

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**



T E S I S

**“DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LAS
BETALAÍNAS O BETAXANTINAS EN UN EXTRACTO DE BETARRAGA
(*Beta Vulgaris*) Y ALMACENADO A TRES TEMPERATURAS POR SIETE DÍAS”**

**Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Presentado por el Bachiller:
LUIS EDUARDO HUAMÁN CERQUÍN**

**Asesor:
Mg. Ing. MAX EDWIN SANGAY TERRONES**

Cajamarca- Perú

2023



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



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los veinticuatro días del mes de febrero del año dos mil veintitrés, se reunieron en el ambiente 2H - 204 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 061-2023-FCA-UNC, de fecha 16 de enero del 2023**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: "**DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LAS BETALAÍNAS O BETAXANTINAS EN UN EXTRACTO DE BETARRAGA (*Beta vulgaris*) Y ALMACENADO A TRES TEMPERATURAS POR SIETE DÍAS**", realizada por el Bachiller **LUIS EDUARDO HUAMÁN CERQUÍN** para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las quince horas y diez minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de diecisiete (17); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

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

Dr. Wilfredo Poma Rojas
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. Fanny Lucila Rimarachín Chávez
SECRETARIO

Dr. José Gerardo Salhuana Granados
VOCAL

Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, que desde el cielo cuidó mis pasos, guío mi camino y está conmigo en todo momento.

A mis padres, por estar en todo momento conmigo, porque confiaron en mí apoyándome para así poder culminar mi carrera y por los valores que me han inculcado, puedo llegar a decir con mucha humildad que he logrado estar donde estoy gracias a ellos.

A mis hermanos, por estar siempre junto a mí, no solo por ser mis hermanos sino también mis grandes amigos y consejeros en todos estos años.

A mis docentes que, con su sabiduría y paciencia, nos acompañaron durante toda nuestra carrera, logrando hacernos hombres beneficiosos para la sociedad.

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por permitirme llegar a este inolvidable momento tan especial e iluminar mi camino, por las oportunidades que a lo largo de mi vida me ha regalado, por aquellos momentos difíciles que me ha enseñado a valorarme cada día más y seguir creciendo profesionalmente.

A ti Madre

A quien le debo toda la vida. Gracias por tus consejos, por el amor que siempre me has brindado, por cultivar e inculcarme esos valores que hoy en día se están perdiendo.

A ti Padre

Por haberme educado y soportado mis errores, por darme lo mejor que has podido, te agradezco el cariño, la comprensión, la paciencia y el apoyo que me has brindado para culminar mi carrera profesional

A mis Hermanos

Por hacer de mis días llenos de alegría a pesar de todo, por los consejos brindados, por siempre contar con ustedes, gracias por su confianza que siempre nos hemos tenido; por el apoyo y su amistad.

A mi Familia

A mis abuelitos, tíos, tías, primas y primos por su cariño, comprensión, palabras de apoyo y confianza brindada.

A Mis Amigos

Aquellos que compartí dentro y fuera de las aulas, por su amistad sincera, por los ánimos que me brindaron y haberme regañado cuando debían, gracias por todo su apoyo y diversión.

A la Ing. Luz Marina Benzunce

Por todo su apoyo, consejos y contribución para guiarme de la mejor manera para que este trabajo sea posible.

Al Ing. Carlos Vergara Quiroz

Por abrirme las puertas y permitirme trabajar en sus instalaciones, porque fueron un apoyo fundamental en la realización de este trabajo de investigación.

A los Docentes

En especial a mis docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, por contribuir en mi formación como profesional.

ÍNDICE

Pág.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

RESUMEN

ABSTRACT

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
PLAN DE INVESTIGACIÓN.....	3
CAPÍTULO I	3
1. EL PROBLEMA CIENTÍFICO Y LOS OBJETIVOS.....	3
1.1. Definición del Problema.....	3
1.2. Formulación del Problema.	4
1.3. Justificación e Importancia.	4
1.4. Objetivos de investigación	7
CAPITULO II.....	8
2. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS Y DEFINICIÓN DE VARIABLES... 8	
2.1. Hipótesis General.....	8
2.2. Definición de Variables	8
CAPÍTULO III	10
3. MARCO TEÓRICO.....	10
3.1. Antecedentes de la Investigación.....	10
3.2. Bases Teóricas.....	14
3.2.1. Generalidades Sobre la Betarraga (<i>Beta vulgaris</i>)	14
3.2.1.1. Definición de la Betarraga (<i>Beta vulgaris</i>)	14
3.2.1.2. Propiedades de la Betarraga (<i>Beta vulgaris</i>).....	14
3.2.1.3. Variedades de la Betarraga (<i>Beta vulgaris</i>).....	15

3.3. Definición de Términos Básicos.	16
<i>3.3.2. Betalaínas</i>	17
<i>3.3.3. Betaxantinas</i>	18
<i>3.3.4. Propiedades físicas de las betalaínas</i>	19
<i>3.3.5. Estabilidad de las betalaínas</i>	20
<i>3.3.5.1. pH</i>	20
<i>3.3.5.2. Luz</i>	21
<i>3.3.5.3. Oxígeno</i>	21
<i>3.3.5.4. Metales</i>	21
<i>3.3.5.5. Temperatura</i>	21
<i>3.3.5.6. Antioxidantes</i>	21
CAPÍTULO IV	22
4.1 MATERIALES Y MÉTODOS	22
4.1.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación	22
4.2 MATERIALES	22
4.2.1. Materia Prima	22
4.2.2. Material de Laboratorio, Equipos y Reactivos	22
a). Materiales de laboratorio	22
b). Equipos	23
c). Reactivos e insumos	23
d). Otros materiales	23

4.3 METODOLOGÍA	24
4.5.2.4. El Modelo Estadístico.	38
4.5.2.5. Análisis de varianza generalizado.	38
4.5.2.6. Combinación de tratamientos.	39
4.5.2.7. Variables de Estudio.	40
CAPÍTULO V	41
RESULTADOS Y DISCUSIONES	41
5.1. Resultados del análisis de la materia prima.	41
5.2. Resultados de Concentración de la Absorbancia de las Betacianinas.	42
5.3. Resultados de Concentración de la Absorbancia de las Betaxantinas.	43
5.4. Resultados de Concentración de Absorbancia en las Betalaínas.	45
5.5. Resultados de la Concentración de las Betacianinas.	47
5.6. Resultados de la Concentración de las Betaxantinas.	49
5.7. Resultados de la Concentración de las Betalaínas en la Betarraga. ..	51
5.8. Análisis de varianza para el factorial 3A x 3B en un diseño completamente al azar de la variable Concentración de betalaínas.	54
5.9. Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados, con respecto al tiempo (A).	56
5.10. Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para la Concentración de Betalaínas, con respecto a la Temperatura.	57

5.11. Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para la Concentración de Betalaínas, con respecto al tiempo por la temperatura.	59
CAPÍTULO VI.....	61
CONCLUSIONES	61
CAPÍTULO VII.....	62
RECOMENDACIONES	62
BIBLIOGRAFÍA	63

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Operacionalización de las Variables.....	9
Tabla 2. Propiedades Nutricionales de la Betarraga.....	15
Tabla 3. Condiciones de las betalaínas para mayor o menor estabilidad.....	20
Tabla 4. Variables propuestas.....	36
Tabla 5. Análisis de varianza para un factorial de dos factores (A, B) en un diseño completamente al azar con tres repeticiones.....	38
Tabla 6. Matriz de tratamientos y combinación de niveles.....	39
Tabla 7. Resultados de la evaluación del pH que presenta la pulpa de la betarraga...	40
Tabla 8. Concentraciones de absorbancia en las betacianinas (540nm) almacenadas a tres temperaturas durante siete días.....	42
Tabla 9. Concentraciones de absorbancia en las betaxantinas (483nm) almacenadas a tres temperaturas durante siete días.....	44
Tabla 10. Concentraciones de absorbancia en las betalaínas almacenadas a tres temperaturas durante siete días.....	45
Tabla 11. Concentraciones en las betacianinas (540nm) almacenadas a tres temperaturas durante siete días.....	47
Tabla 12. Concentraciones en las betaxantinas (483nm) almacenadas a tres temperaturas durante siete días.....	49
Tabla 13. Contenido de concentración de betalaínas en la pulpa de betarraga.....	51
Tabla 14. Cuadro general de la concentración de las Betalaínas.....	54
Tabla 15. Análisis de varianza para el factorial 3A x 3B en un diseño completamente al azar de la variable Concentración de betalaínas.....	55
Tabla 16. Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados, con respecto al tiempo (A)	56

Tabla 17. Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para la Concentración de Betalaínas, con respecto a la Temperatura.....	57
Tabla18. Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para la Concentración de Betalaínas, con respecto al tiempo por la temperatura.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01. Fórmula general de las betalaínas.....	18
Figura 02. Fórmula general de las betalaínas (ácido betalámico).....	18
Figura 03. Estructura de las Betaxantinas.....	19
Figura 04. Materia Prima (Betarraga).....	24
Figura 05. Lavado de la materia prima.....	25
Figura 06. Corte de la Muestra.....	26
Figura 07. Pesado de la muestra.....	26
Figura 08. Pelado y rallado de la materia prima.....	27
Figura 09. Escaldado.....	27
Figura 10. Licuado.....	28
Figura 11. Tamizado.....	28
Figura 12. Extracción de Colorante.....	29
Figura 13. Filtración.....	29
Figura 14. Envasado de la muestra.....	30
Figura 15. Almacenamiento de las muestras.....	30
Figura 16. Evaluación del Colorante.....	31
Figura 17. Diagrama de flujo para la extracción y evaluación de la estabilidad de Betalaínas.....	32
Figura 18. Diagrama del diseño experimental.....	36
Figura 19. Concentración de absorbancia en betacianinas (540nm)	42
Figura 20. Concentración de absorbancia en betaxantinas (483nm)	44
Figura 21. Concentración de absorbancia de las Betalaínas.....	46
Figura 22. Concentración de las betacianinas. (540nm)	48

Figura 23. Concentración de las betaxantinas. (483nm)	50
Figura 24. Concentración de las betalaínas.....	52
Figura 25. Gráfica de medias.....	57
Figura 26. Gráfica de interacciones con respecto al tiempo y temperatura para la concentración de betalaínas.....	60

ÍNDICE DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen 01. Materia Prima.....	67
Imagen 02. Materiales y reactivos.....	67
Imagen 03. Dilución de extracto de betarraga con metanol a 98%.....	68
Imagen 04. Filtración de la muestra.....	68
Imagen 05. Almacenamiento a diferentes temperaturas.....	69
Imagen 06. Muestras para tomas de lectura en el espectrofotómetro.....	69
Imagen 07. Lectura de absorbancia en el espectrofotómetro a 483nm.....	70
Imagen 08. Lectura e absorbancia en el espectrofotómetro a 540nm.....	70
Imagen 09. Muestras después de los 7 días de almacenamiento.....	71
Imagen 10. Muestra después de 4 días, sometida a una temperatura de 60°C.....	71

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Proceso de la extracción y evaluación de la Concentración de las Betalaínas.....	67
ANEXO 2. Analisis estadístico ANOVA para determinar la el tratamiento con mayor Concentración de Betalaínas.....	72
ANEXO 3. Concentraciones de las Absorbancias a longitudes de onda de (540nm y 483nm) para determinar dicha Concentración de Betalaínas.....	73

RESUMEN

La investigación se realizó en el laboratorio (2H-Laboratorio de Análisis de Alimentos y Control de Calidad) de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, de la facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, el presente estudio tiene como objetivo general, Determinar el efecto de la temperatura en las betalaínas o betaxantinas en un extracto de betarraga (*Beta Vulgaris*) y almacenado a tres temperaturas. Metodología: La especie vegetal fue recolectada del mercado de Cajamarca. En el extracto de betarraga diluido con metanol al 98% 1:30 (extracto: metanol), se cuantificó la concentración de betalaínas en el extracto, mediante espectrofotometría UV-VIS y los cálculos hallados bajo el método de Castellanos. El extracto diluido con metanol al 98% fue almacenada a tres temperaturas (4°C, 21°C y 60°C) durante 7 días, siendo evaluadas el primer, cuarto y séptimo día a través de la lectura de su absorbancia mediante el espectrofotómetro, en un rango de 540nm para las betacianinas y 483 nm para las betaxantinas, posteriormente se reemplazaron los datos leídos mediante la fórmula de Castellanos para determinar la concentración de betalaínas. Posteriormente dicho análisis se realizó mediante análisis multifactorial (ANOVA). Los resultados obtenidos con mayor concentración de betalaínas, fue la del primer día a una temperatura de 4°C con un valor de 0.1637 mg/g y con menor concentración de betalaínas fue la del séptimo día sometida a una temperatura de 60°C con un valor de 0.000mg/g. En conclusión, se comprobó que el mayor rendimiento o concentración de betalaínas es la temperatura de 4°C y sin presencia de luz.

Palabras claves: Betarraga (*Beta Vulgaris*), betalaínas, betaxantinas, extracto, temperatura.

ABSTRACT

The research was carried out in the laboratory (2H-Food Analysis and Quality Control Laboratory) of the Professional Academic School of Engineering in Food Industries, of the Faculty of Agrarian Sciences of the National University of Cajamarca, the present study has as general objective, to determine the effect of the temperature in the betalains or betaxanthins in an extract of beetroot (*Beta vulgaris*) and stored at three temperatures. Methodology: The plant species was collected from the Cajamarca market. In the beetroot extract diluted with 98% ethanol 1:30 (extract: methanol), the concentration of betalains in the extract was quantified by UV-VIS spectrophotometry and the calculations found under the Castellanos method. The extract diluted with 98% methanol was stored at three temperatures (4°C, 21°C and 60°C) for 7 days, being evaluated on the first, fourth and seventh days by reading its absorbance using the spectrophotometer. , in a range of 540nm for betacyanins and 483nm for betaxanthins, later the data read by the Castellanos formula was replaced to determine the concentration of betalains. Subsequently, said analysis was carried out using multifactorial analysis (ANOVA). The results obtained with the highest concentration of betalains was that of the first day at a temperature of 4°C with a value of 0.1637 mg/g and with the lowest concentration of betalains was that of the seventh day subjected to a temperature of 60°C with a value of of 0.000mg/g. In conclusion, it was found that the highest yield or concentration of betalains is at a temperature of 4°C and without the presence of light.

Keywords: Beetroot (*Beta Vulgaris*), betalains, betaxanthins, extract, temperature.

INTRODUCCIÓN

Las Betalaínas son pigmentos naturales nitrogenados hidrosolubles derivados del ácido betalámico. De acuerdo a su estructura química y a sus patrones de glicosilación o acilación, pueden proporcionar tonalidades rojas a violetas (betacianinas) y amarillas a anaranjadas (betaxantinas). (Arevalo, 2013).

La Betalaína al ser un colorante natural puede ser aplicado en diferentes sectores agroalimentarios, se lo utiliza también como pigmentos de pinturas, en la industria de la cosmetología. Es un alimento muy adecuado para los que sufran retención de líquidos, por lo que deberán comerlo habitualmente los obesos o artríticos o quienes pretendan rebajar peso. Estimula el cerebro y elimina las toxinas que en él se puedan acumular por lo que ayuda a mantener una buena salud mental y prevenir el envejecimiento precoz. Por su riqueza en hidratos de carbono es un alimento muy energético, aunque fácilmente asimilable (Yanchapanta, 2011).

Las raíces de la Betarraga contienen pigmentos del grupo de las betalaínas, que han sido consideradas de gran interés alimentario, destacando las betacianinas y las betaxantina, los cuales tienen utilidad como sustitutos de colorantes artificiales en diversos alimentos, siendo aceptados por la comunidad económica europea, donde se les clasifica como rojo remolacha producido por deshidratación y pulverización de *Beta Vulgaris* (Orozco, 2016).

Ante la preocupación de los consumidores por el uso de colorantes artificiales en los productos alimenticios se considera importante obtener colorantes naturales a partir de la remolacha (*Beta Vulgaris*). Existe una creciente búsqueda de nuevas fuentes para la extracción de colorantes naturales que son betalaínas, clorofilas, carotenoides, y flavonoides, entre otros. Además, se busca sustituir a los colorantes sintéticos, sobre todo los rojos. Una razón por la cual se prefieren los pigmentos naturales es que son

menos tóxicos, mientras que algunos colorantes sintéticos se ha visto que poseen efectos tóxicos para el ser humano (Orozco, 2016).

