

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



## FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

### CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

**Tema: “Evaluación de la estabilidad de  $\beta$ -caroteno obtenido a partir de la hoja de remolacha (*beta vulgaris*) como colorante natural para aplicarlo en gomitas”**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del  
Título de Ingeniero en Alimentos

AUTOR: López Ganchozo Anthony Alexander

TUTOR: MSc. Burbano Pulles Marco Rubén, PhD.

Tulcán, 2026.

## CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el estudiante López Ganchozo Anthony Alexander con el número de cédula 1724843717 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación de la estabilidad de  $\beta$ -caroteno obtenido a partir de la hoja de remolacha (*beta vulgaris*) como colorante natural para aplicarlo en gomitas"

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Integración Curricular, Titulación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva



---

MSc. Burbano Pulles Marco Rubén, PhD.

**TUTOR**

Tulcán, enero de 2026

## AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniero en la Carrera de alimentos de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, López Ganchozo Anthony Alexander con cédula de identidad número 1724843717 declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



---

López Ganchozo Anthony Alexander

**AUTOR**

Tulcán, enero de 2026

## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo López Ganchozo Anthony Alexander declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación de la estabilidad de  $\beta$ -caroteno obtenido a partir de la hoja de remolacha (*beta vulgaris*) como colorante natural para aplicarlo en gomitas" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



---

López Ganchozo Anthony Alexander

**AUTOR**

Tulcán, enero de 2026

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por ser una guía y fortaleza en cada paso que daba en mi vida, por brindarme salud y perseverancia necesaria para no rendirme y poder culminar esta gran etapa ya que es muy importante en mi formación académica.

A mis padres Geovanny López y Luxy Rosario, que siempre me apoyaron constantemente haciendo un gran sacrificio, quienes han sido mi principal motor de vida, inspiración y motivación para alcanzar mis metas. Gracias a mis padres por nunca rendirse y viendo como conseguía superar esta etapa de mi vida ya que para mí es importante porque demostré que siendo fuerte nadie puede decirte hasta donde serán tus límites. A mis hermanas por su comprensión, paciencia y aliento en los momentos de mayor esfuerzo.

A Angy por siempre apoyarme en todo este camino, por su sincero apoyo y dándome fuerzas para no rendirme, para conseguir mis metas y por lo que estoy luchando.

A los compañeros y amigos que compartieron muchos momentos llenos de experiencia e ideas durante todo este proceso, gracias por su colaboración y por hacer de este un camino de aprendizaje y crecimiento.

Finalmente, agradezco a la institución universitaria por brindarme las herramientas y el espacio necesario para llevar a cabo esta investigación, a mis amigos que siempre nos apresurábamos en terminar la carrera dándonos el apoyo mutuo para graduarnos y en un futuro vernos como ingenieros.

*Anthony López*

## DEDICATORIA

Le dedico este trabajo a mi familia, que me han dado su apoyo desde el inicio de mi carrera hasta el final, por la confianza incondicional que me ayudo cada día dar ese paso y nunca rendirme ante cualquier problema. Con sus palabras que me ayudaron siempre seguir adelante y nunca detenerme.

A mí mismo y a las demás personas que, de una manera u otra han formado parte de mi crecimiento académico y personal, por tal razón este trabajo también es de ustedes.

*Anthony López*

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	11
<b>ABSTRACT</b> .....	12
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	13
<b>I. EL PROBLEMA</b> .....	15
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	15
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	16
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	16
<b>1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	17
1.4.1. Objetivo General .....	17
1.4.2. Objetivos Específicos .....	17
1.4.3. Preguntas de Investigación.....	17
<b>II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	18
<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	18
<b>2.2. MARCO TEÓRICO</b> .....	20
2.2.1. Remolacha (Beta Vulgaris).....	20
2.2.2. Carotenoides.....	21
2.2.3. Gomitas comestibles .....	26
<b>III. METODOLOGÍA</b> .....	31
<b>3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO</b> .....	31
3.1.1. Enfoque .....	31
3.1.2. Tipo de Investigación .....	31
<b>3.2. HIPÓTESIS</b> .....	31
3.2.1. Hipótesis nula .....	31
3.2.2. Hipótesis alternativa.....	31
<b>3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES</b> .....	31
3.3.1. Variable independiente: Estabilidad del $\beta$ -caroteno .....	31

3.3.2. Variable dependiente.....	32
<b>3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....</b>	<b>32</b>
<b>3.5. MÉTODOS UTILIZADOS .....</b>	<b>33</b>
3.5.1. Materiales y reactivos.....	33
3.5.2. Diagrama de flujo.....	34
3.5.3. Extracción en equipo Soxhlet automático 250 ml. ....	35
3.5.4. Caracterización del pigmento .....	39
3.5.5. Determinación de sólidos solubles (°Brix) .....	39
3.5.6. Determinación de pH.....	39
3.5.7. Estabilidad del colorante.....	40
3.5.8. Procedimiento para evaluar la estabilidad del colorante natural .....	40
<b>3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....</b>	<b>41</b>
3.6.1. Fórmula base para elaborar gomitas en 100 g.....	42
3.6.2. Procesamiento y análisis de datos .....	42
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>43</b>
<b>4.1. RESULTADOS .....</b>	<b>43</b>
4.1.1. Curva de secado.....	43
4.1.2. Curva de calibración .....	44
4.1.3. Obtención del pigmento.....	46
<b>4.2. DISCUSIÓN .....</b>	<b>52</b>
4.2.1. Análisis sensorial.....	53
4.2.2. Propiedades fisicoquímicas.....	54
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>56</b>
<b>5.1. CONCLUSIONES .....</b>	<b>56</b>
<b>5.2. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>56</b>
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>57</b>
<b>VII. ANEXOS.....</b>	<b>63</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valor nutricional promedio de las gominolas comestibles .....	27
Tabla 2. Operacionalización de variables de la extracción de $\beta$ -caroteno de la hoja de remolacha (beta vulgaris) .....	32
Tabla 3. Primera parte definición de variables y tratamientos para la estabilización del $\beta$ -caroteno. ....	41
Tabla 4. Datos obtenidos en la obtención del pigmento.....	43
Tabla 5. Datos obtenidos en la solubilidad del $\beta$ -caroteno $C_{40}H_{56}$ . ....	44
Tabla 6. Caracterización fisicoquímica del pigmento .....	44
Tabla 7. Prueba de normalidad (Shapiro Wilk).....	46
Tabla 8. Datos obtenidos mediante la prueba de Kruskal Wallis para determinar el mejor tratamiento. ....	47
Tabla 9. Propiedades fisicoquímico de gomitas elaboradas con el colorante natural de las hojas de remolacha.....	48
Tabla 10. Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) para el color. ....	48
Tabla 11. Análisis sensorial mediante la prueba de Kruskal Wallis para determinar el color. ....	49
Tabla 12. Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) para el aroma. ....	49
Tabla 13. Análisis sensorial mediante la prueba de Kruskal Wallis para determinar el aroma. ....	49
Tabla 14. Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) para el sabor. ....	50
Tabla 15. Análisis sensorial mediante la prueba de Kruskal Wallis para determinar el sabor. ....	50
Tabla 16. Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) para a textura. ....	50
Tabla 17. Análisis sensorial mediante la prueba de Kruskal Wallis para determinar la textura.....	51
Tabla 18. Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) para la persistencia de sabor. ....	51
Tabla 19. Análisis sensorial con respecto a la persistencia de sabor. ....	51
Tabla 20. Mejores tratamientos en cuanto a características sensoriales .....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura química del $\beta$ -caroteno.....	24
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de la extracción de $\beta$ -caroteno de las hojas de remolacha.....	34
Figura 3. Diagrama de flujo de la obtención de la pulpa de pitahaya.....	36
Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de gomitas.....	38
Figura 5. Curva de secado de la hoja de remolacha. ....	43
Figura 6. Curva de calibración del $\beta$ -caroteno.....	44
Figura 7. Recepción de la materia prima y lavado.....	70
Figura 8. Deshidratación de la hoja de remolacha. ....	70
Figura 9. Hoja de remolacha deshidratada y molida.....	70
Figura 10. Extracción del $\beta$ -caroteno en el equipo Soxhlet.....	71
Figura 11. Obtención del pigmento.....	71
Figura 12. El pigmento colocado en frascos de vidrio transparente y frascos ámbar..	71
Figura 13. Análisis fisicoquímicos del pigmento.....	72
Figura 14. Medición de la absorbancia mediante espectrofotometría UV-visible.....	72
Figura 15. Preparación de las muestras para el análisis sensorial.....	73
Figura 16. Análisis sensorial del pigmento aplicado en las gomitas.....	73

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Certificado o Acta del perfil de Investigación .....	63
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas .....	64
Anexo 3. Ficha de análisis sensorial.....	66
Anexo 4. Extracción del $\beta$ -caroteno .....	70
Anexo 5. Análisis sensorial.....	73

## RESUMEN

En la investigación se realizó una extracción de  $\beta$ -caroteno a partir de la hoja de remolacha (*Beta Vulgaris*), utilizando el método de soxhlet y etanol al 96% de pureza como disolvente, logrando un rendimiento del extracto de  $\beta$ -caroteno promedio del  $12,74 \pm 3,73$  %. El pigmento obtenido fue sometido a diferentes tipos de condiciones de pH (4, 5 y 6), temperaturas (4, 14 y 68° C) y expuesto a la luminosidad (luz u oscuridad), con el fin de poder determinar su viabilidad y retención como colorante. Entre los dieciocho tratamientos analizados, T17 (pH 6, 68°C y luz) presentó una mayor retención del pigmento con un (93,95 %), mientras que el tratamiento con menor retención fue T14 (pH 4, 68°C y oscuridad) con un (79,45%). La solución de  $\beta$ -caroteno obtenida presentó una concentración de 24,90  $\mu\text{g/ml}$ , con los siguientes parámetros fisicoquímicos; pH de  $6,003 \pm 0,5$ , con un contenido de sólidos solubles de  $22 \pm 6$  °Brix y una absorbancia de 0,633 a una longitud de onda de 450 nm. Adicionalmente se aplicó el colorante en las gomitas y mediante un análisis sensorial se demostró que el mejor tratamiento es T2 (0,2 % de colorante y 30 % de pulpa de pitahaya), en cuanto a los parámetros fisicoquímicos presento un  $32 \pm 4$  °Brix, pH de  $3,85 \pm 0,8$  y humedad de  $21,04 \pm 0,19$  % Valores que se ajustan a lo establecido dentro de la norma NTE INEN 2217 y a las referencias bibliográficas tomadas con antecedentes en la investigación, constituyéndose como una alternativa óptima en la obtención de colorantes alternativos en la industria alimentaria.

**Palabras clave:**  $\beta$ -caroteno, *Beta vulgaris*, colorante natural, estabilidad del pigmento, gomitas funcionales.

## ABSTRACT

In this study,  $\beta$ -carotene was extracted from beet leaves (*Beta Vulgaris*) using the Soxhlet method and 96% pure ethanol as a solvent, achieving an average  $\beta$ -carotene extract yield of  $12.74 \pm 3.73\%$ . The pigment obtained was subjected to different pH conditions (4, 5, and 6), temperatures (4, 14, and 68°C), and exposed to light (light or darkness), in order to determine its viability and retention as a colorant. Among the eighteen treatments analyzed, T17 (pH 6, 68°C, and light) showed the highest pigment retention (93.95%), while the treatment with the lowest retention was T14 (pH 4, 68°C, and darkness) with 79.45%. The  $\beta$ -carotene solution obtained had a concentration of 24.90  $\mu\text{g/ml}$ , with the following physicochemical parameters: pH of  $6.003 \pm 0.5$ , soluble solids content of  $22 \pm 6^\circ\text{Brix}$ , and absorbance of 0.633 at a wavelength of 450 nm. In addition, the dye was applied to the gummies, and sensory analysis showed that the best treatment was T2 (0.2% dye and 30% pitahaya pulp). In terms of physicochemical parameters, it had a Brix value of  $32 \pm 4^\circ\text{Brix}$ , pH of  $3.85 \pm 0.8$ , and moisture content of  $21.04 \pm 0.19\%$ , values that comply with the provisions of standard NTE INEN 2217 and the bibliographic references taken from the research background, constituting an optimal alternative for obtaining alternative colorants in the food industry.

**Keywords:**  $\beta$ -carotene, *Beta vulgaris*, natural coloring, pigment stability, functional gummies.

## INTRODUCCIÓN

La investigación se centra en la evaluación de la estabilidad del  $\beta$ -caroteno que se obtiene de las hojas de remolacha para su aplicación en goma, con la intención de implementarlo dentro de la industria alimentaria, dado que las hojas de remolacha son una materia prima de fácil acceso y que el  $\beta$ -caroteno se encuentra en resguardos en ella. En la actualidad, la tendencia del consumo de productos de forma natural y saludables ha hecho que empiece a crecer la demanda de ingredientes funcionales de origen vegetal, y en particular, de colorantes naturales como una alternativa a los sintéticos, que a pesar de usarse en gran medida para la industria alimentaria, pueden tener una serie de efectos adversos para la salud, además de tener poca biodegradabilidad, ocasionando un gran impacto en el medio ambiente. Por ello, la investigación científica se ha centrado en el aprovechamiento de pigmentos naturales con efecto bioactivo, tal es el caso del  $\beta$ -caroteno, un compuesto muy relevante por su efecto antioxidante y por su papel de precursor de la vitamina A.

El  $\beta$ -caroteno forma parte del grupo de carotenoides, que son pigmentos liposolubles que dan lugar a colores amarillos, anaranjados y rojos en las distintas vegetales. La extracción de los mismos de fuentes naturales representa una buena alternativa para la industria alimentaria. Las hojas de remolacha (*Beta vulgaris*), habitualmente eliminadas tras la transformación industrial, constituyen una Fuente potencial de estos compuestos, por lo que su utilización puede favorecer el desarrollo de productos sostenibles junto a la disminución del desperdicio agroindustrial.

Entre las técnicas para la recuperación de compuestos bioactivos la extracción sólido-líquido mediante Soxhlet es muy eficiente y reproducible. Este método permite la obtención de extractos concentrados por medio de los disolventes de grado alimentario, como el etanol 96 %, lo que asegura la seguridad y pureza del pigmento. El  $\beta$ -caroteno posee propiedades que dependen de la luz, la temperatura o el tiempo y la estabilidad del mismo es muy sensible a cambios en estos factores, de lo que se

deduce que es necesario hacer una adecuada evaluación del comportamiento fisicoquímico y sensorial.

Por otro lado, el uso de colorantes naturales en las matrices alimentarias será otra oportunidad para innovar desarrollando productos funcionales. En ello, la aplicación del  $\beta$ -caroteno, obtenido a partir de hojas de remolacha, en la formulación de gomitas de pulpa de pitahaya, constituye una alternativa interesante, tanto por su potencial nutricional como por sus características sensoriales. Estas formulaciones son vía de mejora del perfil visual del producto y a su vez de incorporar compuestos bioactivos a favor del bienestar del consumidor.

El objetivo de la investigación fue la extracción de  $\beta$ -caroteno natural obtenido de hojas de remolacha (*Beta vulgaris*) mediante el método Soxhlet, además de evaluar su estabilidad fisicoquímica y sensorial, y aplicarlo como colorante natural en la elaboración de gomitas a base de pulpa de pitahaya, todo ello en pro del aprovechamiento de subproductos agrícolas y desarrollo de alimentos con valor agregado, funcionales y sostenibles.

## I. EL PROBLEMA

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los aditivos de forma artificial son usados en la industria alimentaria, por lo cual se ha convertido en un problema ya que son percusores de enfermedades y muchos de estos están siendo prohibidos o regulados, Estados Unidos y muchos de los países Europeos se suman a este control (Pineda, 2021). En la actualidad hay una gran preocupación por la seguridad del consumo de colorantes que son usados en la industria alimentaria, ya que son legales y consumidos con normalidad, hay diversos de estos aditivos con propiedades genotóxicas que se unen directamente al ADN y afecta de forma indirecta las enzimas (Oplatowska-Stachowiak, 2015).

Dentro de la industria alimentaria uno de los más grandes retos es reducir el uso de colorantes sintéticos, se componen de varios compuestos químicos, donde cada color tiene efectos nocivos en el organismo al ser consumido. Podemos mencionar como ejemplo en los productos como helados, refrescos, cereales, fideos instantáneos, mermeladas y confitería, son muy utilizados los colores brillante azul (FCF), rojo (RED3 ERITROSINA) y amarillo 5, los cuales en una alta dosis de consumo pueden acumularse en los vasos linfáticos y riñones (Muñoz, 2018).

