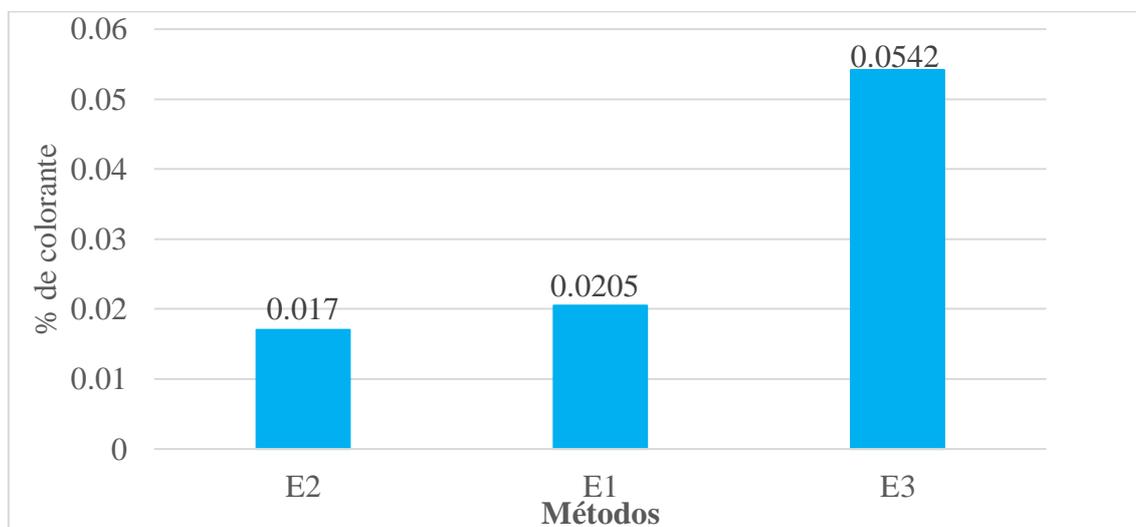
*Nota:* Las medias que no compartan una letra son significativamente diferentes.

Como se describe en la Tabla 8, el método en difusión tiene una significancia del 5 %, se concluyó que el método de extracción por difusión (E3) presenta mayor porcentaje de colorante con 0.0542 %, la cual superó estadísticamente a los otros dos métodos E1 y E2, debido a que en este método el agua acidulada es agregada antes de la extracción del colorante lo cual impide su oxidación. Además, con este método se obtuvo partículas de pulpa muy pequeñas permitiendo una mayor liberación del colorante.

El método por prensado (E1) ocupó el segundo lugar con 0.0205 %, esto se debe a que en la extracción por prensado obtenemos un jugo con una cierta turbidez y un color opaco, situando una oxidación del colorante expuesto al medio ambiente para lo cual agregamos ácido cítrico hasta una concentración de 0.20% logrando así el pH adecuado para la estabilización de la misma. El método Soxhlet (E2) ocupó un tercer lugar con 0.0170 %. Esto se da precisamente por utilizar como solvente el agua y al tener un punto de ebullición alto de unos 92 °C, aumentando así el tiempo de exposición de la materia prima, por lo consecuente se producirá una completa degradación del colorante.

**Figura 23**

*Porcentaje de colorante de rabanito bajo tres métodos de extracción.*



*Nota:* Resultados del porcentaje de colorante de rabanito bajo tres métodos de extracción.

Como se describe en la Figura 23, los resultados del método por prensado (E1) que ocupó el segundo lugar con 0.0205 %, esto se debe a que en la extracción por prensado obtenemos un jugo con una cierta turbidez y un color opaco, situando una oxidación del colorante expuesto al medio ambiente para lo cual agregamos ácido cítrico hasta una concentración de 0.20% logrando así el pH adecuado para la estabilización de la misma. El método Soxhlet (E2) ocupó un tercer lugar con 0.0170 %. Esto se da precisamente por utilizar como solvente el agua y al tener un punto de ebullición alto de unos 92 °C, aumentando así el tiempo de exposición de la materia prima, por lo consecuente se producirá una completa degradación del colorante, motivos por el cual se obtienen los resultados.

**Tabla 9**

*Método de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) con un 95 % de confianza*

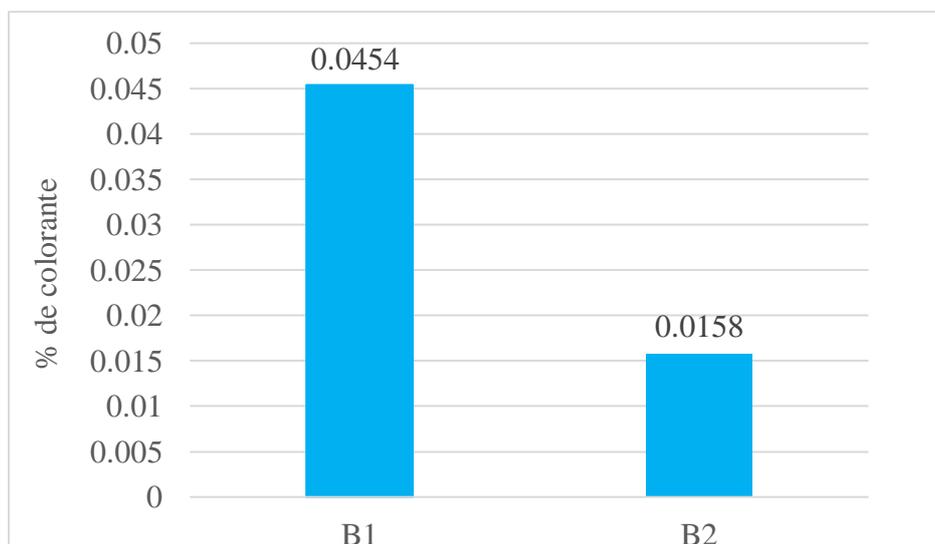
Estado	N	Media	Agrupación
Fresco	9	0.0454522	A
Deshidratado	9	0.0158500	B

*Nota:* Las medias que no compartan una letra son significativamente diferentes.

Como se describe en la Tabla 9, el rabanito en estado fresco tiene una significancia del 5 % de probabilidades, y se concluyó que el estado fresco presenta mayor porcentaje de colorante con respecto al estado deshidratado.

**Figura 24**

*Estados del rabanito para la extracción de colorantes.*



**Nota:** Estados del rabanito para la extracción de colorantes.

Como se describe en la Figura 24, la extracción de los colorantes en dos estados B1 y B2, teniendo el mayor porcentaje de extracción en el estado B1 con 0,0454.

**Tabla 10**

*Concentración de Antocianina en estado fresco y deshidratado.*

	Fresco	Deshidratado	Fresco	Deshidratado	Fresco	Deshidratado
Rep/Trat	1	2	3	4	5	6
<b>I</b>	0.1564	0.1163	0.3040	-	0.4809	0.1926
<b>II</b>	0.0977	0.1065	0.3089	-	0.4644	0.2013
<b>III</b>	0.1046	0.1252	0.3255	-	0.4683	0.2063

*Nota:* Concentración de Antocianina en estado fresco y deshidratado en las tres repeticiones.

Así mismo se describe en la Tabla 10, los resultados de los tratamientos en las tres repeticiones, de la muestra en estudio.