Este trabajo de investigación abre las puertas para la utilización de esta fuente natural de colorantes, para su aprovechamiento y el desarrollo de nuevas investigaciones que complementen los resultados obtenidos. Esta investigación es original ya que al extraer el colorante natural la betalaína y aplicándolo en la Industria Alimentaria, podríamos dar variedad de color a diferentes alimentos de manera más nutritiva y apetecible. Existen factores adicionales que afectan el color de las betalaínas a distintas condiciones: pH, temperatura, oxidación, entre otros (Arevalo, 2013)

El objetivo de este proyecto es el de estudiar, el análisis y la concentración del colorante de la betarraga (*Beta Vulgaris*) para ser posteriormente establecer la relación entre el efecto de la temperatura y tiempo en las betalaínas o betaxantinas almacenado a tres temperaturas. Para aprovechar de esta manera los recursos que nos han sido utilizados como una nueva alternativa para la extracción del colorante.

PLAN DE INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA CIENTÍFICO Y LOS OBJETIVOS.

1.1. Definición del Problema.

Esta investigación es importante ya que conlleva el aprovechamiento de los recursos con los que cuenta nuestro país como es la Betarraga, la cual es muy poco aprovechada ya sea por ser poco apetecible por el color intenso que esta presenta o por desconocimiento, de esta manera implantaremos no solo aprovecharla quizás de la forma convencional que es de consumo fresco, sino que se le dará una nueva alternativa como es la extracción de un colorante natural.

Tecnológico: Es que se puedan generar Industrias que fomenten la producción de las betalaínas, las cuales sirven como colorante natural para diversos productos no solo relacionados en la Industria Alimentaria, sino también por el lado farmacéutico y cosmetológico, ya que no se conoce cuáles son los tiempos de exposición al calor que evite el deterioro o degradación de la betalaínas.

Nutricional: Conociendo sus propiedades y beneficios de la betalaínas en los productos y también en la aceptación que esta ha tenido hacia los consumidores por el rechazo hacia los colorantes artificiales o sintéticos, es por ello que este estudio se enfoca en la obtención de un colorante natural que satisfaga las exigencias del mercado actual.

Social: Al conocer las propiedades y beneficios por parte de los colorantes naturales de la betarraga, este sería de gran demanda en las Industrias, no solo únicamente de Alimentos, sino también por el lado de las Industrias Farmacéuticas y Cosmetológicas al darles un valor agregado para dichas Industrias y con ello a que los productores se

vean beneficiados a nivel económico, para así continuar con la producción y venta en el sector agrícola.

1.2. Formulación del Problema.

¿Cuál es el efecto de la temperatura en la betalaínas o betaxantinas en un extracto de betarraga (*Beta vulgaris*) almacenado a tres temperaturas por siete días?

1.3. Justificación e Importancia.

1.3.1. Técnica.

La presente investigación está enfocada en el estudio de los principales factores como la temperatura del medio (almacenamiento) en relación al tiempo y cómo influyen en la estabilidad de las betalaínas en el extracto de Betarraga (*Beta vulgaris*), el cual nos permitirá determinar una temperatura adecuada con el objetivo de no cambiar su color el cual cause un desequilibrio y por la cual afecte su degradación.

Aunque este colorante resiste bien las condiciones ácidas, se altera fácilmente con el calentamiento, especialmente en presencia de aire, pasando su color a marrón. El mecanismo de este fenómeno, que es parcialmente reversible, no se conoce con precisión.

En la actualidad, existe bastante desconfianza hacia el consumo de alimentos que contengan colorantes sintéticos. Se prefieren los colorantes naturales. Las betalaínas dan coloración a diferentes órganos, como flores, frutos, hojas, raíces, donde producen colores rojo, amarillo, naranja, rosa entre otros. Químicamente son moléculas derivadas del ácido betalámico, solubles en agua y son de dos tipos betaxantinas que son de coloración que va de amarillo a naranja y las betacianinas que son de coloración rojiza.

1.3.2. Social.

En el aspecto social este trabajo de investigación creara una mejor conciencia de consumo basada en la adquisición de productos con alto valor nutricional, así como también que aporten gran beneficio para la salud debido a que la Betarraga (*Beta. Vulgaris*).

El presente trabajo de investigación es de gran interés ya que tiene un fin determinado, el disminuir el consumo de producto artificiales o sintéticos en productos alimenticios, además utilizar la remolacha ya que no es tan ampliamente aprovechado en la población para la extracción del colorante natural la betalaína y de esta manera salvaguardar la salud de las personas evitando que ingieran alimentos con colorantes artificiales, pretendiendo de esta manera mejorar la salud de los consumidores.

En la Agroindustria la utilización de los colorantes naturales es de gran beneficio para los agricultores pues ellos tendrían más fuente de trabajo en cuanto a cultivos puesto que la necesidad de una vida mejor para los seres humanos influenciará en sus trabajos y habrá la posibilidad de tener altas ventas de sus cosechas por ende una estabilidad económica.

1.3.3. Nutricional.

La Betarraga (*Beta. Vulgaris*) son particularmente ricas en folato. Se ha encontrado que el ácido folato y ácido fólico previenen defectos de nacimiento del tubo neural (nervioso) y ayudan contra enfermedades cardíacas y anemia. Las remolachas también tienen alto contenido de fibra, soluble e insoluble. La fibra insoluble ayuda a mantener su tracto intestinal trabajando bien, mientras que la fibra soluble mantiene sus niveles de azúcar en la sangre y colesterol controlados.

Las raíces de la Betarraga (*Beta. Vulgaris*) contiene pigmentos del grupo de las betalaínas, que han sido consideradas de gran interés alimentario, destacando las betacianinas y las betaxantina, los cuales tienen utilidad como sustitutos de colorantes artificiales en diversos alimentos, siendo aceptados por la comunidad económica europea (Moreno, 2002).

Por estas características, su uso como alimento funcional y/o nutracéutico es promisorio. Sabiendo que en el proceso de extracción de sus compuestos betalínicos, puede esperarse que las pérdidas de las betalaínas que son solubles en agua sean parcialmente ya que esto se tomara en base al tiempo y temperatura que estas sean sometidas para dicha evaluación.

Conservando sus propiedades nutricionales, esta investigación contribuirá a que se conozca el comportamiento en la estabilidad de las betalaínas y betaxantinas sometidas a temperaturas y tiempos determinantes, el cual no degrade o altere su actividad de pigmentación.

1.3.4. Institucional y personal.

Este trabajo de investigación es un requisito indispensable para poder obtener el título profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Permiéndome reforzar mis conocimientos científicos y prácticos obtenidos durante los 5 años de estudios y brindar a la sociedad un profesional de competencia de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca. En el ámbito personal poner en práctica mis conocimientos y logros como Ingeniero en Industrias Alimentarias, en el cual ayude a contribuir a una mejora económica a nivel familiar como en la sociedad.

1.3.5. Delimitaciones de la Investigación

La Investigación se desarrollará en los Laboratorios de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca del área de Análisis de Alimentos y Control de Calidad, la parte experimental abarcará desde la recepción de la materia prima en investigación ((Betarraga (*Beta vulgaris*)) provenientes de los cultivos del distrito de Jesús de la región Cajamarca. Pelado, cortado y ser sometidos a un extracto para determinar el efecto de la temperatura en las betalaínas o betaxantinas y almacenarlos en tres diversas temperaturas para ser evaluados con modelos matemáticos.

1.4. Objetivos de investigación

1.4.1. Objetivo General

Determinar el efecto de la temperatura en las betalaínas o betaxantinas en un extracto de betarraga (*Beta vulgaris*) y almacenado a tres temperaturas por siete días.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la concentración de las betalaínas o betaxantinas en el extracto de betarraga (*Beta vulgaris*) expuestas a tres temperaturas.
- Establecer la relación entre temperatura y tiempo de exposición de las betalaínas o betaxantinas de extracto de betarraga (*Beta vulgaris*).

CAPITULO II

2. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS Y DEFINICIÓN DE VARIABLES.

2.1. Hipótesis General:

Existe relación entre la temperatura y la concentración de las betalaínas o betaxantinas en un extracto de betarraga (*Beta Vulgaris*) almacenada a tres temperaturas durante siete días.

2.2. Definición de Variables

2.2.1. Variables Independientes:

❖ Temperatura

❖ Tiempo

2.2.2. Variables Dependiente:

❖ Concentración de betalaínas o betaxantinas

2.2.3. Operacionalización de variables.

En la **Tabla 1**. Se detalla las variables dependientes e independientes para la concentración de betalaínas.

Tabla 1. Operacionalización de las Variables

VARIABLES	Definición		Dimensiones	Indicador
	Conceptual	Operacional		
Independientes:				
Temperatura	La temperatura es una magnitud física que indica la intensidad de calor o frío de un cuerpo, de un objeto o del medio ambiente, en general, medido por un termómetro. (Anónimo, 2013)	La temperatura tiene una influencia significativa en la extracción de betalaínas, ya que esta afecta la estabilidad de la concentración de pigmentación, como cambios bioquímicos en el extracto, debido a los efectos que tiene en cuanto a la temperatura que esta se encuentra almacenada.	Termómetro de escala de 0 a 100°C.	4°C
				21°C
				60°C
Tiempo	Tiempo es una magnitud que sirve para medir la duración o la separación de uno o más acontecimientos. Esto permite ordenarlos en una secuencia (pasado, presente, futuro) y determinar si ocurren o no en simultáneo. (Raffino, 2019)	El tiempo nos permitirá determinar la cantidad de concentración que obtendremos de betalaínas, también la relación con la temperatura para determinar la estabilidad o degradación de estas.	Días.	1 día
				4 día
				7 día
Dependientes:				
Concentración de betalaínas o betaxantinas	Es una manera de expresar la relación del soluto (extracto de betarraga) en tres partes de mezcla o disolución. (CONICET, 2008)	Con este parámetro vamos a evaluar la calidad del producto en la concentración de betalaínas.	Concentración de Betalaínas	$B\left(\frac{mg}{g}\right) = \frac{A * F * d * P * M * V * 1000}{\epsilon * L * P}$

CAPÍTULO III

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes de la Investigación

Para la presente investigación se ha tomado como referencia una serie de estudios con sus respectivas caracterizaciones particulares; que se relacionan con el contenido del tema estudiado respecto a extracción de betalaínas o betaxantinas. Estos antecedentes que sustentan la investigación son:

Según **González (2010)**, Un estudio desarrollado en Perú: “Efecto de la temperatura y luminosidad sobre la estabilidad de las betalaínas obtenidas de “betarraga”. Se identificó los principales factores que influyen en la estabilidad de las betalaínas cuando pasan por un tratamiento térmico o almacenamiento como factor temperatura y luminosidad, se empleó el diseño factorial teniendo como variables independientes temperatura: 4°C, 25 °C y 68 °C el cual se evaluó la estabilidad en el extracto de betarraga, a través del estudio de su degradación durante 120 días en intervalos de 30 días analizando a través del método espectrofotómetro (González, 2010).

Se reportó que a 4°C y sin luz a un tiempo de almacenamiento de 30 días es donde se encontró mayor presencia de betalaínas a comparación a las temperaturas de 25°C y 68°C en presencia de luminosidad y 60 días y posterior a 120 días de almacenamiento donde se encontró mínima presencia de betalaínas. Por lo que en el presente estudio se concluye que hay mayor estabilidad de betalaínas de extracto seco de betarraga a una temperatura de 4°C y en ausencia de luz y a medida que se incrementa el tiempo de almacenamiento del extracto de betarraga, disminuye la concentración de betalaínas (González, 2010).

Éste trabajo nos ayudará a obtener información con respecto a las condiciones óptimas de temperatura para la estabilización de las betalaínas, el cual nos permitirá para un mejor almacenamiento y no se degrade las betalaínas.

Según **Moreno (2015)**, Un estudio desarrollado en España.” Degradación de betalaínas en remolacha (*Beta vulgaris* L.) estudio cinético”, se identificó la degradación de las betalaínas (betacianina y betaxantina) provenientes de raíces de remolacha (*Beta vulgaris*), el extracto obtenido se aplicó mediante capilares sobre placas cromatográficas de celulosa previamente activadas en estufa a una temperatura de 90°C, el tiempo de corrida fue 30 minutos (Moreno & Vilorio, 2015).

Se efectuaron dos recorridos unidireccionales en dos sistemas independientes las cuales fueron evaluadas. Las dos fracciones mayoritarias se evaluaron espectralmente en un rango de 400-580 nm, a pH 6,1. Los pigmentos previamente purificados, fueron expuestos a una fuente de luz blanca, a pH 6,1 y temperatura de 25,0 ± 0,1°C. Dando así que la degradación de las betacianinas más lenta en comparación de la betaxantina (Moreno & Vilorio, 2015).

Con la presente investigación pudimos recopilar datos acerca de la degradación de las betalaínas con relación a la temperatura y tiempo.

- ❖ Según **Yanchapanta (2011)**, en un estudio desarrollado en Ecuador “Obtención de un colorante natural la betalaína a partir de la remolacha (*Beta Vulgaris*) para su aplicación en alimentos y bebidas, sin que sus propiedades organolépticas (sabor y olor) afecten su utilidad.”, se identificó las condiciones óptimas de absorbancia que se debe utilizar con respecto a la obtención de colorante de betalaínas (Yanchapanta, 2011).

Mediante el trabajo se analizó que la tecnología utilizada para la obtención del colorante es la de cristalización en comparación del método por fermentación, la cual fue la más

adecuada ya que al observar los resultados estadísticos y al examinarlo por la técnica de colorimetría se supo que el mejor tratamiento se da por dicho método y que dichos valores se acercan a la absorbancia patrón (Betalaína Pura (E 162)) q es de 0,045 por lo que pudimos apreciar que el colorante está en un 0,029 de absorbancia mientras que para el método de obtención para Fermentación los valores fueron muy bajos, frente al valor de la Betalaína pura ya que las condiciones no fueron las óptimas para que dé un buen resultado por lo que se obtuvo un colorante amarillo-anaranjado y no de color rojo como se debió obtener (Yanchapanta, 2011).

Éste trabajo nos ayudará a obtener información con respecto a las condiciones óptimas de absorbancia que debíamos usar en la parte experimental de esta investigación y así sacar datos para trabajar con el patrón de absorbancia requerida para la extracción de las betalaínas.

❖ Según **Rojas (2000)**, en un estudio realizado en Chile: “Extracto colorante de tuna púrpura (Opuntia ficus indica L.): obtención y comparación con un colorante comercial de betarraga (Beta vulgaris var. Hortensis L.), se identificó y se hizo comparación de los colorantes en base de tuna púrpura y la betarraga, se realizaron dos tratamientos, (TTP (tratamiento de tuna púrpura) y TB (tratamiento de betarraga)) ambos con base edulcorada natural más 0,15 % de saborizante de frambuesa líquida (Rojas, 2000).

Al tratamiento TTP se agregó 0,2 % de extracto colorante de tuna púrpura y al tratamiento TB se adiciono 0,04 % de colorante comercial de betarraga, presentando la estabilidad de las betalaínas en ambos tratamientos y por su aceptabilidad sensorial, el cual nos permitirá mantener un cierto parámetro de pH el cual no degrade su estabilidad de las betalaínas. (Rojas, 2000).

Con la presente investigación pudimos recopilar datos de estabilidad de las betalaínas referido a su pH y por su aceptabilidad sensorial, el cual nos permitirá mantener un cierto parámetro de pH el cual no degrade su estabilidad de las betalaínas.

❖ Según **Nayhua (2017)**. En un estudio realizado en Perú: “Obtención de colorante natural a partir de la cáscara de tuna púrpura (*Opuntia Ficus-Indica*) por el método de extracción sólido-líquido para su aplicación en la Industria de Alimentos, fruto proveniente del Distrito De San Cristóbal-Moquegua”. El presente trabajo de investigación, se realizó con el objetivo de obtener un colorante natural (betalaínas) por el método de extracción sólido-líquido partir de la cáscara de tuna para su aplicación en la industria de alimentos (Nayhua, 2017).

Se determinó los parámetros de concentración del solvente realizando varias muestras a diferentes concentraciones de etanol en un rango de 30 - 90%, en un tiempo de 30-120 min y una cantidad de materia prima de 5-15 gr. Se cuantifico la concentración de betalaínas por el método de espectrofotómetro con un valor de 0,173 mg de betalaínas (Nayhua, 2017).