Actualmente el consumo de aditivos artificiales ha generado una alteración sobre la microbiota intestinal, ocasionando inflamación y el desarrollo de enfermedades crónicas, son responsables de la hiperactividad de los niños, por lo cual su consumo ha sido prohibido en algunos países como el colorante rojo 40 y el naranja 1, utilizados principalmente en la elaboración de papas fritas. Debido al alto crecimiento de enfermedades y elevada tasa de padecimiento de cáncer a nivel mundial, pueden provocar tumores de tiroides, migraña, problemas de visión, reacciones alérgicas, cambios de comportamiento en los consumidores y asma, se han realizado estudios para tratar de reemplazar los colorantes sintéticos por colorantes naturales. (Muñoz, 2018).

La remolacha (*Beta vulgaris*) es una vegetal comestible saludable, sin embargo, las hojas de la remolacha no se les da un valor agregado. Debido al desconocimiento de

que son comestibles en la mayoría de la producción estas son eliminadas de la comercialización. Es importante denotar que la raíz de la hortaliza es ampliamente utilizada, mientras que las hojas no son tan comunes en las dietas de los seres humanos lo cual significa el desaprovechamiento en cuanto esta parte de la planta (Yolcu, 2021).

Las hojas de la remolacha suelen ser desechadas como residuos agrícolas o poco utilizada en la alimentación humana. El desperdicio de estas hojas plantea cuestiones significativas que están relacionadas con la sustentabilidad alimentaria y el manejo de residuos agrícolas. El uso limitado de esta parte de la hortaliza puede llevar a un desaprovechamiento de  $\beta$ -carotenos que abundan en sus hojas, además la falta de conocimiento sobre cómo prepararla y cocinar estas hojas puede llevar a que las desechen en lugar de utilizarlas. La cantidad de  $\beta$ -carotenos que se encuentra son de 69,27 mg/100 g, por lo cual es un desperdicio no conservarlas (Cargua, 2021).

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo inciden los distintos factores en la estabilidad del  $\beta$ -caroteno extraído de las hojas de remolacha (*Beta vulgaris*) aplicado en gomitas?

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Los carotenoides desempeñan una gran función fundamental en las plantas, ya que aportan beneficios al captar energía luminosa y actúan como antioxidantes sin mencionar que el consumo regular de estas verduras y frutas ricas en  $\beta$ -caroteno,  $\alpha$ -caroteno y  $\beta$ -criptoxantina poseerán una actividad de vitamina A y retinoides al momento de ingerirlos. Esta vitamina es un importante nutriente que interviene en una gran variedad de funciones fisiológicas donde destaca la función visual, mantenimiento y formación de tejidos blandos, mucosa, piel y dientes. (Zacarías, 2020).

La utilización de colorantes naturales utilizando como base frutas o vegetales se ha convertido en alternativa para minimizar el uso de colorantes sintéticos. El propósito del presente estudio será evaluar la estabilidad de un colorante natural ante la acción de distintos factores, lo que garantizará la calidad del alimento en el cual se utilizara.

La composición de la hoja de remolacha roja contiene  $\alpha$ -tocoferol,  $\beta$ -carotenos y Betaína, aportando varios beneficios que ayuda a la salud de ser humano cuando es

consumido moderadamente. El  $\beta$ - caroteno es abundante en las hojas de remolacha roja obteniendo hasta 67,27 mg/100 g (Lee, 2016). Además de ser un pigmento natural contiene antioxidantes y vitamina A. Para tener una mejor obtención de  $\beta$ -carotenos se debe cosechar las hojas en su estado verde para no sentir sabor amargo ya que contiene taninos (Yolcu, 2021).

La tendencia de los consumidores en la actualidad es consumir productos naturales, por lo cual una alternativa serían las gomitas naturales utilizando el pigmento de las hojas de remolacha, en donde se limita el uso de aditivos artificiales y sustituirlas por las naturales. Al consumir gomitas naturales usando el  $\beta$ -caroteno extraído de vegetales y frutas se convierte en un alimento más seguro para la salud en comparación con los colorantes sintéticos que han causado gran preocupación a los consumidores (Alania et al., 2020).

#### **1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

##### 1.4.1. Objetivo General

Evaluar la estabilidad de  $\beta$ -caroteno obtenido a partir de la hoja de remolacha (*Beta vulgaris*) como colorante natural para aplicarlo en gomitas

##### 1.4.2. Objetivos Específicos

- Extraer  $\beta$ -caroteno de la hoja de remolacha (*Beta Vulgaris*) mediante la aplicación de solvente.
- Analizar las características fisicoquímicas y la estabilidad del  $\beta$ -caroteno extraído ante el efecto de distintos factores.
- Aplicar el colorante natural en las gomitas que conlleve a la identificación posterior del mejor tratamiento desde el punto de vista sensorial.

##### 1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Se puede extraer el  $\beta$ -caroteno de la hoja de la remolacha (*Beta Vulgaris*) mediante la aplicación de solvente?
- ¿Cuál será el rendimiento del  $\beta$ -caroteno extraído?
- ¿Cuál son las características fisicoquímicas y los factores que afectan la estabilidad del  $\beta$ -caroteno extraído de las hojas de remolacha (*Beta Vulgaris*)?
- ¿Qué parámetros permiten evaluar la calidad de las gomitas formuladas con el colorante natural?

## II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Paspuel (2024), menciona en su trabajo de investigación denominado "Evaluación de la estabilidad del colorante natural extraído de cáscara de plátano rojo (*musa acuminata*) para aplicación en la industria alimentaria", evalúa la duración del colorante obtenido a partir de las cáscaras de banano rosa (*musa acuminata*) es expuesto a diferentes factores, los cuales se presentan continuación: temperatura, pH y luminosidad (luz y oscuridad). En este proceso por medio del equipo Soxhlet semi-automático se realizó una extracción sólido-líquida, utilizando como solvente principal el etanol a 96%, seleccionado por tener un menor nivel de toxicidad, a diferencia de otro tipo de solventes que son perjudiciales para la salud, estos solventes que presentan toxicidad son usados en su mayoría para la industria textil. La materia prima es deshidratada a una temperatura de 70° C controlada por 5 horas, siendo 70% la humedad inicial necesaria para obtener  $\beta$ -caroteno, se molió la cáscara del banano rojo para obtener el pigmento y una vez obtenido se realizó una caracterización fisicoquímica del colorante natural, esto con el fin de determinar el tipo de carotenoide corresponde, midiendo la absorbancia de la muestra mediante un barrido de onda desde los 300 nm a 600 nm estableciendo un barrido de 340 nm considerándolo así un  $\beta$ -caroteno, además se evaluó los factores de pH (4,5,6), temperatura de (4, 14, 68°C) y luminosidad (luz y oscuridad) siendo almacenados durante cuatro semanas registrando los datos obtenidos y tabulados, dichos datos se analizaron por medio de un software estadístico denominado InfoStat, por consiguiente se recopiló la información para determinar en qué condiciones hay una mayor degradación, en los resultados se muestra que a una temperatura de 68°C y a un pH de 4 existe degradación, también se demostró que a condiciones de almacenamiento no hay ningún cambio significativo.

Pineda (2021), en su trabajo denominado "Evaluación de la estabilidad de beta caroteno obtenido a partir de la zanahoria (*Daucus carota*) como colorante natural usado en la industria alimentaria" evaluó la estabilidad del  $\beta$ -caroteno extraído de la zanahoria (*Daucus carota*) que es expuesta a diferentes condiciones para determinar su estabilidad, la extracción se llevó a cabo mediante un equipo Soxhlet semiautomático, para este proceso se utilizó como solvente etanol al 96% de pureza, una vez obtenido el  $\beta$ -caroteno se lo lleva a diferentes factores para comprobar su estabilidad en las siguientes condiciones: temperaturas de (4, 14 y 68°C), pH de (4, 5 y 6) y en condiciones de almacenamiento (luz y oscuridad), este proceso se lo llevó a cabo durante cuatro semanas haciendo un análisis y recolección de información para ser tabulados mediante un software estadístico, en los resultados se demostró que a un pH de 5 y 6 a una temperatura de 14 y 68°C a condiciones de almacenamiento (Luz) mostraron una mejor estabilidad del pigmento con un 97,46% y 97,15%.

Poveda y Granados (2016), en su trabajo de investigación determino "Evaluación de la estabilidad de  $\beta$ -caroteno en una papilla de harina de camote biofortificada con dos tiempos y dos temperaturas de cocción". En la investigación se determinó condiciones como temperatura y tiempo de cocción para determinar la cantidad de  $\beta$ -caroteno obtenido, usando la harina de camote biofortificado (HCBF) para la realización de una papilla como alimento complementario a partir del (HCBF), donde se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), usando cuatro tratamientos donde las temperatura es de 56, 62, 72 y 80°C y cuatro tiempos 6, 8, 12 y 14 minutos con tres repeticiones. El análisis sensorial se lo hizo con madres hondureñas donde se evaluó solo tres atributos color, aroma y sabor de las papillas de camote biofortificadas, esto se debe a que presentó el (HCBF) 21 mg de  $\beta$ -caroteno/ 100g más que la harina sin biofortificar, la estabilidad del pigmento es comprometido por las temperaturas altas y el tiempo de cocción, la presencia de contenido del pigmento a una temperatura de 56 y 62°C de 6 a 8 minutos se obtuvo mayor cantidad de  $\beta$ -caroteno, pero en el análisis sensorial los jueces no entrenados de la aldea Jicarito prefirieron la papilla elaborada a 72 y 80°C de 12 a 14 minutos con una menor cantidad de  $\beta$ -caroteno.

Moreira et al. (2023), "Obtención de beta caroteno a partir del camote toquecita (*Impomea batata*).". Para la extracción del  $\beta$ -caroteno se utilizó el equipo Soxhlet, que consiste básicamente en una extracción sólido-líquido, usando solventes orgánicos, se utilizaron otros métodos de extracción como ultrasonido y centrifugación, esto con

el fin de aprovechar la velocidad de desplazamiento para obtener una parte sedimentada y líquida, se hace un análisis de humedad, proteína, ceniza, celulosa lignina, azúcares y hemicelulosa demostrando que están dentro del rango establecidos, el camote tiene presencia de  $\beta$ -caroteno y por el método de Soxhlet se obtuvieron 3,962  $\mu\text{G/g}$  de  $\beta$ -caroteno usando como solvente acetona, 2,452  $\mu\text{G/g}$  de  $\beta$ -caroteno usando como solvente etanol, 6,830  $\mu\text{G/g}$  de  $\beta$ -caroteno usando como solvente el hexano, por otro lado por medio del método de extracción adaptado el ultrasonido y centrifugación se obtuvo como resultado 131,285  $\text{mg/g}$  de  $\beta$ -caroteno siendo el mejor método para obtener mayor cantidad de  $\beta$ -caroteno, cabe resaltar que los autores mencionan que al extraer  $\beta$ -caroteno estos no fueron expuestos a fuentes de luz, permitiendo así obtener mejores resultados en la obtención de  $\beta$ -caroteno.

Catalán (2016), en su investigación denominado "Extracción y caracterización de  $\beta$ -caroteno obtenido de la cáscara de banano (*Musa paradisiaca* L.) evaluando el rendimiento de tres diferentes solventes de distinta polaridad para su utilización como colorante natural a escala laboratorio". En la investigación se extrajo y se caracterizó el  $\beta$ -caroteno a nivel de laboratorio, como materia prima se utilizó la cáscara de banano usando tres tipos de disolventes para determinar su rendimiento de distinta polaridad, por medio del método de extracción sólido-líquido utilizando un equipo Soxhlet y determinar el solvente con mayor rendimiento por medio de métodos químicos, físicos y por medio de un espectrofotómetro UV para evaluar el efecto de polaridad del solvente, como resultado al usar agua como solvente se obtuvo un 7,39% determinando el rendimiento directamente proporcional a la polaridad, mientras con el solvente etanol se obtuvo 0,9124ppm, demostrando que la concentración de  $\beta$ -caroteno es inversamente proporcional.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Remolacha (*Beta Vulgaris*)**

La remolacha (*Beta vulgaris*) se encuentra en el Mediterráneo extendiéndose desde oeste de las costas de las islas de Cabo Verde hasta las islas Canarias. En Ecuador la cosecha de remolacha es 4800 ha, alcanzando una producción de 65 mil toneladas de esta verdura, en las provincias donde más cosechan la remolacha es Pichincha, Chimborazo, Imbabura y Azuay, estas hojas se las consumen en ensaladas o sopas, en estas hojas abundan las proteínas y el  $\beta$ -caroteno, en la medicina esta hoja las

usan para la elaboración de té que ayuda a combatir dolores de cabeza y ayuda aliviar el dolor de muelas (Ministerio de Economía, 2018).

#### 2.2.1.1. Hojas de remolacha

Las hojas de remolacha contienen beneficios para el ser humano, pero antes de utilizarla se deben lavar muy bien ya que existen residuos de plaguicidas. Las hojas de remolacha crecen si son cortadas hasta que el producto vegetal sea cosechado, estas se vuelven amargas al florecer, si se usan para el consumo humano es recomendable comérselas cuando estas están tiernas ya que al contener taninos en su estado maduro son amargas. Se usan para infusiones de té, ensaladas y sopas (Gómez y Cifuentes, 2018).

Las hojas son fuentes ricas en nutrientes como su alto contenido de proteínas, magnesio, potasio, vitamina A, vitamina K, vitamina C, calcio, hierro, ácido fólico y Vitamina C que son importantes para el ser humano, sin mencionar su contenido de antioxidantes y  $\beta$ -caroteno (Gómez y Cifuentes, 2018).

#### 2.2.1.2. Composición de la hoja de remolacha roja en peso seco

La hoja de remolacha roja seca tiene en su composición energía 321Kcal/100 g, fibra 34,3%,  $\beta$ -caroteno 69,27 mg/100g, betaína 106,4 mg/100g, la hoja de remolacha roja es rica en componentes bioactivos como  $\beta$ -caroteno,  $\alpha$ -tocoferol, betanina, fibra y polifenoles, por otra parte en su composición estas hojas contienen taninos que es una sustancia química que hace ligeramente amarga a las hojas (Lee, 2016).

#### 2.2.2. Carotenoides

Los carotenoides son aquellos pigmentos naturales que se encuentran dentro de plantas y bacterias, es gracias a este grupo de pigmentos que muchos frutos y verduras contienen colores brillantes en su estructura, como por ejemplo las zanahorias, batatas y tomates, los carotenoides más frecuentes son los siguientes:  $\beta$ -caroteno, licopeno, luteína y zeaxantina, es importante recalcar que los carotenoides pueden ser añadidos como colorantes en distintos alimentos elaborados como: bebidas, confitería, alimentos para perro, entre otros (Espinosa, 2020).

Los carotenoides son usados en varios tipos de productos dentro de la industria alimentaria, uno de estos usos es para dar color a un alimento a manera de aditivo, algunos ejemplos son: mantequilla, aderezos, jugos, mermeladas, yogurt y manteca, además se han desarrollado formas dispersables en agua de carotenoides con el fin

de dar la coloración a diferentes tipos de alimentos elaborados con agua como bebidas de naranja (Pineda , 2021).

#### 2.2.2.1. Química de los carotenoides

Estos se disuelven de mejor manera en solventes orgánicos como el cloroformo, el acetato de etilo y el hexano, mientras que son insolubles en el agua, por lo tanto, son moléculas hidrofóbicas, estructuralmente, los carotenoides son terpenos lineales o cíclicos compuestos de unidades repetitivas de isopreno ( $C_5H_8$ ) que se unen mediante enlaces carbono-carbono, el número de unidades de isopreno en un carotenoide puede oscilar de 30 a 40, dando lugar a una gran variedad de estructuras, los carotenoides se clasifican como carotenos y xantofilas en base a los conjuntos funcionales que forman la estructura química fundamental de los carotenoides (Slattery, 2021).

El carotenoide contiene en su estructura dobles enlaces conjugados, estos se encargan de la absorción de la luz y colores brillantes que exhiben en la naturaleza, en medio de dicha absorción por medio de un espectro visible los carotenoides logran su color rojo, naranja o amarillo característico de los carotenoides (Slattery, 2021).

#### 2.2.2.2. Propiedades de los carotenoides

- Solubilidad

Los compuestos solubles que están presentes en los carotenoides, se debe a su estructura química donde está por medio el pH y otros componentes alimentarios, el carotenoide es soluble en componentes orgánicos como la clorofila, cloroformo, metanol entre otros, pero insoluble en agua ya que sus moléculas no se pueden disolver bien (Stahl, 2012).

- Absorción de luz

La absorción de luz es importante, ya que los carotenoides están compuestos por una estructura química, el carotenoide es un pigmento que absorbe luz, esto es posible y detectable por medio de un espectro visible UV. Esto ayuda a observar el color característico del carotenoide en general, los cuales tienen una longitud de absorción entre los 400 nm a 550 nm, lo que corresponde a los colores amarillo, naranja, violeta, azul y verde (Stahl, 2012).