**Tabla 11**

*Análisis de varianza para la concentración de Antocianina.*

<b>Fuente</b>	<b>G L</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Extracción	2	0.157120	0.078560	242.68	0.000
Estado	1	0.166753	0.166753	515.12	0.000
Extracción*Estado	2	0.090345	0.045172	139.54	0.000
Error	12	0.003885	0.000324		
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>0.418102</b>			

*Nota:* Coeficiente de Variación = 8.78 %

Como se describe en la Tabla 11, el análisis de varianza (ANOVA) para la concentración de mg de Antocianina en 10 gramos de rabanito, por lo cual podemos apreciar que hay una alta significación estadística para los Métodos de Extracción (E), Estados del rabanito (B). Para la interacción se indica que hay diferencias entre los promedios de antocianina en los diferentes métodos de extracción realizados. El coeficiente de variación es de 8.78 %, es un valor bajo para las condiciones en las cuales se realizó el experimento. La concentración se realizó en la estufa a 60 °C., ya que la temperatura es muy importante; tal y como se muestra en la investigación de Mejía (2016), quien refiere que se obtiene mayor concentración de Antocianinas en temperaturas de 80 °C, con un tiempo de extracción de 30 minutos (0,939 mg/g de fruta fresca), y resalta que dicha temperatura y tiempo son las condiciones más óptimas para la extracción de antocianinas. Sin embargo, en la presente investigación solo se realizó a 60 °C con el fin de que haya degradación del colorante.

**Tabla 12**

*Método de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) y con el 95 % de confianza.*

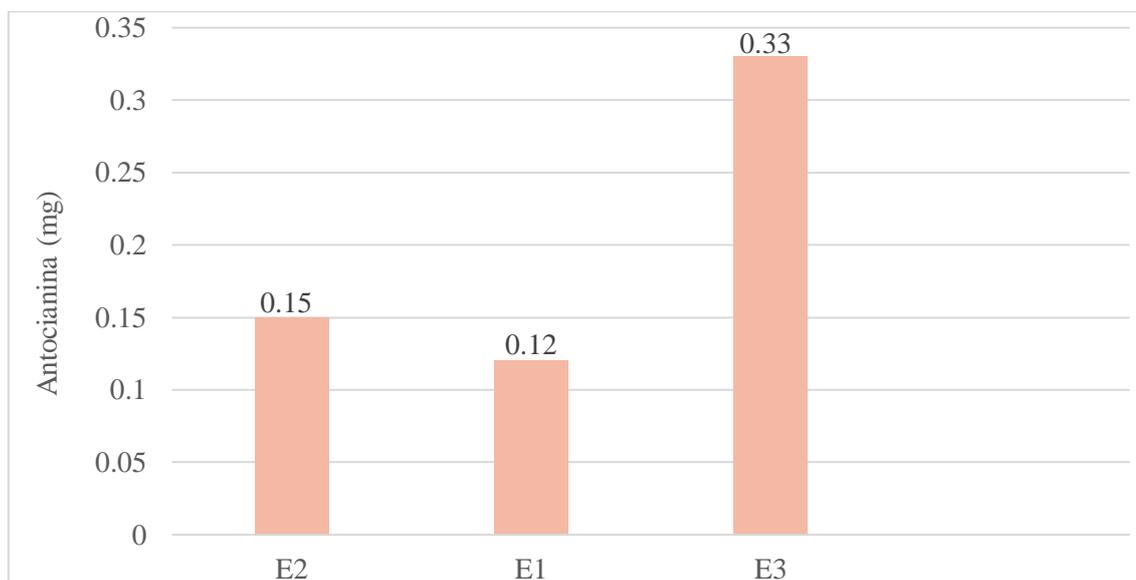
<b>Extracción</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
<b>Difusión</b>	<b>6</b>	<b>0.33563</b>	<b>A</b>
Prensado	6	0.15640	B
Soxhlet	6	0.12273	C

*Nota:* Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Como se describe en la Tabla 12, existe una significancia del 5 % de probabilidades, se concluyó que el método de extracción por difusión (E3) presenta mayor mg de Antocianina, superando estadísticamente a los otros dos métodos restantes con 0.3356 mg/10 g respectivamente. Estudios realizados por (Leiva, 2009), reportaron valores para mora azul obtenidos bajo las mismas condiciones de extracción, utilizando como disolvente etanol: agua (70:30), la concentración de Antocianinas da como resultado 93.84 mg/100 ml. A diferencia de la investigación de Herrera y Rodríguez (2016), quienes determinaron que el método de extracción del que se obtiene mayor contenido de antocianinas es por solventes Soxhlet con un valor de 110.5 mg de cianidin-3-glucósido/100 g de fruta.

**Figura 25**

*Contenido en mg de Antocianina de rabanito, bajo tres métodos de extracción.*



Así mismo, en la Figura 25, tenemos los resultados de Antocianina en mg, que se obtuvieron utilizando el ANOVA

**Tabla 13**

*Método de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) con una confianza del 95 %*

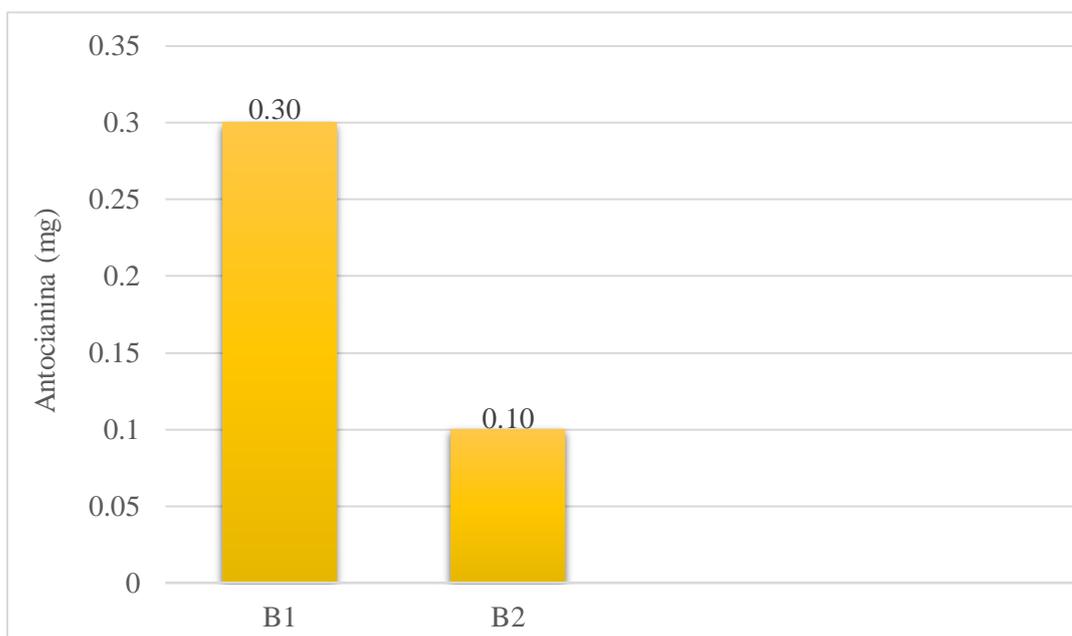
<b>Estado</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
<b>Fresco</b>	<b>9</b>	<b>0.301189</b>	<b>A</b>
Deshidratado	9	0.108689	B

*Nota:* Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Como se observa en la Tabla 13, las concentraciones de las muestras de los 3 métodos de extracción; las cuales que se indican en las tablas 22, 23, 24, 25 y 26 haciendo uso del método Tukey.