Los resultados anteriormente mencionados se optimizaron, utilizando el diseño experimental Box-Benhken teniendo como resultados lo siguiente: La concentración del etanol es 75%, en un tiempo de 90 min. y una cantidad de materia prima de 11,2 gr. obteniendo 0,285 mg de betalaínas para el proceso de extracción del colorante natural, donde se obtuvo un rendimiento de 83% (Nayhua, 2017)

3.2. Bases Teóricas.

3.2.1. Generalidades Sobre la Betarraga (*Beta vulgaris*)

3.2.1.1. Definición de la Betarraga (*Beta vulgaris*)

La Betarraga es una hortaliza, constituida por la raíz principal de la planta, de forma casi esférica y de piel rugosa al tacto. En cuanto a su tamaño el diámetro va de 5 cm a 10 cm y puede pesar entre 80 g y 200 g. El color según la variedad, puede ser rosáceo, violáceo, anaranjado rojizo y hasta marrón. Su sabor es dulce ya que en esta raíz se acumulan gran cantidad de azúcares (Orozco, 2016).

Las Beterragas (*Beta vulgaris*) además de ser un alimento, tanto su raíz como sus hojas, también es una fuente de azúcar y colorante. Este último, está autorizado y es comercializado en Estados Unidos y la Unión Europea con el nombre E-162, rojo remolacha, por su color rojo característico (Baca, 2015).

Según el Codex Alimentarius, este colorante es relativamente potente, puede alcanzar el color deseado con dosis que no excedan los 50 mg/kg calculado como betanina. se emplean en la industria agroalimentaria para la obtención del colorante llamado rojo de remolacha, conocido como E-162 (Baca, 2015).

3.2.1.2. Propiedades de la Betarraga (*Beta vulgaris*)

Las Betarragas son particularmente ricas en folato. Se ha encontrado que el ácido folato y ácido fólico previenen defectos de nacimiento del tubo neural (nervioso) y ayudan contra enfermedades cardíacas y anemia. Las remolachas también tienen alto contenido de fibra, soluble e insoluble. La fibra insoluble ayuda a mantener su tracto intestinal trabajando bien, mientras que la fibra soluble mantiene sus niveles de azúcar en la sangre y colesterol controlados.

La Beterraga es un alimento de moderado contenido calórico, ya que, tras el agua, los hidratos de carbono son el componente más abundante, lo que hace que ésta sea una de las hortalizas más ricas en azúcares.

Tabla 2. Propiedades Nutricionales de la Betarraga

Propiedades Nutricionales de la Betarraga	
Calorías	31g
Carbohidratos	8.5g
Fibra Dietética	1.5g
Potasio	259mg
Fósforo	32mg
Folato	53.2mcg
Proteínas	1.5g

Fuente: Otto, J. y Garcés, M. (2000)

3.2.1.3. Variedades de la Betarraga (*Beta vulgaris*)

No todas las remolachas son de color rojo-morado; existen variedades con diferentes tamaños y colores, incluyendo remolachas amarillas y hasta deslumbrantes remolachas rayadas. Conoce a continuación las características principales de los tipos de remolachas más populares:

- ❖ **Remolachas rojas o moradas.** Estas son las remolachas más comunes. Tienen un sabor dulce-terroso, y su característica más especial es el color rojo-vino intenso. Se pueden utilizar de muchas formas en la cocina, ya sea como ingrediente en ensaladas, en guisos, sopas, salteado de vegetales, cremas de verduras, etc. (Leyva, 2018).

- ❖ **Remolachas doradas.** Las remolachas doradas son menos dulces que las remolachas rojas; su sabor es más suave, menos terroso, pero siguen siendo una opción excelente para agregar un toque de color a nuestras comidas y ensaladas (Leyva, 2018).
- ❖ **Remolacha rayada.** Las remolachas rayadas o remolachas Chioggia son naturalmente rayadas, algunas tienen una combinación sutil de amarillo con naranja, mientras que otras lucen tonalidades brillantes de amarillo, rojo y crema. Se utilizan como cualquier otra remolacha, y desafortunadamente las rayas suelen desvanecerse, o incluso desaparecer, durante la cocción (Leyva, 2018).
- ❖ **Remolachas baby.** Cualquier tipo de remolacha puede ser una “remolacha bebé”, ya que estas son remolachas que se extraen del campo antes de tiempo. La ternura de sus hojas y tallos las convierte en una adición muy frecuente en ensaladas de vegetales frescos (Leyva, 2018).
- ❖ **Remolacha azucarera:** La remolacha azucarera o remolacha de azúcar se parece más a un nabo que a una remolacha. Su coloración es blanquecina y tiene una estructura cónica. Generalmente estos tubérculos solo se cultivan de forma comercial para la producción de azúcar; alrededor del 20% de la producción mundial de azúcar proviene de la remolacha azucarera y el otro 80% proviene de la caña de azúcar (Leyva, 2018).

3.3. Definición de Términos Básicos.

3.3.1. *Betarraga (Beta Vulgaris)*

El colorante rojo remolacha es obtenido de las raíces de *Beta vulgaris* como jugo prensado o extracto acuoso; compuesto por diferentes pigmentos pertenecientes a la clase betalaína, el colorante principal consiste en betacianinas (rojo) de las cuales la betanina integra el 75 a 95%, pequeñas cantidades de betaxantina (amarillo) y productos de

degradación de betalaínas (marrón claro) pueden estar presentes. El contenido de betanina en extractos de remolacha sufrirá una degradación progresiva que es acelerada por la elevación del pH, temperatura y actividad del agua; por lo tanto, se espera que todos los productos comerciales lentamente perderán su color y alterarán su tonalidad de acuerdo a las condiciones de almacenamiento (FAO, 2002).

3.3.2. *Betalaínas*

El término betalaínas describe a dos grupos de pigmentos, muy solubles en agua, relacionados química y biogenéticamente, estos son las betacianinas de color rojo violeta ($\lambda_{\max} = 540 \text{ nm}$) y las betaxantinas de color amarillo ($\lambda_{\max} = 480 \text{ nm}$) (Benites, 2015)

El ácido betalámico, es la unidad estructural básica de estos pigmentos, se encuentra condensado con un aminoácido o amina en las betaxantinas, y conjugado con ciclo-dihidroxifenilalanina (ciclo-DOPA) en las betacianinas. Esta molécula puede incorporar azúcares y ácidos a través de uno de los dos grupos hidroxilo presentes en el anillo aromático, con lo que origina dos familias de compuestos: los derivados de la Betacianinas (betanidina-5-O- β -glucósido) o de la gomfrenina I (betanidina-6-O- β -glucósido) (Benites, 2015).

Las plantas que contienen estos pigmentos se limitan a diez familias del orden Centrospermae las cuales son: *Chenopodiaceae*, *Amaranthaceae*, *Portulacaceae*, *Nyctaginaceae*, *Phytolacaceae*, *Stegnospermaceae*, *Arizoaceae*, *Bascallaceae*, *Mesembryanthemaceae*, *Cactaceae* y *Didieraceae*. La presencia de betalainas en plantas es mutuamente excluyente de la presencia de antocianinas. Entre las hortalizas comunes que contienen betalaínas está la betarraga (Fennema, 2000).

Son un alrededor de 70 pigmentos hidrosolubles, que se encuentran compartimentizadas dentro de las células en las vacuolas con estructura de glucósidos derivados de la 1,7 – diazaheptametina. Pierden coloración bajo la influencia de factores como el pH, temperaturas altas, el oxígeno, la luz y la actividad acuosa (Badui, 2006).

La fórmula general de la betalaínas (Fig. 1) representa la condensación de una amina primaria o secundaria con ácido betalámico (Fig. 2).

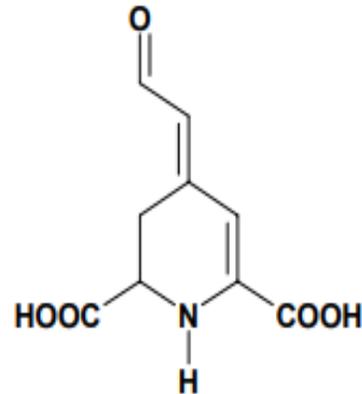
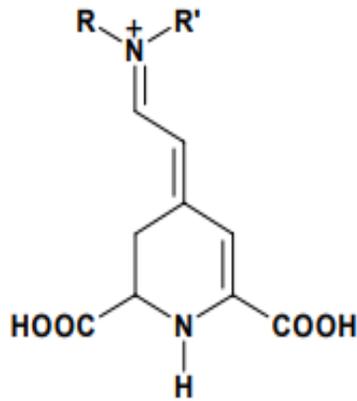


Figura01. Fórmula general de las betalaínas. **Figura 02.** Fórmula ácido betalámico.

Fuente: Badui (2006)

Fuente: Badui (2006)

3.3.3. *Betaxantinas*

Son pigmentos amarillos relacionados estructuralmente con las betacianinas, absorben a una longitud de onda máxima de 480 nm. El compuesto prototipo que representa la presencia natural de betaxantinas es la indicaxantina, aislada del fruto del cactus *Opuntia ficus – indica*, su aislamiento y análisis estructural confirmo la sospecha de una relación estructural entre las dos clases de pigmentos de las cactáceas (Wong, 1989).

Las betaxantinas, han sido poco estudiadas, debido principalmente a que son más difíciles de aislar, pero se tienen indicios de que son mucho más lábiles que las betacianinas (Rodríguez, 1985).

Las betaxantinas, se caracterizan por tener grupos R Y R' que no extienden la conjugación del cromóforo 1,7- diazaheptametino; mientras que, en las betacianinas, la conjugación está extendida con un anillo aromático sustituido, de la remolacha se han aislado dos betaxantinas llamadas vulgaxantina I y II (Figura 2).

Ambas difieren en que la prolina ha sido sustituida por glutamina y ácido glutámico, respectivamente. También han sido aisladas varias miraxantinas (Lock, 1997).

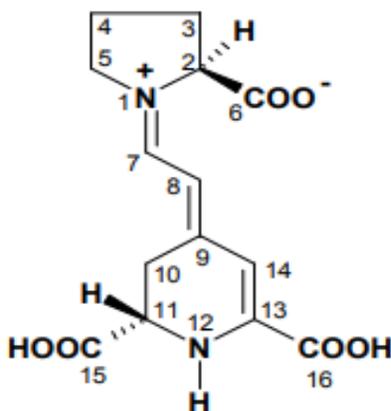


Figura 03. Estructura de las Betaxantinas.

Fuente: Coultate (1984).

3.3.4. Propiedades físicas de las betalaínas

Las betalaínas absorben fuertemente la luz. El valor de la absorptividad ($A_{1\%1cm}$) es de 1,120 para la Betacianinas y 750 para la vulgaxantina, lo cual sugiere una fuerte y alta capacidad tintórea en estado puro (Fennema, 2000).

3.3.5. Estabilidad de las betalaínas

Un requisito evidente de un colorante es su estabilidad a largo plazo, debiendo resistir no sólo los procesos industriales a los cuales están sometidos los alimentos como a las condiciones de pH e interacción con otros componentes de los alimentos en los cuales se encuentra. Se analiza a continuación la respuesta de las betalaínas a distintas condiciones: pH, temperatura, oxidación, entre otros (Arevalo, 2013).

Tabla 3. Condiciones de las betalaínas para mayor o menor estabilidad.

Mayor estabilidad de las betalaínas	Menor estabilidad de las betalaínas
Alto contenido de pigmento	Bajo contenido de pigmento
Alto grado de glucosilación	Bajo grado de glucosilación
Baja actividad de agua	Alta actividad de agua
pH de 3 a 7	pH de <3 o >7
Antioxidantes	Cationes metálicos
Agentes Quelantes	Alta temperatura
Baja temperatura	Luz
Oscuridad	

Fuente: Herbach et al. (2006)

3.3.5.1. pH

Uno de los problemas mayores que tienen los colorantes naturales que se encontraron hasta el momento es su baja estabilidad. Por ejemplo, en el caso de pigmentos hidrosolubles, las antocianinas han demostrado ser muy lábiles en medio ácido, hidrolizándose rápidamente. En el caso de las betalaínas, al ser ionizables en medio ácido, sufren cambios de color tanto a un pH por debajo de 3.5 pero no se hidrolizan por lo cual

se pueden utilizar para alimentos ácidos. Su máxima estabilidad está entre pH 5 y 6 (Arevalo, 2013).

3.3.5.2. Luz

Las betalaínas se degradan en presencia de luz siempre y cuando también estén expuestas a oxígeno. En condiciones anaeróbicas su oxidación es insignificante (Arevalo, 2013).

3.3.5.3. Oxígeno

Son relativamente oxidables, dando compuestos de color marrón. Esto se puede evitar o disminuir en presencia de antioxidantes tales como vitamina C (Arevalo, 2013).

3.3.5.4. Metales

En general las betalaínas puras se hidrolizan más fácilmente en presencia de cationes metálicos. Estas reacciones disminuyen considerablemente cuando se encuentran en el jugo, debido seguramente a la capacidad compleja de otros componentes tales como los polifenoles que se encuentran naturalmente en él (Arevalo, 2013).

3.3.5.5. Temperatura

Indudablemente es el factor que más afecta la estabilidad de las betalaínas, acelerando las reacciones de hidrólisis que dan como productos el ácido betalámico incoloro y otros productos de color marrón (Arevalo, 2013).

3.3.5.6. Antioxidantes

La presencia de antioxidantes estabiliza a las betalaínas, particularmente el ácido ascórbico (Arevalo, 2013).

CAPÍTULO IV

4.1 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación

La presente investigación se llevó a cabo en el segundo piso del Laboratorio Análisis de Alimentos y Control de Calidad de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, en las coordenadas de, Latitud: 7°10'6.72" S; Longitud: 78°29'44.15" O.

4.2 MATERIALES

4.2.1. Materia Prima

- ❖ Betarraga Roja o Común

4.2.2. Material de Laboratorio, Equipos y Reactivos

a). Materiales de laboratorio

- ❖ Vasos de precipitados
- ❖ Matraz Erlenmeyer: 250 ml.
- ❖ Probetas 100 ml y 500 ml.
- ❖ Pipetas
- ❖ Embudo Buchner
- ❖ Papel filtro Whatman N°42
- ❖ Tubo de ensayos
- ❖ Placa Petri
- ❖ Termómetro

b). Equipos

- ❖ Balanza analítica (METTLER TOLEDO-AB204-S)
- ❖ Espectrofotómetro (GENESIS 6)
- ❖ Agitador (C-MAG HS)
- ❖ Refractómetro (POKEKET-PAL-3)
- ❖ pH-Metro (PROFIILINE-WTW)
- ❖ Horno de deshidratación
- ❖ Licuadora

c). Reactivos e insumos

- ❖ Metanol 99.8 %
- ❖ Hipoclorito de sodio al 3%.

d). Otros materiales

- ❖ Laptop
- ❖ Memoria USB de 4 GB
- ❖ Cámara fotográfica digital
- ❖ Útiles de escritorio

4.3 METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Laboratorio de Análisis de Alimentos y Control de Calidad de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias (2H) de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca.

OBTENCIÓN DEL COLORANTE DE BETARRAGA

Para la obtención del colorante a base de la remolacha se realizará mediante los pasos descritos a continuación:

1. Materia Prima

Las Hortalizas frescas de *Beta Vulgaris* “Betarraga”, se recolectarán del mercado de los proveedores de Hortaliza las mercedes de la ciudad de Cajamarca, lo cual proviene del distrito de Jesús de la región de Cajamarca.



Figura 04. Materia Prima (Betarraga).

2. Selección y Lavado

Las Betarragas serán seleccionadas teniendo las siguientes consideraciones de color morado, considerando la madurez y hortalizas sanas libres de daños. Esta etapa de importancia ya que las hortalizas que estén en estado de descomposición pueden afectar en el proceso de obtención del colorante (Betalaínas).

Para la desinfección, se lavó las hortalizas en una solución desinfectante de hipoclorito de sodio al 3%. posteriormente en agua al chorro.



Figura 05. Lavado de la materia prima.

3. Corte de Muestra

Se realiza el corte de la remolacha en rodajas de aproximadamente 0.5 cm a 1 cm. Se lo hace manualmente con la utilización de un cuchillo de acero inoxidable.