- Color

En cuanto al color no es un factor tan relevante, las partes más importantes donde puede ayudar esta información es en cuanto a aspectos sensoriales, es decir, que va a influir a la hora de valorar el estado de un determinado producto con respecto a si está en buen estado o no, un cambio de color del producto puede llevar a pensar que está en mal estado (Espinosa, 2020).

- Isomerización

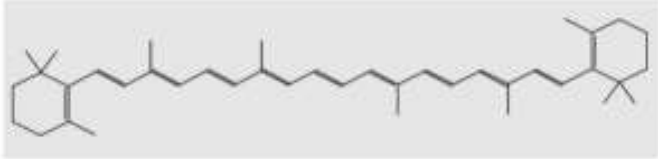
La isomerización se puede presentar en los carotenoides, isómeros geométricos E-trans e isómeros z-cis, es importante destacar que la mayoría de isómeros E se encuentran en la naturaleza, pero por factores químicos y físicos donde interviene la luz, calor y el uso de ácidos sufriendo así una metamorfosis que transformara a los isómeros en Z-cis (Espinosa, 2020).

- Oxidación

Los carotenoides son sensibles ya que al contacto con el oxígeno se comienzan a degradar de una manera muy rápida debido a la presencia de esta molécula su degradación se acelera, para que no ocurra este problema se debe tener en cuenta un lugar donde el ambiente sea inerte para impedir alteraciones en la estructura de este pigmento, caso contrario supone una pérdida de beta carotenoide y el rendimiento será bajo (Espinosa, 2020).

A.  $\beta$ -caroteno ( $C_{40}H_{56}$ )

El  $\beta$ -caroteno es un pigmento natural que se puede encontrar en la gran mayoría de alimentos y su estructura química corresponde a ( $C_{40}H_{56}$ ) como se observa en la Figura 1. Su característica principal es su color amarillo o naranja rojizo, perteneciente a la familia de los carotenoides y son antioxidantes que aportan beneficios a la salud, además es pigmento que está presente en varios tipos de vegetales liposolubles. El  $\beta$ -caroteno además de tener antioxidantes también contiene vitamina A que es esencial para la piel (Vergara, 2022).

Carotenoide	Estructura química	Nombre IUPAC
$\beta$ -caroteno		$\beta$ , $\beta$ -caroteno

**Figura 1.** Estructura química del  $\beta$ -caroteno

**Fuente:** (Meléndez et al., 2021).

#### B. Estabilidad de $\beta$ -caroteno

La estabilidad del  $\beta$ -caroteno tiene que ver mucho con los factores o las condiciones en el que este es sometido, estos factores son temperatura, oxígeno, luz, diversos compuestos químicos y almacenamiento. Este pigmento es muy estable si se encuentra en su estado natural, como en verduras y frutas, es mucho más estable (Vergara, 2022).

- **Temperatura:** Este es un factor importante ya que si la temperatura sobrepasa los 80°C es menos estable, esto causa isomerización trans a la forma cis del  $\beta$ -caroteno. Investigaciones demuestran que el  $\beta$ -caroteno pierde su estabilidad a temperaturas de 80 y 121°C en 2 a 4 horas esta disminución será significativa.
- **Luz:** El  $\beta$ -caroteno debe estar en un lugar sin humedad y sin que penetre la luz directa, ya que degrada el  $\beta$ -caroteno a través de la oxidación.
- **Oxígeno:** Este puede causar oxidación del  $\beta$ -caroteno, especialmente en el procesamiento y almacenamiento del alimento.
- **Parencia de ácidos y metales:** La parencia de estos metales puede acelerar la degradación del pigmento.

#### 2.2.2.3. Aditivos alimentarios

En las sustancias como los aditivos en alimentos se busca mejorar su calidad, textura, sabor, seguridad y apariencia ya que esto es debido a que los aditivos alimentarios pueden incluir conservantes, colorante, edulcorantes, antioxidantes, emulsionantes, estabilizantes, potenciadores y estabilizantes, donde proporcionar el sabor y la mejora del alimento como tal cabe destacar, el origen de las sustancias puede ser natural o en su defecto sintético, su uso está regulado por las autoridades sanitarias de cada país, los cuales establecen límites máximos de consumo, exigen que sean seguros para la salud (Organización Mundial de la Salud, 2025).

#### 2.2.2.4. Métodos de extracción

- Extracción líquida con maceración

Este proceso es una extracción sólida, el tipo de extracción es fundamental ya que usa disolventes orgánicos sobre una muestra sólida, para determinar los compuestos de su composición, la extracción se lo debe realizar en caliente o frío, el objetivo principal de este método reside en la duración de la extracción de este proceso, ya que aumenta conforme la temperatura y el tiempo que tarda en la extracción. Esto se hace para determinar la extracción por el método de maceración son: la temperatura de trabajo, el tipo de disolvente, el tiempo de duración de la extracción y el reactivo a emplear (Espinosa, 2020).

- Extracción Soxhlet

La extracción por Soxhlet es un método sencillo sólido-líquido que tiene una mayor eficiencia, la materia prima debe ingresar en capsulas para comenzar la extracción se debe ingresar la materia prima para que entre en contacto con el disolvente que va a arrastrar las sustancias grasas y con ellas los carotinoides en su mayoría.

Este proceso es sencillo y eficaz porque proporciona una fuente de calor donde el disolvente empezara a disolverse y pasara por el brazo del matraz para refrigerarse y empezara un proceso de condensación por el cambio de la temperatura y desciende poco a poco en forma de gotas sobre la muestra trabajada, en la extracción en cuanto a la fase de la grasa se producirá de forma gradual, donde esta va cayendo en formas de gotas, el disolvente va arrastrando pequeñas fracciones de grasa hasta que se complete la extracción, el extracto que queda de la grasa se somete a una evaporación para poder eliminar el exceso del disolvente (Espinosa, 2020).

- Extracción asistida por microondas

Este tipo de extracción consiste en ir aplicando ondas electromagnéticas en un cartucho de trabajo el cual debe resistir la intensidad variable en la combinación de estos dos. El fin de este procedimiento es que el trabajo de extracción sea más rápido y se pueda obtener un mejor rendimiento de carotenoides, reduciendo las pérdidas por la isomerización y el exceso de calor, por esto se realizó una indagación donde se aplicaba este proceso en ciertos intervalos de tiempo de ondas con una intensidad, se eleva y en pequeños periodos de descanso continua con ondas de

intensidad, es diferente de otros métodos de extracción ya que no requiere quitar la muestra para iniciar el proceso (Espinosa, 2020).

- Extracción asistida por ultrasonidos

Es un método de extracción en el que las ondas acústicas empleadas tienen un proceso que rompe las células de la muestra para que los compuestos de interés estén disponibles, este trabajo tiene una finalidad docente, los estudios que se llevaron a cabo con el fin de optimizar el trabajo de extracción de los carotenoides, se compararon con diferentes cartuchos y se usa la intensidad del ultrasonido para obtener un proceso mucho más rápido y obtener mejores resultados (Espinosa, 2020).

- Extracción acelerada con disolventes

La extracción acelerada con disolventes requiere de ciertas condiciones de presiones elevadas para que sea eficaz el proceso, los carotenoides se pueden encontrar en un sinfín de alimentos libres o unidos a lípidos, azúcares y proteínas, aplicando altas presiones los carotenoides unidos a proteínas se separan aumentando la forma y el rendimiento del proceso, es importante no aplicar altas temperaturas ya que este proceso evita perder carotenoides por la degradación térmica (Espinosa, 2020).

- Extracción con campo eléctrico pulsado y campo eléctrico moderado

Este proceso no necesita una fuente de calor para que empiece la extracción de forma lenta ya que el objetivo de este método es el uso de corriente eléctrica con una intensidad moderada para poder alterar la permeabilidad de las células para extraer los carotenoides de forma rápida y empleando cantidades bajas de disolventes, la permeabilidad de la célula se da por un fenómeno físico llamado electroformación que al aplicar corriente eléctrica en la muestra produciendo una variación en la estructura de la célula que forman unos pequeños poros por el disolvente usado en la extracción para que todos los carotenoides sean arrastrados y queden vacíos los compuestos (Espinosa, 2020).

### 2.2.3. Gomititas comestibles

Las gomitas son un snack muy popular en todo el mundo debido a sus características sensoriales y nutricionales como color, sabor, textura masticable, proteínas, fibra, entre otros, tal como se muestra en la Tabla 1. Lo hace muy llamativo para sus consumidores, tienen una amplia variedad de presentaciones ya que le agregan frutas, bayas, uva, piña entre otros, además de los sabores, las gomitas a menudo se presentan en colores vibrantes y atractivos, lo que las hace visualmente atractivas.

Las propiedades sensoriales que pueden apreciarse a través de los sentidos, como el sabor, que presenta una variedad de sabores como frutas, cítricos, uva, bayas, cereza, mango, entre otros, con diferente tamaño y variedad de formas, la estabilidad y firmeza de las gomitas pueden ser blandas, flexibles o densas y resistentes (Herrera et al., 2022).

**Tabla 1.** Valor nutricional promedio de las gominolas comestibles

	<b>Cantidad por 100g</b>	<b>Cantidad por porción</b>
Contenido energético	321 kcal (1364 KJ)	64 kcal (273 KJ)
Carbohidratos disponibles	76g	15g
Azúcares totales	58g	12g
Proteínas	4,0g	0,8g
Grasas totales	0g	0g
Fibra	0g	0g
Sodio	17mg	3,5mg

**Fuente:** (Herrera et al., 2022)

#### 2.2.3.1. Grenetina

Es un aditivo alimenticio incoloro teniendo como contenido principal la proteína, por cada porción se obtienen un 85% a 92% lo restante son minerales y sales, la proteína procede de un proceso de desnaturalización y desdoblamiento triple hélice de colágeno, estas son de origen animal y son usados mayormente en industrias alimentarias y destinadas también para las industrias farmacéuticas (Herrera et al., 2022).

#### 2.2.3.2. Aditivos usados en gomitas

- **Gelificantes:** Este es un ingrediente clave para la fabricación de gomitas, ya que es responsable de la textura y características típicas de la gelatina, esta se obtiene mediante el colágeno animal. Es el gelificante más usado en la elaboración de gomitas aunque hay gomitas veganas donde se utiliza alternativas basadas en agar-agar u otras sustancias que tengan el mismo objetivo que el colágeno animal (Herrera et al., 2022).
- **Azúcar:** El azúcar es un componente que le da sabor y el más fundamental en la mayoría de las gomitas, ya que proporciona un sabor dulce característico. Es común también usar edulcorantes para realzar o ajustar la dulzura del alimento como la fructuosa, glucosa y jarabe de maíz.

- **Ácido cítrico:** Este es utilizado en las gomitas para brindarle un sabor ácido y equilibrar la dulzura que también se convertirá como un conservante dándole una vida útil más larga a la gomita.
- **Colorante:** Este aditivo es usado en las gomitas para darle el color característico y llamativo para el consumidor, se pueden usar colorantes artificiales o naturales que se obtienen mediante una extracción en vegetales o frutas.
- **Conservantes:** El conservante en las gomitas es esencial, ya que la ayuda a durar durante un periodo de tiempo más largo y conservar su color y sabor, también ayuda a prevenir la propagación de microorganismos que afecten a la salud. 8(Herrera et al., 2022).

#### 2.2.3.3. Características de las gomitas

Entre las características de las gomitas se encuentra el 68% de contenido de sacarosa y aglutinantes, en cuanto a la humedad debe alcanzar el 15% como máximo, los conservantes autorizados en la gomita son el sorbato alcalino en dosis no mayor del 0,1%, en cuanto al pH esta entre 3.8 Y 4.5 ya que estos valores se encuentran en una gomita comestible en el mercado, en cuanto a la textura deber ser elástica que permita recuperar su forma rápidamente aunque esta sea sometida a presión (Morillo y Puma, 2019).

#### 2.2.3.4. Colorantes artificiales

Las industrias alimentarias usan colorantes, para recuperar el color perdido del alimento al pasar por diversos procesos o para resaltar el color y hacerlo más llamativos para los consumidores. Estos son sustancias que se derivan del petróleo ya que al ser sintéticos reemplazan los ingredientes nutritivos y reales del alimento, donde la mayoría de estos productos está siendo comercializada para niños en la confitería, algunos de estos colorantes sintéticos ni siquiera tienen un propósito como impedir que los alimentos comiencen a descomponerse ni combatir bacterias que pueden afectar la salud con intoxicaciones alimentarias (Bailey, 2024).

Los colorantes alimenticios son un problema y más para los niños, ya que esto causa hiperactividad y neuroconductuales (TNC) enfermedades que están relacionados en el cerebro, cáncer, problemas gastrointestinales y alergias, en donde el rojo 3 causa

un problema en los animales ya que les causa cáncer en donde la FDA no lo ha prohibido y está en uso por más de 30 años (Bailey, 2024).

En la elaboración de las gomitas se usan colorantes, muchos de ellos contienen compuestos químicos sintéticos diseñados específicamente para darles color, los colorantes más usados frecuentemente son:

- **Rojo 40 (allura red AC):** Este proporciona colores rojos y rosados
- **Amarillo 5 (Tartrazina):** Se utiliza para poder darle color amarillo o dorado
- **Amarillo 6 (Sunset yellow FCF):** Este proporciona colores amarillos y anaranjados
- **Azul 1 (Brillante blue FCF):** Proporciona colores azules
- **Azul 2 (Indigotina):** Este tiene colores azules y morados (Herrera et al., 2022)

#### A. Colorantes naturales en la industria alimentaria

Los colorantes naturales son cada vez más demandantes con un crecimiento del 5% para el 2026, pero los que tienen mayor impacto son las antocianinas, Carmelo, carmín, antraquinonas, antoxantina, entre otros. Los colorantes con mayor reconocimiento por sus características antioxidantes son los carotenoides (rojos, anaranjados y amarillos) ya que están asociados con la salud ayudando en enfermedades crónicas, estos son utilizado en diversos alimentos como helados, mantequilla, lácteos quesos fundidos, quesos, pastelería, en masas de panificación, entre otros (Vergara, 2022).

El colorante natural se obtiene mediante alimentos como frutas y vegetales, el que más se utiliza es la pulpa de zanahoria ya que tiene abundante  $\beta$ -caroteno, en cuanto a los vegetales se utiliza la cúrcuma para obtener color amarillo dorado y antocianinas que son pigmentos naturales que presentan en diversas frutas y bayas como la uva y mora que son colores morados ya azulados. (Herrera et al., 2022).

#### B. Características físicas del fruto de pitahaya

Las características de la especie amarilla (*Hylocereus triangularis*) La especie amarilla mide aproximadamente 90 milímetros de largo y entre 65 a 70 milímetros de diámetro en su madurez, se caracteriza por poseer una corteza con espinas, su pulpa es de color blanco transparente y muy aromática además está impregnada de semillas

negras muy finas, el sabor de la pulpa es exquisito fino y delicado como agua azucarada (Balcázar, 2019).

### C. Beneficios de la pulpa de pitahaya

La pitahaya brinda un sin número de beneficios para la salud: esta disminuye el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares e hipertensión, además tiene gran influencia en la rigidez aórtica en personas que padecen diabetes lo que provoca que este fruto sea ideal para la dieta de personas con esta enfermedad. Esta fruta exótica es considerada una fuente rica en antioxidantes y grasas del tipo Omega 3 que ayudan a prevenir la aparición de enfermedades graves, tumores cancerígenos, y ciertos tipos de cáncer de carácter hormonal como el de mama, útero, colon y próstata (Balcázar, 2019).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

##### 3.1.1. Enfoque

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, donde se desea obtener un colorante natural mediante un método de extracción, exponiendo el  $\beta$ -caroteno en diferentes condiciones como temperatura, pH y luminosidad en condiciones de almacenamiento, es necesario ya que se agregara el colorante a una gomita comestible, para realizarle pruebas sensoriales, los resultados serán tabulados y analizados mediante un software estadístico.

##### 3.1.2. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es experimental, porque se lleva a cabo un proceso en el que se controlarán las variables de estudio de una forma que se pueda medir cualquier tipo de cambio respecto a los factores a las cuales están expuestas las variables (UPEC, 2023). Esta investigación está enfocada en la evaluación del pigmento natural extraído de la hoja de remolacha, enfocado principalmente en su estabilidad.

#### 3.2. HIPÓTESIS

##### 3.2.1. Hipótesis nula

(H<sub>0</sub>): La estabilidad del  $\beta$ -caroteno extraído de las hojas de remolacha (*Beta vulgaris*) no se afecta por factores como temperatura, luminosidad y pH.

##### 3.2.2. Hipótesis alternativa

(H<sub>a</sub>): La estabilidad del  $\beta$ -caroteno extraído de las hojas de remolacha (*Beta vulgaris*) se ve afectado por factores como temperatura, luminosidad y pH.