## Figura 26

*Estados del rabanito para la extracción en mg de Antocianina.*



Como se describe en la Figura 26, de la extracción en estado fresco (B1) se obtuvo mayor cantidad de Antocianina con 0.3011 mg/10 g, superando así al estado deshidratado (B2), que obtuvo un valor de 0.1086 mg/10 g de Antocianina.

Esta diferencia de valores entre ambos estados se debe a:

1. Factor temperatura: para el estado fresco se trabaja a temperatura ambiente para evitar la oxidación del colorante, mientras que para el estado deshidratado se trabaja a una temperatura de 60° C. Este factor de temperatura afecta a las propiedades funcionales del rabanito.
2. Factor tiempo: para el estado fresco se estabiliza la muestra por un periodo de 2 horas, la cual permite tener una mejor lectura de la cantidad de Antocianina, mientras que en el estado deshidratado ya no se estabiliza, solo se concentra por lo tanto pierde su solubilidad.

**Tabla 14***Concentración de Luteína en estado fresco y deshidratado.*

	Fresco		Deshidratado		Fresco		Deshidratado	
Rep/Trat	1	2	3	4	5	6		
<b>I</b>	0.0043	0.0051	0.0092	-	0.0300	0.0121		
<b>II</b>	0.0072	0.0041	0.0099	-	0.0292	0.0115		
<b>III</b>	0.0065	0.0033	0.0104	-	0.0297	0.0115		

*Nota:* Concentración de Luteína en estado fresco y deshidratado.

En la Tabla 14 se muestra los resultados de la concentración de Luteína de rabanito en estado fresco y deshidratado en sus tres repeticiones.

**Tabla 15***Análisis de varianza para la concentración de Luteína*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Extracción	2	0.097665	0.048832	1168.75	0.000
Estado	1	0.044830	0.044830	1072.96	0.000
Extracción*Estado	2	0.018678	0.009339	223.52	0.000
Error	12	0.000501	0.000042		
Total	17	0.161674			

*Nota:* Coeficiente de Variación= 6.29 %.

La Tabla 15, muestra el análisis de varianza se halló una alta significación estadísticamente para la Fuente Extracción-Estado, lo cual muestra que existen diferenciales entre los promedios de los diferentes métodos en estudio. Esta interacción nos muestra que existe una dependencia entre los métodos de extracción (E) y los estados (B) del rabanito para su extracción respectiva en mg de Luteína. El coeficiente de variación es del 6.29 %, lo cual nos indica que hay alta variación para esta variable en estudio.

**Tabla 16**

*Método de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) y una confianza del 95 %*

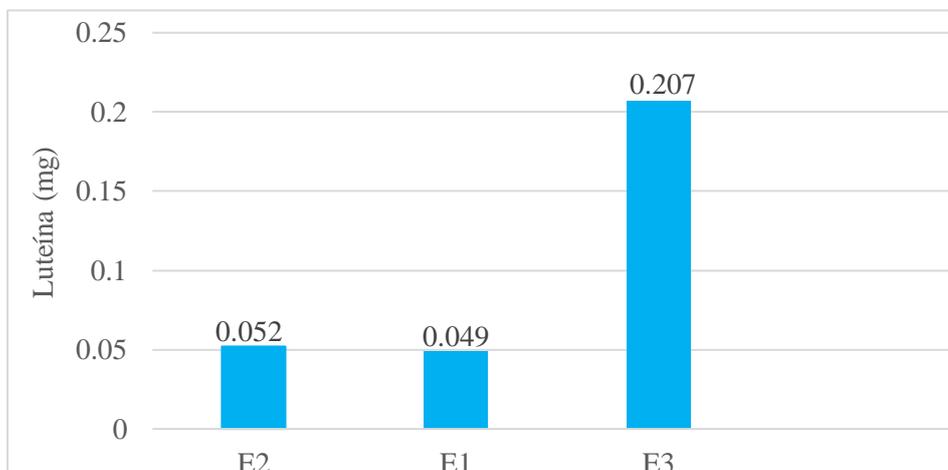
<b>Extracción</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
<b>Difusión</b>	<b>6</b>	<b>0.20713</b>	<b>A</b>
Prensado	6	0.05257	B
Soxhlet	6	0.04933	B

*Nota:* Las medias que no compartan una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla 16, se muestra que la significancia del 5 %, se determinó que el método de extracción por Difusión (E3) presenta mayor cantidad de mg de Luteína 0.2071 mg/10g. En tanto Córdova y Roque (2015), extrajo por acción biocatalítica la Luteína y determinó que el tratamiento con mejores resultados para la extracción de Luteína fue a 30 °C por 4 h, con la relación sustrato: enzima de 1:16.

**Figura 27**

*Contenido en mg de Luteína de rabanito bajo tres métodos de extracción.*



Como se muestra en la Figura 27, las diferencias entre el método dos, uno y tres respectivamente, tenemos los resultados de Luteína en mg, que se obtuvieron utilizando el ANOVA y los valores de concentraciones de las muestras de los 3 métodos de extracción que se indican en las tablas 22, 23, 24, 25 y 26 haciendo uso del método Tukey.

**Tabla 17**

*Método de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) y una confianza de 95 %*

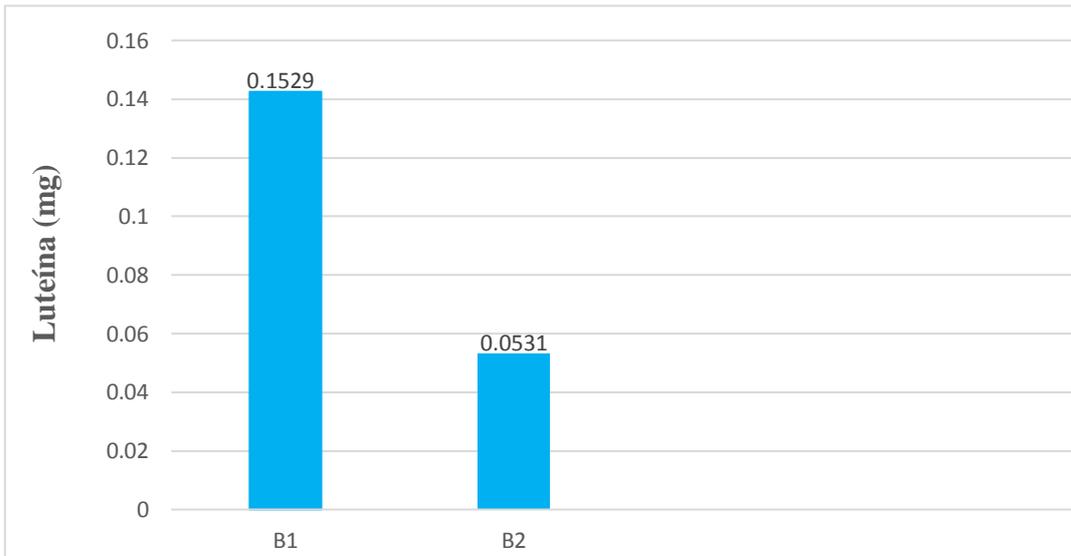
<b>Estado</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
<b>Fresco</b>	<b>9</b>	<b>0.152933</b>	<b>A</b>
Deshidratado	9	0.053122	B

*Nota:* Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla 17, se observa la significancia del 5 %, se concluyó que el estado fresco de rabanito (B1), que presenta mayor mg de Luteína, donde se obtuvo un promedio de 0.1529 mg/10g respecto al segundo método (B2), que se obtuvo 0.0531 mg/10 g.