Figura 06. Corte de la Muestra.

4. Pesado

Se procede a pesar la materia prima mediante el uso de una balanza digital con un peso aproximado de 5 - 15g de betarraga para cada tratamiento.



Figura 07. Pesado de la muestra.

5. Pelado y Rallado

Se procede a realizar un pelado manual y el rallado de ser necesario.

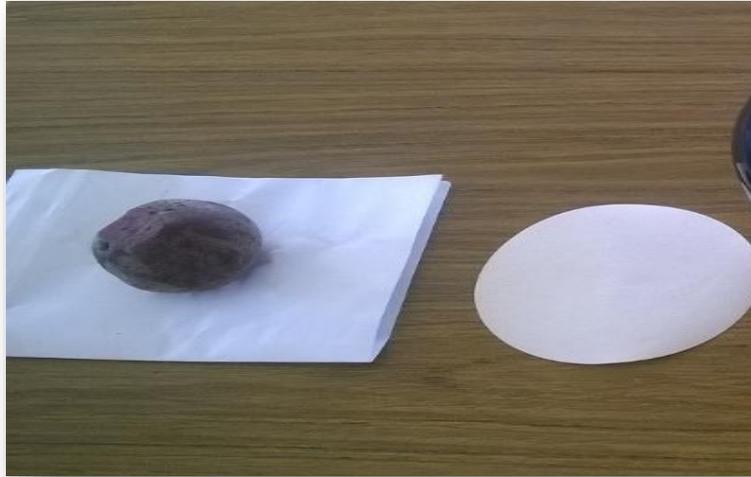


Figura 08. Pelado y rallado de la materia prima.

6. Escaldado

Se realizará en una cocina industrial, a los 1 - 15g de betarraga se añade agua en una relación 1/1 (agua/betarraga) por unos 10 minutos en olla de presión, con el fin de ablandar la hortaliza y reducir la carga microbiana.



Figura 09. Escaldado.

7. Licuado

Esta operación consiste en extraer el zumo que posee la hortaliza.



Figura 10. Licuado.

8. Tamizado

Esta operación consiste en hacer pasar una mezcla de partículas, con el fin de pasar las partículas de la pulpa de menor tamaño por los poros del tamiz y las grandes quedan retenidas por el mismo.



Figura 11. Tamizado.

9.Extracción de Colorante

Se realizará la extracción a través del solvente metanol y a un pH (4.7), para determinar el rendimiento de extracción y el mejor solvente de extracción.



Figura 12. Extracción de Colorante.

10. Filtración

Mediante el uso de papel filtro se procede la filtración de la cocción, obteniendo el colorante.



Figura 13. Filtración.

11. Envasado

Envasado de vidrio color ámbar.



Figura 14. Envasado de la muestra.

12. Almacenamiento

El colorante se mantiene en refrigeración y a temperatura ambiente.



Figura 15. Almacenamiento de las muestras.

13. Evaluación de Estabilidad

Los extractos acuosos se almacenaron en envases de vidrio color ámbar para la evaluación de la estabilidad frente a la temperatura y almacenamiento.



Figura 16. Evaluación del Colorante.

Flujo para la extracción y evaluación de la estabilidad de Betalaínas

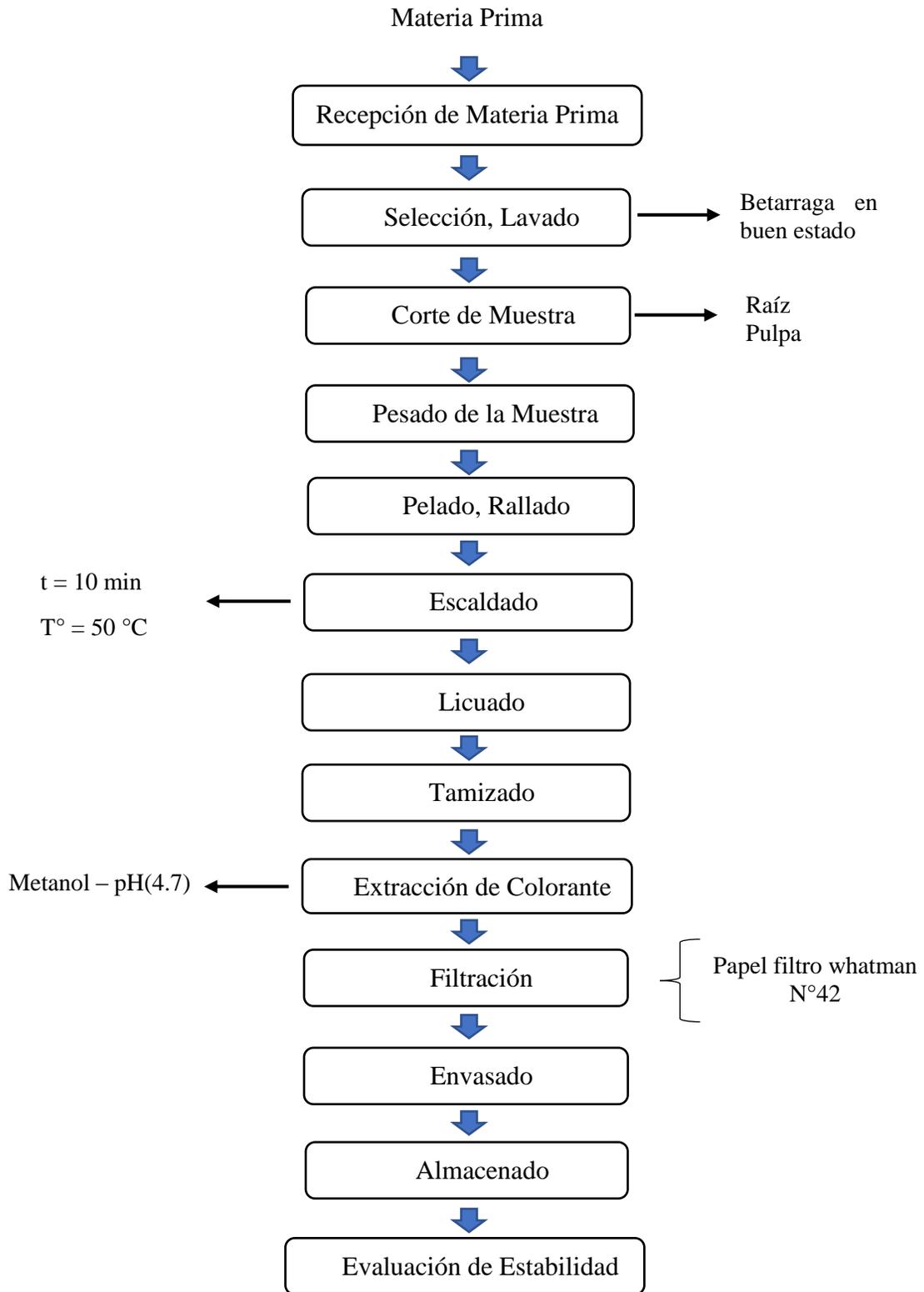


Figura 17. Diagrama de flujo para la extracción y evaluación de la estabilidad de Betalaínas.

4.4. MÉTODO DE ANÁLISIS

4.4.1. Preparación de Muestras y Reactivos

4.4.1.1 Materia Prima:

El extracto betalaínico de betarraga (Será extraído con alcohol metílico).

4.4.1.2 Obtención Del Colorante (Betalaínas)

a) Preparación del solvente.

El solvente empleado para la obtención de Betalaínas es el metanol al 99,8%. Se preparó soluciones para distintas temperaturas, para determinar la mejor estabilización de las Betalaínas.

b) Pesado de muestra

En un vaso de precipitado se pesó 15 gr. de pulpa de betarraga con el fin de evaluar la cantidad de materia prima que se usará en el proceso, luego se extrajo 5ml del zumo de betarraga, mediante un licuado y posteriormente tamizado y pasado por papel filtro, para a continuación diluirlo en 30 ml de metanol.

c) Filtración

El extracto obtenido se filtrará con un papel filtro whatman N°42 y embudo de vidrio.

4.4.1.3. Cuantificación de Betalaínas

La conversión de las unidades de absorbancia en unidades de concentración se utilizó la ecuación descrita por Castellanos & Yahia (2008):

$$B \left(\frac{mg}{g} \right) = \frac{A * Fd * PM * V * 1000}{\epsilon * L * P}$$

Dónde:

B = Contenido de betacianina o betaxantina.

A = Absorbancia 538 nm para betacianinas y 483 nm para betaxantinas

FD = Factor de dilución.

PM = Peso molecular 550 (g/mol) betacianina y 308 (g/mol) betaxantina.

V = Volumen del extracto (L)

ϵ = Coeficiente de extinción molar 60000 (mol. L/cm) para betacianinas y 48000 (mol. L/cm) para betaxantina

P = Peso de la muestra (gr)

L = Anchura de la cubeta del espectrofotómetro (1cm)

Las betalaínas está compuesto por betacianinas de color rojo-purpura que representa entre 75- 95 % y las betaxantinas de color amarillo que pueden estar presentes en menores cantidades. (Parra Ortega, 2014).

$$\textit{Betalaínas} = \textit{Betacianinas} + \textit{Betaxantinas}$$

4.4.1.4 Determinación del pH en el extracto de betarraga.

Para su determinación se ha usará un potenciómetro digital con electrodos de vidrio, la solución está basado en la comparación potencial de la solución problema con el de un electrodo de referencia.

4.4.1.5 Sólidos solubles (°Brix)

Para la determinación de solidos solubles se utilizará un refractómetro, para calcularlo se agregará dos gotas de sumo de betarraga.

4.5. Tipo de investigación:

Experimental, de nivel explicativo y propositivo.

4.5.1. Unidad de análisis, población y muestra de estudio

4.5.1.1. Unidad de análisis

Es el producto cosechado y seleccionado de acuerdo a los siguientes criterios: producto fresco, recién cosechado de los biotipos industriales.

4.5.1.2. Población:

La Betarraga (*Beta Vulgaris*), de variedad: Roja o común, tendrá como lugar de procedencia el Distrito de Jesús, Provincia de Cajamarca, Departamento de Cajamarca, Región Cajamarca.

4.5.1.3. Muestra:

Se seleccionarán: 1.5 kg de Betarraga (*Beta Vulgaris*) Roja o común.

4.5.2. Diseño de investigación

4.5.2.1. Metodología Experimental De La Investigación.

El diseño experimental que se empleará es un Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres repeticiones y estructura factorial 3Ax3B. El primer factor (A) Temperatura (T1 = 4°C, T2 = 21°C y T3 = 60°C) El factor B corresponde al tiempo en días (D1= 1 día, D4= 4 día, D7= 7día), con 9 tratamientos, donde la variable de respuesta es la concentración de Betaláfnas.

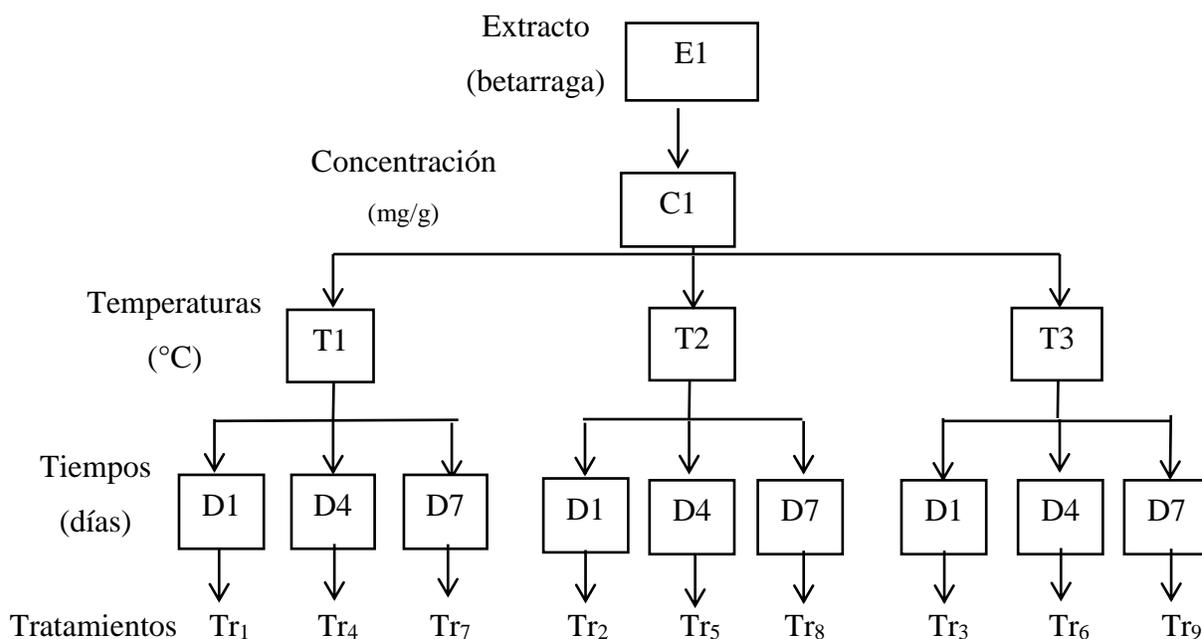


Figura 18. Diagrama del diseño experimental.

Dónde:

E1 = Extracto de Betarraga

C1 = Concentración de Betalaínas

T1 = Temperatura de almacenamiento 4 °C

T2 = Temperatura de almacenamiento 21 °C

T3 = Temperatura de almacenamiento 60 °C

Se evaluaron las muestras los días 1, 4 y 7, para dichas muestras se tomó una muestra la misma que se evaluó en tres diferentes tiempos, las que fueron conservadas a la misma temperatura de análisis.

t1 = Tiempo de almacenamiento (1 día)

t2 = Tiempo de almacenamiento (4 día)

t3 = Tiempo de almacenamiento (7 día)

Se tomaron dichos tratamientos para analizarlos y procesarlos mediante un diseño estadístico.

Tr1 = Tratamiento 1

Tr2 = Tratamiento 2

Tr3 = Tratamiento 3

Tr4 = Tratamiento 4

Tr5 = Tratamiento 5

Tr6 = Tratamiento 6

Tr7 = Tratamiento 7

Tr8 = Tratamiento 8

Tr9 = Tratamiento 9

Los parámetros de control para el proceso de extracción de Betalaínas de betarraga se proponen en la tabla 4. Se presenta las variables propuestas.

Tabla 4. Variables propuestas.

(Betarraga concentrado)	Tratamientos	Variables	
		Temperatura (°C)	Tiempo (días)
1	Tr1	4	1
	Tr4		4
	Tr7		7
	Tr2	21	1
	Tr5		4
	Tr8		7
	Tr3	60	1
	Tr6		4
	Tr9		7

4.5.2.2 El Modelo Estadístico.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk};$$

$i = 1, \dots, a = 6; j = 1, \dots, b = 2; k = 1, \dots, n_{ij}$ con $n_{ij} \geq 0$ el número de repeticiones.

Dónde;

μ = efecto verdadero medio

α_i = efecto verdadero del i -ésimo nivel del factor A (temperatura)

β_j = efecto verdadero del j -ésimo nivel del factor B (días)

$(\alpha\beta)_{ij}$ = efecto verdadero de la interacción del i -ésimo nivel del factor A con el j -ésimo nivel del factor B.

ε_{ijk} = efecto verdadero de la k -ésima unidad experimental sujeta a la ij -ésima combinación de tratamientos.

Se supone que μ es constante y $\varepsilon_{ijk} \sim \text{DNI}(0, \sigma^2)$

4.5.2.3 Análisis de varianza generalizado.

El análisis de la varianza (ANVA) se ejecutará según las fórmulas estadísticas detalladas en la tabla 5.

Tabla 5. Análisis de varianza para un factorial de dos factores (A, B) en un diseño completamente al azar con tres repeticiones.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	F
			modelo I
Tratamientos	(t-1)	8	
A	(a-1)	2	$\frac{CM(A)}{CM_{Error}}$
B	(b-1)	2	$\frac{CM(B)}{CM_{Error}}$
AB	(a-1)(b-1)	4	$\frac{CM(AB)}{CM_{Error}}$
Error	ab(n-1)	27	
Total	abn-1	35	

Fuente: Vásquez, AV. 2014.

4.5.2.4. Combinación de tratamientos.

La combinación de niveles y la matriz de tratamientos a realizar en la investigación se detallan en la tabla 6.