#### 3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

##### 3.3.1. Variable independiente: Estabilidad del $\beta$ -caroteno

- Temperatura (4, 14, 68)°C
- Exposición (Luz-oscuridad)
- pH (4,5,6)

### 3.3.2. Variable dependiente

- Estabilidad de  $\beta$ -caroteno obtenido de la hoja de remolacha (*beta vulgaris*).
- Características organolépticas de las gomitas elaboradas con los mejores tratamientos a partir de la prueba de estabilidad
- Características fisicoquímicas de las gomitas elaboradas con los mejores tratamientos a partir de la prueba de estabilidad

### 3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

En la Tabla 2, se muestra operacionalización de variables donde se encuentran las variables dependientes y las variables independientes, donde indican las dimensiones, indicadores, técnicas e instrumentos.

**Tabla 2.** Operacionalización de variables de la extracción de  $\beta$ -caroteno de la hoja de remolacha (*beta vulgaris*)

	Variables	Dimensión	Indicadores	Técnicas	Instrumento	
Variable independiente	<b>Factores físico químicos en la obtención de los <math>\beta</math>-carotenos</b>	pH	4,5,6	Potenciómetro		
		Temperatura	4, 14, 68 °C	Termometría	(Pineda, 2021)	
		Exposición (Luz, oscuridad)	Expuesto a la luz directa, oscuridad frasco ámbar	Almacenamiento		
Variable dependiente	<b>Estabilidad del <math>\beta</math>-caroteno de la hoja de remolacha (<i>Beta vulgaris</i>)</b>	Respuesta del colorante a factores determinados	Extinción en (Abs)	Espectrofotometría NTE INEN-ISO 787-16	(Pineda, 2021)	
		<b>Características organolépticas de las gomitas elaboradas con los mejores tratamientos a partir de la prueba de estabilidad</b>		Olor		
			Calidad sensorial		Color	
	Sabor			Prueba de aceptación con escala hedónica	Fichas de pruebas hedónicas	
<b>Características fisicoquímicas de las gomitas elaboradas con los mejores tratamientos</b>	Calidad fisicoquímica		Humedad %	Gravimétrico	NTE INEN (2217)	
			Sólidos solubles	Refractómetro	NTE INEN	
			°Brix	Potenciómetro	(256, 380, 1519, 20483)	
			pH			

### **3.5. MÉTODOS UTILIZADOS**

#### 3.5.1. Materiales y reactivos

##### **Materiales**

- Cuchillo acero inoxidable
- Vasos de precipitado 1000ml
- Tubos de ensayo
- Papel filtro Whatman #1
- Termómetro
- Papel aluminio
- Espátula
- Moldes
- Ollas de acero inoxidable

##### **Equipos**

- Balanza aproximación de 0.01g
- Agitador Magnético
- Deshidratador GOURMIA GDF1850
- Refrigerador
- Mortero
- Espectrofotómetro UV-Visible Lovibond
- Estufa
- Potenciómetro Metter Toledo
- Equipo de extracción Soxhlet automático de 250 ml.
- Refractómetro digital

##### **Materia prima**

- Hojas de remolacha
- Pulpa de pitahaya
- Grenetina
- Sacarosa
- Ácido cítrico
- Agua purificada
- Glucosa líquida

##### **Reactivos**

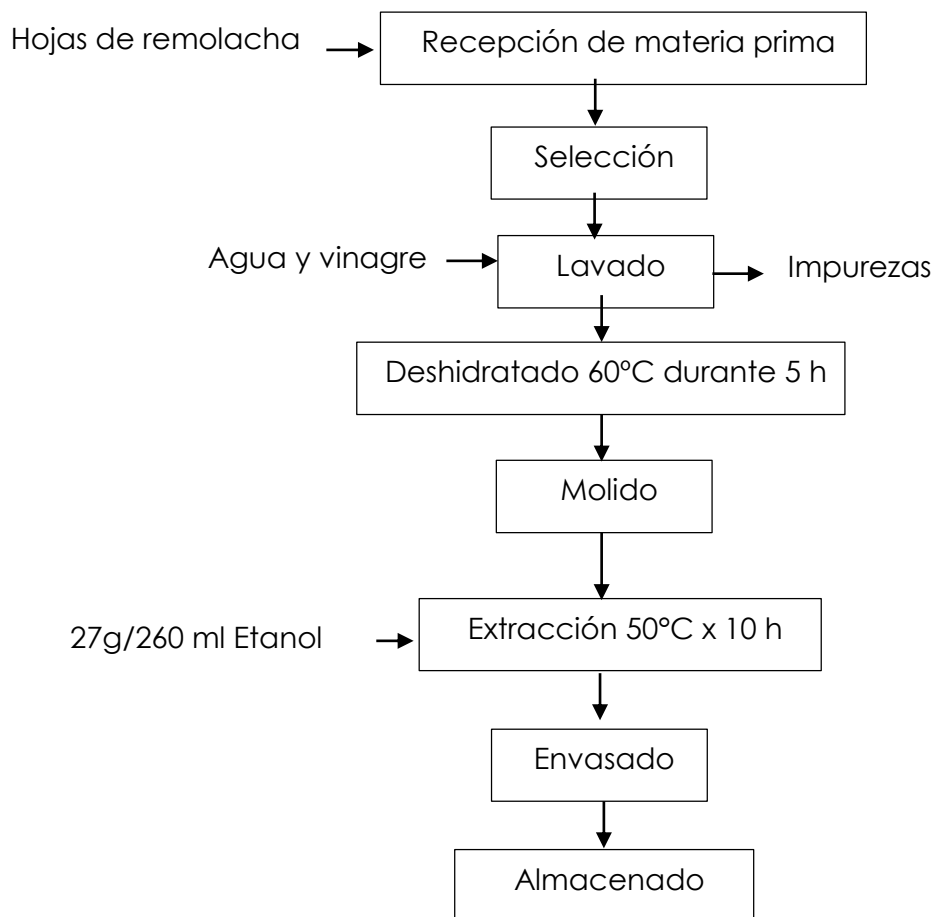
- Etanol 96°C

- Agua destilada

### 3.5.2. Diagrama de flujo.

#### 3.5.2.1. Fase 1. Proceso de la extracción de $\beta$ -caroteno de las hojas de remolacha.

En esta fase se obtuvo el  $\beta$ -caroteno mediante el método de extracción sólido-líquido, utilizando un equipo Soxhlet, tal y como se detalla en la Figura 2.



**Figura 2.** Diagrama de flujo del proceso de la extracción de  $\beta$ -caroteno de las hojas de remolacha.

Se empleó el método realizado por Moreira et al. (2023) el cual que ejecutó una extracción por solvente, donde aplicó un método sencillo denominado sólido-líquido mediante el uso del equipo Soxhlet FAT4 de 250 ml el cual es un método simple y confiable.

### 3.5.2.2. Procesos de extracción de $\beta$ -caroteno de la hoja de remolacha

- **Recepción de la materia prima:** Se reciben las hojas de remolacha haciéndole una revisión exhaustiva para poder clasificar las que tengan un mejor aspecto.
- **Selección:** Estado de madurez verde.
- **Lavado:** Se lava con agua potable y vinagre eliminando cualquier tipo de contaminante.
- **Deshidratación y molido:** Este proceso se llevará a cabo mediante un deshidratador eléctrico semiautomático a e 60°C durante 5 horas.
- **Extracción:** Se extrae el colorante natural de las hojas secas y molidas, el solvente a utilizar es el etanol al 96%, usando el equipo Soxhlet automático por 10 horas.
- **Envasado:** El extracto de la hoja de remolacha es colocado en un frasco ámbar, para impedir el contacto directo de luz y pueda afectar el  $\beta$ -caroteno.
- **Almacenado:** Se lo debe almacenar en un lugar seco sin humedad.

### 3.5.3. Extracción en equipo Soxhlet automático 250 ml.

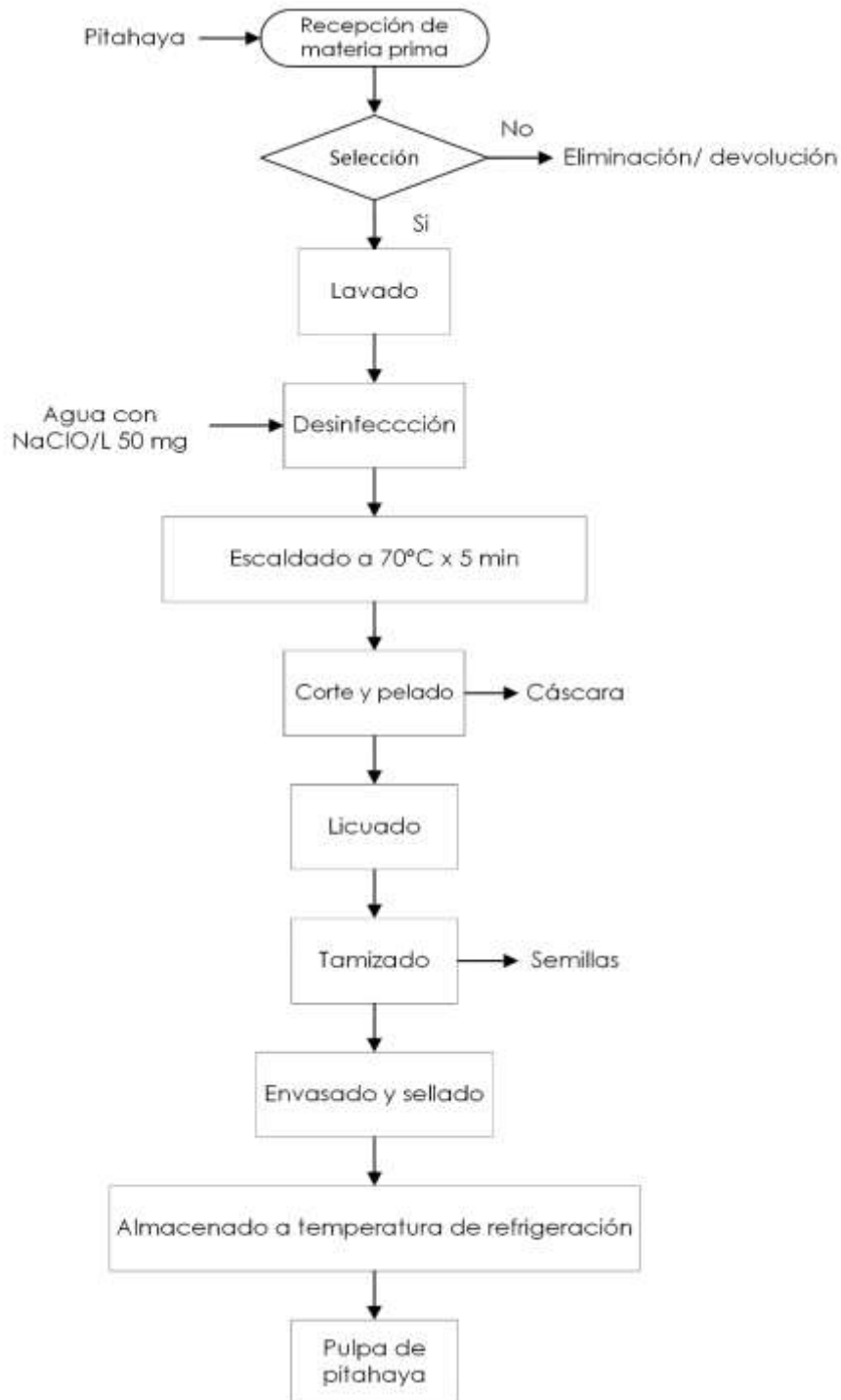
Según Moreira et al. (2023), la extracción fue realizada por medio del equipo Soxhlet, la muestra es colocada en un recipiente junto con el solvente para el proceso de extracción, aproximadamente entre 5-10 horas de 10 a 12 sifonadas.

De esta forma, la extracción se realizó de la siguiente manera.

1. Se pesó 27 g de muestra de hoja de remolacha deshidratada y previamente molida por cada sección de extracción del equipo.
2. Se procedió a cubrir las muestras con papel filtro Whatman #1 de tal manera que las partículas queden en su interior.
3. Se ubican los cartuchos con la muestra sólida en el extractor.
4. Se colocan 260 ml de etanol al 96 % en cada uno de los matraces a usar.
5. Se deja aproximadamente este proceso hasta que se realizan de 12 a 20 sifonadas, este proceso es lento y toma alrededor de 1 semana hasta que se extraiga por completo.
6. Almacenar el pigmento obtenido.

### 3.5.3.1. Fase 2. Obtención de la pulpa de pitahaya.

En esta fase se muestran los procesos de obtención de pulpa de pitahaya, donde incluye selección, lavado, desinfección, escaldado, corte, licuado, tamizado, envasado y almacenado, como se observa en la Figura 3.



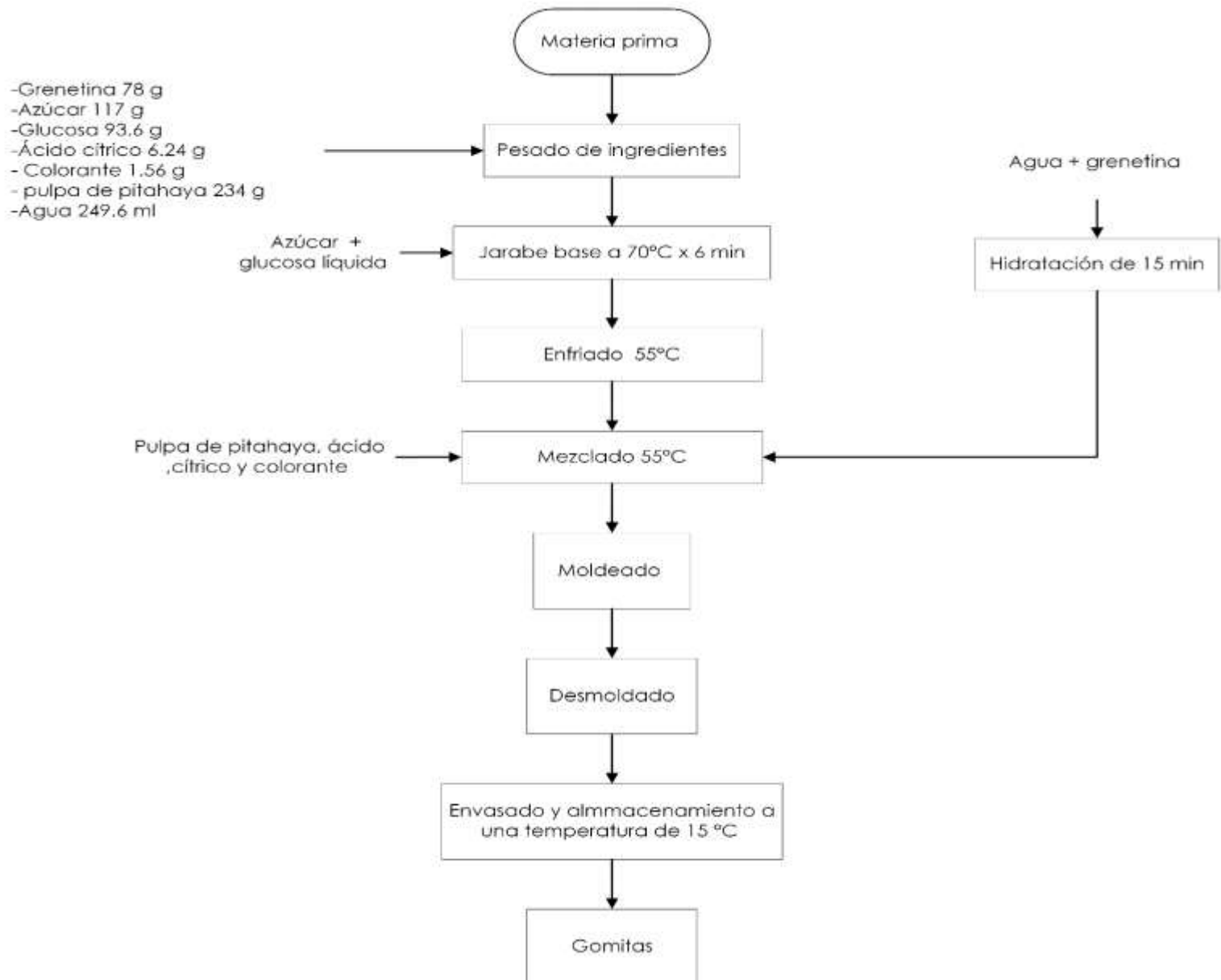
**Figura 3.** Diagrama de flujo de la obtención de la pulpa de pitahaya.