**Figura 28**

*Estados del rabanito en la extracción en mg de Luteína.*



En la figura 28 observamos la gran diferencia que existe entre los dos estados de rabanito para su extracción de Luteína.

**3. Determinación de la relación de la extracción de colorantes naturales antocianina y luteína y *Raphanus sativus* (rabanito) fresco y deshidratado. (Dando respuesta el objetivo b).**

- Para determinar la relación de las variables se trabajó con las concentraciones de Antocianina y Luteína.

**Tabla 18**

*Relación de variables.*

Colorantes	Método de Prensado	Método de Soxhlet	Método de Difusión
Antocianina	0.1564	0.0308	0.4809
Luteína	0.0072	0.0099	0.0300

Nota: Descripción de la relación de las variables

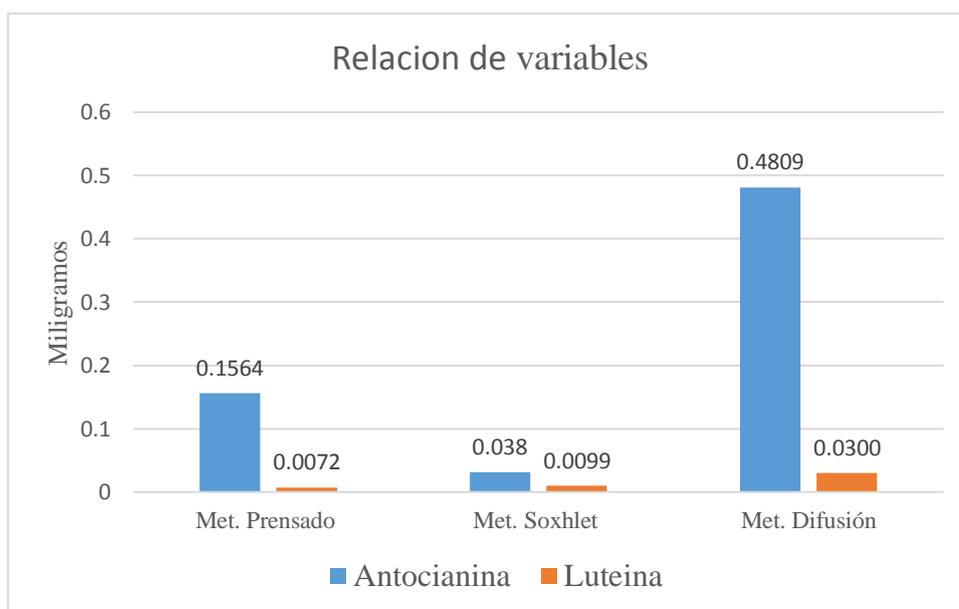


Figura 29, relación que existe entre las variables y la eficiencia del método de difusión.

En la tabla 18 y la figura 29, se observa la relación de variables y que los métodos usados en el trabajo de investigación son efectivos y teniendo como el más significativo el método de difusión en la extracción de Antocianina y Luteína.

**Tabla 19**

*Rendimiento teórico obtenido del método extracción por difusión en estado fresco.*

N°	W Utilizado	Ax	Ay	Cx	Cy	% Rendimiento Colorante
1	10 g	0.5387	0.2251	0.4809	0.0300	<b>5.109</b>

Nota: W: Peso del rabanito utilizado, % Rendimiento de Antocianina y Luteína respecto al colorante.

En la tabla 19, se muestra el rendimiento del colorante extraído del rabanito por el método de difusión con total de 5,109 %

- Los flavonoides y los carotenoides pueden ser cuantificados mediante espectrofotometría cuando están en solución, donde en base a la ley Lambert-Beer se dice que su absorbancia en el solvente deseado es directamente proporcional a su concentración, requiriendo para esto su coeficiente de extinción molar del flavonoide y el carotenoide en el solvente en estudio (Rodríguez & Kimura, 20014). Las medidas de absorbancia de este trabajo de investigación permitieron determinar la concentración de la sustancia, para ello se usó un espectrofotómetro Halo DB-20 uv-visible Double Beam y a unas longitudes de onda de 476 nm para Luteína, 538 nm para Antocianina.

**Tabla 20**

*Prueba patrón para la cuantificación de colorante obtenido del método de extracción por difusión en estado deshidratado.*

N°	W rab. Utilizado	Ax	Ay	Cx	Cy	% Cx	%Cy
		1.817					
1	20	2	0.2676	0.811	0.0178	4.06	0.089

Nota. Cantidad de materia prima en gramos del rabanito, Porcentaje en peso de Antocianina y Luteína con respecto al colorante.

En la tabla 20, se observa la prueba de la cuantificación de colorante usando el método de extracción por difusión en estado deshidratado, donde se observó que la Antocianina se encuentra en un porcentaje de peso de 4.06 y la Luteína en 0.089 respectivamente, se usó la fórmula que se muestra en los anexos.

#### **4. Contrastación de la hipótesis**

Según los resultados de la investigación, el método de difusión en la extracción de colorantes de rabanito es eficiente, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

La investigación presentada concluye con que:

- El proceso de extracción de colorantes naturales, Antocianina y Luteína, a partir de *Raphanus sativus L.* (rabanito) fresco y deshidratado se debe realizar en ambientes debidamente apropiados como se registra en los resultados de la investigación, realizando los análisis fisicoquímicos y las mediciones espectrofotométricas de longitud de onda y los métodos en estudio.
- Según el objetivo a determinar en la investigación el método con resultados mas eficientes en la extracción de colorantes naturales, Antocianina y Luteína fue el método de difusión en estado fresco, con mayores resultados en (Antocianina) con valor de 0.4809 mg y de (Luteína) con un valor de 0.0300 mg.
- En respuesta a uno de los objetivos de la investigación, la relación del proceso de la extracción de colorantes de Antocianina y Luteína, de *Raphanus Sativus L.* (rabanito) fresco y deshidratado, los tres métodos de extracción (método de prensado, soxhlet y difusión), dieron resultados positivos, concluyendo que los tres métodos usados guardan relación en este trabajo de investigación.

## 5.2 Recomendaciones y/o sugerencias

- La aplicación de colorantes naturales provenientes de *Raphanus Sativus L.* (rabanito) fresco y deshidratado obtenido a nivel tecnológico, basado en el proceso de extracción con tres métodos de estudio (método de prensado, Soxhlet y difusión), el cual recomendamos como antecedente de estudio a nivel de la industria alimentaria, el método de difusión en estado fresco por la mayor concentración de colorantes.
- Para obtener valores más específicos es necesario el uso de disolución buffer con pH 5 como muestra blanca, para medir absorbancias a longitudes de onda de 476 y 538 nm.
- Desde el punto de vista de la investigación no se recomienda trabajar con el método de prensado con extractor común, debido a la pérdida de sólidos que quedan en el equipo, lo cual dificulta en la obtención del rendimiento del colorante.

