



**Facultad de Medicina Humana y Ciencias de la Salud
Escuela Académico Profesional de Farmacia y Bioquímica**

TESIS:

**“ESTABILIDAD DEL EXTRACTO DE BETANINA DE SEMILLAS DE
AYRAMPO *Opuntia Soehrensii Britton & Rose* COMO COLORANTE
APLICADO EN YOGURT”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE QUÍMICO FARMACÉUTICO

BACHILLER:

PAHUACHO SEDANO, Elizabeth Cinthia

ASESOR(A):

Ing. QUINTANA SALAZAR, Norma

LIMA – PERÚ

2015

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres ya que gracias a su amor y esfuerzo he podido llegar a esta etapa de mi vida.

A mí querido esposo quien nunca permitió que desistiera en mis intentos y sobre todo que gracias a él pude culminar mi carrera profesional.

A mí querida hija quien es mi motor y motivo para salir adelante.

A mis hermanos con mucho cariño, con quienes compartimos momentos familiares juntos.

A mi abuelo que desde el cielo me guía y me protege, cuidándome en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme el goce de buena salud y mantenerme siempre con vida.

A la Universidad Alas Peruanas y a sus Docentes por darme los conocimientos necesarios para desempeñarme como una buena profesional de la salud.

A la Ing. Norma Quintana Salazar por su dedicación y paciencia en la asesoría de la tesis.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo mostrar la estabilidad del extracto de betanina que a partir de semillas de Ayrampo *Opuntia Soehrensii Britton & Rose* actúa como colorante natural en la aplicación de yogurt aplanado, con el fin de determinar si este se mantiene estable o no en un periodo de tiempo de 21 días.

Para la evaluación del color del extracto de semillas de ayrampo , se utilizó como instrumento de medición el colorímetro Konica Minolta , con ello se pudo realizar las evaluaciones en 4 niveles de tiempo(0, 7, 14 y 21 días).Así mismo el control de pH y temperatura de almacenamiento óptimo de 4⁰C.

Esta investigación es de tipo descriptiva transversal cuasi-experimental, descriptiva ya que a través de la descripción detalla los procedimientos realizados y la revisión de fuente bibliográfica, transversal porque el periodo de tiempo para la investigación fue muy corto y cuasi-experimental ya que se realizó procedimientos en la realización de muestras para su evaluación.

Los resultados obtenidos en la presente investigación muestran que la estabilidad del colorante natural de ayrampo puede mantenerse con diferencias significativas más estables a una dosis de extracto de 10g/kg de yogurt. Además que dentro de los factores que alteran su estabilidad se encuentran el tiempo y concentración del extracto, estadísticamente los resultados obtenidos por regresión lineal dan que la concentración A, es más óptima en la estabilidad del colorante. Se busca hoy en día encontrar nuevas de alternativas para el empleo de colorantes naturales evitando así efectos adversos para la salud, siendo el Ayrampo propicio para su potencial estudio y utilización en la industria alimentaria y farmacéutica.

ABSTRACT

The present research aimed to demonstrate the stability of betanina extract that from seeds of Ayrampo *Opuntia Soehrensii* Britton & Rose acts as a natural colorant in the application of curd yogurt, in order to determine if this is stable or not in a time period of 21 days.

For evaluating of Ayrampo seed's color extract was used as a measuring tool Konica Minolta colorimeter with that could make assessments in 4 time levels (0, 7, 14 and 21 days). Besides, the control of pH and temperature of storage were optimal of 4°C.

This research is a descriptive, transversal and quasi-experimental type. It is descriptive because through the description details performed procedures and review of literature. It is transversal because the time period for the research was very short and it is quasi-experimental because it made procedures in the realization of samples for evaluation.

The obtained results in this investigation show that the stability of the natural dye Ayrampo can be maintained with more stable extract at a dose of 10g / kg of yogurt significant differences. In addition to factors that alter its stability are time and concentration of the extract, the results statistically by linear regression to give the concentration is optimal for the stability of the dye. Nowadays, it's important to find new alternatives to the use of natural dyes thus avoiding adverse health effects, being the Ayrampo suitable for potential study and use in food and pharmaceutical industries.

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| CARATULA..... | i |
| DEDICATORIA..... | ii |
| AGRADECIMIENTOS..... | iii |
| RESUMEN..... | iv |
| ABSTRACT..... | v |
| INDICE DE FIGURAS, GRAFICOS Y TABLAS..... | ix |
| INTRODUCCIÓN..... | xii |
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 13 |
| 1.1 Descripción de la Realidad Problemática..... | 13 |
| 1.2 Formulación del Problema..... | 14 |
| 1.2.1 Problema General..... | 14 |
| 1.2.2 Problemas Específicos..... | 14 |
| 1.3 Objetivos de la Investigación..... | 14 |
| 1.3.1 Objetivo General..... | 14 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos..... | 14 |
| 1.4 Hipótesis de la Investigación..... | 15 |
| 1.4.1 Hipótesis General..... | 15 |
| 1.4.2 Hipótesis Secundarias..... | 15 |
| 1.5 Justificación e Importancia de la Investigación..... | 15 |
| 1.5.1 Justificación de la investigación..... | 15 |
| 1.5.2 Importancia de la investigación..... | 16 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO..... | 17 |
| 2.1 Antecedentes de la Investigación..... | 17 |
| 2.1.1 Antecedentes Internacionales..... | 17 |
| 2.1.2 Antecedentes nacionales..... | 18 |
| 2.2 Bases Teóricas..... | 20 |
| 2.2.1 Ayrampo..... | 20 |
| 2.2.1.1 Origen y Uso..... | 20 |
| 2.2.1.2 Características Taxonómicas..... | 20 |
| 2.2.1.3 Composición Química..... | 21 |
| 2.2.1.4 Composición Física..... | 21 |
| 2.2.2.5 Investigaciones realizadas en el Ayrampo..... | 24 |

| | |
|---|-----------|
| 2.2.2 Betalaínas..... | 25 |
| 2.2.2.1 Estructura..... | 26 |
| A) Betacianinas..... | 27 |
| B) Betaxantinas..... | 28 |
| 2.2.2.2 Biosíntesis..... | 30 |
| 2.2.2.3 Mecanismo de degradación..... | 31 |
| 2.2.2.4 Propiedades Físicas..... | 33 |
| 2.2.2.5 Propiedades Químicas..... | 33 |
| A) Factores que afectan la estabilidad de las betalaínas..... | 34 |
| a) Temperatura..... | 35 |
| b) Oxígeno..... | 36 |
| c) pH..... | 37 |
| d) Luz..... | 37 |
| e) Actividad de Agua..... | 37 |
| 2.2.2.6 Contenido de betanina en el Ayrampo..... | 38 |
| 2.2.3 Importancia del color en la Industria Alimentaria..... | 38 |
| 2.2.3.1 Alternativas de Industrialización del Ayrampo..... | 39 |
| 2.2.3.2 Colorante Natural y Artificial..... | 39 |
| A) Uso de las betalaínas como colorante natural..... | 41 |
| B) Aplicación del colorante en el yogurt afluado..... | 42 |
| 2.3 Definición de Términos Básicos..... | 44 |
| CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN..... | 46 |
| 3.1 Diseño de la Investigación..... | 46 |
| 3.1.1 Tipo de Investigación..... | 46 |
| 3.1.2 Método..... | 46 |
| 3.2. Población y Muestra de la Investigación..... | 47 |
| 3.2.1 Población..... | 47 |
| 3.2.2 Muestra..... | 47 |
| 3.2.2.1 Muestreo aleatorio simple o al azar..... | 47 |
| 3.3 Variables e indicadores..... | 49 |
| 3.4 Técnicas e instrumentación de Recolección de Datos..... | 49 |
| 3.4.1 Técnicas..... | 49 |
| 3.4.1.1 Obtención del Extracto de Ayrampo..... | 50 |

| | |
|---|-----------|
| 3.4.1.2 Elaboración de yogurt aplanado..... | 52 |
| 3.4.1.3 Medida del color..... | 55 |
| 3.4.1.4 Medida de Ph..... | 56 |
| 3.4.2 Instrumentos..... | 56 |
| CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS | 58 |
| 4.1 Resultados..... | 58 |
| 4.1.1 Materia prima..... | 58 |
| 4.1.2 Obtención del extracto de Ayrampo..... | 59 |
| 4.1.3 Elaboración del sistema alimentario y concentración del colorante. | 60 |
| 4.1.4 Determinación de la estabilidad del extracto de Ayrampo..... | 61 |
| A) Luminosidad..... | 62 |
| B) Valoración de la cromaticidad a*..... | 68 |
| C) Valoración de la cromaticidad b*..... | 74 |
| D) Valoración de pH..... | 79 |
| DISCUSIONES..... | 80 |
| CONCLUSIONES..... | 81 |
| RECOMENDACIONES..... | 82 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 83 |
| ANEXOS..... | 86 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura N°1: Planta Herbácea de Ayrampo de la Provincia de Quinua, Ayacucho.. | 22 |
| Figura N°2: Semillas de Ayrampo provenientes de la Provincia de Quinua..... | 23 |
| Figura N°3: Fórmula General de las betalaínas..... | 26 |
| Figura N°4: Estructura Química de las betacianinas..... | 28 |
| Figura N°5: Estructura Química de las betaxantinas..... | 29 |
| Figura N°6: Esquema biosintético de la betalaínas..... | 30 |
| Figura N°7: Mecanismo de degradación de la betanina..... | 31 |
| Figura N°8: Degradación de la betanina en medio ácido y/o calor..... | 32 |
| Figura N°9: Factores que gobiernan la estabilidad de la betalaínas..... | 34 |
| Figura N°10: Flujo de operaciones para la obtención del extracto de Ayrampo.... | 50 |
| Figura N°11: Flujo de operaciones para la elaboración de yogurt aflanado..... | 52 |
| Figura N°12: Extracción acuosa del extracto de Ayrampo..... | 59 |
| Figura N°13: Muestras de yogurt aflanado..... | 60 |
| Figura N°14: Tonos de colorante aplicados en la base de yogurt aflanado..... | 61 |

ÍNDICE DE GRÁFICO

| | |
|---|----|
| Gráfico N°1: Comportamiento de los valores de L* en los tratamientos del yogurt aflanado durante almacenamiento a 4°C por 21 días..... | 63 |
| Gráfico N°2: Valores de la coordenada de luminosidad L* de las muestras A y B de yogurt aflanado en la recta lineal..... | 66 |
| Gráfico N°3: Valores de la coordenada de cromaticidad a* de las muestras durante el almacenamiento de 4°C por 21 días..... | 69 |
| Gráfico N°4: Valores de la coordenada de luminosidad a* de las muestras A y B de yogurt aflanado en la recta lineal..... | 73 |
| Gráfico N°5: Valores de la coordenada de cromaticidad b* de las muestras durante el almacenamiento de 4°C por 21 días..... | 75 |
| Gráfico N°6: Valores de la coordenada de cromaticidad b* de las muestras de yogurt aflanado en la recta lineal..... | 78 |

| | |
|--|----|
| Gráfico N°7: Valores de pH de las muestras A y B de yogurt aplanado durante el almacenamiento de 4°C por 21 días..... | 79 |
|--|----|