### 3.5.3.2. Proceso de obtención de la pulpa de pitahaya.

- **Recepción de materia prima:** Se recibieron las pitahayas para el proceso de despulpado.
- **Selección:** Se seleccionaron las pitahayas con estado de maduras (pintón) color verde-amarillo.
- **Lavado:** Se procedió a lavar cada una de las frutas con abundante agua y mediante la utilización de un cepillo para poder eliminar las partículas de suciedad en el proceso de recolección.
- **Desinfección:** Se efectuó una desinfección usando una solución de agua con hipoclorito de sodio 50 mg NaClO /L, esto garantizo la eliminación de contaminantes.
- **Escaldado:** Se realizó un tratamiento térmico, que consiste en la exposición de la fruta a una temperatura de 70 °C por un tiempo de 5 minutos, con el propósito de inactivar las enzimas, fijar el color, sacar el aire ocluido en la fruta y remover aromas indecibles.
- **Corte y pelado:** Se procedió a retirar la cáscara, evitando realizar demasiados cortes para garantizar la calidad de la pulpa.
- **Liculado:** Se coloca la pulpa en la licuadora de 1 a 2 minutos hasta obtener una mezcla homogénea.
- **Tamizado:** Se colocó la pulpa sobre una malla N°40 de acero inoxidable suficiente para retener las semillas.
- **Envasado y sellado:** El envasado se llevó a cabo mediante fundas ziploc pesando un total de 400 g.
- **Almacenado:** Se almacena la pulpa en un lugar sin humedad a temperatura de refrigeración.

### 3.5.3.3. Fase 3. Proceso de elaboración de gomitas.

En el siguiente diagrama de flujo se muestran las etapas de proceso de elaboración de gomitas, que incluyen la formulación de ingredientes, hasta obtener un producto con características adecuadas para el consumo, como se observa en la Figura 4.



**Figura 4.** Diagrama de flujo del proceso de elaboración de gomitas.

### 3.5.3.4. Proceso de elaboración de la gomita.

- **Recepción de materia prima:** Se recibieron los ingredientes necesarios para elaborar las gomitas.

- **Pesado de ingredientes:** Se procedió a pesar los siguientes ingredientes grenetina 78 g, azúcar 117 g, glucosa 93.6 g, ácido cítrico 6.24 g, colorante 1.56 g, pulpa de pitahaya 234 g y agua 249.6 ml.
- **Hidratación:** Se hidrata la grenetina en el agua fría durante unos 15 minutos hasta que la hidratación este completa.
- **Jarabe base:** El azúcar junto a la glucosa se lo lleva a una temperatura de 70°C durante 6 minutos hasta que se disuelva por completo, se debe mezclar suave para evitar caramelizarían.
- **Enfriado:** El jarabe base de dejar enfriar a 55°C.
- **Mezclado:** Se añadió la pulpa de pitahaya durante 3 minutos a 55 °C y se le agrego grenetina hidratada.
- **Moldeado:** Se colocó la mezcla en los moldes de silicona donde se deja reposar a una temperatura de 4 °C regulando el termostato del refrigerador durante 45 minutos hasta lograr una gelificación firme.
- **Desmoldado:** Se le dio la vuelta a los moldes y se presiona suavemente en la parte posterior para obtener las gomitas.
- **Envasado y almacenamiento:** El producto final se empaca en fundas de polipropileno y se conserva en temperatura ambiente 15°C.

#### 3.5.4. Caracterización del pigmento

El pigmento se analizó por métodos químicos y físicos, de forma químicamente dependerá de la extracción de los componentes del colorante natural por disolución en disolventes polares o apolares, por el método físico indica un coeficiente de absorción específica para su identificación mediante un barrido espectral obteniendo así la longitud de onda máxima de absorbancia (Paspuel, 2024).

#### 3.5.5. Determinación de sólidos solubles (°Brix)

Para determinar los sólidos solubles se realizó por el método refractómetro (NTE INEN-ISO2172., 2013) donde la muestra se coloca en el lector del dispositivo y el resultado se expresara como "°Brix".

#### 3.5.6. Determinación de pH

Para determinar el pH se utilizó el método de potenciómetro (NTE INEN-ISO 1842., 2013) previamente el potenciómetro calibrado.

### 3.5.7. Estabilidad del colorante

La evaluación de la estabilidad del colorante se tomó como referencia lo realizado por Torres (2017), según en su estudio denominado "Evaluación de la estabilidad del pigmento natural obtenido a partir del mortiño (*Vaccinium mytilus*) como colorante para la industria alimentaria", Durante cuatro semanas los tratamientos que contenían el pigmento fueron sometidos mediante un análisis espectrofotométrico hasta 2 veces por semana con el fin de poder determinar el porcentaje de pigmento retenido, en las condiciones establecidas mismas que fueron aplicadas por el presente estudio.

### 3.5.8. Procedimiento para evaluar la estabilidad del colorante natural

- Temperatura

Se experimentaron con tres temperaturas (4°C, 14°C y 68°), las mismas que fueron seleccionadas debido a que la mayoría de alimentos son almacenados a estas temperaturas y a su vez sometidos a tratamientos térmicos que alcanzan temperaturas de 68 °C (Pineda, 2021).

- pH

Se experimentaron tres valores de pH (4, 5, 6) debido a que la mayoría de los alimentos que son consumidos a diarios oscilan entre estos valores (Pineda, 2021) .

- Luminosidad

Las muestras se mantuvieron en dos ambientes de almacenamiento; oscuridad y expuestas a la luz (Pineda, 2021).

Los tratamientos fueron colocados en vidrios ámbar los mismos que fueron expuestos a la oscuridad y frascos de vidrio transparente para los que fueron expuestos a la luz.

- Aplicación de colorante en gomitas

Para la aplicación de colorante obtenido, se realizó de acuerdo a la norma NTE INEN 2217, donde se aplicó 0,2 g en 100 ml de gomita, para luego evaluar en un análisis sensorial el color, olor, sabor, textura y persistencia del sabor los mismos que serán evaluados mediante la aplicación de una prueba de escala hedónica con el fin de determinar la aceptabilidad.

- Cálculo de rendimiento del  $\beta$ -caroteno

Rendimiento (%) = (Cantidad de  $\beta$ -caroteno obtenido/ Cantidad inicial de muestra) x 100.

- Fórmula para el porcentaje de humedad

$$H = \frac{P.m - P_{final}}{P_{muestra}} \times 100$$

Donde:

H humedad

P.m.= Peso de la muestra

P.f.= peso final

### 3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la definición de las variables se toma el número de tratamientos, bajo un diseño completamente al azar con un arreglo factorial (AxBxC) para la estabilización del  $\beta$ -caroteno, tal y como se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Primera parte definición de variables y tratamientos para la estabilización del  $\beta$ -caroteno.

Tratamiento	Código	Tratamiento	Código
T1	A1B1C1	T10	A2B2C2
T2	A1B1C2	T11	A2B3C1
T3	A1B2C1	T12	A2B3C2
T4	A1B2C2	T13	A3B1C1
T5	A1B3C1	T14	A3B1C2
T6	A1B3C2	T15	A3B2C1
T7	A2B1C1	T16	A3B2C2
T8	A2B1C2	T17	A3B3C1
T9	A2B2C1	T18	A3B3C2

A. pH

- A1: 4 pH
- A2: 5 pH
- A3: 6 pH

B. Temperatura de extracción

- B1: 4 ° C
- B2: 14° C

- B3: 68 ° C

#### C. Luminosidad

- C1: Luz
- C2: oscuridad

Se determinara mediante el número de tratamientos tomando en cuenta la interacción de todos los factores, bajo un diseño completamente al azar con un arreglo factorial (AxBxC) considerando tres replicas por cada uno.

- Número de repeticiones por tratamiento: 3
- Numero de tratamientos: 18
- Número de unidades experimentales: 54

#### 3.6.1. Fórmula base para elaborar gomitas en 100 g

- 10 % de Grenetina
- 15 % de Azúcar estándar
- 12 % de Glucosa líquida
- 0.8 % de Ácido cítrico
- 0,2 % de Colorante
- 30 % de pulpa de fruta
- 32% de Agua purificada.

#### 3.6.2. Procesamiento y análisis de datos

Los datos conseguidos de manera experimental en la investigación se procesarán mediante un análisis estadístico de varianza ANOVA, en el caso de que la distribución demuestre que los datos tratados son paramétricos se utilizará como prueba confirmatoria y de significancia Tukey al 5% de confiabilidad, y si no son paramétricos se utilizara la prueba de Duncan.

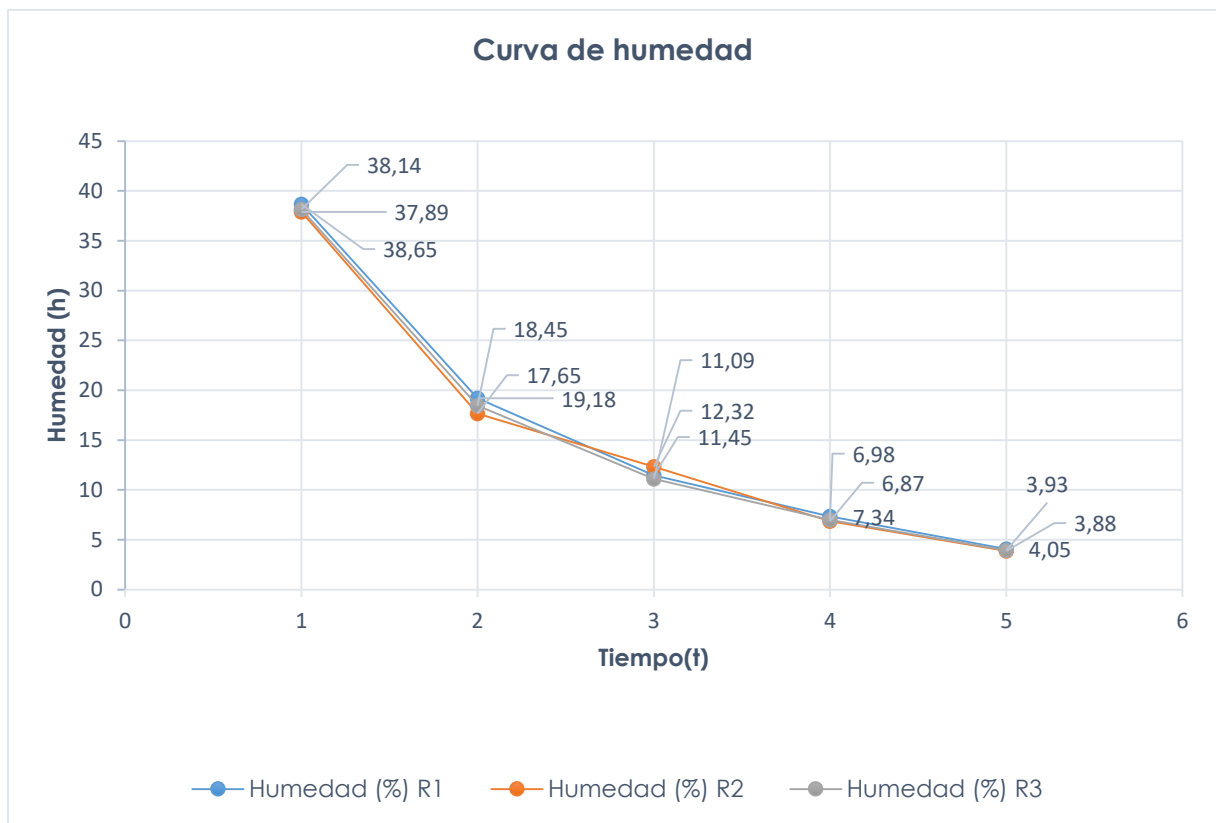
Al tratarse de datos categóricos se empleará la prueba de Fisher a fin de establecer los mejores tratamientos, para el análisis sensorial.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. RESULTADOS

En la figura 2. Se muestra los datos de la curva de secado de la hoja de remolacha, considerando tres ensayos para la obtención de la misma.

#### 4.1.1. Curva de secado



**Figura 5.** Curva de secado de la hoja de remolacha.

Mediante los datos obtenidos en laboratorio se logró obtener el rendimiento del  $\beta$ -caroteno mediante el equipo soxhlet, como se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Datos obtenidos en la obtención del pigmento.

Peso inicial	Peso final	Porcentaje
27g	3,44g	12,74 %
27 g	3,75g	13,88 %
27 g	3,81g	14,11 %

#### 4.1.1.1. Solubilidad

Los datos obtenidos en laboratorio se lograron obtener la solubilidad del  $\beta$ -caroteno en diferentes solvente, tal como se observa en la tabla 5.

**Tabla 5.** Datos obtenidos en la solubilidad del  $\beta$ -caroteno  $C_{40}H_{56}$ .

<b>Disolvente polar</b>	Agua	0,06 $\mu\text{g/ml}$
<b>Disolvente apolar</b>	Etanol	20 g/ml

#### 4.1.1.2. Caracterización fisicoquímica del pigmento

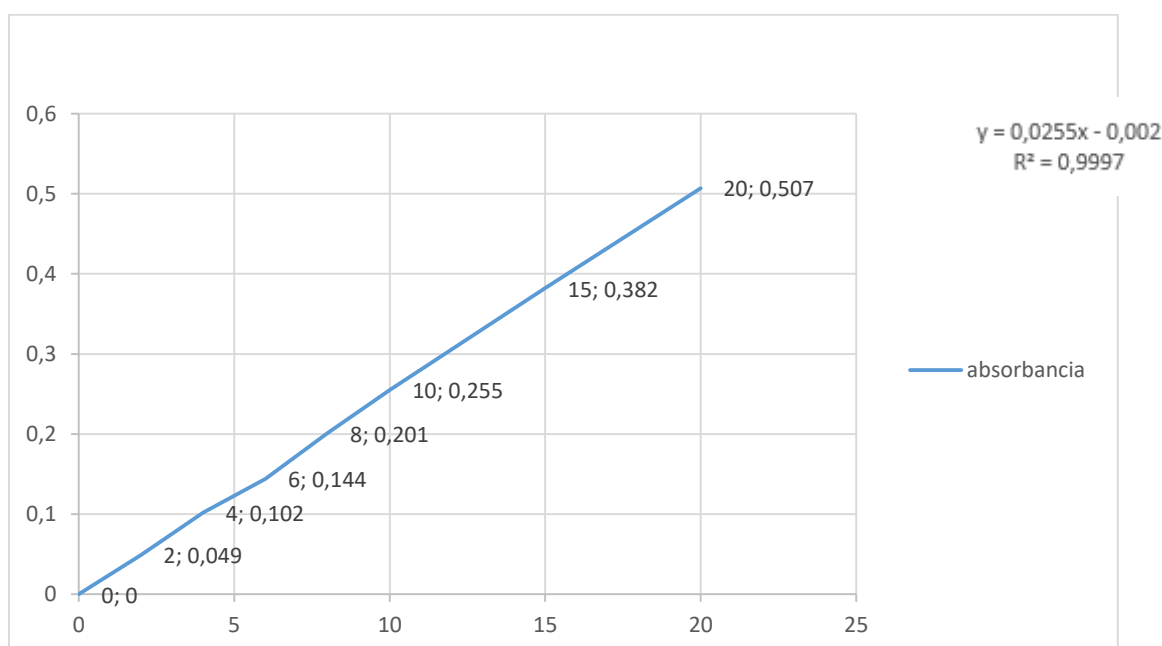
En la tabla 6. Se muestran los resultados de la caracterización fisicoquímica del pigmento obtenido de la hoja de remolacha.

**Tabla 6.** Caracterización fisicoquímica del pigmento

<b>Parámetros</b>	<b>Resultado</b>
pH	6.003 $\pm$ 0,5
°Brix	22 $\pm$ 6
Absorbancia	0.633

#### 4.1.2. Curva de calibración

La cuantificación del compuesto se realizó mediante una curva de calibración, construida a partir de soluciones patrón de concentración conocida, relacionando la absorbancia con la concentración del anualito, tal como se muestra en la Figura 6.