Tabla 6. Matriz de tratamientos y combinación de niveles

Tratamientos	Combinación de niveles	Repeticiones			
		n1	n2	n3	
Tr ₁	t ₁	T ₁	-	-	-
Tr ₂	t ₁	T ₂	-	-	-
Tr ₃	t ₁	T ₃	-	-	-
Tr ₄	t ₂	T ₁	-	-	-
Tr ₅	t ₂	T ₂	-	-	-
Tr ₆	t ₂	T ₃	-	-	-
Tr ₇	t ₃	T ₁	-	-	-
Tr ₈	t ₃	T ₂	-	-	-
Tr ₉	t ₃	T ₃	-	-	-

4.5.2.5. Variables de Estudio.

a. Variable independiente

- **Temperatura:** los tratamientos con esta variable se detallan en la tabla 6.

- **Tiempo:** los tratamientos con esta variable se detallan en la tabla 6.

b. Variable dependiente

✓ Concentración de Betalaínas.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

A continuación, se presentarán los resultados obtenidos a través de tablas y gráficas, la interpretación de los mismos y la discusión basada en el marco teórico, marco conceptual y en los antecedentes de este trabajo.

5.1. Resultados del análisis de la materia prima.

➤ pH

La acidez de la pulpa de la betarraga se evaluó con un pH-metro.

Tabla 7. Resultados de la evaluación del pH que presenta la pulpa de la betarraga.

Muestra	pH
1	4.69
2	4.73
3	4.70
Valor promedio	4.71

En la tabla 7. Se observa el valor promedio de pH igual a 4.71 en ese rango de pH no se observó ningún cambio extraño, esto indica que las presencias de betalaínas se encuentran en su estado estable, por esta razón no fue el caso de hacer un ajuste de dicho pH. Esto se corrobora con el estudio realizado por (Arevalo, 2013) donde en el caso de las betalaínas, al ser ionizables en medio ácido, sufren cambios de color tanto a un pH por debajo de 3.5 pero no se hidrolizan por lo cual se pueden utilizar para alimentos ácidos. Su máxima estabilidad está entre pH 5 y 6.

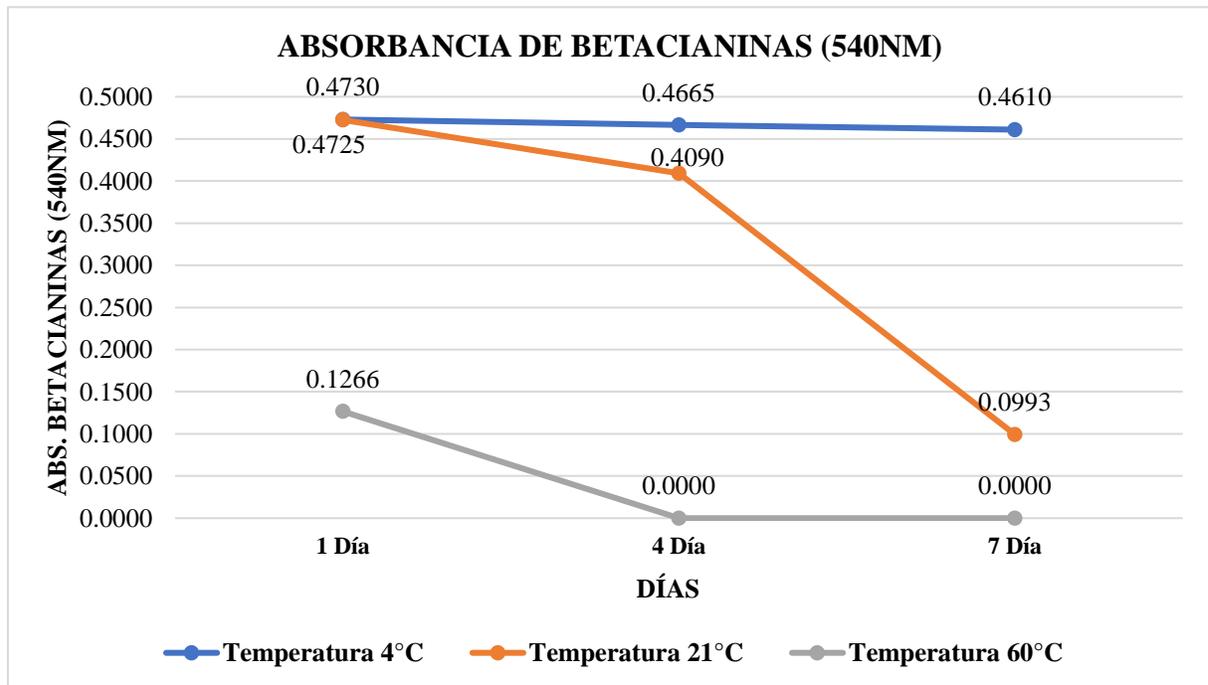
5.2. Resultados de Concentración de la Absorbancia de las Betacianinas.

Se muestran los resultados obtenidos en la determinación de la concentración de absorbancia para las betacianinas en un extracto de betarraga diluido con metanol a través del espectrofotómetro a una longitud de onda de 540nm, como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Concentraciones de absorbancia en las betacianinas (540nm) almacenadas a tres temperaturas durante siete días.

Concentración de Abs.Betacianinas (540nm)			
Días/ °T	4	21	60
1	0.4730	0.4725	0.1266
4	0.4665	0.4090	0.0000
7	0.4610	0.0993	0.0000

Figura 19. Concentración de absorbancia en betacianinas (540nm).



En la Tabla 8. Se observa la absorbancia de betacianinas a través de la longitud de onda de 540nm por medio del espectrofotómetro, en relación a la temperatura por un almacenamiento por siete días, al primer día de evaluación se obtuvo 0.4730 mg/g a una temperatura de 4°C, 0.4725 mg/g a una temperatura de 21°C y 0.1266 mg/g a una temperatura de 60°C. En el cuarto día de lectura de la absorbancia de las betacianinas obtuvimos 0.4665 mg/g a una temperatura de 4°C, 0.4090 a una temperatura de 21°C y de 0,000 a una temperatura dada de 60°C. En el séptimo día la lectura de absorbancia se obtuvo 0.4610 mg/g a una temperatura de 4°C, 0.0993mg/g a una temperatura de 21°C y 0.000 mg/g a una temperatura de 60°C. En la Figura.19. Muestra un descenso de la absorbancia con relación a las temperaturas de 21°C y 60°C con el transcurso de los días, por lo contrario, a la temperatura de 4°C muestra como hay una estabilidad en su absorbancia, o en si no muestra gran descenso. Según Huaman Congora (2014), indica que su valor promedio de absorbancia en el primer día para las betacianinas es de 0.746 mg/g a una temperatura de 4°C y de 0.746 mg/g a una temperatura de 24°C, comparando con los resultados tienen cierta semejanza y se mantiene que hay mayor estabilidad en a una temperatura de 4°C. Según Cazorla (2018) determinó en el primer día su absorbancia un valor de 0.4060 mg/g que la muestra no debería de superar los 25°C para poder mantener su estabilidad. Al comparar con los datos obtenidos tienen cierta semejanza con el promedio de absorbancia al primer día 0.4730 mg/g y coincidiendo que la temperatura eficiente es de 4°C.

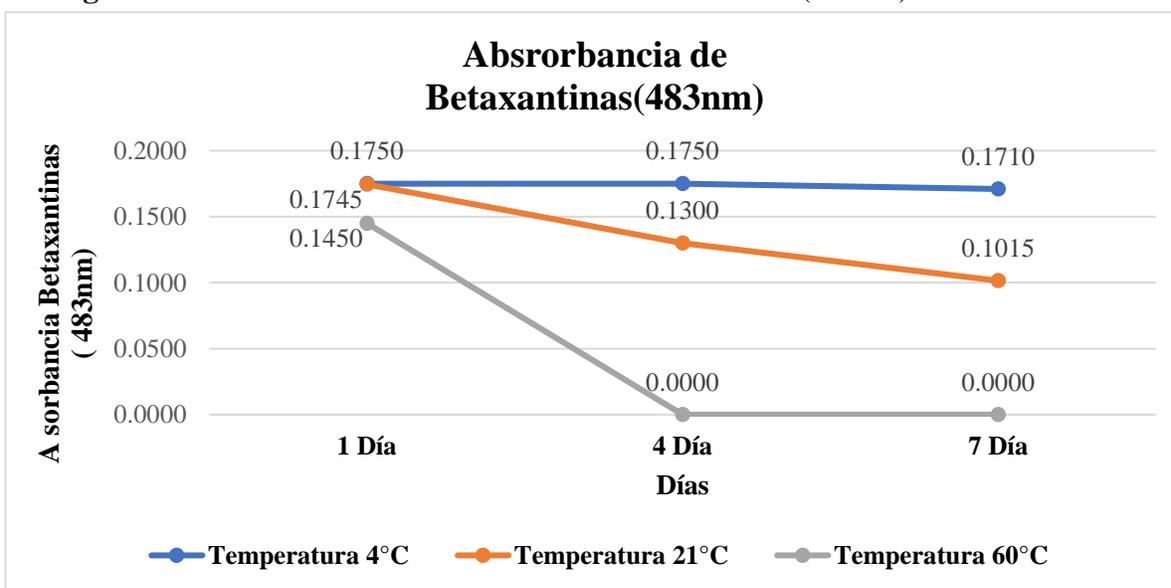
5.3. Resultados de Concentración de la Absorbancia de las Betaxantinas.

Se muestran los resultados obtenidos en la determinación de la concentración de absorbancia para las betaxantinas en un extracto de betarraga diluido con metanol a través del espectrofotómetro a una longitud de onda de 483nm, como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Concentraciones de absorbancia en las betaxantinas (483nm) almacenadas a tres temperaturas durante siete días.

Concentración de Abs.Betaxantinas (483nm)			
Días/ °T	4	21	60
1	0.1750	0.1745	0.1450
4	0.1750	0.1300	0.0000
7	0.1710	0.1015	0.0000

Figura 20. Concentración de absorbancia en betaxantinas (483nm).



En la Tabla 9. Se observa la absorbancia de betaxantinas a través del espectrofotómetro por medio de la longitud de onda de 483nm, en el transcurso de los siete días en relación a dichas temperaturas. Al primer día de evaluación se obtuvo 0.1750 mg/g a una temperatura de 4°C, 0.1745 mg/g a una temperatura de 21°C y 0.1450 mg/g a una temperatura de 60°C. En el cuarto día de lectura de la absorbancia de las betaxantinas obtuvimos 0.1750 mg/g a una temperatura de 4°C, 0.1300 mg/g a una temperatura de 21°C y de 0,000 a una temperatura dada de 60°C. En el séptimo día la lectura de absorbancia se obtuvo 0.1710 mg/g a una temperatura de 4°C, 0.1015 mg/g a una temperatura de 21°C y 0.000 mg/g a una temperatura de 60°C. En la Figura 20. Muestra un

descenso de la absorbancia con relación a las temperaturas de 21°C y 60°C con el transcurso de los días, por lo contrario, a la temperatura de 4°C muestra un comportamiento de cómo hay una estabilidad en su absorbancia, o en si no muestra gran descenso. Según Benites (2015), determinó la mayor concentración y estabilidad en un promedio de absorbancia de 0.3200 mg/g a una temperatura de 20°C, comparado con nuestros valores es de 0.1750 mg/g a una temperatura de 4°C, la cual existe gran diferencia, esto se debe a que no fue la misma materia prima, ya que esta utilizo (Brácteas de Vuganvilla) y nosotros la (beterraga). Huaman Congora (2018), indica que su promedio de absorbancia más eficiente con una temperatura de 4°C es de 0.515 mg/g en tuna, mientras que la nuestra a la misma temperatura fue de 0.1750 mg/g en betarraga.

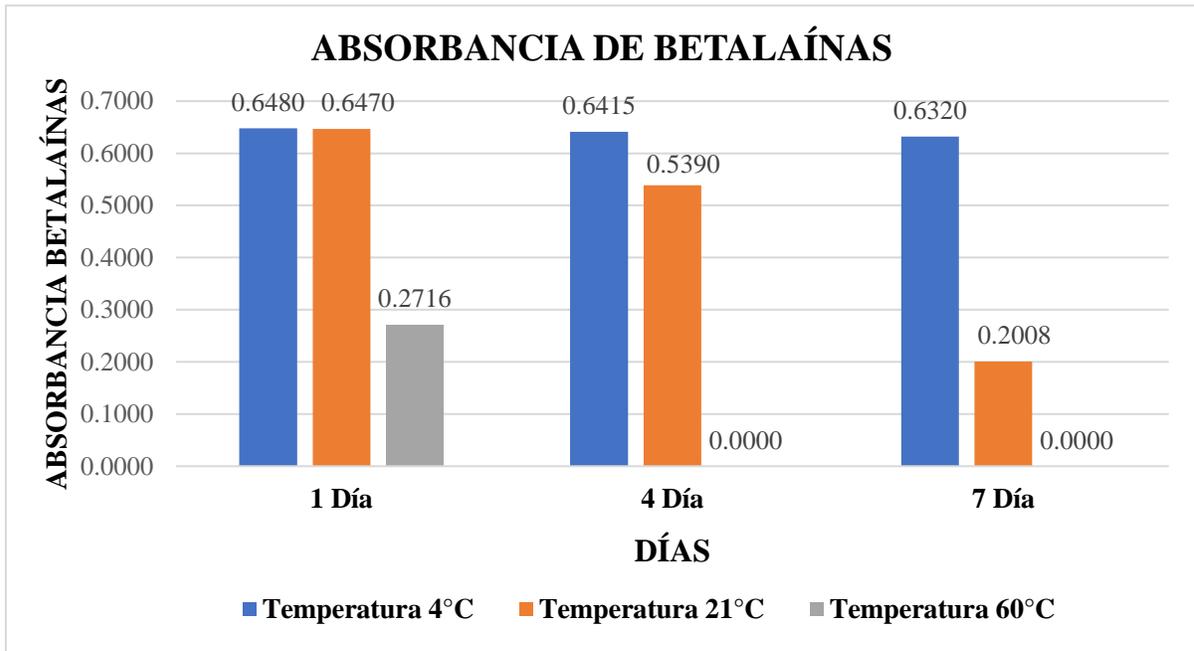
5.4. Resultados de Concentración de Absorbancia en las Betalaínas.

Se muestran los resultados obtenidos en la determinación de la concentración de absorbancia para las betalaínas, del extracto de betarraga diluido con metanol a través del espectrofotómetro, tal como se muestra en la tabla 10.

Tabla 10. Concentraciones de absorbancia en las betalaínas almacenadas a tres temperaturas durante siete días.

Concentración de Absorbancia de Betalaínas			
Días/ °T	4	21	60
1	0.6480	0.6470	0.2716
4	0.6415	0.5390	0.0000
7	0.6320	0.2008	0.0000

Figura 21. Concentración de absorbancia de las Betalaínas.



En la tabla 10. Se observa la concentración de absorbancia de las betalaínas por medio del espectrofotómetro a través de su longitud de onda, en el transcurso de los siete días en relación a dichas temperaturas. Al primer día de evaluación se obtuvo 0.6480 mg/g a una temperatura de 4°C, 0.6470 mg/g a una temperatura de 21°C y 0.2716 mg/g a una temperatura de 60°C. En el cuarto día de lectura de la absorbancia de las betalaínas se obtuvo 0.6415 mg/g a una temperatura de 4°C, 0.5390 a una temperatura de 21°C y de 0,000 a una temperatura dada de 60°C. En el séptimo día la lectura de absorbancia se obtuvo 0.6320 mg/g a una temperatura de 4°C, 0.2008 mg/g a una temperatura de 21°C y 0.000 mg/g a una temperatura de 60°C. En la Figura 21. Muestra un descenso de su concentración de absorbancia con relación a las temperaturas de 21°C y 60°C con el transcurso de los días, por lo contrario, a la temperatura de 4°C muestra un comportamiento de cómo hay una estabilidad en su absorbancia, dando como resultado que a dicha temperatura de a 4°C hay una mayor rendimiento y estabilidad. Según Gonzales (2010), en su estudio realizado, indica que la temperatura más óptima y que da mayor estabilidad a las betalaínas es de 4°C,

mientras que Benites (2018), indica que mayor concentración de betalaínas es a menor temperatura trabajada (20°C) y según Huaman Congora (2018), indica que las betalaínas se mantienen mejor a una temperatura de 4°C, ya que, a mayor temperatura, estas se degradan. Comparando con nuestros datos obtenidos, concuerda con lo dicho por Gonzales (2018) y Huaman Congora (2018), ya que la temperatura que da mayor estabilidad a las betalaínas es la de 4°C.