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla N°1: Composición Química del fruto de Ayrampo por cada 100gr de muestra húmeda..... | 21 |
| Tabla N°2: Números aleatorios..... | 47 |
| Tabla N°3: Selección de muestras por un periodo de 21 días..... | 48 |
| Tabla N°4: Selección de número de muestras por el método de muestreo aleatorio simple o al azar..... | 48 |
| Tabla N°5: Resultados de valores de pH en las muestras A y B de yogurt aplanado almacenados a 4°C por 21 días..... | 56 |
| Tabla N°6: Resultados de valores de L* en las muestras A de yogurt aplanado almacenados a 4°C por 21 días..... | 62 |
| Tabla N°7: Resultados de valores de L* en las muestras B de yogurt aplanado almacenados a 4°C por 21 días..... | 62 |
| Tabla N°8: Análisis estadístico de regresión lineal en el comportamiento de L* en las muestras A de yogurt aplanado..... | 63 |
| Tabla N°9: Análisis de varianza (ANOVA) en el comportamiento de L* en las muestras A de yogurt aplanado..... | 64 |
| Tabla N°10: Análisis estadístico de regresión lineal en el comportamiento en las muestras B de yogurt aplanado..... | 65 |
| Tabla N°11: Análisis de varianza (ANOVA) en el comportamiento de L* en las muestras B de yogurt aplanado..... | 66 |
| Tabla N°12: Resultados de valores de a* en las muestras A de yogurt aplanado almacenados a 4°C por 21 días..... | 66 |

| | |
|--|----|
| Tabla N°13: Resultados de valores de a^* en las muestras B de yogurt aflorado almacenados a 4°C por 21 días..... | 66 |
| Tabla N°14: Análisis estadístico de regresión lineal en el comportamiento de a^* en las muestras A de yogurt aflorado..... | 69 |
| Tabla N°15: Análisis de varianza (ANOVA) en el comportamiento de a^* en las muestras A de yogurt aflorado..... | 70 |
| Tabla N°16: Análisis estadístico de regresión lineal en el comportamiento de a^* en las muestras B de yogurt aflorado..... | 71 |
| Tabla N°17: Análisis de varianza (ANOVA) en el comportamiento de de a^* en las muestras B de yogurt aflorado..... | 72 |
| Tabla N°18: Resultados de valores de b^* en las muestras (A) de yogurt aflorado almacenados a 4°C por 21 días..... | 74 |
| Tabla N°19: Resultados de valores de b^* en las muestras (B) de yogurt aflorado almacenados a 4°C por 21 días..... | 74 |
| Tabla N°20: Análisis estadístico de regresión lineal en el comportamiento de b^* en las muestras A de yogurt aflorado..... | 75 |
| Tabla N°21: Análisis de varianza (ANOVA) en el comportamiento de b^* en las muestras A de yogurt aflorado..... | 76 |
| Tabla N°22: Análisis estadístico de regresión lineal en el comportamiento de b^* en las muestras B de yogurt aflorado..... | 77 |
| Tabla N°23: Análisis de varianza (ANOVA) en el comportamiento de b^* en las muestras B de yogurt aflorado..... | 77 |
| Tabla N°24: Resultados de valores de pH de las muestras de yogurt aflorado en almacenamiento a 4°C en 21 días..... | 79 |

INTRODUCCIÓN

Las restricciones en el uso de algunos colorantes artificiales por ser perjudiciales para la salud humana, hacen que la búsqueda de nuevas fuentes de colorantes naturales sea un interés permanente.

En nuestro país la explotación industrial de recursos como la cochinilla para la obtención del carmín y del ácido carmínico y del achiote para la bioxina y norbixina, ha logrado niveles máximos; mientras que la de otras como el ayrampo y el maíz morado está restringida y debido a que los colorantes que contiene betalaínas y antocianinas respectivamente no poseen la estabilidad adecuada lo que hace que durante su procesamiento y almacenamiento haya un cambio de color indeseable, constituyendo una desventaja frente a los anteriores.

El presente trabajo se desarrolla con la finalidad de demostrar la estabilidad de los pigmentos de betanina de semillas de ayrampo es por ello que se realizará el análisis de color por el método de colorimetría en las muestras de yogurt aplanado, determinando así cuantitativamente la estabilidad del colorante.

Los yogures están dentro de los productos con mayor aceptación en el mercado, el color es uno de los factores más importantes que determinan la preferencia del consumidor, siendo el masa aceptado el de fresa con mayor demanda, por ello el pigmento de ayrampo constituiría una interesante alternativa por el alto contenido de compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

El color de un alimento entrega una primera impresión acerca de éste e influye en la decisión final del cual de ellos consumir. El colorear los alimentos es una práctica común, ya sea para resaltar, recuperar o uniformar su color original o simplemente para hacerlos más atractivos.

En los últimos años se ha podido comprobar que el uso de colorantes artificiales se ha limitado y la seguridad para la salud se ha venido cuestionando, por los efectos nocivos reportados por la FDA/OMS.

El Perú es un país que presenta particulares características geográficas estas condiciones hace que tengamos una importante biodiversidad de ecosistemas de gran riqueza natural las cuales en los últimos tiempos están siendo motivo de estudio. Uno de los estudios que está sobresaliendo en estos tiempos es la revalorización de las plantas naturales y curativas las cuales fueron usadas por nuestros antepasados como medicina natural.

Una de ellas es una planta silvestre que tiene como nombre ayrampo *Opuntia Soehrensii Britton & Rose* la cual es originaria de los andes peruanos, hoy existe el interés del estudio de la extracción de fuentes nativas de betanina como el ayrampo el cual constituye una alternativa potencial de la extracción del colorante de las semillas de esta, además del alto contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante elemental para el bienestar de la salud que genera un gran interés en el estudio de su estabilidad en diversos sistemas alimenticios.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema General

¿Cuál es la estabilidad del extracto de betanina a partir de semillas de Ayrampo *Opuntia Soehrensii Britton & Rose* como colorante natural aplicado en yogurt afluado en un periodo de 21 días?

1.2.2 Problemas Específicos

¿Cuál es el principio activo de las semillas de Ayrampo *Opuntia Soehrensii Britton & Rose* que actuaría como colorante natural en la elaboración de yogurt afluado?

¿Cuáles serían los factores que intervienen en la estabilidad del extracto de Ayrampo *Opuntia Soehrensii Britton & Rose* aplicado en yogurt afluado?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Demostrar la estabilidad del extracto de betanina a partir de semillas de Ayrampo *Opuntia Soehrensii Britton & Rose* como colorante natural aplicado en yogurt afluado en un periodo de 21 días.

1.3.2 Objetivo Específico

Determinar si la betanina como principio activo de la semilla de Ayrampo *Opuntia Soehrensii Britton & Rose* actúa como colorante natural en la elaboración de yogurt afluado.

Identificar los factores que intervienen en la estabilidad del extracto de ayramento *Opuntia Soehrensii Britton & Rose* aplicado en yogurt afluado.

1.4 Hipótesis de la Investigación

1.4.1 Hipótesis General

El extracto de betanina a partir de semillas de Ayrampo *Opuntia Soehrensii Britton & Rose* como colorante natural alcanzaría el nivel de estabilidad óptimo en un periodo de 21 días aplicado en yogurt aflanado.

1.4.2 Hipótesis Secundaria

La betanina como principio activo de la semilla de Ayrampo *Opuntia Soehrensii Britton & Rose* actuaría como colorante natural en la aplicación de yogurt aflanado.

Los factores que intervendrían en la estabilidad del extracto de Ayrampo *Opuntia Soehrensii Britton & Rose* serían pH, concentración y tiempo.

1.5 Justificación e Importancia de la Investigación

1.5.1 Justificación de la Investigación

El propósito del presente trabajo es determinar la estabilidad del extracto de la betanina a partir de semillas de Ayrampo *Opuntia Soehrensii Britton & Rose* como colorante natural en la aplicación de recursos en la industria alimentaria.

Por otro lado contribuirá a la aplicación, elaboración y distribución de nuevos productos a base de la utilización del colorante natural y evitará el uso de sustancias químicas como los colorantes artificiales.

En informes anteriores daban cuenta de la relación entre las altas dosis de colorantes artificiales y la incidencia de problemas de atención e hiperactividad en niños, la aparición de alergias y tumores han generado que la Food and Drug Administration- FDA, las regulaciones oficiales de la Unión Europea y EEUU hayan restringido el uso de colorantes artificiales debido a sus posibles efectos adversos sobre la salud.

Por estas razones se busca ampliar el conocimiento de los recursos naturales que aún no han sido objeto de un amplio estudio, en poder evaluar el Ayrampo, por poseer un alto contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidantes lo que genera un gran interés en el estudio de su estabilidad en diversos sistemas alimentarios.

1.5.2 Importancia de la Investigación

La importancia de este proyecto radica en establecer la estabilidad del extracto de betanina a partir de las semillas de Ayrampo *Opuntia Soehrensii Britton & Rose* y su utilidad como colorante natural en la industria alimentaria.

Esta información será de gran ayuda para la población al poner en conocimientos la amplia gama de propiedades y usos que los recursos naturales brindan.

Mediante los resultados obtenidos en la estabilidad del colorante se podrán realizar diversas aplicaciones en el cual no solo nos brindara la impresión del color en el producto sino que este tendrá un valor agregado al convertirse en un producto funcional al alcance del consumidor.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Soriano Gonzáles. R. **Obtención de colorante natural a partir del Ayrampo. España. (2001)**. Realizó la extracción del colorante natural de Ayrampo mediante el método de extracción sólido-líquida en el cual obtuvo como resultado que el colorante sería accesible en buen rendimiento en una proporción 1 a 3 a una temperatura de 30°C y con una agitación de 180 rpm (revoluciones por minuto) con un tiempo de contacto soluto – solvente de 15 – 30 minutos, con una recuperación de 28.5% de peso total de la semilla.

Vergara Hinojosa, C. **Extracción y estabilidad de betalaínas de Tuna purpura *Opuntia ficus-indica* mediante tecnología de membranas y micro encapsulación, como colorante alimentario .Chile. (2013)**. Realizó un estudio sobre la extracción y estabilidad de betalaínas de la tuna purpura mediante el método de tecnología de membranas y de encapsulación del colorante, mediante la cinética de degradación de betacianinas y betaxantinas desde macropartículas obtenidas bajo condiciones óptimas, durante el almacenamiento a 30, 45 y 60°C. Formuló una mezcla seca para bebida refrescante elaboradas con macropartículas en el que se evaluó la estabilidad durante el almacenamiento a 30°C. Se llegó a la conclusión que las macropartículas obtenidas en este estudio podrían ser aplicadas como colorantes con actividad antioxidante en la industria de alimentos.

Cruz V.E, Franco R.S. **Propuesta de un colorante natural a partir de semilla de *Persea americana M.*** (Aguacate). **EL Salvador. (2007)**. Obtuvo la extracción del colorante usando el método de reflujo con solventes de hidróxido de sodio al 0.5% y alcohol etílico acidificado, llegando a la conclusión que el mejor solvente para dicho colorante es el hidróxido de sodio al 0.5%. Evaluó que al entrar en contacto con la muestra el cambio de color se intensificó durante el proceso de extracción.

Realizó el método de espectroscopia infrarroja y ultravioleta visible, para determinar grupos funcionales característicos del colorante.