**Figura 6.** Curva de calibración del  $\beta$ -caroteno

Datos usados para el rendimiento del  $\beta$ -caroteno

**Curva de calibración:**  $A=0,0255$   $C=0,002$

**Extracto:**  $3,44 \text{ g} \pm 0,37 \text{ g}$  a partir de  $27 \text{ g}$  de materia prima

**Absorbancia del extracto:**  $0,633$

**Volumen de disolución del extracto:**  $25 \text{ ml}$

**Convertir absorbancia a concentración**

$$C = \frac{A + 0,002}{0,0255} = \frac{0,633 + 0,002}{0,0255} = 24,90 \mu\text{g/ml}$$

**Contenido total de  $\beta$ -caroteno en el extracto**

$$\text{total betacaroteno} = C \times V = 24,90 \mu\text{g/ml} * 25 \text{ ml} = 622,5 \mu\text{g}$$

**Contenido por gramo de extracto**

$$\frac{622,5 \mu\text{g}}{3,44 \text{ g}} = 180,95 \mu\text{g/g}$$

$$\frac{622,5 \mu\text{g}}{3,75 \text{ g}} = 166 \mu\text{g/g}$$

$$\frac{622,5 \mu\text{g}}{3,81 \text{ g}} = 163,4 \mu\text{g/g}$$

**Contenido por gramo de materia prima**

$$\frac{622,5 \mu\text{g}}{27 \text{ g}} = 23,055 \mu\text{g/g}$$

**Rendimiento de  $\beta$ -caroteno (%)**

$$\text{Rendimiento \%} = \frac{23,06 \mu\text{g/g}}{200 \mu\text{g/g}} \times 100 = 11,83 \%$$

Se prepararon diferentes soluciones de calibración para el espectrofotómetro, las cantidades definidas son:  $0, 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20 \mu\text{g/ml}$ . La curva de calibración en  $A=0,0255$   $C=0,002$ , extracto usado es  $3,44 \pm 0,37 \text{ g}$  a partir de  $27 \text{ g}$  de materia prima, donde la absorbancia del extracto a  $450 \text{ nm} = 0,633$  y el volumen de disolución del extracto a  $25 \text{ ml}$ . Con estos datos se obtiene el rendimiento del  $\beta$ -caroteno, para ello se convirtió la absorbancia a concentración obteniendo  $24,90 \mu\text{g/ml}$ , así se obtuvo el total de  $\beta$ -caroteno del extracto de  $622,5 \mu\text{g}$ , el contenido por gramo de extracto es  $163,4 \pm 17,55 \mu\text{g/g}$  y el contenido por gramo de materia prima es  $23,055 \mu\text{g/g}$ .

### 4.1.3. Obtención del pigmento.

#### 4.1.3.1. Estabilidad del pigmento natural extraído a partir de la hoja de la remolacha y expuesto a diferentes condiciones de almacenamiento.

La estabilidad del pigmento se evaluó exponiéndola a diferentes tipos de condiciones como pH (4, 5 y 6); temperatura de (4, 14 y 68°C); almacenamiento (luz y oscuridad), se evaluó durante 4 semanas, realizando un seguimiento semanal para obtener datos de retención del  $\beta$ -caroteno en relación a su estabilidad a diferentes condiciones. Los datos se obtuvieron a través de un espectrofotómetro, con el fin de medir la absorbancia de la sustancia a diferentes extensiones de onda.

#### 4.1.3.2. Mejor tratamiento

En la tabla 7. Se puede observar el análisis mediante una prueba de varianza no paramétrica Kruskal - Wallis (Duncan) de las interacciones donde son expuestas a pH, temperatura y luminosidad, a través de la investigación se puede apreciar que a un pH de 4 a 68°C sufre una mayor degradación del pigmento natural a diferencia de un pH de 5 y 6 a 4°C y 14°C donde el pigmento natural sufre una baja degradación y posee una gran estabilidad. En cuanto la luminosidad al estar expuesta a la oscuridad y luz si afecta la estabilidad del  $\beta$ -caroteno natural.

**Tabla 7.** Prueba de normalidad (Shapiro Wilk).

<b>Prueba</b>	<b>Estadístico</b>	<b>p-valor</b>	
Normalidad (Estadístico de Shapiro Wilk)	0,79	<0,0001	No cumple

La distribución de los datos obtenidos sobre la absorción (RABS), al no seguir una normalidad se aplicó la prueba de Shapiro-Wilks. El valor estadístico obtenido fue  $W=0,79$  con p valor de  $p<0,0001$ , dado que el p valor es menor al nivel significativo de 0,05 se rechaza la hipótesis nula de normalidad.

Como se puede observar en la tabla 8. Al no seguir una normalidad se hace la prueba de Kruskal Wallis, para obtener el mejor tratamiento en cuanto a la retención del pigmento en cuatro semanas de almacenamiento.

**Tabla 8.** Datos obtenidos mediante la prueba de Kruskal Wallis para determinar el mejor tratamiento.

Tratamientos	% de retención de pigmento	Rango estadístico	p-valor
T17: 6 : 68: luz	93,95	A	0,0029
T9: 5: 14: luz	92,33	A	
T4: 5: 4: oscuridad	92,33	A B	
T10: 5: 14: oscuridad	91,27	A B	
T3: 5: 4: luz	91,07	A B C	
T18: 6: 68: oscuridad	91,76	A B C	
T11: 6: 14: luz	91,09	A B C	
T15: 5: 68: luz	91,51	A B C D	
T6: 6: 4: oscuridad	90,51	A B C D F	
T2: 4: 4: oscuridad	88,33	A B C D F G	
T16: 5: 14: oscuridad	89,62	A B C D F G	
T5: 6: 4: luz	90,11	A B C D F G	
T1: 4: 4: luz	90,03	B C D F G	
T12: 6: 14: oscuridad	86,61	B C D F G	
T13: 4: 68: luz	84,58	C D F G	
T8: 4: 14: oscuridad	83,33	D F G	
T7: 4: 14: luz	83,61	F G	
T14: 4: 68: oscuridad	79,45	G	

El análisis instrumental mediante espectrofotometría permitió determinar el porcentaje de retención del pigmento tras cuatro semanas de almacenamiento. Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ( $p = 0,0029$ ), lo que evidencia que las condiciones de luz, tiempo y temperatura influyen directamente en la estabilidad del colorante natural.

El tratamiento T17 (6:68 bajo luz) presentó el mayor porcentaje de retención de pigmento con un valor de 93,95 %, seguido de T9 (5:14 bajo luz) y T4 (5:4 en oscuridad), con 92,33 % cada uno. Estos resultados reflejan que dichos tratamientos mostraron una alta estabilidad del colorante, manteniendo más del 90 % del pigmento inicial después de cuatro semanas.

Por el contrario, el tratamiento T14 (4:68 en oscuridad) registró el menor porcentaje de retención con 79,45 %, lo que indica una pérdida considerable del pigmento durante el periodo de almacenamiento. Este resultado demuestra que las condiciones de este tratamiento no fueron adecuadas para preservar la estabilidad del colorante.

En general, los tratamientos que superaron el 90 % de retención pueden considerarse como los más efectivos para reducir la degradación del pigmento, garantizando una mayor estabilidad del color y un mejor desempeño del colorante natural durante el almacenamiento.

En las propiedades fisicoquímicas de la gomita se puede apreciar en la tabla 9, los resultados de los 13 tratamientos.

**Tabla 9.** Propiedades fisicoquímico de gomitas elaboradas con el colorante natural de las hojas de remolacha.

Tratamiento	° Brix	pH	Humedad %
T0	40 ± 0	3,68 ± 0,19	21,56 ± 0,6
T2	32 ± 4	3,85 ± 0,8	21,04 ± 0,19
T3	31 ± 3	4,57 ± 0,3	20,05 ± 0,12
T4	33 ± 1	4,40 ± 0,10	19,08 ± 0,51
T5	40 ± 0	4,89 ± 0,12	23,34 ± 0,39
T6	36 ± 1	4,17 ± 0,5	26,18 ± 0,78
T9	30 ± 4	3,50 ± 0,4	22,76 ± 1,78
T10	40 ± 0	4,98 ± 0,2	19,08 ± 1,47
T11	35 ± 2	4,76 ± 0,20	21,99 ± 0,98
T15	38 ± 1	4,71 ± 0,7	25,05 ± 1,23
T16	38 ± 0	4,02 ± 0,17	23,34 ± 1,18
T17	36 ± 1	3,91 ± 0,5	22,08 ± 0,85
T18	35 ± 1	3,77 ± 0,9	27,48 ± 0,59

Según FUSADES (2014), menciona que en el °Brix no debe pasar de los 78 °Brix, en donde se puede observar que los tratamientos cumplen con ese requisito.

En el pH según Fragoso et al. (2024), establece que una gomita elaborada con grenetina está en un pH 3,0 y 4,5, donde los tratamientos T3 con un pH de  $4,57 \pm 0,3$ , T5 con un pH de  $4,89 \pm 0,12$ , T10 con un pH de  $4,98 \pm 0,2$ , T11 con un pH de  $4,76 \pm 0,20$  y T15 con un pH de  $4,71 \pm 0,7$  no cumplen con los requisitos.

En la humedad según la norma NTE INEN 2217 (2012), este no debe pasar del 25 % de humedad, donde los tratamientos T6 con una humedad de  $26,18 \pm 0,78$ , T5 con una humedad de  $25,05 \pm 1,23$  y T18 con una humedad de  $27,48 \pm 0,59$  no cumplen con los requisitos puestos por la norma.

En la tabla 10, se realizó una prueba de Shapiro-Wilk para el atributo de color, ya que su p valor es  $<0,0001$ , evidenciando que no cumple un supuesto de normalidad.

**Tabla 10.** Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) para el color.

Prueba	Estadístico	p-valor	
Normalidad (Estadístico de Shapiro Wilk)	0,94	$<0,0001$	No cumple

En cuanto al atributo del color, se realizó un análisis de Kruskal-Wallis con un p valor de 0,0001, evidencio que el tratamiento T2 obtuvo una mayor puntuación de (6,00) que estadísticamente es superior y el tratamient T17 con (5,50). El tratamiento con menor puntuación es T5 con (3,00) donde se ubica en el rango estadístico como el más bajo, como se observa en la tabla 11.

**Tabla 11.** Análisis sensorial mediante la prueba de Kruskal Wallis para determinar el color.

Tratamiento	Medidas	Rango estadístico	P-valor
T2	6,00	A	0,0001
T17	5,50	A B	
T15	5,00	B C	
T6	5,00	B C D	
T11	5,00	C D	
T16	4,00	C D E	
T18	4,00	D E	
T0	4,00	D E F	
T4	4,00	E F	
T9	4,00	F G	
T10	4,00	F G	
T3	4,00	G H	
T5	3,00	H	

En la tabla 12, se realizó una prueba de Shapiro-Wilk para el atributo de aroma, ya que su p valor es <0,0001, evidenciando que no cumple un supuesto de normalidad.

**Tabla 12.** Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) para el aroma.

Prueba	Estadístico	p-valor	
Normalidad (Estadístico de Shapiro Wilk)	0,91	<0,0001	No cumple

En el atributo de del aroma, se realizó un análisis de Kruskal-Wallis que mostro un p valor de 0,0002, donde mostro una diferencia significativa, siendo así de los trece tratamiento T2 obtuvo una mejor aceptación de (4,00), donde forma grupos superiores con los tratamientos T16, T4, T15, T6 y T11. El tratamiento que obtuvo una menor puntuación es T3 con (3,50), como se observa en la tabla 13.

**Tabla 13.** Análisis sensorial mediante la prueba de Kruskal Wallis para determinar el aroma.

Tratamiento	Medias	Rango Estadístico	P-valor
T2	4,00	A	0,0002
T16	4,00	A B	
T4	4,00	A B	
T15	4,00	A B	
T6	4,00	A B	
T11	4,00	A B	
T17	4,00	B C	
T18	4,00	B C	
T10	4,00	B C D	
T9	4,00	B C D	
T5	4,00	C D	
T0	4,00	C D	
T3	3,50	E	

Los resultados obtenidos mediante una prueba de Shapiro - Wilk para el atributo de sabor tal y como se observa en la tabla 14, su p valor es <0,0001, evidenciando que no cumple un supuesto de normalidad.

**Tabla 14.** Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) para el sabor.

Prueba	Estadístico	p-valor	
Normalidad (Estadístico de Shapiro Wilk)	0,93	<0,0001	No cumple

El análisis de Kruskal-Wallis ( $p = 0,0001$ ) demostró diferencias significativas en la evaluación sensorial del sabor. El tratamiento T4 presentó la mayor aceptación, seguido de T2 y T15, conformando el grupo estadísticamente superior. En contraste, los tratamientos T10, T3 y T0 mostraron la menor aceptación (4,00), ubicándose en el rango más bajo, como se observa en la tabla 15.

**Tabla 15.** Análisis sensorial mediante la prueba de Kruskal Wallis para determinar el sabor.

Tratamiento	Medias	Rango estadístico	P-valor
T4	5,00	A	0,0001
T2	5,00	A B	
T15	5,00	A B C	
T6	4,00	A B C D	
T16	4,00	B C D E	
T11	4,00	C D E	
T17	4,00	C D E	
T18	4,00	C D E	
T9	4,00	D E	
T5	4,00	D E	
T10	4,00	E	
T3	4,00	E	
T0	4,00	E	

Los resultados obtenidos mediante una prueba de Shapiro - Wilk para el atributo de textura, como se observa en la tabla 16, su p valor es <0,0001, evidenciando que no cumple un supuesto de normalidad.

**Tabla 16.** Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) para a textura.

Prueba	Estadístico	p-valor	
Normalidad (Estadístico de Shapiro Wilk)	0,93	<0,0001	No cumple

En cuanto a la textura se realizó un análisis de Kruskal-wallis ya que no cumple con una normalidad, dando un p valor de 0,0274, dando una diferencia significativa donde T2 obtuvo una mejor aceptación con un (4,72) mientras que los tratamientos

T5 y T18 presentaron un (3,78 y 3,77) dando una aceptación baja, como se observa en la tabla 17.

**Tabla 17.** Análisis sensorial mediante la prueba de Kruskal Wallis para determinar la textura.

Tratamiento	Medias	Rango estadístico	P-valor
T2	4,72	A	0,0274
T4	4,50	A B	
T17	4,38	A B C	
T16	4,35	A B C	
T6	4,25	A B C	
T15	4,20	A B C	
T0	4,17	A B C	
T10	4,15	A B C	
T11	4,13	A B C	
T3	4,07	B C	
T9	3,97	B C	
T5	3,78	C	
T18	3,77	C	

Los resultados obtenidos mediante una prueba de Shapiro - Wilk para el atributo de persistencia de sabor como se observa en la tabla 18, su p valor es <0,0001, evidenciando que no cumple un supuesto de normalidad.

**Tabla 18.** Prueba de normalidad (Shapiro Wilk) para la persistencia de sabor.

Prueba	Estadístico	p-valor	
Normalidad (Estadístico de Shapiro Wilk)	0,93	<0,0001	No cumple

En cuanto al análisis de persistencia del sabor, mediante una prueba dio un p valor de (0,0015), evidenciando que hay una diferencia significativa entre los tratamientos. Entre los 13 tratamientos T2 obtuvo una mejor calificación con un (4,77), por el contrario los tratamientos T5 y T0 alcanzaron una calificación baja de un (3,70 y 3,67) teniendo así una menor calificación, como se presenta en la tabla 19.

**Tabla 19.** Análisis sensorial con respecto a la persistencia de sabor.

Tratamiento	Medias	Rango estadístico	P-valor
T2	4,77	A	0,0015
T4	4,42	A B	
T15	4,32	A B C	
T18	4,22	A B C D	
T17	4,12	B C D	
T6	4,08	B C D	
T11	4,07	B C D	
T16	4,02	B C D	
T9	3,92	B C D	
T10	3,83	B C D	
T3	3,80	B C D	
T5	3,70	C D	
T0	3,67	D	

En base a los resultados es posible apreciar que el mejor tratamiento desde el punto de vista sensorial es T2 de manera complementaria y con base en la evaluación de las características fisicoquímicas, como se observa en la tabla 20. Se puede afirmar que los mejores tratamientos ya desde una perspectiva global es T2 siendo elaborado con 0,2 % de colorante natural 30% de pulpa de pitahaya, 30% de agua purificada, 0,8 % de ácido cítrico, 12, % de glucosa líquida, 15% de azúcar estándar y 10, % de grenetina.

**Tabla 20.** Mejores tratamientos en cuanto a características sensoriales

	T0	T2	T3	T4	T5	T6	T9	T10	T11	T15	T16	T17	T18
Color		A										A	
Aroma		A		A		A			A	A	A		
Sabor		A		A		A				A			
Textura	A	A		A		A		A	A	A	A	A	
Persistencia del sabor		A		A						A			A

## 4.2. DISCUSIÓN

- Estabilidad

La extracción del pigmento por el método de Soxhlet es un proceso eficaz donde demuestra una minimización en la degradación del colorante (Moreira et al., 2023). Por otra parte, según Murray y Capelli (2020) citados por Otálora (2021), el  $\beta$ -caroteno es un carotenoide que absorbe longitudes de onda entre 450 nm y 460 nm, ya que la absorción es un indicador importante y clave para determinar la pureza del pigmento. En este proceso, cabe resaltar que en la investigación realizada el pigmento muestra un barrido de 450 nm como se muestra en la Tabla 6, donde se logra identificar el  $\beta$ -caroteno responsable de la coloración.