## CAPÍTULO VI

### LITERATURA CITADA

- Africano, KL.; Pinzón, EH. 2014. *Comportamiento fisiológico de plantas de rábano (Raphanus sativus L.) sometidas a estrés por salinidad*. Revista JDC. 4(2):13-24.
- Albee, M. 2012. *Los alimentos naturales colorante rojo Rábano de pigmento de color de rábano* (en línea, sitio web). Consultado 10 feb. 2022. Disponible en [https://es.made-in-china.com/co\\_ahelite/product\\_Natural-Food-Colorant-Pigment-Radish-Red-Radish-Color\\_heosynyry.html](https://es.made-in-china.com/co_ahelite/product_Natural-Food-Colorant-Pigment-Radish-Red-Radish-Color_heosynyry.html).
- Arellano, CA. (2011). *Extracción de luteína a partir de flores de tagete (tagete erecta) y estabilización por microencapsulación*. (en línea). Tesis Ing. de Alim. Santiago, Chile, Universidad de Chile. 67 p. Consultado 10 feb. 2022. Disponible en [https://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2011/qf-arellano\\_ca/pdfAmont/qf-arellano\\_ca.pdf](https://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2011/qf-arellano_ca/pdfAmont/qf-arellano_ca.pdf).
- Badui, A. (1993). *Química de los Alimentos*. Tercera Edición. México, D. F., Alhambra Mexicana, S. A. de C. V. 639 p. p.
- Casseres, E. (1980). *Producción de Hortalizas*. tercera edición. San Jose, Costa Rica, Matilde de la Cruz M. 381 p. p.
- Castañeda, D. (2018). *“Tratamiento térmico de espárragos”*. Trabajo monográfico. Ingeniero en Industrias Alimentarias. Lima, PERÚ, Universidad Nacional Agraria La Molina. 44 p. p.
- Centeno, MM. (2003). *Extracción, estabilización y evaluaciones analíticas del carmín*. (en línea). Tesis de maestría. México D.F, Instituto Politécnico Nacional. 132 p. Consultado 10 feb. 2022. Disponible en [https://repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/10705/1/PTA\\_M\\_20031203\\_001.PDF](https://repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/10705/1/PTA_M_20031203_001.PDF).
- Chávez, AM. (2014). *Evaluación de la estabilidad de las antocianinas aciladas obtenidas del comete morado, el rábano y la campanilla roja* (en línea). s.l., Universidad Autónoma de México. 85 p. (Tesis de Ing. de Alim.). Disponible en <http://132.248.9.195/ptd2014/febrero/0708295/0708295.pdf>.
- Córdova, JS.;Roque, BL. (2014). *Extracción por acción biocatalítica y cuantificación de luteína de tomate de árbol (Cyphomandra betacea)*. Ciencia e Investigación. (Serie 1) 17:21-26.

- Coultate, T. (2007). *Manual de Química y Bioquímica*. Tercera edición. ZARAGOSA (España), Editorial ACRIBIA, S.A.
- Escalona, S. (2004). *Encapsulados de luteína-enocianina y su aplicación en alimentos*. (en línea). Trabajo de grado. Santiago. Chile, Universidad de Chile. . Consultado 10 feb. 2022. Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/105409>.
- Escalona, S. (2004). “*Encapsulados de Luteína-Enocianina y su aplicación en alimentos*”. Tesis de grado. Ingeniero en Alimentos. Santiago, CHILE, Universidad de Chile. 79 p. p.
- FEIQUE (*Federación Empresarial de la Industria Química Española*). (2006). La química y la alimentación (en línea). Madrid, España, s.e. p. 20. Consultado 10 feb. 2022. Disponible en <https://www.quimicaysociedad.org/wp-content/uploads/2018/05/archivo28.pdf>.
- FAO (*Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación, IT*); OMS (*Organización Mundial de la Salud, CH*). (2003). *Análisis de riesgos relativos a la inocuidad de los alimentos* Guía para las autoridades nacionales de inocuidad de los alimentos.
- Fennema, OR. (2000). *Química de los Alimentos*. 2a ed. Zaragoza, Acribia SA. 1280 p.
- Ferraro, GE.; Martino, VS.; Bandoni, AL.; Nadinic, JL. (2012). *Fitocosmética. Fitoingredientes y otros productos naturales*. Buenos aires, Eudeba.
- García, K. (2019). *El poder del rábano* (en línea, sitio web). Consultado 6 feb. 2022. Disponible en <https://elpoderdelconsumidor.org/2019/10/el-poder-de-el-rabano/#:~:text=Los%20r%C3%A1banos%20tienen%20un%20alto,manteniendo%20dientes%20y%20huesos%20fuertes>.
- García, E. M. (2012). *Aplicación de la ley de Lambert-Beer en espectroscopía UV-visible*.
- Garzón, GA. (2008). *Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos*: Revisión. Acta Biológica Colombiana. 13 (3):27-36.
- Guerrero DM, Motta R, Gamarra G, Benavides ER, Roque M, Salazar ME. (2009). *Detección de residuos de antibióticos  $\beta$ -lactámicos y tetraciclinas en leche cruda comercializada en el Callao*. Ciencia e Investigación 12(2): 79-82.
- Guerrero Guadalupe (2019). *Metodología de la Investigación*. Ed, Editorial Patria. México, p 144.

- Giaconi, V.; Escaff, M. (1998). *Cultivo de Hortalizas. Santiago de Chile*, Editorial Universitaria S.A. 166 p.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación. Libro. 5 ed. México D.F. México: McGraw Hill.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. Libro. Ed 6ta edición. México Mac Graw- Hill.
- Herrera Quiñones, X. Rodríguez Castillo, KS. (2016). *Evaluación del extracto de flavonoles y antocianinas contenidos en el agraz (Vaccinium Meridionale Swartz) obtenidos a nivel laboratorio por medio de los métodos de extracción por solventes y extracción asistida por microondas*. Bogotá, Colombia, Universidad de América. 102 p. (Tesis Ing. Quím.). Consultado 31 ene. 2022.
- Herrera; R. (2016). *Evaluación del extracto de flavonoles y antocianinas contenidos en el agraz (Vaccinium Meridionale Swartz) obtenidos a nivel laboratorio por medio de los métodos de extracción por solventes y extracción asistida por microondas*. Trabajo de grado. Ingeniero Químico. Bogotá, Fundación Universidad De América. 90 p. p.
- Hontoria, N. (2019). *¿Qué es la luteína y dónde podemos encontrarla?* (en línea, sitio web). Consultado 10 feb. 2022. Disponible en [https://www.alimente.elconfidencial.com/nutricion/2019-06-28/que-es-la-luteina-donde-podemos-encontrarla\\_2078362/](https://www.alimente.elconfidencial.com/nutricion/2019-06-28/que-es-la-luteina-donde-podemos-encontrarla_2078362/).
- Hutchings, JH. (1999). *Color y apariencia de los alimentos*. 2nd ed. Gaithersburg, Md., Springer EE. UU.
- Infoagro. (2014). *El cultivo de rábano* (en línea, sitio web). Consultado 5 ene. 2022. Disponible en <http://www.infoagro.com/hortalizas/rabano.htm>.
- Leyva, LF. (2020). *Rábano* (en línea, sitio web). Consultado 6 feb. 2022. Disponible en <https://www.tuberculos.org/rabano/>.
- López, Miguel y Márquez, Raúl (2020). *Elementos metodológicos y ortográficos básicos para el proceso de investigación*. Revista. México, p 69.
- Lock, O. (1997). *Colorantes Naturales*. Fondo Editorial PUCP-Perú. :274.
- Mejía, DM. (2016). *Extracción y cuantificación de antocianinas en frambuesa (rubus idaeus l.) a diferentes temperaturas y tiempos de extracción* (en línea). Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 58 p. (Tesis Ing, Ind. Alim.). Disponible