También realizó pruebas cualitativas para la identificación de metabolitos secundarios en extractos acuosos y alcohólicos; siendo la más importante para dicha investigación la presencia de flavonoides en el colorante obtenido.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Tipe H, Olga., Lock de Ugaz, Olga. **Estudio de la estabilidad del extracto de ayrampo *Opuntia Soehrensii Britton & Rose* y de la betanina.** Perú. (1990). Estudiaron los factores químicos y físicos que afectan la estabilidad del extracto de Ayrampo y de la betanina. Los factores evaluados fueron: pH, temperatura, presencia o ausencia de oxígeno y de aditivos alimentarios. Mediante el método de espectrofotometría UV-visible llegaron a las siguientes conclusiones: La estabilidad para la betanina y extracto de ayrampo fueron mayores a pH 4.0 a 5.0. El calentamiento de las soluciones de betanina y extracto de Ayrampo a las temperaturas de 25, 50, 75 y 100°C por 5, 10, 15, 20 y 30 minutos produjo una degradación menor a temperaturas bajas en ambos casos. El almacenamiento por 7 semanas en atmósfera de nitrógeno, a 4°C y en la oscuridad, produce mejoras en la estabilidad de las soluciones de betanina y de

extracto de Ayrampo en 19.99%, 35.71% y en 15.62%, 34.04% a valores de pH 4.0 a 5.0. En aditivos el ácido tartárico (0.15%), el benzoato de sodio (0.15%) y el galato de propilo (0.01%) son buenos antioxidantes para esta clase de colorante, siendo los porcentajes de degradación menores a valores de pH 4.0 a 5.0.

Gamarra C.S., Chirinos G.R., Campos G. R. **Evaluación de la capacidad antioxidante, compuestos fenólicos y betaninas en extracto acuoso de *Ayrampo Opuntia Soehrensii Britton & Rose* y evaluación de su estabilidad. Perú (2004).** Evaluaron la influencia de la temperatura y tiempo en la extracción de las betaninas, compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante a partir de semillas de Ayrampo. También estudiaron la estabilidad de los extractos de Ayrampo sometidos a tratamiento térmico (85°C durante 2.5, 5, 10, 20 min.) a los valores de pH 3, 4 y 5 así como a condiciones de almacenamiento (4 y -18°C) por 5, 10, 15 y 30 días. En la extracción acuosa (1:3 materia prima: agua, pH 4.5), se ensayaron las temperaturas de 4 y 30°C (0, 6, 12, 24 horas). La medición de la capacidad antioxidante se realizó mediante dos métodos: ABTS y DPPH, ofreciendo el primero mayores resultados para todos los casos. El mejor resultado se obtuvo con la extracción acuosa de 30°C por 24 horas, con un valor de 14,051.27 µg eq. trolox/g semillas (ABTS), el contenido de compuestos fenólicos bajo estas condiciones fue de 16.96 mg ácido clorogénico/g semillas y el contenido de betaninas 0,25%. No se encontró correlación entre la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos. Las betaninas del extracto de Ayrampo siguió la cinética de primer orden de degradación durante el almacenamiento a 4°C y -18°C con valores de $T^{1/2}$ de 64 y 83 días respectivamente. La capacidad antioxidante y los compuestos fenólicos fueron estables durante el almacenamiento a 4°C y -18°C por 30 días.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Ayrampo

2.2.1.1 Origen y Usos

El ayrampo o ayrampu es el nombre común de la *Opuntia Soeherensii Britton & Rose* de la familia Cactaceae. Es una especie silvestre, originaria de los andes peruanos de los departamentos de Ayacucho, Apurímac, Junín y Arequipa¹.

Sus frutos son utilizados para dar color a postres y refrescos, para el teñido artesanal de lana y como medicina tradicional².

2.2.1.2 Características Taxonómicas

Sarmiento (2003), realizó la ubicación sistemática del ayrampo de la siguiente manera:

| | |
|----------|-----------------------|
| REINO | : Vegetal |
| DIVISION | : Antofitas |
| CLASE | : Dicotiledóneas |
| ORDEN | : Opuntia cactaceales |
| FAMILIA | : Cactaceae |
| GÉNERO | : Opuntia |
| ESPECIE | : Opuntia soehrensii |

2.2.1.3 Composición Química

La composición química del fruto de ayrampo (*Opuntia Soehrensii & Britton & Rose*) es mostrado en el cuadro 1.

Tabla N°1: Composición Química del fruto de Ayrampo por cada 100gr de muestra húmeda

| COMPOSICIÓN | CANTIDAD(g) |
|------------------|-------------|
| Energía (kcal) | 49.0 |
| Agua(g) | 85.9 |
| Proteína(g) | 1.8 |
| Grasa(g) | 0.5 |
| Carbohidratos(g) | 11.6 |
| Ceniza(g) | 0.6 |
| Calcio(mg) | 85.0 |
| Fosforo(mg) | 0.2 |
| Tiamina(mg) | 0.01 |
| Riboflavina(mg) | 0.02 |
| Niacina(mg) | 24.0 |

Fuente: Collazos (1996)

2.2.1.4 Composición Física

La composición física del ayrampo (fruto) según Sarmiento (2003) es:

Pulpa: Es la porción carnosa del fruto y representa el 72,8% del peso total de muestra (pepa más pulpa); cuando

los frutos se encuentran maduros como se demuestra en la **Figura N° 1**, la pulpa es dulce y ligeramente ácida.

Semillas: El contenido de pepa en los frutos secos del Ayrampo representan el 27,2% del peso total de la muestra (pepa más pulpa); estas pepas se encuentran recubiertas por un tejido parenquimatoso que contiene el colorante en la pepa y esta representa el 3,5% de la muestra (pepa más pulpa).

Colorante bruto: Respecto al porcentaje de betanina que se puede obtener de las semillas de ayrampo, Lock (1997) menciona que contienen alrededor de 1% del pigmento en base seca (**Figura N°2**).

Figura N°1: Planta herbácea de Ayrampo de la provincia de Quinua, Ayacucho – Perú



Fuente y elaboración propia

Figura N°2: Semillas de Ayrampo provenientes de la provincia de quinua, Ayacucho – Perú (Octubre ,2014)



Fuente y elaboración propia

2.2.1.5 Investigaciones realizadas en el Ayrampo

Tipe (1985), realizó un estudio técnico, para obtener el extracto concentrado a partir del fruto de Ayrampo, así como la identificación del tipo de betalaínas (betaninas y betaxantinas) que este fruto presenta. En dicho trabajo se indica la longitud de onda espectrofotométrica adecuada de las betalaínas que es 537nm, además se dan parámetros para la extracción líquida de este colorante, siendo el solvente apropiado el agua a una temperatura de 4°C, como óptimo para la extracción del colorante.

Tipe y Lock (1990), realizaron un estudio de la estabilidad del extracto de Ayrampo *Opuntia Soehrensii* y la betanina ; en forma concentrada para la betalaína y extracto de ayrampo fue mayor entre los rangos de pH de 4.0 y 5.0; también menciona que el calentamiento de las soluciones de betanina y extracto de Ayrampo a temperaturas de 25, 50, 75 y 100°C por 10,15,20 y 30 minutos, produjo una degradación menor a temperaturas bajas. El almacenamiento por 7 semanas en atmosfera de nitrógeno a 4°C y en oscuridad, produce mejores en la estabilidad de las soluciones de betanina y de extractos de ayrampo en comparación a aquellos almacenados en atmosfera de aire.

El ácido tartárico (0,15%), benzoato de sodio(0,15%) y ácido cítrico son buenos aditivos antioxidantes para esta clase de colorantes , siendo los porcentajes de degradación menores a pH 4.0.

2.2.2 Betalaínas

Las betalaínas dan coloración a diferentes órganos, como flores, frutos, hojas, raíces, donde producen colores que van desde el rojo hasta el amarillo. Se encuentran dentro de las células en las vacuolas con estructuras de glucósidos⁴.

La presencia de estos pigmentos en las plantas tienen gran importancia, ya que su distribución está limitada a 10 familias del orden Caryophyllales o Centrospermas: Aizoaceae, Amaranthaceae, Basellaceae, Cactaceae, Chenopodiaceae, Didieraceae, Holophytaceae, Nyctaginaceae, Phytolacaceae, Portulacaceae⁵.

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 ($\lambda_{\text{máx.}} = 540\text{nm}$) y las betaxantinas de color amarillo ($\lambda_{\text{máx.}} = 480\text{nm}$). A la fecha se conocen alrededor de 50 betacianinas y de 25 betaxantinas¹.

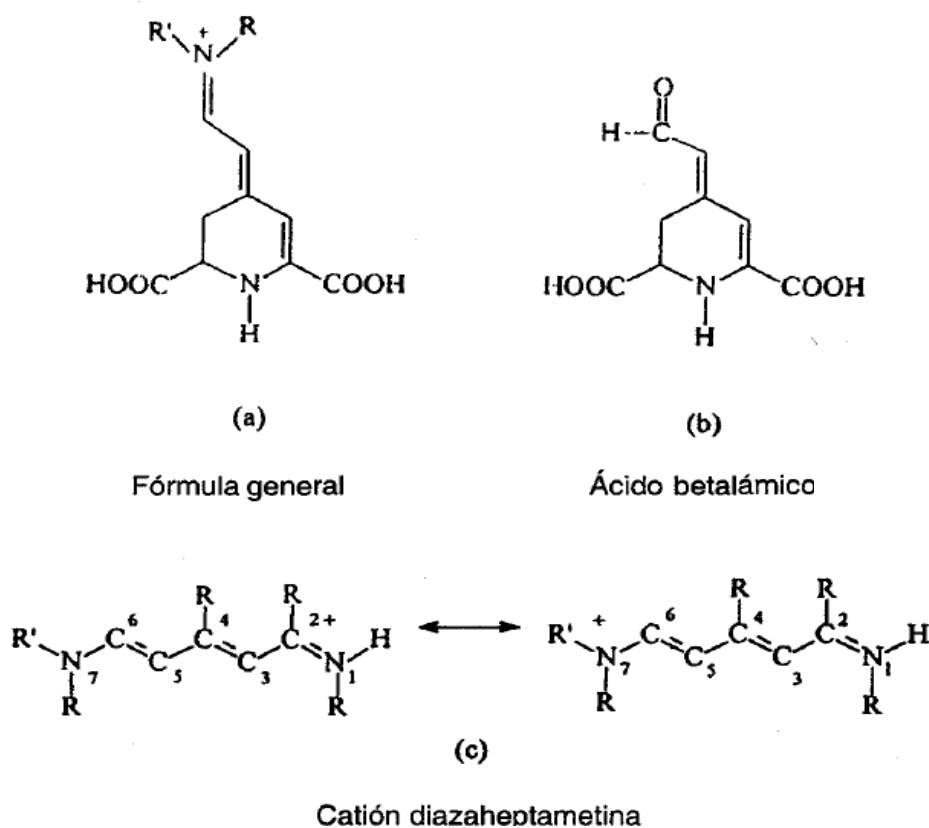
Las betalaínas son pigmentos que se sintetizan a partir de aminoácidos de tirosina en dos grupos estructurales: betacianinas (rojo-violeta) y betaxantinas (amarillo –naranja). El componente principal de este tipo de pigmento es el ácido betalámico, el cual dependiendo de la posición que tome en la estructura del compuesto, determina lo coloración de dicho pigmento representará⁴.