- pH

Según González (2016), los carotenoides no son estables en pH ácidos alrededor de 4,5 ya que sufren degradación. En la investigación el pigmento tiene una mejor estabilidad en pH ligeramente ácidos entre 5 y 6, donde el nivel de degradación es menor. Por otra parte Paspuel (2024), menciona en la evaluación de la estabilidad del colorante extraído de la cáscara de plátano rojo, que el pigmento en pH de 5 y 6 a una temperatura de 4 y 14°C presentaron una mayor estabilidad y retención del  $\beta$ -caroteno en 4 semanas de almacenamiento. De acuerdo con los datos obtenidos en las cuatro semanas de almacenamiento a un pH entre 5 y 6 se obtiene una mayor retención del pigmento.

- Temperatura

Meléndez, et al. (2021), hacen mención a la estabilidad de los pigmentos en cuanto al factor temperatura, donde el  $\beta$ -caroteno es llevado a temperaturas de 60 y 120 °C identificando notoriamente pérdida del pigmento, Los datos obtenidos demuestran que el pigmento tiene una degradación a una temperatura de 68°C, mientras que a una temperatura de 4 y 14 °C el pigmento es más estable. Así mismo Pineda (2021), abarca el tema del análisis de degradación en cuanto al factor de temperatura, expuso el pigmento a 4, 14 y 68 °C obteniendo como resultado una menor retención del pigmento a una temperatura de 68°C. En los análisis que se realizó durante 4 semanas de almacenamiento, la estabilidad del  $\beta$ -caroteno expuesto a 4 y 14 °C mostró mayor porcentaje de retención como se indica en la Tabla 7.

- Luminosidad

Según Paspuel (2024), menciona que el  $\beta$ -caroteno almacenado durante 4 semanas en frascos ámbar y frascos transparentes no influyo en la degradación. En la investigación se evaluó el pigmento durante 4 semanas, revelando que la luminosidad si influye en la degradación del pigmento. Del mismo modo Torres (2017), menciona que el carotenoide expuesto a la luz afecta la estabilidad siendo más estable en condiciones de oscuridad. En este proceso, el pigmento en frascos transparentes para que ingrese la luz u oscuridad si afecto la degradación del pigmento.

#### 4.2.1. Análisis sensorial

De manera general el análisis sensorial fue realizado a sesenta jueces no entrenados, quienes evaluaron el color, aroma, sabor, textura y permanencia del sabor, la escala de calificación fue desde 1 a 7, siendo uno me disgusta mucho y siete me gusta demasiado.

En cuanto al color los mejores tratamientos fueron T2 y T17. Montoya y Torres (2019), mencionan que al usar colorante natural el color es más intenso, lo que hace a las gomitas más apetitosas para el consumidor. Al aplicar carotenoides el color del alimento es más estable durante un periodo de tiempo mas largo, reduciendo alteraciones en el color a diferencia de un colorante artificial.

En el análisis del aroma se determinó que los mejores tratamientos fueron: T2 y T17. Riofrío (2015), menciona que mediante un análisis sensorial en cuanto al olor determinó que la gomita con pulpa de remolacha obtuvo una buena aceptabilidad

por los consumidores, siendo este un factor clave para diferenciarlos de otros productos y aumentar su atractivo en el mercado.

En el parámetro del sabor los mejores tratamientos fueron: T2 y T17. Criollo (2024), menciona que el sabor en las gomitas tenía dos concentraciones de pulpa 25% y 30%, sin embargo, mediante un análisis sensorial se demostró que al agregar un 30% de pulpa se obtiene una mejor aceptabilidad. En la presente investigación al aplicar 30% de pulpa en las gomitas se obtuvieron resultados similares al análisis sensorial del autor anterior.

Uranga (2021), menciona que al usar grenetina la textura de la gomita será elástica y gelatinosa, esto se debe a que ayuda a la resistencia y firmeza, lo que permite que la textura no sea propensa a romperse y facilita su manipulación. En la elaboración de la gomita se utilizó 10,5 % de grenetina, donde los mejores tratamientos fueron T2 y T17.

Rodríguez et al. (2019), menciona que es importante la sensación que se percibe en la boca tiempo después de ingerir cualquier producto, en las gomitas debe persistir más tiempo cada uno de sus atributos. Con respecto a la permanencia del sabor se pudo observar que los mejores tratamientos fueron T2 y T17, ya que son los que dejan una mejor sensación residual en el paladar.

#### 4.2.2. Propiedades fisicoquímicas

Morillo y Puma (2019), mencionan que las gomitas de mercado contienen un rango de pH entre 3,8 y 4,5. Dentro de la investigación algunos tratamientos sobrepasaron el pH establecido por los autores, estos tratamientos son; T3 con un pH de  $4,57 \pm 0,3$ , T5 con un pH de  $4,89 \pm 0,12$ , T10 con un pH de  $4,98 \pm 0,2$ , T11 con un pH de  $4,76 \pm 0,20$  y T15 con un pH de  $4,71 \pm 0,7$ .

Según Mellerá (2024), la concentración de azúcar en gomitas no deben pasar de 70 °Brix. Por otra parte, FUSADES (2014), indica que una gomita tiene como límite 78 °Brix. En los resultados obtenidos todos los tratamientos están en los rangos establecidos y no sobrepasan los 70 °Brix que son establecidos por los autores tal y como se aprecia en la Tabla 8.

En la humedad es importante mencionar que si hay una mayor cantidad de agua en los alimentos, es más probable que los microorganismos se propaguen y reduzca el tiempo de conservación, según la norma NTE INEN 2217 (2012), permite hasta un 25 % de humedad en la composición de gomitas. La mayoría de estos tratamientos como

T6 con una humedad de  $26,18 \pm 0,78$ , T5 con una humedad de  $25,05 \pm 1,23$  y T18 con una humedad de  $27,48 \pm 0,59$  no cumplen con los requisitos puestos por la norma.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- El proceso de extracción del  $\beta$ -caroteno a partir de las hojas de remolacha (*Beta vulgaris*) mediante el método Soxhlet, permitiendo obtener un rendimiento promedio de  $12,74 \pm 3,73$  %.
- Entre los tratamientos evaluados en cuanto a la degradación de  $\beta$ -caroteno, T17 (pH 6, 68°C y luz) presentó la mayor retención (93,95 %), mientras que T14 (pH 4, 68°C, oscuridad) mostró la menor retención (79,45 %), demostrando la relevancia del control en el pH y la luminosidad para mantener la integridad del pigmento. Se obtuvo una solución de  $\beta$ -caroteno con una concentración de 24,90  $\mu\text{g/ml}$ , presentando un pH de  $6,003 \pm 0,5$ , valor cercano a la neutralidad y un contenido de sólidos solubles de  $22 \pm 6$  °Brix.
- En la aplicación del colorante en las gomitas, se identificó que el tratamiento T2 (0,2 % de colorante y 30 % de pulpa de pitahaya) presentó la mayor aceptación sensorial, según los resultados del análisis sensorial. Este tratamiento registra los siguientes parámetros fisicoquímicos:  $32 \pm 4$  °Brix, pH de  $3,85 \pm 0,8$  y contenido de humedad de  $21,04 \pm 0,19$  %. Consolidándose como una opción óptima para el desarrollo de gomitas con adición de colorante de hoja de remolacha, tanto por sus características fisicoquímicas como por su aceptación sensorial.

### 5.2. RECOMENDACIONES

- Evaluar las posibilidades del uso del pigmento en otro tipo de alimentos.
- Realizar un monitoreo de la estabilidad del  $\beta$ -caroteno durante un periodo más extenso que el de la presente investigación, con el propósito de observar el comportamiento de este.
- Evaluar la degradación del  $\beta$ -caroteno directamente en la matriz de alimento a analizar, con el fin de determinar la estabilidad del pigmento durante su almacenamiento.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alania, D., Carlos, A., Echajaya, J., Ramírez, J., & Rosales, S. (2020). *Gomitas a base de miel de abeja, eucalipto y matico*. Obtenido de repositorio.usil.edu.pe: <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/afb30b4a-e259-43b0-a9b8-583946bfba92>
- Antonio Melendes, I. V. (2021). *Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos*. Obtenido de [ve.scielo.org](https://ve.scielo.org): [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222004000200011](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000200011)
- Arias, D. (2019). *Estudio del efecto de la luz sobre la acumulación de carotenoides en la raíz de reserva de daucus carota*. Obtenido de repositorio.uchile.cl: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/170021>
- Bailey, M. (2024). *Colorantes alimenticios sintéticos: un arcoíris de riesgos*. Obtenido de [www.cspinet.org](http://www.cspinet.org): <https://www.cspinet.org/cspi-news/synthetic-food-dyes-rainbow-risks>
- Balcázar, J. (2019). *DISEÑO DE UN PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE PULPA DE PITAHAYA (Hylocereus triangularis) EN LA ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES Y COMERCIALIZADORES DE PITAHAYA Y OTROS PRODUCTOS "PALORA"*. Obtenido de [dspace.espace.edu.ec](https://dspace.espace.edu.ec): <https://dspace.espace.edu.ec/items/2e09607f-2829-4870-8e89-5fcb32bc4122>
- Baldwin, T. (2020). *Tecnología de elaboración de gomitas de grenetina adicionado con Vitamina C*.
- Barreros, J. (2022). *Elaboración de un proyecto de factibilidad para la instalación de una microempresa de gomitas nutricionales en el cantón Salcedo. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 38-42*.
- Cargua, V. (2021). *Obtención de pectina de arazá (Eugenia Stipitata) para la aplicación como espesante en una mermelada de tuna ( Opuntia fucus-indica)*. Obtenido de [repositorio.upec.edu.ec](https://repositorio.upec.edu.ec): <https://repositorio.upec.edu.ec/items/4ed68b15-697c-4303-b9f3-ad37409dbe4d>
- Casanova, A., Guevara, N., & Marcillo, L. (2023). *Desarrollo de gomas a base de remolacha (Beta vulgaris) fortificadas con hierro y enriquecidas con vitamina C*. Obtenido de [repositorio.umariana.edu.co](https://repositorio.umariana.edu.co):

[https://repositorio.umariana.edu.co/bitstream/handle/20.500.14112/27998/DE SARROLLO%20DE%20GOMAS%201..pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.umariana.edu.co/bitstream/handle/20.500.14112/27998/DE%20SARROLLO%20DE%20GOMAS%201..pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Catalán, L. (2016). *Extracción y caracterización de B-caroteno obtenido de la cascara de banano (Musa paradisiaca L.) evaluando el rendimiento de tres diferentes solventes de distinta polaridad para su utilización como colorante natural*. Obtenido de cybertesis.unmsm.edu.pe: cybertesis.unmsm.edu.pe

Catalán, L. (2016). *EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE  $\beta$ -CAROTENO OBTENIDO DE LA CÁSCARA DE BANANO (Musa paradisiaca L.) EVALUANDO EL RENDIMIENTO DE TRES DIFERENTES SOLVENTES DE DISTINTA POLARIDAD PARA SU UTILIZACIÓN COMO COLORANTE NATURAL, A ESCALA LABORATORIO*. Obtenido de repositorio.usac.edu.gt: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/4294>

Chamorro, H. (2017). *Efecto de la presión y temperatura en la extracción por co2 supercrítico de carotenoides de zanahoria (daucus carota)*. Obtenido de repositorio.uncp.edu.pe: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1584/Chamorro%20Requena%20-%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Criollo, O. (2024). *Extracción de pectina de la cáscara de mango variedad Tommy Atkins (Mangifera indica L) mediante hidrólisis ácida, para elaborar gomitas naturales con vitamina C*. Obtenido de repositorio.upec.edu.ec: <https://repositorio.upec.edu.ec/server/api/core/bitstreams/82d2c929-b8f3-4f26-8b5e-95449ce7ae13/content>

Espinosa, Á. (2020). *MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE CAROTENOIDES DE MUESTRAS VEGETALES*. Obtenido de es.scribd.com: <https://es.scribd.com/document/683253731/Alvaro-Espinosa-Calderon>

Fragoso, B., García, L., Pérez, J., López, E., Pérez, E., Portillo, L., . . . Godínez, J. (2024). *Gomitas: Revisión de sus ingredientes, procesos de elaboración, estabilidad, vida útil y tendencias del mercado*. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria*, Volumen 8, Número 5.

FUSADES, F. S. (2014). *Innovación Tecnológica en confitería y Chocolatería*. Obtenido de fusades.org: <https://fusades.org/publicaciones/sistematizacionchocolate2-140807121529-phpapp02.pdf>

Gómez, M., & Cifuentes, A. (28 de 09 de 2018). *Caracterización físico química y contenido fenólico de la remolacha (beta vulgaris l.) en fresco y sometida a tratamiento térmico*. Obtenido de revistas.uis.edu.co: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaion/article/view/8759>

Herrera, N., Jurado, A., Medina, F., Perales, I., & Rodríguez, V. (2022). *Diseño de planta y del proceso de elaboración de gomitas libres de azúcar añadida, hechas a base de mango de la Región de Piura*. Obtenido de studocu.com:

<https://www.studocu.com/ec/document/universidad-de-piura/matematica-i/pyt-informe-final-proyecto-gomitas/64544200>

Ibarra, N. (2023). Sustitución parcial de grenetina por pulpa de higo (*Ficus carica*) en la elaboración de gomitas con miel de abeja, glucosa y sacarosa. *Universidad Politécnica Estatal Del Carchi*.

Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2008). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2337. Jugos, Pulpas, Concentrados, Néctares, bebidas de frutas y vegetales. Requisitos*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Obtenido de studocu.com: <https://www.studocu.com/ec/document/escuela-superior-politecnica-agropecuaria-de-manabi-manuel-felix-lopez/bioquimica/nte-inen-2217-productos-de-confiteria-caramelos-pastillas-y-turonos/3867762>

Lee, J. (2016). Red beet (*Beta vulgaris* L.) leaf supplementation improves antioxidant status in C57BL/6J mice fed high fat high cholesterol diet. *National library of medicine*.

Meléndez, A., Vicario, I., & Heredia, F. (2021). *Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos*. Obtenido de [ve.scielo.org](https://ve.scielo.org): [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222004000200011](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000200011)

Mellera, H. (2024). *Determinación de % Brix en gomas azucaradas con Vitamina C*. Obtenido de [hannabolivia.com](https://www.hannabolivia.com): <https://www.hannabolivia.com/blog/post/427/determinacion-brix-en-gomas-azucaradas-con-vitamina-c>

Ministerio de Economía, I. y. (2018). *Remolacha damasco perejil*. Obtenido de [mendoza.gov.ar](https://www.mendoza.gov.ar): <https://www.mendoza.gov.ar/wp-content/uploads/sites/5/2018/10/FASCICULO62018FINAL-ilovepdf-compressed.pdf>

Montoya, T., & Daniel, K. (2019). EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES Y BROMATOLÓGICAS DE UNA GOMITA DE FRESA (*Fragaria* x. *Agroindustria, Sociedad y Ambiente*, 68-91. Obtenido de <https://revistas.uclave.org/index.php/asa/article/view/2381>

Moreira, C., Muñoz, A., Sánchez, F., Ponce, W., & Burgos, G. (2023). *Obtención de betacaroteno a partir del camote toquecita (*Ipomoea batata*)*. Obtenido de [scielo.sld.cu](https://scielo.sld.cu): [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2223-48612023000200021&lang=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612023000200021&lang=es)

Moreira, C., Muñoz, A., Sánchez, F., Ponce, W., & Burgos, G. (2023). *Obtención de betacaroteno a partir del camote toquecita (*Ipomoea Batata*)*. Obtenido de [repositorio.iniap.gob.ec](https://repositorio.iniap.gob.ec): <https://repositorio.iniap.gob.ec/simple->

search?query=OBTENCI%C3%93N+DE+BETACAROTENO+A+PARTIR+DEL+CAMOTE+TOQUECITA+%28IPOMOEABATATA%29

Moreira, C., Muñoz, A., Sánchez, F., Ponce, W., & Burgos, G. (2023). *OBTENCIÓN DE BETACAROTENO A PARTIR DEL CAMOTE TOQUECITA (IPOMOEABATATA)*. Obtenido de doaj.org: [https://doaj.org/search/articles?ref=homepage-box&source=%7B%22query%22%3A%7B%22query\\_string%22%3A%7B%22query%22%3A%22Obtenci%C3%B3n%20de%20betacaroteno%20a%20partir%20del%20camote%20toquecita%20%5C%5C%28Ipomoea%20Batata%5C%5C%22%2C%22default\\_operator%22%3](https://doaj.org/search/articles?ref=homepage-box&source=%7B%22query%22%3A%7B%22query_string%22%3A%7B%22query%22%3A%22Obtenci%C3%B3n%20de%20betacaroteno%20a%20partir%20del%20camote%20toquecita%20%5C%5C%28Ipomoea%20Batata%5C%5C%22%2C%22default_operator%22%3)

Morillo, M., & Puma, M. (2019). "DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS ÓPTIMOS PARA ELABORACIÓN DE GOMAS UTILIZANDO PULPA DE ABILA" (ALOE VERA). Obtenido de repositorio.utn.edu.ec: <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/248/1/03%20AGI%20249%20TESIS.pdf>

Organización Mundial de la Salud. (2025). *Aditivos alimentarios*. Obtenido de who.int: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-additives>

Ortega, A. (2020). *Formulación de b-caroteno en soluciones presurizadas de etanol-agua q*. Obtenido de uvadoc.uva: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/14840/TFM-I-41.pdf;sequence=1>

Ortiz, A., & Mamani, M. (2015). *OBTENCIÓN DEL BETA-CAROTENO A PARTIR DE LA ZANAHORIA Y SU APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA*. La paz: Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Tecnología. Carrera de Química Industrial. Obtenido de studocu.com: <https://www.studocu.com/bo/document/universidad-de-aquino-bolivia/bioquimica/zanahoria-amarrillo-la-bioquimica-de-los-carotenos/70359827>

Otálora, D. (2021). Técnicas emergentes de extracción de  $\beta$ -caroteno para la valorización de subproductos agroindustriales de la zanahoria (*Daucus carota* L.): una revisión. *Informador Técnico*, 83-106.