en[https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1725/Extracci%C3%B3n%20de%20antocianinas%20en%20frambuesa%20\(Rubus%20idaeus%20L.\)%20a%20diferentes%20temperat2.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1725/Extracci%C3%B3n%20de%20antocianinas%20en%20frambuesa%20(Rubus%20idaeus%20L.)%20a%20diferentes%20temperat2.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

- Muñoz, EC. (2017). *Utilización de un pre tratamiento enzimático en la extracción de antocianinas a partir de orujos de uvina* (en línea). Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 82 p. (Tesis Ing, Ind. Alim.). Disponible en <https://www.coursehero.com/file/72898770/pretratamiento-enzimaticopdf/>.
- Nilsson, T. (1970). *Studies into the pigments in beetroot* (Beta vulgaris L. ssp. vulgaris var. rubra L.). *Lantbrukshogskolans annaler*, 36, 179-219.
- OMS (Organización Mundial de Salud, CH). (2009). *Los efectos de las normas privadas relativas a la inocuidad alimentaria en la cadena alimentaria y en los procesos normativos públicos*. Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias comisión del Codex Alimentarius 32º período de sesiones Sede de la FAO, Roma.
- Ozaeta Siliezar, LC. (2015). *Evaluación de un extracto vegetal para utilizarse como indicador ácido-base a partir del contenido de pigmentos antociánicos, presentes en la cáscara de rábano rojo (Raphanus Sativus Var) a nivel laboratorio* (en línea). Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 173 p. (Tesis de Ing. Quím.). Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3190/1/Lourdes%20Carolina%20Ozaeta%20Siliezar.pdf>.
- Peña-Varela, G.; Salinas-Moreno, Y; Ríos-Sánchez, R. (2006). *Contenido de antocianinas totales y actividad antioxidante en frutos de frambuesa (Rubus idaeus L.) con diferente grado de maduración*. *Rev. Chapingo Serie Horticultura*. 12(2):159-163.
- Pigmentine. (2011). *Especificaciones del colorante natural de rábano rojo* (en línea). s.l., s.e. Disponible en <http://www.pigmentine.com.mx/pdf/naturales/rabano.pdf>.
- Primo Yúfera, E. (2007). *Química orgánica básica y aplicada* (4th ed.). s.l., Reverté.
- Ramírez, M. (2002). *Lineamientos para seguridad alimentaria: retos y perspectivas*. *Revista Economía y Desarrollo - Marzo 2002*, vol. 1
- Rein, M. (2005). *Copigmentation reactions and color stability of berry anthocyanins*. Academic dissertation. University of Helsinki. Department of Applied Chemistry and Microbiology Food Chemistry Division. s. f. s.l., s.e. .

- Reyes, JO. (2018). *Rábano, rabanito, nabo chino, rabanillo* (*Raphanus sativus*) (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://es.scribd.com/document/385983062/Morfologia-y-Taxonomia-Rabano>.
- Sánchez, R. (2013). *La química del color en los alimentos*. 12 (3):234-246.
- Unterladstaetter, R. (2000). *La horticultura en el subtrópico húmedo y subhúmedo de Bolivia*. Bolivia, Santa Cruz de la Sierra.
- Valcárcel, M. y Gómez, A. s. f. *Técnicas analíticas de separación*. Reverté. 1988, s.e. 543 p.
- Valderrama, J.; Aravena, AM. (1994). *Industrialización de la higuera o planta de ricino parte II: extracción de aceite. Información tecnológica*. 5(3):91-97.
- Vásquez, FM. (2016). *Condiciones óptimas de extracción de antocianinas de la cáscara de la granada (*Punica granatum L.*) variedad Wonderful* (en línea). Tesis Ing. Ind. Lima, Perú, Universidad Le Cordon Bleu. 45 p. Consultado 8 feb. 2022. Disponible en <https://repositorio.ulcb.edu.pe/bitstream/handle/ULCB/29/INFORME%20FINAL%202015-%20F.%20VASQUEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Voss, C. (2006). *Veneno en su Plato? Usos y Riesgos de los Aditivos Alimentarios*. España, OCU Ediciones, S.A. 256 p.
- Zapata, LM. (2014). *Obtención de extracto de antocianinas a partir de arándanos para ser utilizado como antioxidante y colorante en la industria alimentaria* (en línea). Tesis doctoral. Valencia, España, Universidad Politécnica de Valencia. 248 p. Consultado 10 feb. 2022. Disponible en [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/39105/Versi%C3%B3n%203%20Tesis%20Luz%20Marina%20Zapata.pdf%20\(1\).PDF?sequence=21](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/39105/Versi%C3%B3n%203%20Tesis%20Luz%20Marina%20Zapata.pdf%20(1).PDF?sequence=21).

## CAPÍTULO VII

### ANEXOS

#### Matriz de consistencia

**Tabla 21**

*Matriz de consistencia de la investigación*

Matriz de consistencia								
“Extracción de colorantes naturales, antocianina y luteína, a partir de <i>Raphanus sativus</i> (rabanito) fresco y deshidratado para su uso en la industria alimentaria”								
Problema	Objetivo	Variabes	Hipótesis	Dimensiones	Indicadores	Tipo y diseño de la investigación	Población y muestra	Técnica e instrumento
<b>Problema general</b> ¿Cuáles son los procesos de extracción de colorantes naturales, antocianina y luteína, a partir de <i>Raphanus sativus</i> L. (rabanito) fresco y deshidratado para su uso en la industria alimentaria?	<b>Objetivo general</b> Determinar el proceso de extracción de colorantes naturales, antocianina y luteína, a partir de <i>Raphanus sativus</i> L. (rabanito) fresco y deshidratado para su uso en la industria alimentaria.	<b>Variable Independiente:</b> Métodos de extracción de colorantes naturales, antocianina y luteína.	<b>Hipostasis general</b> Ha: La extracción de colorantes naturales, antocianina y luteína, a partir de <i>Raphanus sativus</i> L. (rabanito) fresco y deshidratado es eficientemente significativa para su uso en la industria alimentaria.	Extracción	Fresco	<b>Tipo de investigación:</b> cuantitativo y de nivel correlacional,  <b>Diseño de investigación:</b> experimental 3E X 2B  Donde: E = Métodos de extracción. B = Estados del rabanito	<b>Población:</b> 100 g. de <i>Raphanus sativus</i> L. (rabanito) <b>Muestra:</b> 20 g, de <i>Raphanus sativus</i> L. (rabanito)	Encuesta
					Deshidratado			
				Procesos	Extracción			
					Temperatura			
					Tiempo			
					Cuantificación			
	Agua							
	Luz							