2.2.2.1 Estructura

La fórmula general (**Figura N° 3a**) de las betalaínas representa la condensación de una amina primaria o secundaria con el ácido betalámico (**Figura N°3b**). Todos los pigmentos betalaínas se pueden describir como derivados del sistema 1,7-diazaheptametina 1, 2, 4, 7,7-pentasustituido (**Figura N° 3c**)⁴.

Las betaxantinas se caracterizan por tener grupos R y R' que no extienden la conjugación del cromóforo 1,7-diazaheptametina; mientras que en las betacianinas, la conjugación está extendida con un anillo aromático sustituido¹.

Figura N°3: Fórmula General de las Betalaínas



Fuente: Fennema (2000)

A) Betacianinas

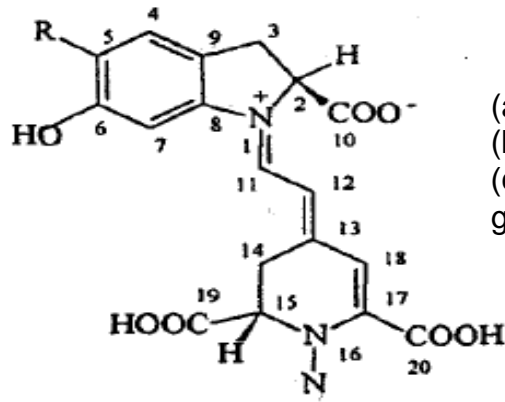
Las betacianinas son parte de las betalainas que corresponden al color rojo- violeta las cuales absorben luz a 537nm¹.

Las betacianinas son ópticamente activas porque tienen dos carbonos quirales C-2 y C-15 (**Figura N° 4**). La hidrólisis de la betacianinas da betanidina (**Figura N° 4a**) o el epímero en C-15 isobetanidina (**Figura N° 4d**) o una mezcla de las dos agliconas isómeras. Estas agliconas son compartidas por todas las betacianinas. Las diferencias entre betacianinas se deben a un residuo glucósido⁴.

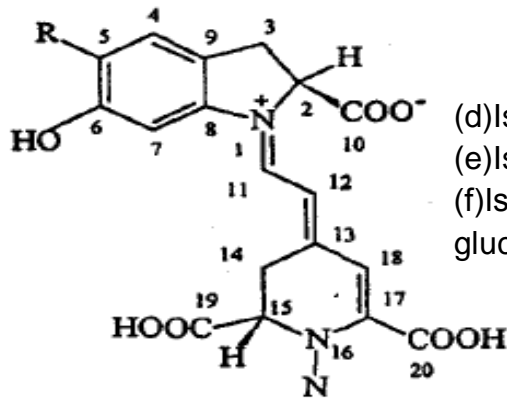
La unidad más común es la glucosa, y menos frecuentes la soforosa y la ramnosa. Es también común que se encuentren acilada los grupos sulfúrico, malónico, 3-dihidroxi-3-metilglucósido, cítrico, p-cumárico, ferúlico, caféico y sipnápico. La betacianina de mayor ocurrencia natural es la betanina¹.

Las betalainas mejor estudiadas son la remolacha roja su principal betacianinas es la betanina y la isobetanina (**Figura N°4b, e**), en tanto que el amaranto contiene amarantina y isoamarantina (**Figura N°4c, f**)⁴.

Figura N° 4: Estructura Química de las betacianinas



- (a) Betanidina, R=-OH
- (b) Betanina, R=-glucosa
- (c) Amarantina, R=ácido 2'-glucurónico-glucosa



- (d) Isobetamidina, R=-OH
- (e) Isobetanina, R=-glucosa
- (f) Isoamarantina, R=ácido 2'-glucurónico-glucosa

Fuente: Fennema (2000)

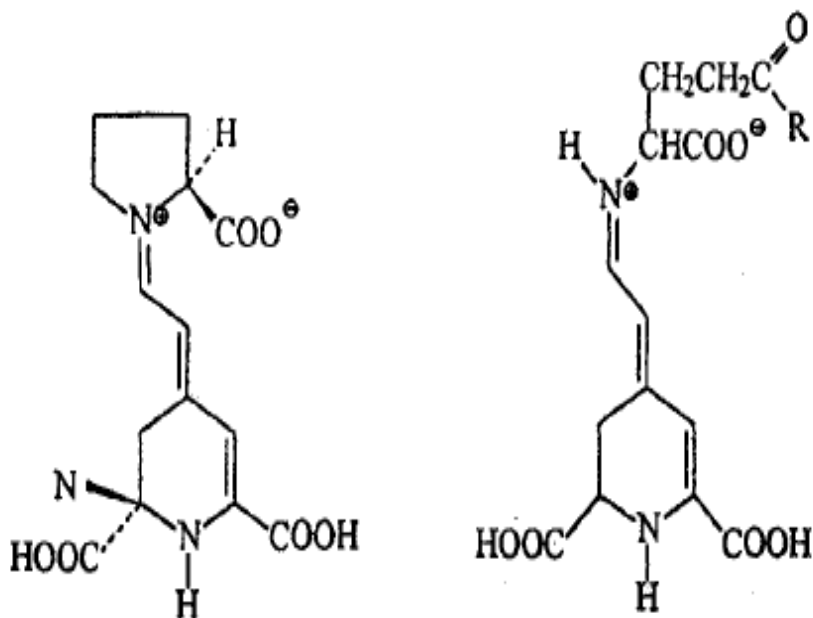
B) Betaxantina

Las betaxantinas son parte de las betalainas que corresponden al color amarillo las cuales absorben luz 480nm¹.

La primera betaxantina aislada y caracterizada fue la indicaxantina (**Figura N°5a**). Estructuralmente estos pigmentos son muy similares a las betacianinas. Las betaxantinas difieren de las betacianinas en que el grupo

indol es sustituido por un aminoácido. En el caso de las indicaxantinas el aminoácido es la prolina. De la remolacha se han aislado dos betaxantinas, vulgaxantina I y II (**Figura N°5b**), en cuyas estructuras se encuentran la glutamina y ácido glutámico⁴.

Figura N°5: Estructura Química de las betaxantinas



(a)Indicaxantina

(b)Vulgaxantina -I, R= $-\text{NH}_2$
Vulgaxantina - II, R= $-\text{OH}$

Fuente: Fennema (2000)

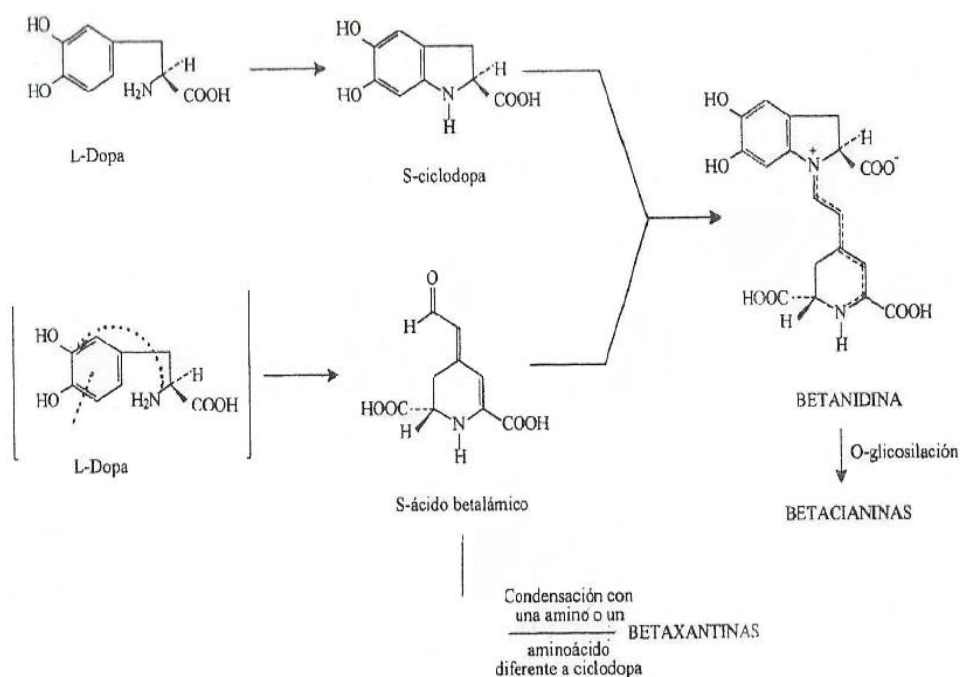
2.2.2.2 Biosíntesis

Se ha determinado que una molécula de L-DOPA sufre un rompimiento del anillo y una reciclización para dar el ácido betalámico que contiene el anillo de dihidropiridina característicos de la betalainas¹.

Solo dos enzimas son necesarias para la síntesis del intermediario central, ácido betalámico, a partir de la tirosina; la tirosinasa bifuncional, que forma dopa y ciclodopa, y la dopa-dioxigenasa (DD) que cataliza la ruptura de un anillo extradiol conduciendo a la formación de ácido betalámico¹.

La subsiguiente condensación del ácido betalámico con la ciclodopa produce la betanidina, y con otras aminas o aminoácidos diferentes a la ciclodopa, produce las betaxantinas¹ (**Figura N° 6**).

Figura N°6: Esquema biosintético de la betalainas



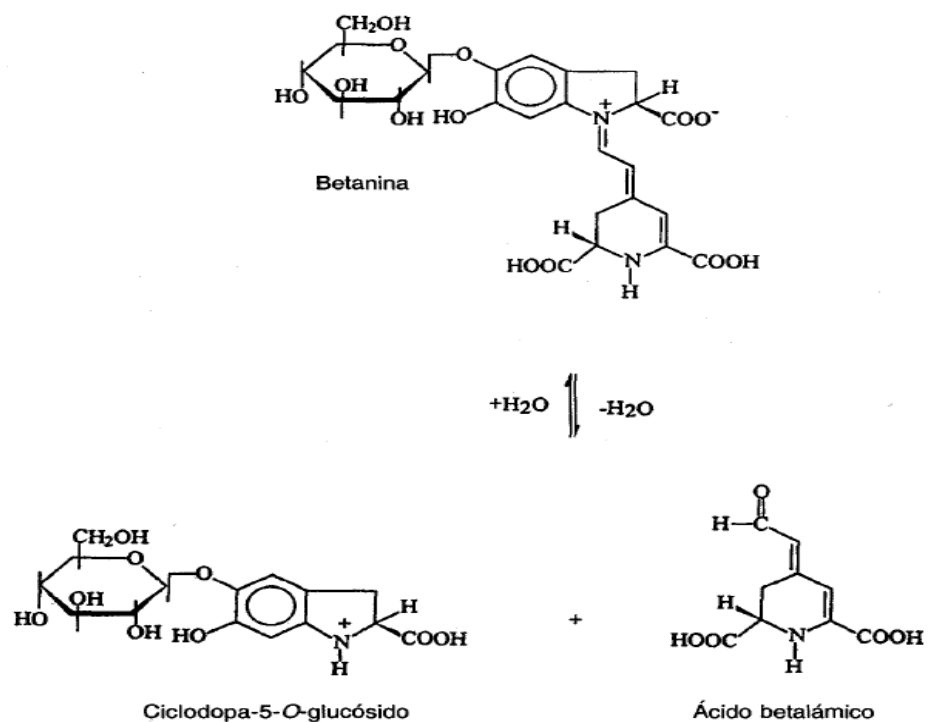
Fuente: Lock (1997)

2.2.2.3 Mecanismo de degradación de la betanina

Las primeras etapas en la degradación de la betanina son mediadas por la temperatura y/o el pH⁶. Esta reacción es reversible y, por tanto, después de calentar ocurre la regeneración parcial del pigmento. El mecanismo propuesto, para la regeneración consiste en una condensación de base de Schiff del grupo aldehído de ácido betalámico y la amina nucleofílica de ciclodopa-5-O-glicósido (**Figura N°7**). La regeneración de la betanina se maximiza a un intervalo de pH intermedio (4,0-5,0)⁴.