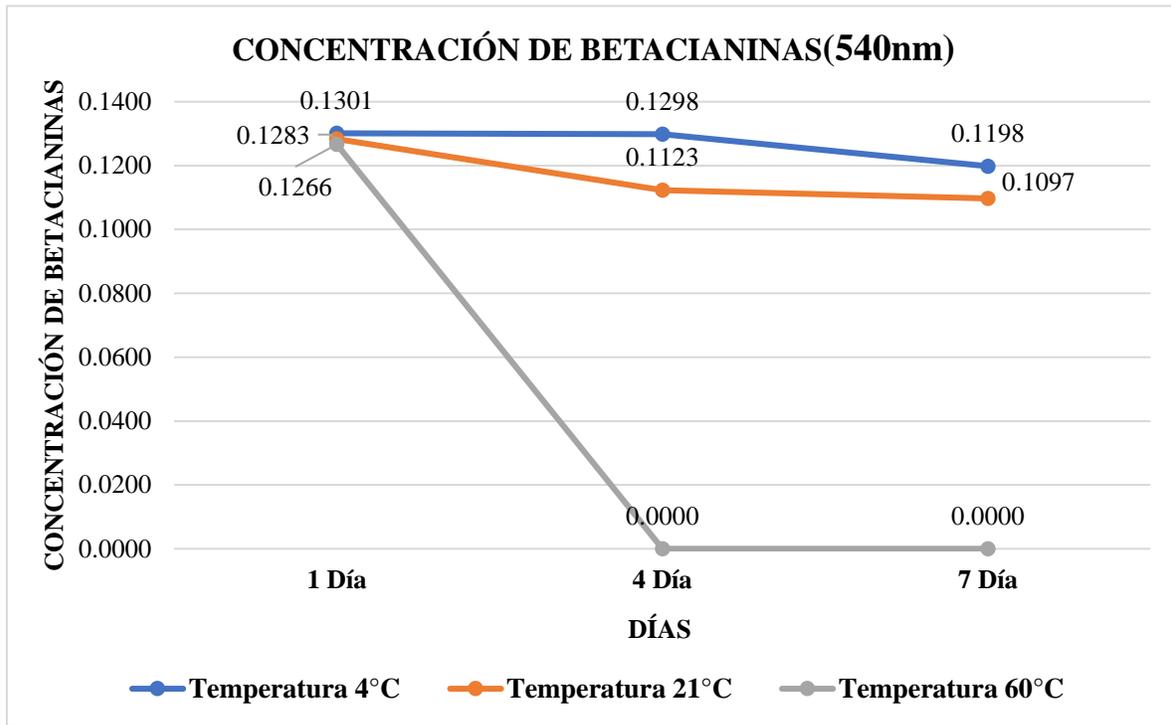
5.5. Resultados de la Concentración de las Betacianinas.

Se muestran los resultados obtenidos mediante el cálculo de Castellanos para la concentración de betacianinas en un extracto de betarraga diluido con metanol a través del espectrofotómetro a una longitud de onda de 540nm, como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Concentraciones en las betacianinas (540nm) almacenadas a tres temperaturas durante siete días.

Concentración De Betacianinas (540nm)			
Días/ °T	4	21	60
1	0.1301	0.1283	0.1266
4	0.1298	0.1123	0.0000
7	0.1198	0.1097	0.0000

Figura 22. Concentración de las betacianinas. (540nm).



En la tabla 11. Se observa la absorbancia de betacianinas a través de la longitud de onda de 540nm por medio del espectrofotómetro, en relación a la temperatura por un almacenamiento por siete días, al primer día de evaluación se obtuvo 0.1310 mg/g a una temperatura de 4°C, 0.1283 mg/g a una temperatura de 21°C y 0.1266 mg/g a una temperatura de 60°C. En el cuarto día de lectura de la absorbancia de las betacianinas obtuvimos 0.1298 mg/g a una temperatura de 4°C, 0.1123 a una temperatura de 21°C y de 0,000 a una temperatura dada de 60°C. En el séptimo día la lectura de absorbancia se obtuvo 0.1198 mg/g a una temperatura de 4°C, 0.1097 mg/g a una temperatura de 21°C y 0.000 mg/g a una temperatura de 60°C. En la Figura 22. Muestra un descenso en la lectura de la absorbancia con relación a las temperaturas de 21°C y 60°C con el transcurso de los días, por lo contrario, a la temperatura de 4°C muestra como hay una estabilidad en su absorbancia, o en si no muestra gran descenso. Según Benites (2018), indica su mayor concentración de betacianinas de 1.27 mg/g a una temperatura mínima estudiada de 20°C en

materia prima como Brácteas de Vungavilla, mientras que nuestro estudio realizado a una temperatura de 4°C en Betarraga es de 0.1310 mg/g, esto se debe a que la materia prima no es la misma, pero da a conocer que mientras menor es el tiempo de almacenamiento, mayor es la concentración.

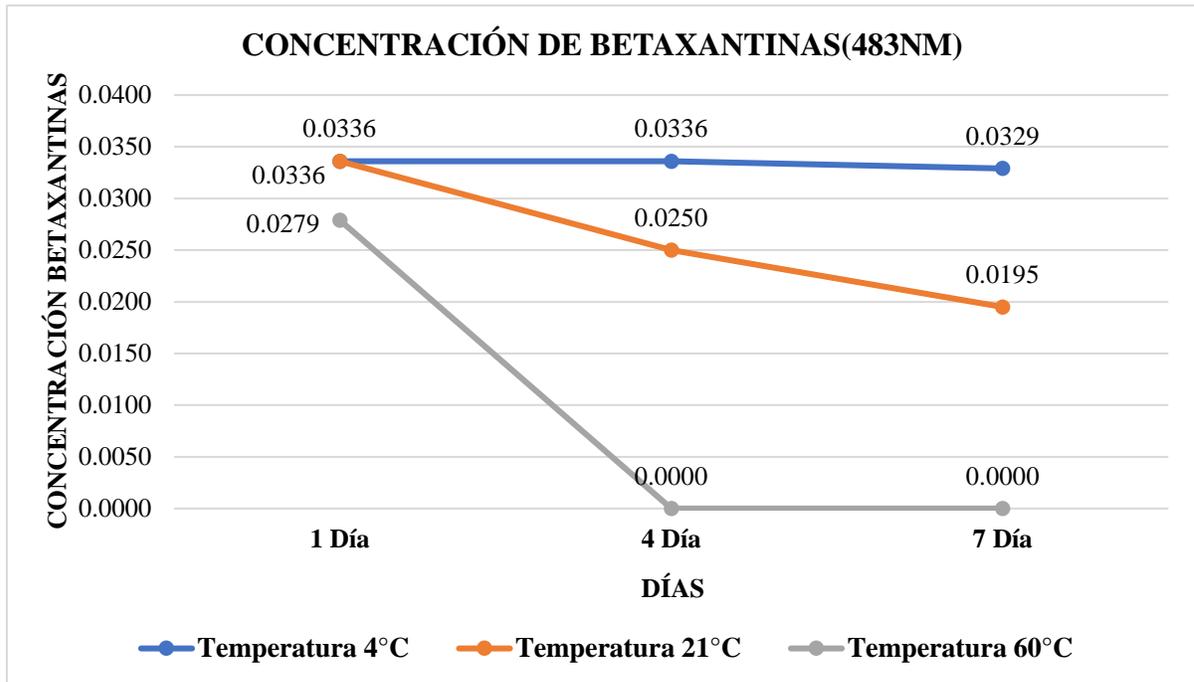
5.6. Resultados de la Concentración de las Betaxantinas.

Se muestran los resultados obtenidos mediante el cálculo de Castellanos para la concentración de betaxantinas en un extracto de betarraga diluido con metanol a través del espectrofotómetro a una longitud de onda de 483nm, como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. Concentraciones en las betaxantinas (483 nm) almacenadas a tres temperaturas durante siete días.

Concentración De Betaxantinas (483nm)			
Días/ °T	4	21	60
1	0.0336	0.0336	0.0279
4	0.0336	0.0250	0.0000
7	0.0329	0.0195	0.0000

Figura 23. Concentración de las betaxantinas. (483nm).



En la tabla 12. Se observa la absorbancia de betaxantinas a través del espectrofotómetro por medio de la longitud de onda de 483nm, en el transcurso de los siete días en relación a dichas temperaturas. Al primer día de evaluación se obtuvo 0.0336 mg/g a una temperatura de 4°C, 0.0336 mg/g a una temperatura de 21°C y 0.0279 mg/g a una temperatura de 60°C. En el cuarto día de lectura de la absorbancia de las betaxantinas obtuvimos 0.0336 mg/g a una temperatura de 4°C, 0.0250 mg/g a una temperatura de 21°C y de 0,000 a una temperatura dada de 60°C. En el séptimo día la lectura de absorbancia se obtuvo 0.0329 mg/g a una temperatura de 4°C, 0.0195 mg/g a una temperatura de 21°C y 0.000 mg/g a una temperatura de 60°C. En la Figura 23. Muestra un descenso de la absorbancia con relación a las temperaturas de 21°C y 60°C con el transcurso de los días, por lo contrario, a la temperatura de 4°C muestra un comportamiento de cómo hay una estabilidad en su absorbancia, o en si no muestra gran descenso. Según Benites (2018), indica su concentración de betaxantinas a una temperatura de 20°C de 0.41 mg/g, siendo el mejor

rendimiento, a comparación con nuestra muestra, la de mejor rendimiento y optima es la del primer día con un valor de 0.0336 mg/g y a una temperatura de 4°C, se puede atribuir que estos valores obtenidos se deben a que la materia prima no fue la misma (Brácteas de Vuganvilla) y nosotros utilizamos (betarraga). Según Huaman Congora (2018), nos indica en el primer día, su mayor valor de concentración de betaxantinas es de 0.0331mg/g a una temperatura de 4°C, esta es semejante a nuestro primer día que fue de 0.0336 mg/g a una temperatura de 4°C la cual indica estabilidad.

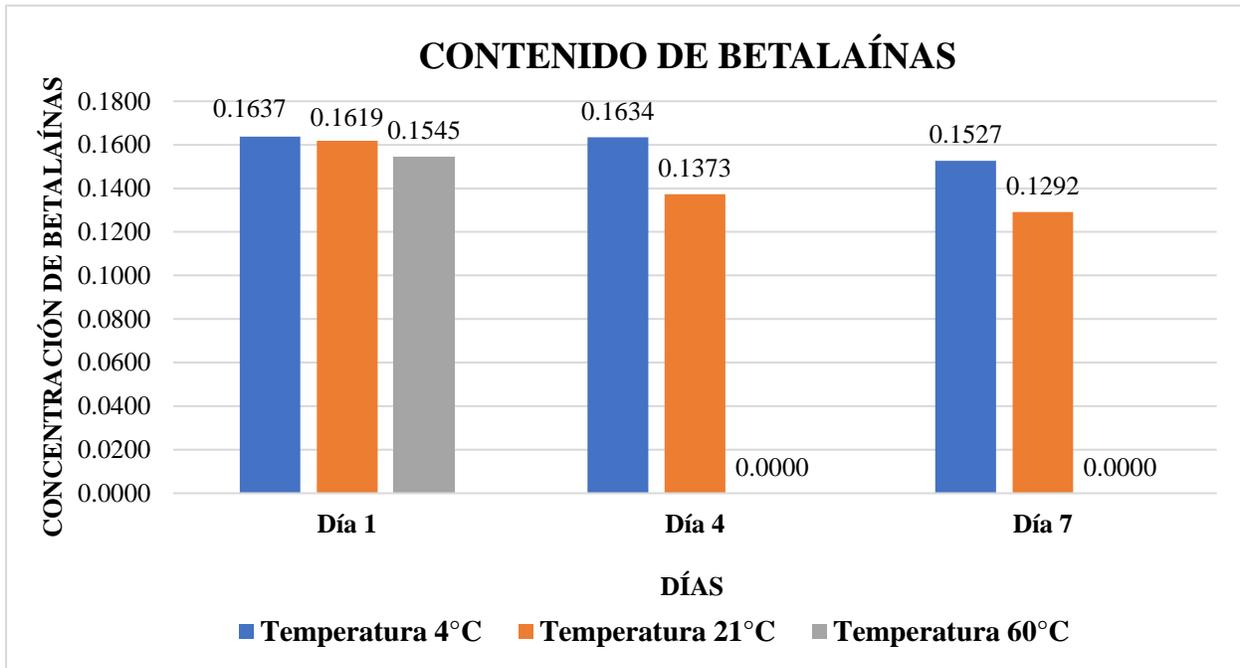
5.7. Resultados de la Concentración de las Betalaínas en la Betarraga.

Para determinar el contenido de Betalaínas en la betarraga, se realizaron las lecturas espectrofométricas por triplicado, la cual se procedió según la metodología planteada en materiales y métodos, tal como se muestran en la tabla 13.

Tabla 13. Se muestra los cálculos de contenido de concentración de betalaínas en la pulpa de betarraga.

Concentración de Betalaínas			
Días/ °T	4	21	60
1	0.1637	0.1619	0.1545
4	0.1634	0.1373	0.0000
7	0.1527	0.1292	0.0000

Figura 24. Concentración de las betalaínas.



En la tabla 13. Se observa las concentraciones de Betalaínas medidas en el espectrofotómetro en relación con las temperaturas; al primer día de evaluación se obtuvo a una concentración de 0,1637 mg/g, a una temperatura de 4°C mientras que a una temperatura de 21°C una concentración de 0,1619 mg/g, finalmente a una temperatura de 60°C una concentración de 0,1545 mg/g, al cuarto día de evaluación se observó que a una temperatura de 4°C la concentración de betalaínas fue de 0,1634 mg/g , y a temperatura de 21°C una concentración de 0.1373 mg/g, finalizando con una concentración de 0.000 mg/g. a la temperatura de 60°C., finalmente al día 7 se observó una concentración de 0,1527 mg/g a una temperatura de 4°C, a temperatura 21°C una concentración de 0.1292 mg/g, y a la temperatura de 60°C una concentración de 0,000 mg/g. Se concluye a medida que aumenta la temperatura la concentración de Betalaínas tiende a disminuir. Nayhua (2017) determinó los parámetros de concentración del solvente realizando varias muestras a diferentes concentraciones de etanol en un rango de 30 - 90%, en un tiempo de 30-120 min. Se

cuantifico la concentración de betalaínas por el método de espectrofotómetro con un valor de 0.1730 mg/g de betalaínas, contrastando con los resultados obtenidos a una temperatura de 4°C de 0.1637 mg/g la concentración de las Betalaínas, el efecto de la temperatura en a primera instancia, se encontró que la temperatura fue el factor más determinante, siendo la temperatura de 4°C la que permitió mantener la estabilidad de los pigmentos. Incluso registraron que a las temperaturas de 25 y 60°C desde el primer día se empezaron a degradar rápidamente la concentración de Betalaínas, tal es el caso la de temperatura de 60°C alcanzando un valor de 0.000 mg/g. Además, las muestras de 21°C y 60°C al final del tratamiento perdieron la coloración roja degradándose a un color amarillo después de los 3 días de almacenamiento, en cuanto se encontró mayor estabilidad de la concentración de betalaínas tanto a temperatura de 4°C y sin presencia de luz. Según Sánchez (2010), indica que el efecto de la temperatura en la degradación de los pigmentos también es por ruptura de resonancia de la estructura de las Betalaínas. esto concuerda con los estudios realizados sobre la estabilidad de Betalaínas, donde mencionan que tiene su máxima estabilidad a bajas temperaturas como son las temperaturas como son las temperaturas de refrigeración y/o congelación(4°C) y en menor tiempo de almacenamiento, comparando con los resultados en relación a la temperatura estudiada, nos da la misma temperatura apta u óptima para la estabilización de las betalaínas. Según Huaman Congora (2018), indican que las Betalaínas se mantienen mejor a 4°C comparado con los de 24 °C, siendo más estable a pH de 4,5; teniendo el mismo comportamiento la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales.