<b>Problema específico</b> a) ¿Cuáles son los métodos de extracción de colorantes naturales, antocianina y luteína, a partir de <i>Raphanus sativus</i> L. (rabanito) fresco y deshidratado para su uso en la industria alimentaria? B) ¿Cuál es la relación de la extracción de colorantes naturales, antocianina y luteína y <i>Raphanus sativus</i> L. (rabanito) fresco y deshidratado en la industria alimentaria?	<b>Objetivo específico</b> a) Determinar los métodos de extracción de los colorantes naturales, antocianina y luteína, a partir de <i>Raphanus sativus</i> L. (rabanito) fresco y deshidratado para su uso en la industria alimentaria. b) Determinar la relación de la extracción de colorantes naturales, antocianina y luteína y <i>Raphanus sativus</i> L. (rabanito) fresco y deshidratado y la industria alimentaria?	<b>Variable Dependiente</b> Fresco y deshidratado de la materia prima.	<b>Hipótesis nula</b> Ho: La extracción de colorantes naturales, antocianina y luteína, a partir de <i>Raphanus sativus</i> L. (rabanito) fresco y deshidratado no es eficientemente significativa para su uso en la industria alimentaria.	Taxonomía	Partes de la planta			Guía de revisión documental:
				Variedades	Tipos de plantas			
				Valor nutricional	Contenido de la planta			

## Encuesta

Instrumento aplicado a los docentes con el fin de recolectar información sobre la extracción de colorantes naturales, antocianina y luteína, a partir de *Raphanus sativus L.* (rabanito) fresco y deshidratado es eficientemente significativa para su uso en la industria alimentaria en Cajamarca.

Nota: Estimado docente, es muy valiosa su colaboración para la conclusión de este trabajo de investigación, por ello le pedimos que responda a las siguientes preguntas.

I.E.: \_\_\_\_\_

Nombre del docente: \_\_\_\_\_

Sexo: \_\_\_\_\_

Años de experiencia: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

1. ¿Utiliza usted colorantes en sus alimentos? ¿Cuál de ellas?

.....  
.....

2. ¿Ubica su estilo de alimentación en niveles de salud? ¿Cómo?

.....  
.....

3. ¿Utiliza una alimentación específica para asegurar su alimentación?

.....  
.....

4. ¿Propicia un ambiente que motive a sus estudiantes en clase? ¿Cómo?

.....  
.....

5. ¿Cree usted que pueda mejorar la alimentación en la sociedad?

.....  
.....

6. ¿Los estudiantes especifican la salud alimentaria en el curso pedagógico que usted dicta?

.....  
.....

7. ¿En qué momento del proceso pedagógico en la enseñanza y potencializa la seguridad alimentaria? ¿Cómo?

.....  
.....

8. ¿Utiliza usted recursos didácticos en el proceso de enseñanza de seguridad alimentaria?

.....  
.....

9. ¿Cuáles son los procedimientos que sigue usted para desarrollar su alimentación diaria?

.....  
.....

10. ¿Cómo podrías contribuir al desarrollo de la seguridad alimentaria?

.....  
.....

## Metodología para demostrar los cálculos que se presentan en las tablas

**Tabla 22**

*Extracción por prensado en estado fresco (tratamiento 1).*

<b>N°</b>	<b>Peso</b>	<b>Ax</b>	<b>Ay</b>	<b>Cx</b>	<b>Cy</b>	<b>%</b>
	<b>Rabanito</b>					<b>Colorante</b>
<b>1</b>	10g	0.1752	0.0327	0.1564	0.0043	0.0160
<b>2</b>	10g	0.1095	0.0542	0.0977	0.0072	0.0104
<b>3</b>	10g	0.1172	0.0494	0.1046	0.0065	0.0111

**Tabla 23.**

*Extracción por prensado en estado deshidratado (tratamiento 2).*

<b>N°</b>	<b>Peso</b>	<b>Ax</b>	<b>Ay</b>	<b>Cx</b>	<b>Cy</b>	<b>%</b>
	<b>Rabanito</b>					<b>Colorante</b>
<b>1</b>	10g	0.1303	0.0383	0.1163	0.0051	0.0121
<b>2</b>	10g	0.1193	0.0308	0.1065	0.0041	0.0110
<b>3</b>	10g	0.1402	0.0249	0.1252	0.0033	0.0128

**Tabla 24**

*Extracción Soxhlet en estado fresco (tratamiento 3).*

<b>N°</b>	<b>Peso</b>	<b>Ax</b>	<b>Ay</b>	<b>Cx</b>	<b>Cy</b>	<b>%</b>
	<b>Rabanito</b>					<b>Colorante</b>
<b>1</b>	10g	0.3405	0.0697	0.3040	0.0092	0.0313
<b>2</b>	10g	0.3460	0.0745	0.3089	0.0099	0.0318
<b>3</b>	10g	0.3646	0.0781	0.3255	0.0104	0.0335

**Tabla 25***Extracción por difusión en estado fresco (tratamiento 5).*

N°	Peso	Ax	Ay	Cx	Cy	%
<b>Rabanito</b>						<b>Colorante</b>
<b>1</b>	<b>10g</b>	<b>0.5387</b>	<b>0.2251</b>	<b>0.4809</b>	<b>0.0300</b>	<b>0.0510</b>
<b>2</b>	10g	0.5201	0.2194	0.4644	0.0292	0.0493
<b>3</b>	10g	0.5245	0.2234	0.4683	0.0297	0.0498

**Tabla 26***Extracción por difusión en estado deshidratado (tratamiento 6).*

N°	Peso	Ax	Ay	Cx	Cy	% Colorante
<b>Rabanito</b>						
<b>1</b>	10g	0.2157	0.0911	0.1926	0.0121	0.0204
<b>2</b>	10g	0.2255	0.0868	0.2013	0.0115	0.0212
<b>3</b>	10g	0.2310	0.0866	0.2063	0.0115	0.0217

1. Con ayuda el espectrómetro se realizó la medición de absorbancias, para Antocianina se realizó a una longitud de onda de 538 nm, y para Luteína se realizó a 476 nm, estos datos se tomaron como referencia a la literatura por Nilsson (1970).
2. De las absorbancias obtenidas, se calcula la concentración de Antocianina y Luteína, para ello se tomó como referencia la ecuación de Beer – Lambert, se detalla:

***Ecuación 1 Ecuación de Beer- Lambert***

$$A = E \cdot b \cdot c \quad \text{De donde}$$

$$C = \frac{A}{E \cdot b}$$

Donde:

A= Absorbancia de la muestra.

E= Coeficiente de extinción de la sustancia.

b= Diámetro interno del tubo en ensayo, cm.

c= Concentración de la solución, g/ml.