El ácido betalámico es más estable a valores de pH elevados, mientras que el ciclodopa-5-O-glicósido es más estable a valores bajos de pH⁷.

Figura N° 7: Mecanismo de degradación de la betanina

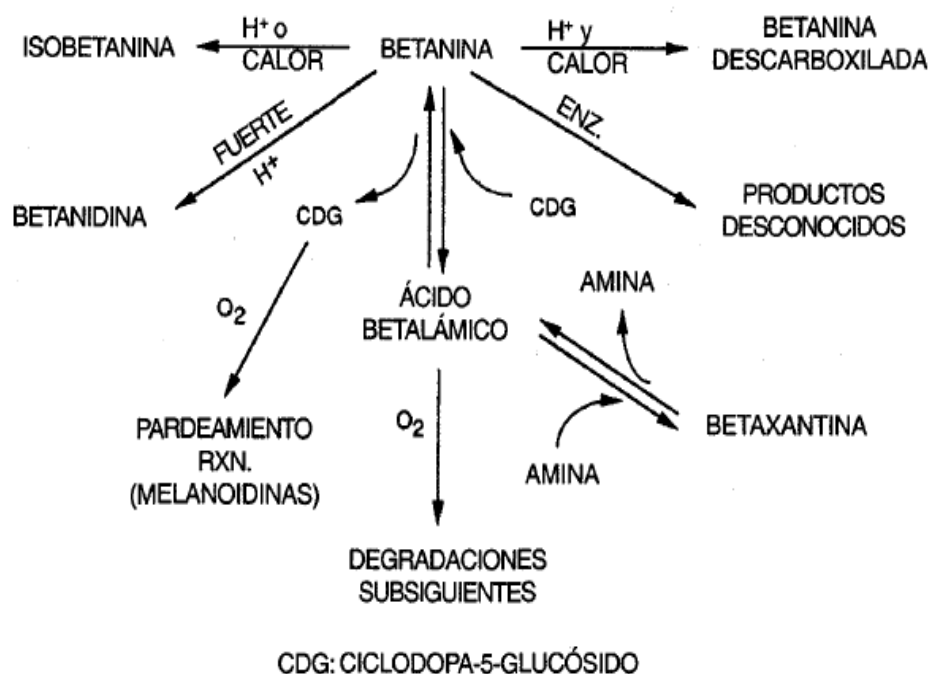


Fuente: Fennema (2000)

Las betacianinas, debido al centro quiral en C-15(Figura N°4), existen en dos formas epímeras. La epimerización se produce, bien por ácido, bien por calor. Es de esperar, por tanto, que durante el calentamiento de alimentos que contiene betanina la relación de isobetanina a betanina aumente⁴.

También se ha observado que cuando se calienta la betanina en disolución acuosa, se produce descarboxilación. La evidencia de la generación de dióxido de carbono es la pérdida del centro quiral. La velocidad de descarboxilación aumenta con la acidez⁴. Las reacciones de degradación de la betanina en medio ácido y/o por el calor se resumen en la Figura N°8.

Figura N°8: Degradación de la betanina en medio ácido y/o calor



Fuente: Fennema (2000)

2.2.2.4 Propiedades Físicas

Las betalaínas absorben fuertemente la luz. El valor de la absorptividad es de 1.120 para betanina y 750 para vulgaxantina, lo cual sugiere una fuerte y alta capacidad tintórea en estado puro. Los espectros de las disoluciones de betanina a valores de pH comprendidas entre 4 y 7 no cambian y muestran un máximo de absorbancia de la luz a 537-538nm⁴.

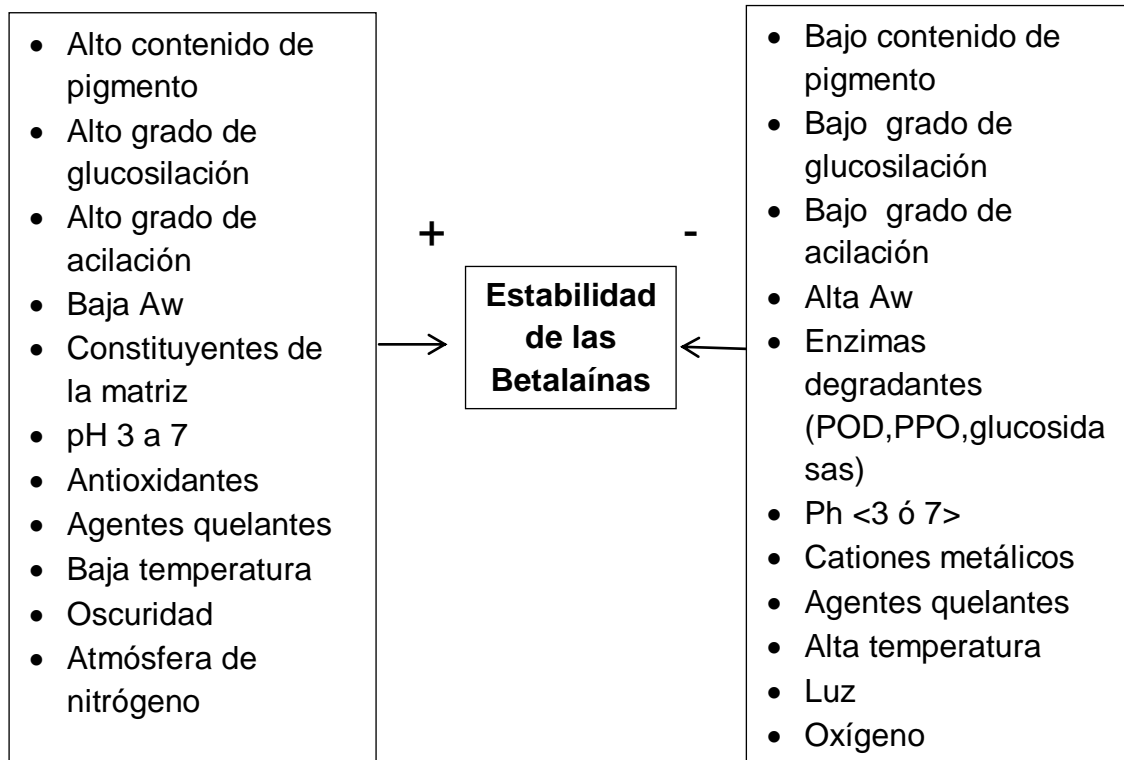
A estos valores de pH no ocurre cambio de color. Por debajo de pH 4,0, el máximo de absorción se desplaza hacia longitudes de onda ligeramente más cortas (535nm a pH 2,0). Por encima de pH 7, el máximo de absorción se desplaza a longitudes de onda mayores (544nm a pH 9,0)⁴.

2.2.2.5 Propiedades Químicas

A) Factores que afectan la estabilidad de las betalaínas

Son muchos los factores que afectan la estabilidad del color en alimentos que contienen betalaínas, durante su preparación, procesamiento y almacenaje. Estos factores incluyen calor, pH, luz, presencia o ausencia de oxígeno, metales u otros químicos⁴. Sin embargo pueden resumirse en los factores que se presentan en la **Figura 9**.

Figura N°9: Factores que gobiernan la estabilidad de las betalaínas



Fuente: Caldas (2008)

a) Temperatura

La temperatura puede ser considerada el factor más influyente en la estabilidad de las betalaínas, tanto durante la elaboración de alimentos como en el almacenamiento. Las betalaínas son comúnmente conocidas por perder su estabilidad al ser sometidas a temperaturas elevadas. La termoestabilidad de estos pigmentos es probablemente el factor más restrictivo para su uso como colorante de alimentos¹.

La estabilidad térmica es mayor entre pH 5,0 y 6,0 en la presencia de oxígeno, y entre pH 4,0 y 5,0 en ausencia de oxígeno¹. La degradación de betalaínas como betanina y vulgaxantina –I sigue una reacción de primer

orden en un intervalo de pH 3,0 y 7,0, en ausencia de oxígeno. La betanina, por otra parte, produce isobetanina y/o betanina descarboxilada cuando se calienta a un pH de 3,0 a 4,0⁸.

Es recomendable trabajar a temperaturas bajas en la extracción de este colorante, con el propósito de causarle la mínima degradación posible en su procesamiento. Cuando las soluciones de betanina y el extracto de Ayrampo fueron sometidos a calentamiento, el color rojo-violeta disminuyó gradualmente apareciendo una coloración ligeramente parda ².

Morales (2007) menciona que la betanina de Ayrampo y betarraga siguen una cinética de degradación de primer orden al ser sometidas a calentamiento de 4 y 25°C. Además, cita que a esas temperaturas de almacenamiento, la betanina de Ayrampo presenta mayor estabilidad que la betanina de betarraga, ya que los tiempos de vida media ($t_{1/2}$) obtenidas para el extracto de Ayrampo fueron mayores que las obtenidas para el extracto de betarraga almacenados a 4 y 25°C respectivamente, durante 30 días.

b) Oxígeno

Las betalaínas son sensibles a la oxidación, lo cual tiene un impacto en la estabilidad del color. El oxígeno causa oscurecimiento en el producto y aparentemente pérdida de color de la betanina. El almacenamiento por siete semanas en atmósfera de nitrógeno, a 4°C y en la oscuridad, produce mejoras en la estabilidad de las soluciones de betanina y extracto de Ayrampo².

La presencia de oxígeno afecta la velocidad de fotooxidación y de degradación por temperatura. En disoluciones que contienen un exceso molar de oxígeno respecto a la betanina; la pérdida de este pigmento sigue la cinética de una reacción de primer orden. La degradación de betanina en presencia de oxígeno depende del pH⁴.

c) pH

La estabilidad para la betanina es mayor en el rango de pH 4,0 y 5,0². Se ha determinado que el color rojo de las soluciones de betanina se mantiene constantemente en el rango de pH de 3,0 a 7,0; exhibiendo el máximo de absorción (λ máx.) entre 537-538nm. A un pH<3,0 el color cambia a violeta y la longitud de onda máxima es desplazado a 534-536nm, ocurriendo un decrecimiento en la intensidad. A un pH >7,0 el color de la solución se hace más azulado, habiendo un desplazamiento batocrómico en la longitud de onda máxima siendo mayor el efecto a pH 9,0 donde La longitud de onda máxima ocurre a 543-544nm. A un pH>10, Hay un decrecimiento en intensidad en la longitud de onda máxima de 540-550nm y hay un incremento en la absorción a 400- 460nm debido a la liberación del ácido betalámico, el cual es amarillo; por lo que hay un cambio de color azul a amarillo como resultado de la hidrólisis alcalina de betanina a ácido betalámico y ciclodopa-5-O-glucósido¹.

d) Luz

La oxidación de las betalaínas se acelera en presencia de luz⁸. Es un factor que causa la degradación del pigmento de manera significativa. La pérdida del pigmento es de primer orden durante una exposición ligera. Sin embargo, la luz fluorescente tiene pequeño o ningún efecto sin la presencia de oxígeno molecular libre¹⁰.