Tabla 14. Cuadro general de la Concentración de las Betalaínas.

Días	°T	Betacianinas	Betaxantinas	Conc. Betalaínas (mg/g)
1	4	0.1301	0.0336	0.1637
1	21	0.1283	0.0336	0.1619
1	60	0.1266	0.0279	0.1545
4	4	0.1298	0.0336	0.1634
4	21	0.1123	0.0250	0.1373
4	60	0.0000	0.0000	0.0000
7	4	0.1198	0.0329	0.1527
7	21	0.1097	0.0195	0.1292
7	60	0.0000	0.0000	0.0000

En la tabla 14. Se observa las muestras realizadas a nivel de absorbancia de las Betalaínas (Betacianinas + Betaxantinas) a tres distintas temperaturas, determinando que los valores del nivel de absorbancia van de manera descendente estimadas a dichas temperaturas en el transcurso de los siete días.

5.8. Análisis de varianza para el factorial 3A x 3B en un diseño completamente al azar de la variable Concentración de betalaínas.

En la tabla 15. Se muestran los resultados obtenidos en la determinación de la concentración de betalaínas en un extracto de betarraga, los valores obtenidos fueron analizados mediante un ANOVA con las variables independientes como son temperatura (°C) y tiempo expresado en (días). Con la finalidad de encontrar la significatividad en los factores estudiados.

Tabla 15. Análisis de varianza para el factorial 3A x 3B en un diseño completamente al azar de la variable Concentración de Betalaínas.

Análisis de varianza para el factorial 3A x 3B en un diseño completamente al azar de la variable Concentración de Betalaínas.					
<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tiempo (Días)	0.020496	2	0.010248	1245.90	0.0000
B: Temperatura (°C)	0.0432679	2	0.021634	2630.15	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.0197817	4	0.00494543	601.24	0.0000
RESIDUOS	0.00010693	13	0.00000822538		
TOTAL (CORREGIDO)	0.0807556	21			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual.

Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 3 valores-P son menores que 0.05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre Conc. de Betalaínas (mg/g) con un 95.0% de nivel de confianza.

En la tabla 15, podemos apreciar que el valor p en todos los casos es menores que 0.05 ($p < 0.05$) de lo cual podemos deducir que el tiempo (A) y la temperatura (B) son significativos, se afirma que ambas variables están asociadas o correlacionadas.

5.9. Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados, con respecto al tiempo (A).

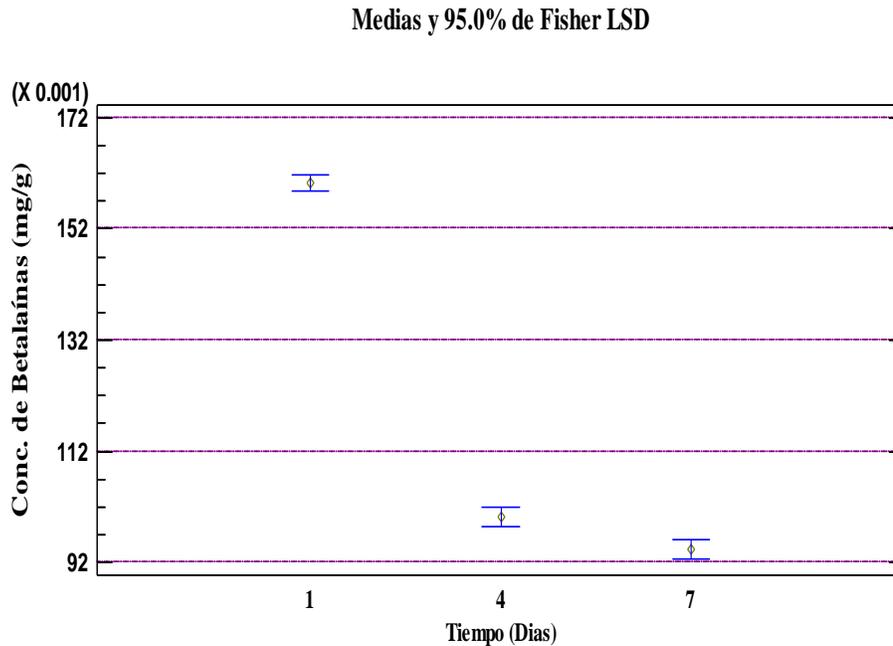
Tabla 16. Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados con intervalos de confianza del 95.0% con respecto al tiempo (A).

Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para Conc. de Betalaínas (mg/g) con intervalos de confianza del 95.0%

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est.</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
MEDIA GLOBAL	22	0.118289			
Tiempo (Días)					
t1	10	0.160267	0.000955998	0.158201	0.162332
t2	6	0.100267	0.00117085	0.0977372	0.102796
t3	6	0.0943333	0.00117085	0.0918039	0.0968628

Esta tabla 16. Muestra la media de Conc. de Betalaínas (mg/g) para el factor tiempo, muestra su media en el t1 (día 1) de 0.1603 siendo superior a los tiempos t2 y t3 (día 4 y día 7) de 0.1003 y 0.0943. Esto significa que en el t1 (día 1) se tiene una media aceptable ya que en el día 1 presenta mayor concentración de betalaínas. De acuerdo a Gonzales (2010), en su estudio realizado, hace mención que a medida que se incrementa el tiempo de almacenamiento del extracto de betarraga, disminuye la concentración de betalaínas, comparando con nuestros datos obtenidos se concluye que en el primer día existe mayor concentración de Betalaínas con un valor promedio de 0.1637mg/g. Según Nayhua (2017), en su estudio realizado según el efecto del tiempo en la concentración del colorante, determino que, en el primer día, al evaluar en un periodo de tiempo de 10,20 y 45 minutos, dando como tiempo más óptimo el de 10 minutos, puesto que desde este tiempo y en una relación con la menor temperatura(4°C) existe mayor concentración, en comparación con nuestros resultados obtenidos, presenta cierta semejanza ya que en el primer día presenta mayor concentración con un valor de 0.1637mg/g. a continuación se presenta la gráfica de medias, tal como se muestra en a fig.25.

Figura 25. Grafica de medias.



5.10. Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para la Concentración de Betalaínas, con respecto a la Temperatura.

Tabla 17. Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para Conc. de Betalaínas (mg/g) con intervalos de confianza del 95.0% con respecto a la temperatura.

Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para Conc. de Betalaínas (mg/g) con intervalos de confianza del 95.0%

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est.</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
MEDIA GLOBAL	22	0.118289			
Temperatura (°C)					
T1	8	0.160283	0.00106884	0.157974	0.162592
T2	8	0.142817	0.00106884	0.140508	0.145126
T3	6	0.0517667	0.00117085	0.0492372	0.0542961

Esta tabla 17. Muestra la media de Conc. de Betalaínas (mg/g) para el factor temperatura, muestra su media en el T1 (Temperatura 1) es de 0.1603, siendo superior a sus medias de las

temperaturas T2 y T3 (Temperatura 2 y Temperatura 3) de 0.1428 y 0.052 respectivamente. Esto significa que la T1 (Temperatura 1) se tiene una media aceptable ya que en dicha Temperatura 1 presenta una mayor concentración de betalaínas. De acuerdo a Gonzales (2010), en su investigación de la estabilidad de betalaínas en la betarraga en un periodo de 30 días, determinó que hay mayor estabilidad de betalaínas a una temperatura de 4°C y en ausencia de luz. De acuerdo a Benites (2015), en su investigación realizada sobre brácteas de buganvilla nos da a conocer que, frente a una temperatura de almacenamiento a 4°C en un tiempo de 30 días, es más estable o presenta mayor concentración de Betalaínas. De acuerdo a Huaman Congora (2014), en su estudio realizado en base tuna morada, concuerda que a una temperatura de 4°C el contenido de Betalaínas (betacianinas y betaxantinas), donde menciona que existe mayor estabilidad a bajas temperaturas, como son las temperaturas de refrigeración y/o congelación. Comparando con nuestros resultados obtenidos en relación a la temperatura, se concluye que a una temperatura 1 (4°C) existe mayor estabilidad y concentración de betalaínas.

5.11. Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para la Concentración de Betalaínas, con respecto al tiempo por la temperatura.

Tabla 18. Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para Conc. de Betalaínas (mg/g) con intervalos de confianza del 95.0% con respecto al tiempo por la temperatura.

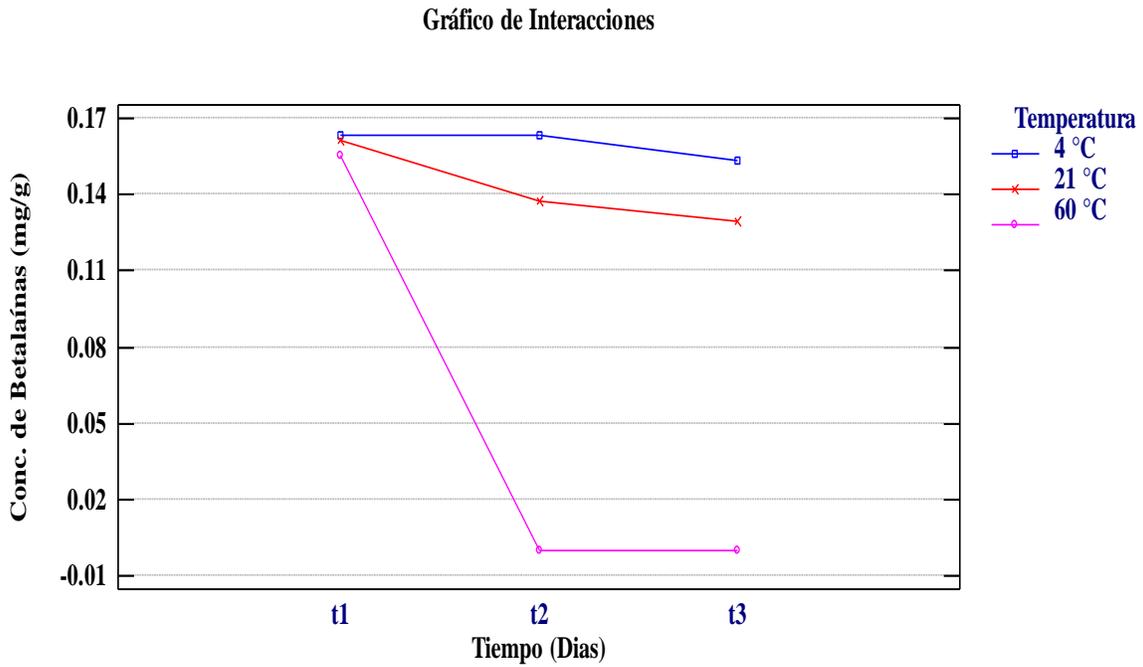
Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para Conc. de Betalaínas (mg/g) con intervalos de confianza del 95.0%

<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est.</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
MEDIA GLOBAL	22	0.118289			
Tiempo (Días) por Temperatura (°C)					
t1, T1	4	0.1637	0.001434	0.160602	0.166798
t1, T2	4	0.1618	0.001434	0.158702	0.164898
t1, T3	2	0.1553	0.00202798	0.150919	0.159681
t2, T1	2	0.16345	0.00202798	0.159069	0.167831
t2, T2	2	0.13735	0.00202798	0.132969	0.141731
t2, T3	2	0	0.00202798	-0.00438119	0.00438119
t3, T1	2	0.1537	0.00202798	0.149319	0.158081
t3, T2	2	0.1293	0.00202798	0.124919	0.133681
t3, T3	2	0	0.00202798	-0.00438119	0.00438119

Esta tabla 18. Muestra la media de Conc. de Betalaínas (mg/g) para el factor tiempo por temperatura, muestra su media en el t1 por T1 (tiempo1 x Temperatura 1) es de 0.1637, siendo así superior al resto de combinación de factores. Esto significa que la T1 (Temperatura 1) por el t1(día 1) se tiene una media aceptable ya que en la Temperatura 1 por el tiempo1 presenta mayor concentración de betalaínas. Nayhua (2017), en un estudio realizado sobre, la obtención de colorante natural a partir de la cáscara de tuna púrpura (Opuntia Ficus-Indica), obtuvo una concentración de 0.173mg/g de betalaínas en un periodo de tiempo de 30-120 minutos. Según Sánchez (2010), en un estudio realizado sobre, el efecto de la temperatura con relación al tiempo en la estabilidad de las betalaínas en la beterraga, determina que a la temperatura de refrigeración (4°C) en los primeros días de evaluación, presenta mayor concentración. En comparación con los

resultados obtenidos, se asemeja ya que muestra que a una temperatura de 4°C y en un tiempo menor (1día) presenta una mayor concentración de betalaínas con un valor de 0.1637 mg/g. A continuación, se presenta la gráfica de interacciones, tal como se muestra en la fig. 26.

Figura 26. Grafica de interacciones con respecto al tiempo y temperatura para la concentración de betalaínas.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

- ❖ Se determinó el efecto de la temperatura para la estabilidad de las Betalaínas, que la concentración es mayor cuando la temperatura es de refrigeración de 4°C y sin presencia de luz y menor cuando la temperatura de almacenamiento es 21°C, 60°C. La influencia o factor de concentración de Betalaínas, depende del nivel en que se encuentre la temperatura de almacenamiento y viceversa.
- ❖ Se determinó la concentración de las betalaínas o betaxantinas en el extracto de betarraga (*Beta Vulgaris*) expuestas a tres temperaturas, presentando mayor concentración de 0.1637 mg/g a una temperatura de 4°C en el primer día y manteniendo una estabilidad en el transcurso de los 7 días, en relación a las temperaturas de 21°C y 60°C de (0.1292mg/g y 0.000mg/g) durante los 7 días de evaluación.
- ❖ Si existe relación entre la temperatura y el tiempo de exposición de las betalaínas, ya que hay mayor estabilidad en el extracto de betarraga cuando se encuentra a una temperatura de refrigeración (4°C) y cuando menor sea el tiempo de almacenamiento, ya que, si esta aumenta, disminuye la concentración de betalaínas.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

- ❖ Realizar estudios de la aplicación de las betalaínas de la betarraga en productos en la industria de alimentos.
- ❖ Realizar pruebas de estabilidad con mayor concentración de extracto de betarraga y con menor disolución de metanol durante unos 30 días de almacenamiento y hacer una evaluación en su cambio de color.
- ❖ Realizar pruebas de estabilidad con reactivos como agua destilada.