De lo anterior se obtiene la concentración de antocianina y luteína y se calcula empleando la ecuación de Beer-Lambert:

- Determinación de la concentración de Antocianina por el método de prensado en estado fresco

$$C = \frac{0.1752}{1.120 (1)}$$

$$C = 0.1564$$

- Determinación de la concentración de Antocianina por el método de Soxhlet en estado fresco

$$C = \frac{0.3460}{1.120 (1)}$$

$$C = 0.3089$$

- Determinación de la concentración de Antocianina por el método de difusión en estado fresco

$$C = \frac{0.5387}{1.120 (1)}$$

$$C = 0.4809$$

- Determinación de la concentración de Antocianina por el método de prensado en estado deshidratado

$$C = \frac{0.1402}{1.120 (1)}$$

$$C = 0.1251$$

- Determinación de la concentración de Antocianina por el método de difusión en estado deshidratado

$$C = \frac{0.2310}{1.120 (1)}$$

$$C = 0.2062$$

- Determinación de la concentración de Luteína por el método de prensado en estado fresco

$$C = \frac{0.0542}{7.50 (1)}$$

$$C = 0.0072$$

- Determinación de la concentración de Luteína por el método de Soxhlet en estado fresco

$$C = \frac{0.0745}{7.50 (1)}$$

$$C = 0.0099$$

- Determinación de la concentración de Luteína por el método de difusión en estado fresco

$$C = \frac{0.2251}{7.50 (1)}$$

$$C = 0.0300$$

- Determinación de la concentración de Luteína por el método de prensado en estado deshidratado

$$C = \frac{0.0383}{7.50 (1)}$$

$$C = 0.0051$$

- Determinación de la concentración de Luteína por el método de difusión en estado deshidratado

$$C = \frac{0.0911}{7.50 (1)}$$

$$C = 0.0121$$

NOTA: Para determinar la concentración de Antocianina y Luteína se toman los valores más altos de absorbancias de las tres repeticiones.

3. De las concentraciones obtenidas, se calcula el porcentaje de colorante para cada tratamiento:

**Ecuación 3** *Porcentaje de colorante según Nilsson (Antocianina y Luteína)*

$$\% col = \frac{(Cx) + (Cy)}{W m.}$$

Dónde:  $\%col$  = *Porcentaje de colorante.*

$Cx$  = *Concentración de Antocianina.*

$C_y$  = Concentración de Luteína.

$W$  = *Peso de la materia prima.*

$$\% \text{ col} = \frac{(C_x) + (C_y)}{W \text{ m.}}$$

$$\% \text{ col} = \frac{0.1564 + 0.0043}{10}$$

$$\% \text{ col} = 0.0160$$

Nota: Para determinar el porcentaje de colorante se toma la misma ecuación para los tres métodos de extracción.

2. De los porcentajes obtenidos de cada tratamiento se calcula el rendimiento teórico, para nuestro estudio se tomó como referencia al proceso de extracción por difusión en estado fresco, cuyos valores son los más altos con una tendencia casi perfecta.

Para determinar el rendimiento en estado fresco se usó la siguiente fórmula:

$$R = \frac{C_x + C_y}{W \text{ m}} \times 100$$

*Donde :*

$c_x$  = *concentración de antocianina*

$c_y$  = *concentración de luteína*

$$R = \frac{0.4809 + 0.0300}{10 \text{ g}} \times 100$$

$$R = 5.109\%$$

3. Para determinar el porcentaje en peso en estado deshidratado, se hizo uso de una prueba patrón lo cual nos acerca mucho más a una tendencia perfecta, para ello usamos diferentes concentraciones de muestra.

Para determinar el porcentaje de colorante en estado deshidratado se usó la siguiente fórmula:

$$\%C_x = \frac{C_x}{W_m} \times 100$$

*W rab. Utilizado: Cantidad de materia prima en gramos del rabanito*

*% C<sub>x</sub>: Porcentaje en peso de Antocianina con respecto al colorante.*

*% C<sub>y</sub>: porcentaje en peso de Luteína con respecto al colorante.*

### **Para Antocianina**

$$\%C_x = \frac{C_x}{W_m} \times 100$$

$$\%C_x = \frac{0.811}{20} \times 100$$

$$\%C_x = 4.055 \sim \mathbf{4.06}$$

### **Para Luteína**

$$\%C_y = \frac{C_y}{W_m} \times 100$$

$$\%C_y = \frac{0.0178}{20} \times 100$$

$$\%C_y = 0.08$$

Ficha Técnica de Extractor



**Oster**



MODELOS **FPSTJE320S & FPSTJE320R**  
MODELS

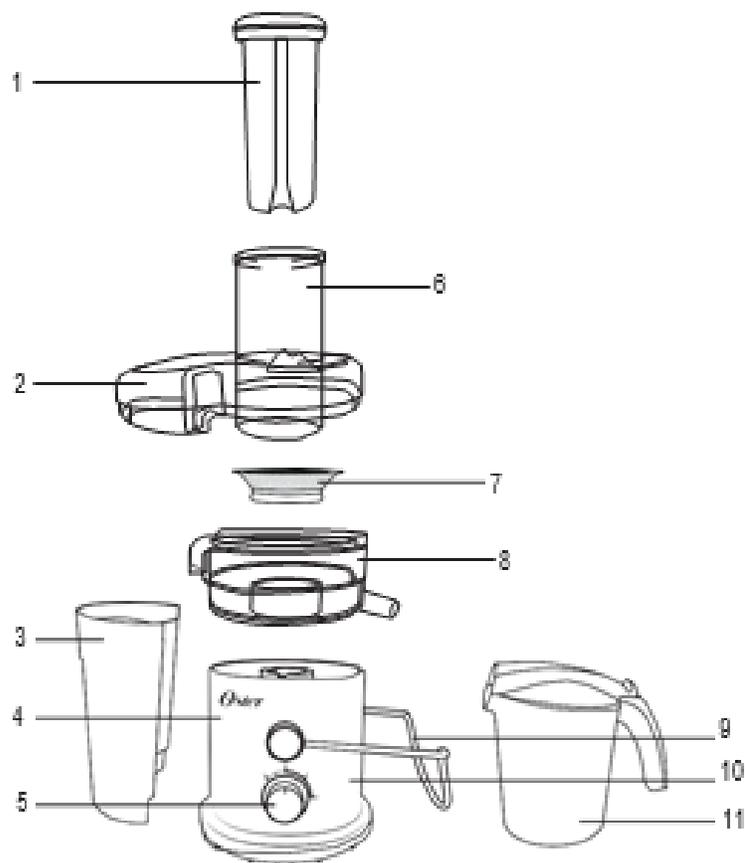
Manual De ~~instrucciones~~  
**EXTRACTOR DE JUGOS**

LEA TODAS LAS INSTRUCCIONES ANTES DE USAR ESTE APARATO

~~Instruction Manual~~  
**JUICE EXTRACTOR**

PLEASE READ ALL INSTRUCTIONS BEFORE USING THE APPLIANCE

## DESCRIPCIÓN DEL ARTEFACTO



- |  |   |
|--|---|
| 1. Empujador de alimentos                                | 7. Filtro de acero inoxidable             |
| 2. Tapa del extractor                                    | 8. Canasta de filtro                      |
| 3. Contenedor de gran capacidad para recolectar la pulpa | 9. Brazo de seguridad de acero inoxidable |
| 4. Base del motor  | 10. Poderoso motor                        |
| 5. Botón de encendido/apagado (Pulso, 0, 1, 2)           | 11. Jarra de 1,25 litros                  |
| 6. Tubo de alimentación                                  |   |