Las betalaínas son muy susceptibles a la degradación iniciada por radiación de varios tipos; la degradación por fotooxidación depende del pH, y ocurre con más intensidad a pH de 3,0 que a 5,0. La radiación gamma incrementa la velocidad de degradación de betanina, y se pierde totalmente a dosis de 100 krad⁸.

e) Actividad de agua (Aw)

La degradación de las betalaínas requieren agua, o esta es muy limitada, las betalaínas es muy estable, de esto se reduce que un descenso de la actividad de agua causará un descenso de la velocidad de degradación de la betanina roja; por tanto se recomienda una actividad de agua de 0,12(2% de humedad referido a materia seca) para la óptima estabilidad de almacenamiento de los pigmentos de la remolacha en polvo⁴.

Las betalaínas son estables en productos deshidratados con una actividad de agua menor a 5,0. La betanina se vuelve más inestable a medida que aumenta la actividad del agua y el contenido de humedad del alimento; por esta razón los sólidos del betabel deben almacenarse

con la menor cantidad de agua posible y en condiciones más secas¹⁰.

2.2.2.6 Contenido de betanina en el Ayrampo

La materia colorante del ayrampo es la betanina, en cuyos frutos se han encontrado un valor de 1% de este pigmento^{1, 2}. Al respecto, Sarmiento (2003) realizó un estudio con los frutos de ayrampo proveniente del departamento de Ayacucho, encontrando un valor de 1,2% de contenido de betanina para un índice de madurez de 4,7(°Brix /acidez). Bajo estas condiciones y por intermedio de la atomización obtuvo un colorante en polvo con un porcentaje de 4,3% de betanina pura.

Gamarra (2003) y Morales (2003) evaluaron el proceso de extracción de betanina a partir de las semillas de ayrampo, determinando que el método que permite extraer, mayor contenido de este pigmento es la extracción acuosa, con una relación de materia prima igual a 1:3 ; pH4,5 y maceración durante 24 horas a 30°C.

2.2.3 Importancia del color en la industria alimentaria

El color es uno de los atributos más importante en los alimentos y se considera un indicador de calidad y aceptabilidad. Durante el procesamiento y/o almacenamiento, los alimentos son susceptibles a perder color, por lo cual la industria de alimentos utiliza colorantes para resaltar, recuperar o uniformar el color original¹¹.

Por tal motivo, la industria de pigmentos es una de las de mayor volumen de ventas a nivel mundial; se producen 700 toneladas/año, de pigmentos naturales y sintéticos, los cuales el 50% se dirige a la industria textil y el 25% a la industria alimentaria¹².

2.2.3.1 Alternativas de industrialización del Ayrampo

A pesar de los múltiples usos que reporta este recurso natural su difusión a nivel de la industria alimentaria y textil es restringida. Sobre su comercialización no se registra datos en los anuarios de los Ministerios de Agricultura y Comercio Exterior, dado que es una planta silvestre. En el departamento de Ayacucho se comercializa las semillas secas relativamente a pequeña escala, por expendio o venta directa a los pequeños comerciantes que venden especerías¹².

La industrialización del ayrampo como colorante es muy interesante; debido a que la gama de productos terminados cuyo color característico está en el rango de tonalidad rojo-violeta es amplia; además, de la tendencia actual de consumir alimentos naturales que tengan potenciales beneficiosos para la salud, posibles propiedades que se le atribuye al pigmento de este vegetal⁹.

2.2.3.2 Colorantes naturales y artificiales

El color es considerado un importante atributo de un alimento aumentando su atractivo o más aún, vinculándolo con su calidad.

Los colorantes son los aditivos que se encargan de proporcionar aquel color deseado y esperado de cada alimento, es decir, proporcionan, refuerzan, u homogenizan su color para

hacerlo más apetecible para el consumidor. Estos tienen un uso ilimitado, no deben emplearse de una manera arbitraria, sino que la cantidad debe atender a la corrección de color producida por un tratamiento tecnológico, variaciones fisicoquímicas y efectos bioquímicos que se puedan presentar durante el procesamiento de fabricación o almacenamiento de un alimento¹³.

Los pigmentos se pueden dividir en sintéticos o naturales. Los sintéticos requieren de una certificación; incluyen sustancias químicas con alto grado de pureza. Debido a la preocupación por la seguridad en el uso, en vista de las dosis relativamente altas que se pueden llegar a consumir de estos ubicuos compuestos están hasta en lo que uno menos supone como cereales, golosinas, lácteos, lo que es mayor aún en niños, se ha empezado a poner atención en sus efectos sobre la salud. En la actualidad el empleo de pigmentos sintéticos como el rojo 40, azul 1 y 5, el amarillo 5 siguen siendo empleados en México y la Unión Europea⁸.

El rojo allura AC (E-129 o Rojo N°40) es uno de los colorantes sintéticos más usados en el procesamiento. Es una sal disódica muy soluble en agua y poco en etanol, cuya forma comercial es un polvo rojo oscuro y sus aplicaciones están dirigidas a productos cárnicos, dulces, etc¹³.

Los colorantes naturales son pigmentos que se encuentran en la naturaleza y que se extraen por diferentes métodos. Estos pigmentos pueden ser generados por microorganismos, vegetales, básicos: carotenoides (caroteno, licopeno y xantofilas), benzopirenos (antocianinas y flavonoides), betalaínas (betacianinas y animales o minerales, de ellas la

f fuente vegetal es la más principal (básicamente en frutas y vegetales), clasificadas en cuatro grupos (betaxantinas) y tetrapirroles¹².

Indudablemente, la tendencia creciente es buscar cambiar los colorantes artificiales por naturales. Los consumidores, perciben a los componentes naturales como más inocuos o inclusive como saludables⁸.

A) Uso de las betalaínas como colorante natural

Las aplicaciones están destinadas a productos que reciben un limitado tiempo de tratamiento térmico, de baja Aw, un corto tiempo de vida en anaquel y no contienen SO₂. Estos pigmentos son particularmente apropiados para uso en mezclas secas, en la mayoría de productos lácteos o productos congelados¹.

Gamarra (2003) informa las principales aplicaciones del colorante natural de Ayrampo:

a. Helados :

Constituye la más popular aplicación, siendo los niveles utilizados de 15 a 25 ppm de betanina (0,3 a 0,5% jugo de betarraga).

b. Yogurt :

El rojo de remolacha es adecuado, en una dosis de 4 a 8 ppm.

c. Mezclas secas :

Es ideal para esta aplicación debido a su excelente solubilidad y buena estabilidad. Son comercialmente usadas en postres y sopas.

d. Confituras de azúcar :

Ha dado buenos resultados en su empleo como colorante.

B) Aplicación de colorante en yogurt aflanado

Uno de los productos más conocidos es el yogurt esta leche fermentadas de gran consumo es obtenido por acción combinada de *Lactobacillus vulgaris* y *Streptococcus thermophilus*.

El yogurt aflanado (cuajada o coagulado) es el producto en el que la leche pasteurizada, es envasada inmediatamente después de la inoculación, produciéndose la coagulación en el envase mismo.

Los colorantes empleados en el yogurt aflanado pueden ser naturales o sintéticos su dosificación está de acuerdo a las exigencias del mercado; pero generalmente es pigmentado y edulcorado con la adicción de zumos o pulpas de frutas como la piña, durazno o bayas fresas en proporción de 10 a 15%.

Los yogures tipo fresa requieren de aditivos que confieran, mantengan o refuercen el color característico como en el caso del Rojo allura AC (E-129),amaranto(E-123),eritrosina(E-127)¹³.

Sin embargo, los colorantes sintéticos, en especial los rojos, su uso ha sido objetado, debido a los riesgos que implican para la salud humana, lo cual ha motivado una búsqueda sistemática de fuentes naturales de color rojo que sean capaces de sustituir a los obtenidos artificialmente¹⁴.

2.3 Definición de Términos Básicos

- a) **Edáfica:** Factores ambientales determinados por las características del suelo y sus condiciones físicas, químicas y biológicas

- b) **Pigmento:** Sustancia colorante que se encuentra en las células de los seres vivos. Sustancia capaz de absorber unas longitudes de onda y reflejar otras, con lo que el cuerpo sobre el que se aplica adquiere un color determinado a la luz blanca.

- c) **Batocrómico:** Fenómeno que se verifica cuando la longitud de onda de grandes o de menor energía por efecto del solvente o por sustituyentes.

- d) **Glucosidasas:** Son enzimas que catalizan la hidrólisis de enlaces glucósidos para generar glúcidos menores.

- e) **Acido férulico:** Es un compuesto que forma parte del grupo de los ácidos hidroxicinámicos cuya función en las plantas es otorgar rigidez en la estructura y resistencia a la degradación por parte de microorganismos.

- f) **Acido Caféico:** Es un compuesto orgánico que es clasificado como un ácido hidroxicinámico. Este sólido amarillo contiene grupos funcionales fenólicos y acrílico. Se encuentra en todas las plantas como intermediario en la biosíntesis de la lignina.

- g) **Cromóforo:** Es una parte o conjunto de átomos de una molécula responsable de su color. También se puede definir como una sustancia que tiene muchos electrones capaces de

absorber energía o luz visible, y excitable para así emitir diversos colores, dependiendo de la longitud de onda de la energía emitida por el cambio de nivel energético de los electrones, de estado excitado a estado basal.

h) Cactáceae: Son una familia de plantas suculentas y, en gran mayoría, espinosa, conocida en conjunto como cactus o cactus.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la Investigación

3.1.1 Tipo de la Investigación

La presente investigación es un diseño cuasiexperimental ya que se evaluó la estabilidad del colorante durante 21 días en muestras de yogurt aplanado.

A la vez, es una investigación transversal ya que se trabajó en un lapso de tiempo de Setiembre 2014 – Enero 2015.

Además es descriptiva porque se revisaron fuentes bibliográficas relacionadas con el tema de investigación.

3.1.2 Método

Se ha trabajado con el método científico por que se han seguido las pautas de dicho método.

Para el análisis de la estabilidad del colorante se utilizó el método de colorimetría en las muestras de yogurt aplanado.

Se utilizó el método cuantitativo para el procesamiento de los datos que permitieron la determinación de la estabilidad del colorante natural en las muestras.

La selección de las muestras se realizó mediante el método aleatorio simple o al azar.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población

La población fue de 10 Litros de yogurt afluado de elaboración propia.

3.2.2 Muestra

La muestra utilizada fue de 2 Litros de yogurt afluado de elaboración propia.