BIBLIOGRAFÍA

- Anónimo. (07 de Mayo de 2013). "*Temperatura*". Recuperado el 23 de Junio de 2019, de Significados.com: <https://www.significados.com/temperatura/>
- Arevalo, J. (30 de Septiembre de 2013). "*Betalainas y su aplicacion en la industria alimentaria*". Recuperado el 22 de Junio de 2019, de Unversidad Nacional San Martin.Facultad de Ingeniería Agroindustrial: <https://es.scribd.com/doc/171969509/BETALAINAS>
- Baca, E. (s.f de s.f de 2015). *Influencia de los Ácidos Húmicos y Fúlvicos en el Crecimiento y Desarrollo en Betarraga(Beta Vulgaris L.) en Condiciones de Invernadero*. Recuperado el 24 de Junio de 2019, de Universidad Privada Antenor Orrego. Faculctad de Ciencias Agrarias.
- Badui, S. (s.f de s.f de 2006). "Química de los Alimentos". (Pearson, Ed.) "*Química de los Alimentos*".
- Benites, H. (s.f de s.f de 2015). *Comparación de los Solventes Agua y Etanol en la extacción de Betalaínas a Partir de las Brácteas de Buganvilla(Bougainvillea Glabra Ch.)*. Recuperado el 24 de Junio de 2019, de Universidad Nacional de Centro del Perú.Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1225>
- Codex Alimentarius Commision. (2004).
- CONICET. (2008). "Concentración Critica del Pigmento". *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas) y a la UTN-FRLP.Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata*. Recuperado el 14 de Junio de 2019
- Corani, B. E. (2011). Las propiedades de la betarraga. *Salud en RPP*, 1.
- EFSA. (s.f de s.f de 2010). *Verduras y hortalizas*. Recuperado el 19 de Junio de 2019, de Remolacha: <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/remolacha.pdf>

- Fennema, O. (s.f de s.f de 2000). *Química de los alimentos, II*. Recuperado el 24 de Junio de 2019
- Francis, F. (1989). Food Colorants.Betalain. *Crit. Rev. Food Sci*, 28,, 273-314.
- García F., R. C. (1998). Estabilidad de la betalainas extraídas de garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*). *Food Science and Technology International. EEUU*, Vol. 4(2), 115-120.
Recuperado el lunes de junio de 2019
- González, J. (05 de Octubre de 2010). *Efecto de la temperatura y luminosidad sobre la estabilidad de las betalainas obtenidas de "betarraga"*. Recuperado el 23 de Junio de 2019, de estabilidad de las betalainas.pdf
- Hewitt, Paul. (2007). Hewitt, Paul. Física una concentración de conceptual. 10 editado por enrique quintana duarte. *Hewitt, Paul. Física una concentración de conceptual. 10 editado por enrique quintana duarte. Traducido por vivtoria augusta flores flores*.
- Huaman Congora, L. A. (2014). *Evaluación del tipo de solvente en el rendimiento durante la extracción de colorante natural de la cascara de tuna morada(Opuntia ficus)*. Huancayo, Perú: Universidad Nacional Del Centro del Perú. Recuperado el 09 de 11 de 2022
- Julián Pérez Porto, A. G. (2014). Definición de remolacha. *Definicion.de*, 1.
- Leyva, L. (7 de Diciembre de 2018). "Remolacha". Recuperado el 29 de Junio de 2019, de Tuberculos.org: <https://www.tuberculos.org/remolacha/>
- Lugo, C. (s.f de s.f de 1998). "Aprovechamiento Integral de Pitaya (*Stenocereus queretaroensis*) para la Producción de Colorantes Naturales Rojos". Recuperado el 12 de Junio de 2019, de Universidad Autónoma de México.
- Moreno , C., & Padrón, M. (1999). "Extracción de colorantes en cáscara de naranja por métodos no convencionales y su utilización para fortificar color en naranjadas". Recuperado el 12 de Junio de 2019

- Moreno, M., & Vilorio, A. (2015). "Degradación de betalainas en remolacha (*Beta vulgaris* L.) estudio cinético". *Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, II, 2-3. Recuperado el 23 de Junio de 2019, de <https://www.redalyc.org/html/614/61412211/>
- Nayhua, C. m. (29 de Julio de 2017). "*Obtención de colorante natural a partir de la cáscara de tuna púrpura (Opuntia Ficus-Indica) por el método de extracción sólido-líquido para su aplicación en la industria de alimentos, fruto proveniente del Distrito De San Cristóbal-Moquegua*". Recuperado el 26 de Junio de 2019, de Universidad Nacional del Antiplano.Escuela Profesional de Ingeniería Química: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6391>
- Orozco, E. (s.f de s.f de 2016). "*Elaboración de Mortadela Utilizando Colorantes Naturales de Remolacha (Beta Vulgaris) y Sangorache(Amaranthus Quitensis L.) Como Reemplazo Del Colorante Artificial*". Recuperado el 22 de Junio de 2019, de Universidad Nacional de Chimborazo.Escuela de Ingeniería Agroindustrial: <http://www.unachycolorantesnaturales.com>
- Raffino, M. (16 de Enero de 2019). "*Tiempo en Física*". Recuperado el 23 de Junio de 2019, de Concepto.de: <https://concepto.de/tiempo-en-fisica/>
- Rojas, M. (2000). *Extracto colorante de tuna púrpura (Opuntia ficus indica L.):Obtención y comparación con un colorante comercial de betarraga (Beta vulgarisvar hortensisL.)*. Recuperado el 22 de Junio de 2019, de Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronomicas.: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BIBACL.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=026795>

Sanchez, J. L. (2010). Efecto de la temperatura y luminosidad sobre la estabilidad de las betalaínas obtenidas de “betarraga”.Effect of temperature and lighting on stability of betalains from red beet. 1-2.

SECH. (s.f de s.f de 2001). "*Frutas y Hortalizas*". (E. L. Horticultura, Editor) Recuperado el 19 de Junio de 2019, de Interempresas Media, S.L: <https://www.frutas-hortalizas.com/Hortalizas/Origen-produccion-Remolacha.html>

Tablas de Composición de Alimentos. Moreiras y col. (2013). Remolacha Beta vulgaris. *Verduras y hortalizas*, 221-222.

Yanchapanta, D. (20 de Junio de 2011). "*Obtención de un Colorante Natural la Betalaína a partir de la Remolacha(Beta Vulgaris) Para su Aplicación en Alimentos y Bebidas, sin que sus Propiedades Organolépticas (Sabor y Olor) Afecten su Utilidad*". Recuperado el 22 de Junio de 2019, de Universidad Técnica deAmbato.

ANEXOS

ANEXO 1. Proceso de la extracción y evaluación de la Concentración de las Betalaínas.



Imagen 01. Materia Prima.

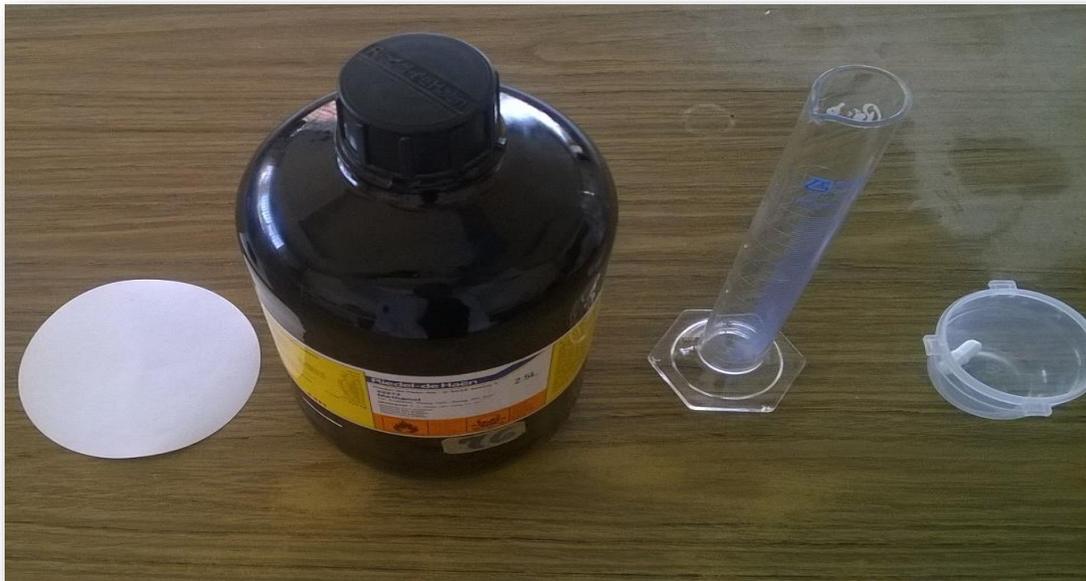


Imagen 02. Materiales y reactivos.



Imagen 03. Dilución de extracto de betarraga con metanol a 98%.



Imagen 04. Filtración de la muestra.



Imagen 05. Almacenamiento a diferentes temperaturas.



Imagen 06. Muestras para tomas de lectura en el espectrofotometro.

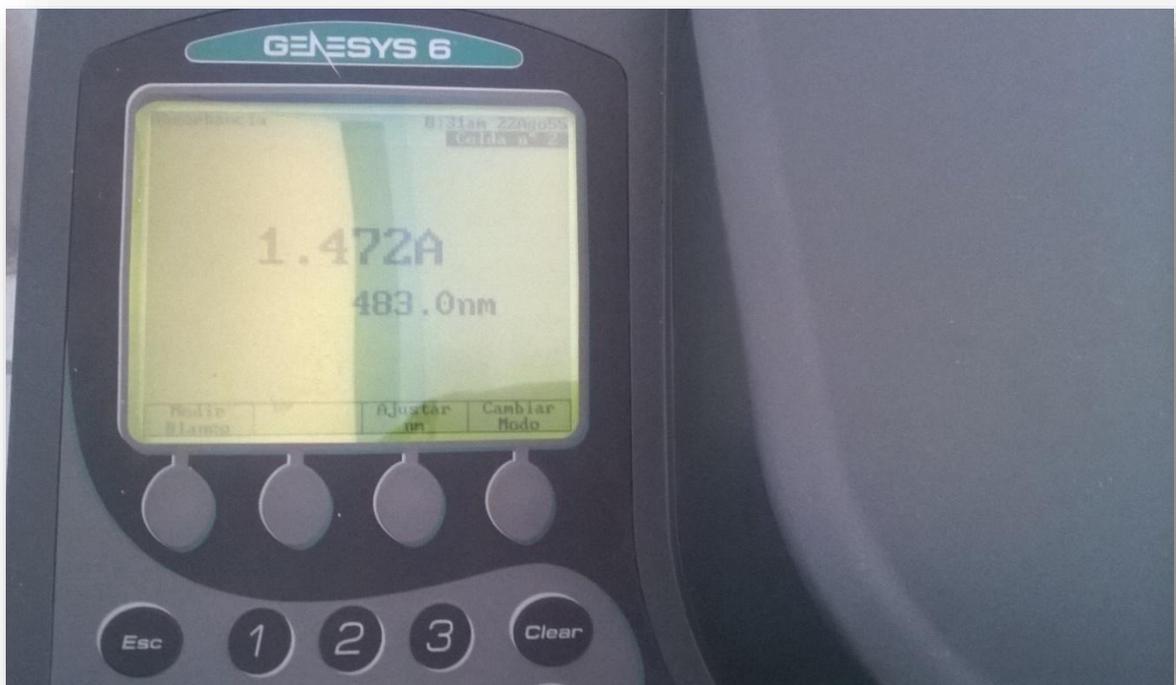


Imagen 07. Lectura de absorbancia en el espectrofotometro a 483nm.

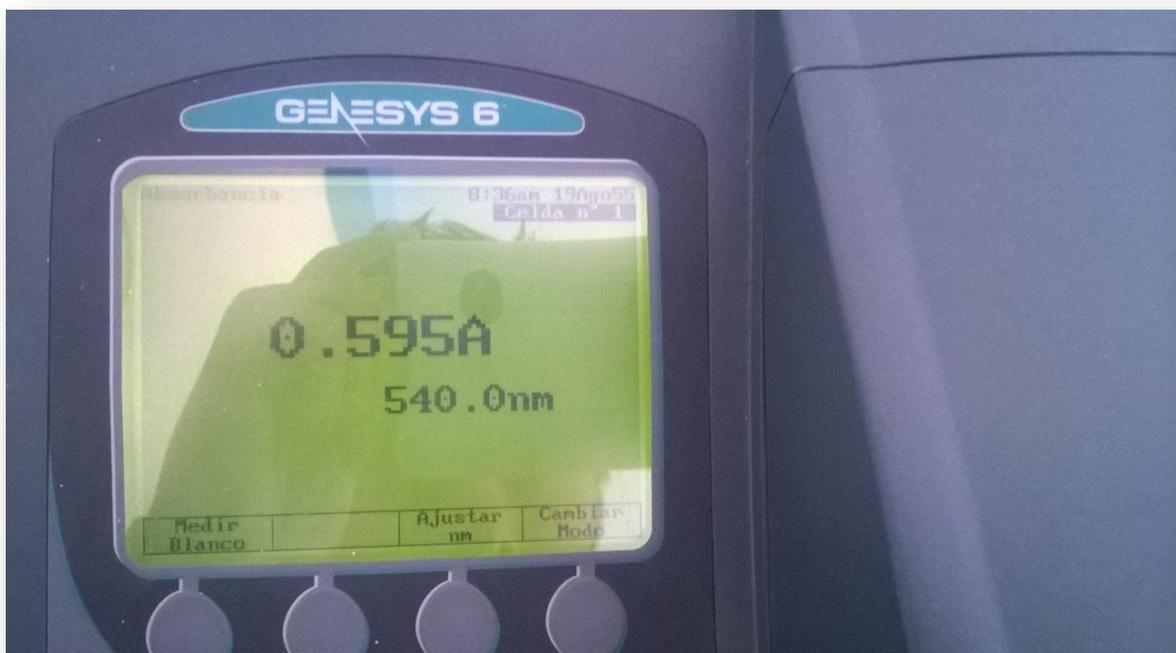


Imagen 08. Lectura e absorbancia en el espectrofotmetro a 540mn.



Imagen 09. Muestras después de los 7 días de almacenamiento.



Imagen 10. Muestra después de 4 días, sometida a una temperatura de 60°C.

ANEXO 2. Analisis estadístico ANOVA multifactorial para determinar la el tratamiento con mayor Concentración de Betalaínas.

Tabla A. Análisis de varianza para el factorial 3A x 3B en un diseño completamente al azar de la variable Concentración de betalaínas.

Análisis de varianza para el factorial 3A x 3B en un diseño completamente al azar de la variable Concentración de betalaínas.					
<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tiempo (Días)	0.020496	2	0.010248	1245.90	0.0000
B: Temperatura (°C)	0.0432679	2	0.021634	2630.15	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.0197817	4	0.00494543	601.24	0.0000
RESIDUOS	0.00010693	13	0.00000822538		
TOTAL (CORREGIDO)	0.0807556	21			

Tabla B. Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para Conc. de Betalaínas (mg/g) con intervalos de confianza del 95.0%

Tabla de Medias por Mínimos Cuadrados para Conc. de Betalaínas (mg/g) con intervalos de confianza del 95.0%					
<i>Nivel</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est.</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
MEDIA GLOBAL	22	0.118289			
Tiempo (Días)					
t1	10	0.160267	0.000955998	0.158201	0.162332
t2	6	0.100267	0.00117085	0.0977372	0.102796
t3	6	0.0943333	0.00117085	0.0918039	0.0968628
Temperatura (°C)					
T1	8	0.160283	0.00106884	0.157974	0.162592
T2	8	0.142817	0.00106884	0.140508	0.145126
T3	6	0.0517667	0.00117085	0.0492372	0.0542961
Tiempo (Días) por Temperatura (°C)					
t1, T1	4	0.1637	0.001434	0.160602	0.166798
t1, T2	4	0.1618	0.001434	0.158702	0.164898
t1, T3	2	0.1553	0.00202798	0.150919	0.159681
t2, T1	2	0.16345	0.00202798	0.159069	0.167831
t2, T2	2	0.13735	0.00202798	0.132969	0.141731
t2, T3	2	0	0.00202798	-0.00438119	0.00438119
t3, T1	2	0.1537	0.00202798	0.149319	0.158081
t3, T2	2	0.1293	0.00202798	0.124919	0.133681
t3, T3	2	0	0.00202798	-0.00438119	0.00438119

ANEXO 3. Concentraciones de las Absorbancias a longitudes de onda de (540nm y 483nm) para determinar dicha Concentración de Betalaínas.

Tabla A. Concentración de Absorbancia de Betacianinas (540nm).

Días/ °T	Temperatura 4°C	Temperatura 21°C	Temperatura 60°C
Día 1	0.4730	0.4725	0.1266
Día 4	0.4665	0.4090	0.0000
Día 7	0.4610	0.0993	0.0000

Tabla B. Concentración de Absorbancia de Betaxantinas (483nm).

Días/ °T	Temperatura 4°C	Temperatura 21°C	Temperatura 60°C
Día 1	0.1750	0.1745	0.1450
Día 4	0.1750	0.1300	0.0000
Día 7	0.1710	0.1015	0.0000

Tabla C. Concentración de Absorbancia de Betalaínas.

Días/ °T	Temperatura 4°C	Temperatura 21°C	Temperatura 60°C
Día 1	0.6480	0.6470	0.2716
Día 4	0.6415	0.5390	0.0000
Día 7	0.6320	0.2008	0.0000

Tabla D. Concentración de Betacianinas (540nm).

Días/ °T	Temperatura 4°C	Temperatura 21°C	Temperatura 60°C
Día 1	0.1301	0.1283	0.1266
Día 4	0.1298	0.1123	0.0000
Día 7	0.1198	0.1097	0.0000

Tabla E. Concentración de Betaxantinas (483nm).

Días/ °T	Temperatura 4°C	Temperatura 21°C	Temperatura 60°C
Día 1	0.0336	0.0336	0.0279
Día 4	0.0336	0.0250	0.0000
Día 7	0.0329	0.0195	0.0000

Tabla F. Concentración de Betalainas.

Días/ °T	Temperatura 4°C	Temperatura 21°C	Temperatura 60°C
Día 1	0.1637	0.1619	0.1545
Día 4	0.1634	0.1373	0.0000
Día 7	0.1527	0.1292	0.0000