Paspuel, B. (2024). *Evaluación de la estabilidad del colorante natural extraído de cáscara de plátano rojo (musa acuminata) para aplicación en la industria alimentaria*. Obtenido de repositorio.upec.edu.ec: <https://repositorio.upec.edu.ec/items/04825ad5-38a8-4f5d-8ac9-4a065b90fc3a>

Pineda, D. (2021). *Evaluación de la estabilidad de betacaroteno obtenido a partir de zanahoria (Daucus carota) como colorante natural usado en la industria alimentaria*. Obtenido de repositorio.upec.edu.ec:

<https://repositorio.upec.edu.ec/items/03b4a61b-2325-4965-88ad-0411b27bea09>

Pizzony, D., & Compagnone, D. (2015). Evaluación de la liberación de aroma de caramelos gomosos adicionados con sabor a fresa mediante cromatografía de gases/espectrometría de masas y conjuntos de sensores de gas. *ResearchGate*.

Poveda, F. d., & Granados, G. (2016). *Evaluación de la estabilidad de  $\beta$ -carotenos en una papilla de harina de camote biofortificado con dos tiempos y dos temperaturas de cocción*. Obtenido de zamorano.edu: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/89d37296-0eb9-4783-9813-4cace2477b6e/content>

Poveda, F., & Granados, G. (2016). *Evaluación de la estabilidad de B-caroteno en una papilla de harina de camote biofortificado con dos temperaturas de cocción*. Obtenido de [bdigital.zamorano.edu](https://bdigital.zamorano.edu): <https://bdigital.zamorano.edu/items/048a8503-eea8-4caa-812b-7ca5409f7ad9>

Requena, F. (2019). Evaluación de la estabilidad de caratenoides totales en snacks de lúcuma (*Pouteria Lucuma*) Deshidratadas mediante secado convectivo. *Universidad Nacional del Callao*.

Riofrío, D. (2015). *ELABORACIÓN DE GOMITAS EN BASE A PULPA DE REMOLACHA (*Beta vulgaris* L.)*. Obtenido de [scribd.com](https://es.scribd.com/document/411167750/64791-1-DE-ALIMENTOS-pdf): <https://es.scribd.com/document/411167750/64791-1-DE-ALIMENTOS-pdf>

Rodríguez, K., Carreón, M., Avila, R., Vera, O., Dávila, R., Lazcano, M., & Navarro, C. (2019). Elaboración de golosinas tipo gomita bajas en azúcar y adicionadas con extractos de verduras. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, Vol. 1 (1): 751-755.

Sequeria, M., Suarez, M., Maldonado, R., Rincones, Y., Rosado, A., & Sarmiento, L. (2020). Evaluación sensorial de golosinas tipo goma hechos a base de verduras y edulcorante bajo en calorías. *Revista Española de nutrición Comunitaria*.

Slattery, M. (2021). Carotenoids and colon cancer. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71-82.

Stahl, W. &. (2012). Carotenoids and flavonoids Contribute to nutritional protection against skin damage from sunlight. *Molecular biotechnology*.

Torres, F. (2017). Evaluación de la estabilidad del pigmento natural obtenido a partir de mortiño (*Vaccinium mytillus* L) como colorante para la industria

- UPEC. (2023). *GUÍA METODOLÓGICA PARA LA PREPARACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR (TIC) CON ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN*. Obtenido de [upec.edu.ec](https://upec.edu.ec): <https://upec.edu.ec/wp-content/uploads/2023/09/GUIA-METODOLOGICA-TIC.pdf>
- Uranga, G. (2021). *Gelatina y su fuerza gelificante ( Bloom)*. Obtenido de [tecnal.com.br](https://tecnal.com.br): [https://tecnal.com.br/es/blog/226\\_gelatina\\_y\\_su\\_fuerza\\_gelificante\\_bloom](https://tecnal.com.br/es/blog/226_gelatina_y_su_fuerza_gelificante_bloom)
- Vergara, C. (2022). *Colorantes naturales en la industria de alimentos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación La Platina, 28-35.*
- Vidolova, A. (2017). *Características espectrales y solubilidad del betacaroteno y la zeaxantina en diferentes disolventes*. Obtenido de [researchgate.net](https://www.researchgate.net): [https://www.researchgate.net/publication/316094562\\_SPECTRAL\\_CHARACTERISTICS\\_AND\\_SOLUBILITY\\_OF\\_beta-CAROTENE\\_AND\\_ZEAXANTHIN\\_IN\\_DIFFERENT\\_SOLVENTS](https://www.researchgate.net/publication/316094562_SPECTRAL_CHARACTERISTICS_AND_SOLUBILITY_OF_beta-CAROTENE_AND_ZEAXANTHIN_IN_DIFFERENT_SOLVENTS)
- Yolcu, A. (2021). *Drought Stress Responses in Cultivated Beets (Beta vulgaris L.) and Wild Beet (Beta maritima L.)*. *Plants (Basel)*. *PMCID: PMC8472689*.

## VII. ANEXOS

### Anexo 1. Certificado o Acta del perfil de Investigación

#### UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI

#### FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

#### CARRERA DE ALIMENTOS

#### ACTA

#### DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

ESTUDIANTE:	LOPEZ GANCHOZO ANTHONY ALEXANDER	CÉDULA DE IDENTIDAD:	1726143717
PERIODO ACADÉMICO:	2025A		
PRESIDENTE TRIBUNAL	PHD. GUALBERTO GERARDO LEÓN REVELO	DOCENTE TUTOR:	PHD. MARCO RUBÉN SUBIRANO PULLES
DOCENTE:	MSC. FREDDY GIOVANNY TORRES MAYANQUER		
TEMA DEL TIC:	"Evaluación de la estabilidad de $\beta$ -caroteno obtenido a partir de la hoja de remolacha (beta vulgaris) como colorante natural para aplicado en gomitas"		
No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	8,00	
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	8,00	
3	METODOLOGÍA	6,33	La metodología debe ser presentada de manera sistemática y organizada para una mejor comprensión de los resultados obtenidos, en la cual se debe plasmar las técnicas experimentales para determinar la cantidad de analito presente en la matriz alimentaria
4	RESULTADOS	6,67	Los resultados obtenidos deben dar respuesta a los objetivos específicos planteados en la investigación y a su vez contrastar con los cambios fisicoquímicos que sufre el metabolito.
5	DISCUSIÓN	6,00	En la discusión es fundamental la utilización de lenguaje técnico, y profundizar en la explicación de los fenómenos de transformación y degradación que le sucede al analito
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	6,67	Las conclusiones en concordancia y en respuesta a los objetivos específicos
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	6,00	Utilización de lenguaje técnico
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	8,00	Revisión de faltas ortográficas

Obteniendo una nota de: **7,07** Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el **viernes, 29 de agosto de 2025**

PHD. GUALBERTO GERARDO LEÓN REVELO  
PRESIDENTE TRIBUNAL

PHD. MARCO RUBÉN SUBIRANO PULLES  
DOCENTE TUTOR

MSC. FREDDY GIOVANNY TORRES MAYANQUER  
DOCENTE





**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL  
CARCHI- FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES  
CENTER**

**Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o  
Investigación.**

**Autor:** LÓPEZ GANCHOZO ANTHONY ALEXANDER

**Fecha de recepción del abstract:** Martes, 11 de noviembre de 2025

**Fecha de entrega del informe:** Miércoles, 26 de noviembre de 2025

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

**Observaciones:**

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según la rúbrica de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9; por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



MA. Martha Viveros  
Responsable del  
CIDEN

**Anexo 3.** Ficha de análisis sensorial.

 <p><b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI</b>  <b>FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS</b>  <b>AMBIENTALES</b>  <b>CARRERA DE ALIMENTOS</b>  <b>FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL</b></p> 																																																													
<p><b>Producto:</b> Colorante natural de hojas de remolacha aplicado en gomitas.</p> <p><b>Género:</b> masculino ( ) femenino ( ) otro ( )      <b>Edad:</b>      <b>Fecha:</b> 10/11/2024</p>																																																													
<p><b>Objetivo:</b></p> <p>Determinar el grado de aceptación en los atributos, color, olor, sabor, textura y aceptabilidad global de 13 muestras de gomitas con diferente porcentaje de colorante natural.</p> <p><b>Instrucciones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Frente a usted se presenta trece (13) muestras de gomitas, <b>Deguste</b> cada una de ellas de izquierda a derecha e indique su nivel de agrado marcando con una X de acuerdo al puntaje de la escala indicada abajo, en el código correspondiente a cada una de las muestras. <b>RECUERDE</b> enjuagarse la boca con agua entre cada degustación, mismos que se encuentra a su derecha (Esquina superior).</li> </ul>																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Puntaje</th> <th rowspan="2">Categoría</th> <th colspan="5">390</th> </tr> <tr> <th>Color</th> <th>Aroma</th> <th>Sabor</th> <th>Textura</th> <th>Persistencia del sabor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Me disgusta demasiado</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>Me disgusta</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>Me disgusta moderadamente</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>No me gusta ni me disgusta</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>Me gusta moderadamente</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>Me gusta</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>Me gusta demasiado</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Puntaje	Categoría	390					Color	Aroma	Sabor	Textura	Persistencia del sabor	1	Me disgusta demasiado						2	Me disgusta						3	Me disgusta moderadamente						4	No me gusta ni me disgusta						5	Me gusta moderadamente						6	Me gusta						7	Me gusta demasiado					
Puntaje			Categoría	390																																																									
	Color	Aroma		Sabor	Textura	Persistencia del sabor																																																							
1	Me disgusta demasiado																																																												
2	Me disgusta																																																												
3	Me disgusta moderadamente																																																												
4	No me gusta ni me disgusta																																																												
5	Me gusta moderadamente																																																												
6	Me gusta																																																												
7	Me gusta demasiado																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Puntaje</th> <th rowspan="2">Categoría</th> <th colspan="5">538</th> </tr> <tr> <th>Color</th> <th>Aroma</th> <th>Sabor</th> <th>Textura</th> <th>Persistencia del sabor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Me disgusta demasiado</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>Me disgusta</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>Me disgusta moderadamente</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>No me gusta ni me disgusta</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>Me gusta moderadamente</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>Me gusta</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>Me gusta demasiado</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Puntaje	Categoría	538					Color	Aroma	Sabor	Textura	Persistencia del sabor	1	Me disgusta demasiado						2	Me disgusta						3	Me disgusta moderadamente						4	No me gusta ni me disgusta						5	Me gusta moderadamente						6	Me gusta						7	Me gusta demasiado					
Puntaje			Categoría	538																																																									
	Color	Aroma		Sabor	Textura	Persistencia del sabor																																																							
1	Me disgusta demasiado																																																												
2	Me disgusta																																																												
3	Me disgusta moderadamente																																																												
4	No me gusta ni me disgusta																																																												
5	Me gusta moderadamente																																																												
6	Me gusta																																																												
7	Me gusta demasiado																																																												

--	--	--	--	--	--	--

Puntaje	Categoría	167				
		Color	Aroma	Sabor	Textura	Persistencia del sabor
1	Me disgusta demasiado					
2	Me disgusta					
3	Me disgusta moderadamente					
4	No me gusta ni me disgusta					
5	Me gusta moderadamente					
6	Me gusta					
7	Me gusta demasiado					

Puntaje	Categoría	930				
		Color	Aroma	Sabor	Textura	Persistencia del sabor
1	Me disgusta demasiado					
2	Me disgusta					
3	Me disgusta moderadamente					
4	No me gusta ni me disgusta					
5	Me gusta moderadamente					
6	Me gusta					
7	Me gusta demasiado					

Puntaje	Categoría	378				
		Color	Aroma	Sabor	Textura	Persistencia del sabor
1	Me disgusta demasiado					
2	Me disgusta					
3	Me disgusta moderadamente					
4	No me gusta ni me disgusta					
5	Me gusta moderadamente					
6	Me gusta					
7	Me gusta demasiado					

Puntaje	Categoría	278				
		Color	Aroma	Sabor	Textura	Persistencia del sabor
1	Me disgusta demasiado					
2	Me disgusta					
3	Me disgusta moderadamente					
4	No me gusta ni me disgusta					
5	Me gusta moderadamente					
6	Me gusta					
7	Me gusta demasiado					

--	--	--	--	--	--	--

Puntaje	Categoría	269				
		Color	Aroma	Sabor	Textura	Persistencia del sabor
1	Me disgusta demasiado					
2	Me disgusta					
3	Me disgusta moderadamente					
4	No me gusta ni me disgusta					
5	Me gusta moderadamente					
6	Me gusta					
7	Me gusta demasiado					

Puntaje	Categoría	441				
		Color	Aroma	Sabor	Textura	Persistencia del sabor
1	Me disgusta demasiado					
2	Me disgusta					
3	Me disgusta moderadamente					
4	No me gusta ni me disgusta					
5	Me gusta moderadamente					
6	Me gusta					
7	Me gusta demasiado					

Puntaje	Categoría	629				
		Color	Aroma	Sabor	Textura	Persistencia del sabor
1	Me disgusta demasiado					
2	Me disgusta					
3	Me disgusta moderadamente					
4	No me gusta ni me disgusta					
5	Me gusta moderadamente					
6	Me gusta					
7	Me gusta demasiado					

Puntaje	Categoría	744				
		Color	Aroma	Sabor	Textura	Persistencia del sabor
1	Me disgusta demasiado					
2	Me disgusta					
3	Me disgusta moderadamente					
4	No me gusta ni me disgusta					
5	Me gusta moderadamente					
6	Me gusta					
7	Me gusta demasiado					

--	--	--	--	--	--	--

Puntaje	Categoría	323				
		Color	Aroma	Sabor	Textura	Persistencia del sabor
1	Me disgusta demasiado					
2	Me disgusta					
3	Me disgusta moderadamente					
4	No me gusta ni me disgusta					
5	Me gusta moderadamente					
6	Me gusta					
7	Me gusta demasiado					

Puntaje	Categoría	963				
		Color	Aroma	Sabor	Textura	Persistencia del sabor
1	Me disgusta demasiado					
2	Me disgusta					
3	Me disgusta moderadamente					
4	No me gusta ni me disgusta					
5	Me gusta moderadamente					
6	Me gusta					
7	Me gusta demasiado					

Puntaje	Categoría	726				
		Color	Aroma	Sabor	Textura	Persistencia del sabor
1	Me disgusta demasiado					
2	Me disgusta					
3	Me disgusta moderadamente					
4	No me gusta ni me disgusta					
5	Me gusta moderadamente					
6	Me gusta					
7	Me gusta demasiado					

- **Observaciones:**

**Nota:** Estos resultados evaluados serán utilizados únicamente para fines académicos

#### Anexo 4. Extracción del $\beta$ -caroteno



**Figura 7.** Recepción de la materia prima y lavado.



**Figura 8.** Deshidratación de la hoja de remolacha.



**Figura 9.** Hoja de remolacha deshidratada y molida



**Figura 10.** Extracción del  $\beta$ -caroteno en el equipo Soxhlet



**Figura 11.** Obtención del pigmento.



**Figura 12.** El pigmento colocado en frascos de vidrio transparente y frascos ámbar.



**Figura 13.** Análisis fisicoquímicos del pigmento.



**Figura 14.** Medición de la absorbancia mediante espectrofotometría UV-visible.

**Anexo 5.** Análisis sensorial.



**Figura 15.** Preparación de las muestras para el análisis sensorial



**Figura 16.** Análisis sensorial del pigmento aplicado en las gomitas