3.2.2.1 Muestreo aleatorio simple o al azar

Se realizó mediante la siguiente tabla:

Tabla N°2: Números aleatorios

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 1 | 6 | 3 | 0 | 5 | 6 | 4 | 2 | 2 | 4 | 8 | 6 | 5 | 8 | 5 | 8 |
| 2 | 0 | 6 | 3 | 0 | 6 | 1 | 8 | 3 | 1 | 8 | 5 | 8 | 5 | 1 | 3 | 7 |
| 3 | 7 | 2 | 0 | 5 | 8 | 6 | 2 | 8 | 2 | 6 | 0 | 8 | 1 | 3 | 6 | 5 |
| 4 | 2 | 9 | 6 | 5 | 5 | 5 | 6 | 9 | 1 | 5 | 7 | 6 | 7 | 2 | 0 | 6 |
| 5 | 0 | 8 | 4 | 5 | 1 | 1 | 3 | 2 | 9 | 0 | 8 | 8 | 6 | 9 | 4 | 5 |
| 6 | 9 | 0 | 8 | 9 | 0 | 6 | 0 | 2 | 1 | 1 | 8 | 9 | 9 | 3 | 7 | 9 |
| 7 | 0 | 4 | 6 | 3 | 8 | 2 | 0 | 9 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 5 | 7 | 0 |
| 8 | 7 | 2 | 1 | 0 | 3 | 5 | 5 | 6 | 6 | 2 | 2 | 5 | 2 | 7 | 7 | 9 |
| 9 | 1 | 5 | 2 | 5 | 9 | 6 | 9 | 6 | 9 | 6 | 1 | 8 | 6 | 5 | 3 | 0 |
| 10 | 7 | 6 | 8 | 1 | 2 | 6 | 6 | 9 | 9 | 0 | 3 | 5 | 0 | 5 | 6 | 1 |
| 11 | 2 | 1 | 6 | 2 | 6 | 4 | 0 | 1 | 2 | 8 | 8 | 1 | 4 | 7 | 8 | 5 |
| 12 | 2 | 2 | 0 | 6 | 2 | 2 | 1 | 0 | 2 | 2 | 1 | 8 | 0 | 6 | 3 | 9 |
| 13 | 1 | 1 | 1 | 7 | 5 | 6 | 1 | 7 | 3 | 8 | 3 | 1 | 2 | 9 | 8 | 8 |
| 14 | 7 | 0 | 7 | 7 | 2 | 6 | 7 | 9 | 3 | 0 | 4 | 3 | 8 | 4 | 5 | 0 |
| 15 | 7 | 2 | 0 | 8 | 7 | 4 | 6 | 1 | 1 | 3 | 3 | 9 | 4 | 2 | 6 | 8 |
| 16 | 8 | 3 | 2 | 8 | 6 | 9 | 2 | 4 | 1 | 7 | 8 | 4 | 1 | 6 | 6 | 8 |
| 17 | 8 | 2 | 4 | 3 | 7 | 2 | 4 | 5 | 8 | 2 | 1 | 7 | 3 | 0 | 7 | 4 |
| 18 | 3 | 4 | 4 | 6 | 8 | 7 | 9 | 5 | 7 | 0 | 7 | 8 | 1 | 0 | 8 | 6 |
| 19 | 4 | 9 | 0 | 8 | 2 | 8 | 5 | 9 | 1 | 9 | 5 | 5 | 1 | 4 | 1 | 7 |
| 20 | 7 | 7 | 1 | 3 | 7 | 2 | 6 | 0 | 5 | 4 | 8 | 3 | 7 | 6 | 1 | 9 |

Fuente: Céspedes (2004)

Tabla N°3: Selección de muestras por un periodo de 21 días

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 1 | 1 | 6 | 3 | 0 | 5 | 6 | 4 | 2 | 2 | 4 | 8 | 6 | 5 | 8 | 5 | 8 |
| 2 | 0 | 6 | 3 | 0 | 6 | 1 | 8 | 3 | 1 | 8 | 5 | 8 | 5 | 1 | 3 | 7 |
| 3 | 7 | 2 | 0 | 5 | 8 | 6 | 2 | 8 | 2 | 6 | 0 | 8 | 1 | 3 | 6 | 5 |
| 4 | 2 | 9 | 6 | 5 | 5 | 5 | 6 | 9 | 1 | 5 | 7 | 6 | 7 | 2 | 0 | 6 |
| 5 | 0 | 8 | 4 | 5 | 1 | 1 | 3 | 2 | 9 | 0 | 8 | 8 | 6 | 9 | 4 | 5 |
| 6 | 9 | 0 | 8 | 9 | 0 | 6 | 0 | 2 | 1 | 1 | 8 | 9 | 9 | 3 | 7 | 9 |
| 7 | 0 | 4 | 6 | 3 | 8 | 2 | 0 | 9 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 5 | 7 | 0 |
| 8 | 7 | 2 | 1 | 0 | 3 | 5 | 5 | 6 | 6 | 2 | 2 | 5 | 2 | 7 | 7 | 9 |
| 9 | 1 | 5 | 2 | 5 | 9 | 6 | 9 | 6 | 9 | 6 | 1 | 8 | 6 | 5 | 3 | 0 |
| 10 | 7 | 6 | 8 | 1 | 2 | 6 | 6 | 9 | 9 | 0 | 3 | 5 | 0 | 5 | 6 | 1 |
| 11 | 2 | 1 | 6 | 2 | 6 | 4 | 0 | 1 | 2 | 8 | 8 | 1 | 4 | 7 | 8 | 5 |
| 12 | 2 | 2 | 0 | 6 | 2 | 2 | 1 | 0 | 2 | 2 | 1 | 8 | 0 | 6 | 3 | 9 |
| 13 | 1 | 1 | 1 | 7 | 5 | 6 | 1 | 7 | 3 | 8 | 3 | 1 | 2 | 9 | 8 | 8 |
| 14 | 7 | 0 | 7 | 7 | 2 | 6 | 7 | 9 | 3 | 0 | 4 | 3 | 8 | 4 | 5 | 0 |
| 15 | 7 | 2 | 0 | 8 | 7 | 4 | 6 | 1 | 1 | 3 | 3 | 9 | 4 | 2 | 6 | 8 |
| 16 | 8 | 3 | 2 | 8 | 6 | 9 | 2 | 4 | 1 | 7 | 8 | 4 | 1 | 6 | 6 | 8 |
| 17 | 8 | 2 | 4 | 3 | 7 | 2 | 4 | 5 | 8 | 2 | 1 | 7 | 3 | 0 | 7 | 4 |
| 18 | 3 | 4 | 4 | 6 | 8 | 7 | 9 | 5 | 7 | 0 | 7 | 8 | 1 | 0 | 8 | 6 |
| 19 | 4 | 9 | 0 | 8 | 2 | 8 | 5 | 9 | 1 | 9 | 5 | 5 | 1 | 4 | 1 | 7 |
| 20 | 7 | 7 | 1 | 3 | 7 | 2 | 6 | 0 | 5 | 4 | 8 | 3 | 7 | 6 | 1 | 9 |

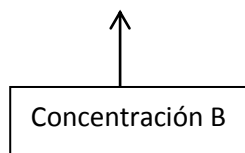
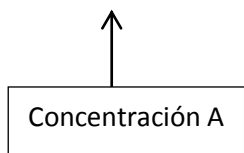


Tabla N°4: Selección de número de muestras por el método de muestreo aleatorio simple o al azar

| | Tiempo (Días) | | | |
|-----------------|---------------|----------|-----------|-----------|
| | 0 | 7 | 14 | 21 |
| Concentración A | 16 | 06 | 29 | 08 |
| Concentración B | 24 | 18 | 26 | 15 |

Fuente y elaboración

3.3 Variables e Indicadores

| VARIABLE | INDICADORES |
|---|--|
| VARIABLE INDEPENDIENTE | <ul style="list-style-type: none">• Al 10% |
| Concentración del colorante de Ayrampo (<i>Opuntia Soehrensii</i> Britton & Rose). | <ul style="list-style-type: none">• Al 15% |
| VARIABLE DEPENDIENTE | <ul style="list-style-type: none">• Días de almacenamiento |
| Variación del color del yogurt aplanado. | <ul style="list-style-type: none">• Variación del pH |

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas

La extracción del colorante de semillas de ayrampo *Opuntia Soehrensii Britton & Rose* se realizó mediante el método de extracción acuosa, recomendado por la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC, 1997) utilizada por Gamarra (2003).

La elaboración del yogurt se efectuó utilizando leche entera, leche en polvo, azúcar y cultivo de yogurt siguiendo la metodología sugerida por Chr.Hansen.

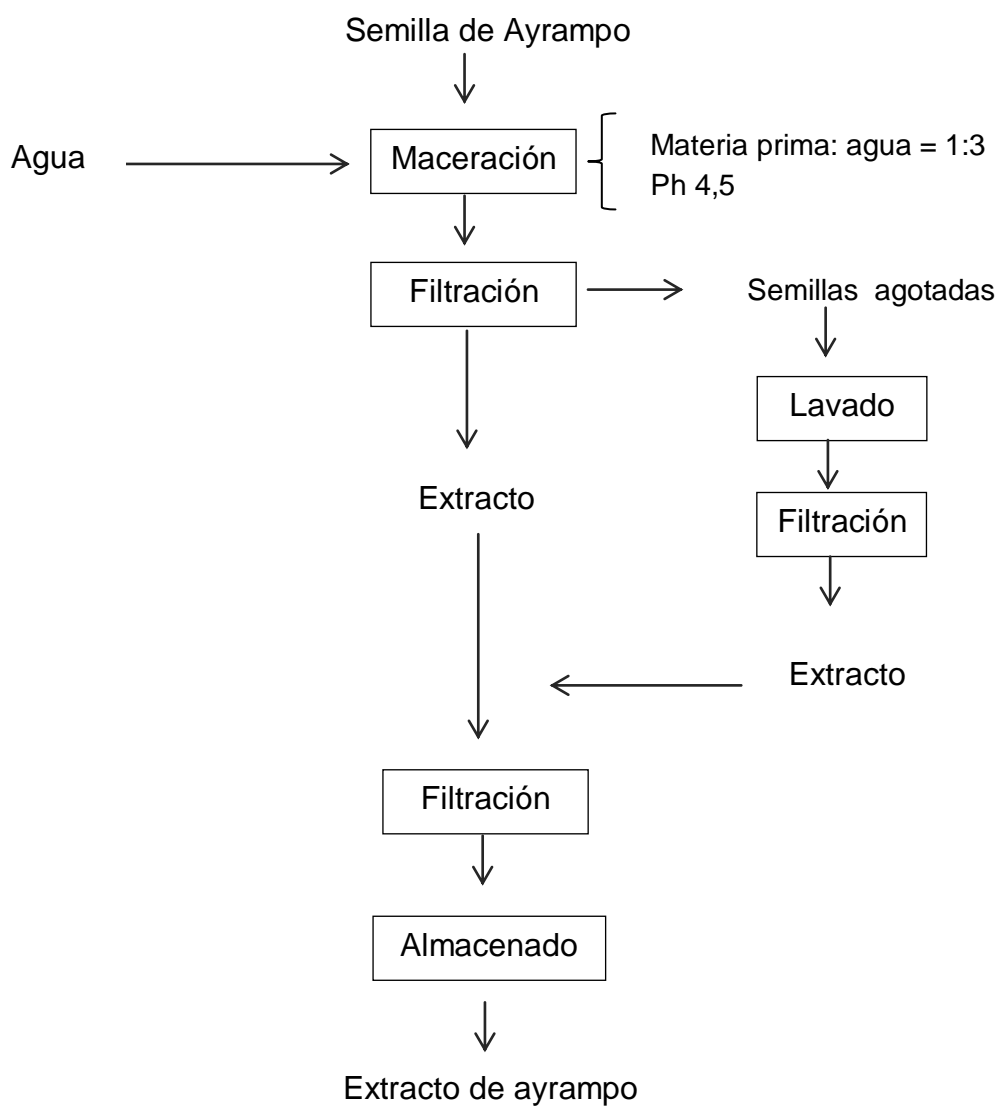
La evaluación del color se llevó a cabo con el Colorímetro CR-400 (Konica Minolta® Sensing, Inc. Japón).

Los valores de pH fueron medidos utilizando un potenciómetro.

3.4.1.1 Obtención del extracto de ayrampo *Opuntia Soehrensii* Britton & Rose

La obtención del extracto del ayrampo se obtuvo siguiendo el flujo de operaciones basado en el procedimiento propuesto por Gamarra (2003), presentado en la **Figura 10**.

Figura N°10. Flujo de operaciones para la obtención del extracto de ayrampo



Preparado del extracto:

Materia prima: Se utilizaron semillas de ayrampo secas previamente seleccionadas y conservadas a -20°C hasta su utilización.

Extracción acuosa: Se agregó agua destilada a las semillas de ayrampo en una relación materia prima: agua de 1:3 y se dejó en reposo en baño maría hasta que la temperatura alcanzó los 30°C .

Filtración: Esta operación permitió separar el extracto líquido de las semillas agotadas realizadas por medio de papel filtro.

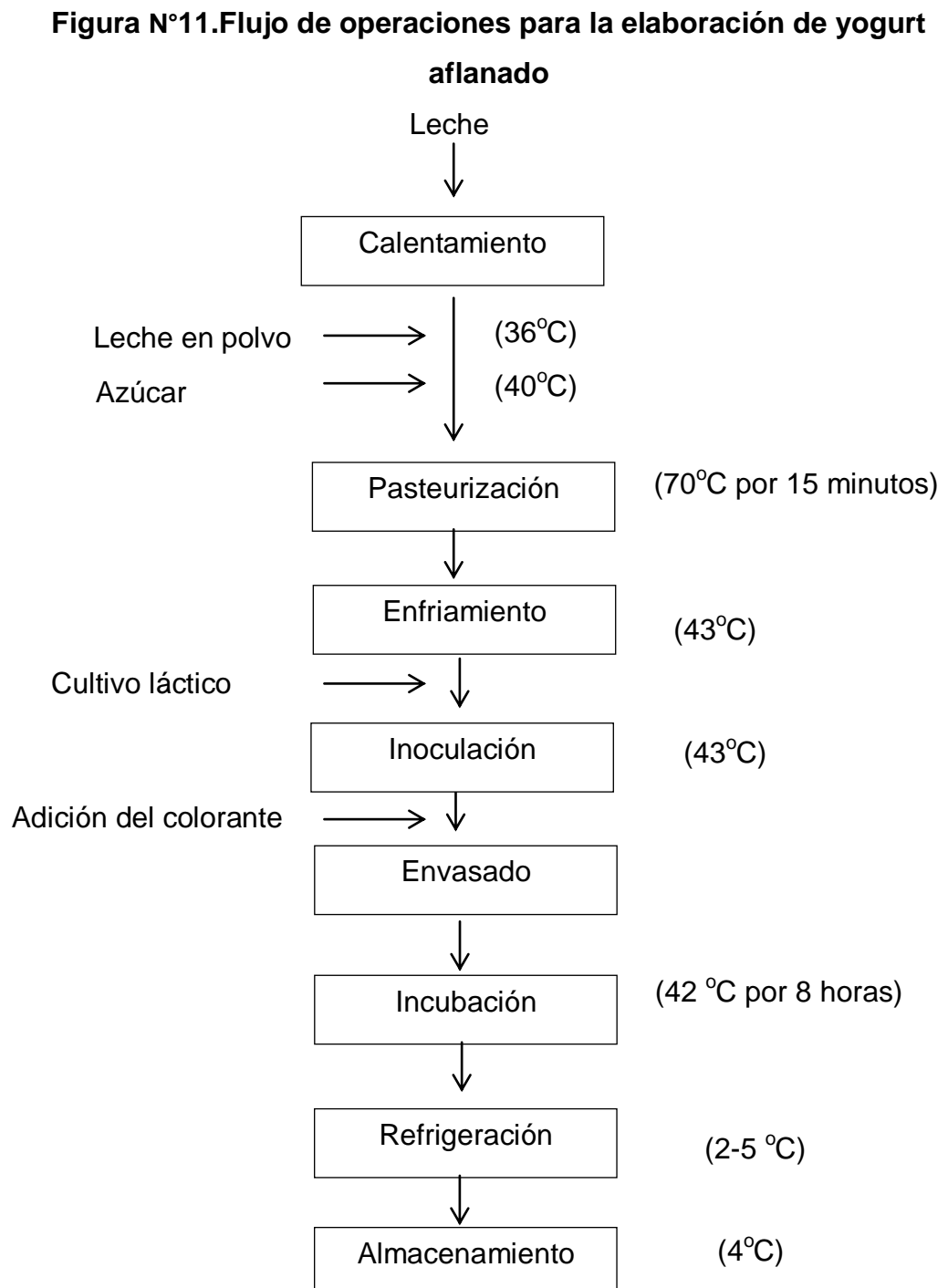
Lavado: Se realizó con la finalidad de extraer el remanente de colorante que aún queda adherido a las semillas. Se utilizó una relación de 1:3 materia prima: agua.

Filtración: Para separar el extracto líquido de las semillas agotadas se utilizó papel filtro.

Almacenado: Se realizó en congelación a -20°C , para evitar pérdidas por el aumento de temperatura.

3.4.1.2 Elaboración de yogurt aflanado:

La elaboración del yogurt aflanado se realizó mediante la metodología sugerida por CHR.HANSEN, se procedió a la activación del cultivo diluyendo el sobre de cultivo liofilizado en un litro de leche, se tomó una alícuota de 20ml para la elaboración de yogurt aflanado por cada litro de leche como presenta en la siguiente figura:



Elaboración de yogurt aflanado

Recepción: Se realiza la recepción de los insumos leche, azúcar blanca, leche en polvo.

Calentamiento: Utilizando una olla de acero inoxidable, es calentado a 36°C donde se disuelve la leche la leche en polvo con agitación constante la proporción usada fue de 50 gr por cada litro de leche. En esta operación también se agrega azúcar en una porción de 100gr por cada litro de leche a una temperatura de 40°C.

Pasteurización: Se llevó a temperatura de 70°C, manteniéndolo por 15 minutos. Es recomendable que la leche se mantenga a esta temperatura en forma constante, porque temperaturas mayores se desnaturalizan las proteínas y bajan la calidad del producto terminado y temperaturas menores no se logran eliminar la carga bacteriana por lo que el producto se deteriora.

Enfriamiento: La leche se enfría a temperatura de 43°C que es la temperatura óptima de desarrollo de los lactobacillus.

Inoculación: Incorporamos a la leche el cultivo de yogurt en una proporción de 20 gramos por litro de leche y homogenizar. Se agregó el colorante natural de ayrampo en dos concentraciones ensayadas (A y B).

Envasado: Se realizó el envasado en envases de plásticos, forrados y protegidos con papel platino, separando los envases de la concentración A y la concentración B, obteniendo 20 muestras por cada concentración.

Incubación: Se pusieron todos los envases dentro de una caja térmica que mantuvo la temperatura de 42°C por un tiempo de 8 horas. Transcurrido este tiempo se observó la coagulación del producto adquiriendo la consistencia de un flan.

Refrigeración: El yogurt debe conservarse a temperatura de refrigeración de 2 a 4°C. Ya estará lista para la evaluación.

Almacenamiento: El yogurt envasado debe conservarse a temperatura de refrigeración de 1 a 4 °C.

3.4.1.3 Medida del color:

La medida del color de las muestras pigmentadas de yogurt aplanado, se efectuó con el colorímetro CR-400 (Konica Minolta® Sensing, Inc. Japón), empleando una celda de vidrio óptico con un paso de luz de 10mm. Las muestras fueron leídas por triplicado utilizando iluminante D₆₅ y 2 grados de ángulo de observación. De acuerdo al manual del equipo los extractos naturales se miden a temperatura entre 20 y 22°C. De acuerdo a Konica Minolta (2003), los resultados de colorimetría se expresaron de la siguiente manera:

-Espacio de color CIELab: L*, a*, b*; donde L* (escala de 0 a 100) es la luminosidad y los valores de a* y b* las coordenadas de cromaticidad.

-h: Ángulo de tonalidad ($h = \tan^{-1} b^*/a^*$). Indicó el tono de una muestra: 0° ó 360° = rojo; 90° = amarillo; 180° = verde y 270° = azul.

- C*: Croma [$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$]. Indicó la saturación o viveza del color de la muestra.

- ΔE^*_{ab} : Indicó la diferencia de color total entre dos muestras en el espacio de color L*, a*, b*; y se calculó de la siguiente manera:

$$\Delta E^*_{ab} = [(L^*_i - L^*_0)^2 + (a^*_i - a^*_0)^2 + (b^*_i - b^*_0)^2]^{1/2}$$

3.4.1.4 Medida de pH:

La medida del pH se realizó con el potenciómetro 913 pH Meter como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla N°5: Resultados de valores de pH en las muestras A y B de yogurt aplanado almacenados a 4°C por 21 días

| | TIEMPO (Días) | | | |
|------------------------|---------------|-----|-----|-----|
| | 0 | 7 | 14 | 21 |
| Concentración A | 4.5 | 5.0 | 5.5 | 5.5 |
| Concentración B | 4.5 | 5.0 | 5.5 | 5.5 |

3.4.2 Instrumentos

➤ Insumos

- Leche
- Leche en polvo
- Azúcar
- Colorante de ayrampo

➤ Materiales

- Becker 250ml
- Pipetas 10 y 1ml

- Baguetas de vidrio
- Espátula de acero
- Probetas de 250 ml
- Termómetro
- Embudo de filtración de vidrio
- Olla de acero inoxidable
- Envases de plástico
- Cucharón de metal

➤ **Equipos**

- Balanza analítica
- Equipo de Baño María
- Cocinilla eléctrica
- Potenciómetro 913 pH Meter
- Colorímetro CR-400

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados

4.1.1 Materia Prima:

La materia prima utilizada en la investigación fue recolectada en la provincia de Quinua, en la región Ayacucho, al Sur del Perú.

Los frutos son bayas carnosas (**Figura N°1**) cuyas semillas son recubiertas por un tejido parenquimatoso que contiene abundante colorante. La muestra se recolectó en el mes de octubre, etapa en que se encuentra madura presentando un color vinoso o rojizo.

En la selección de la muestra se evaluó la madurez, color, tamaño y el estado de conservación de los frutos.

Se extrajo el fruto de las pencas y fue conservado en un ambiente oscuro. Los frutos se cortaron en rodajas pequeñas para la extracción de las semillas; se secaron en un ambiente ventilado, luego llevados a conservación a 4°C de temperatura hasta su uso.

4.1.2 Obtención del extracto de Ayrampo

El extracto de Ayrampo se obtuvo siguiendo el flujo mostrado en la **Figura N°10** mediante el método de extracción acuosa, recomendado por la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC, 1997). El procedimiento se realizó de acuerdo a lo recomendado por Gamarra (2003).

Se realizaron las siguientes operaciones unitarias: maceración de semillas, filtración, lavado, filtrado y el almacenado.

Se utilizó 10g de muestra de semillas secas de Ayrampo conservadas a 4°C de temperatura, con una relación de 1:3 de materia prima: agua, se obtuvo un rendimiento de 55 ml de muestra líquida como se muestran en la **Figura N°12**. Las características del color que se observaron en la extracción líquida obtenida, fue de color púrpura – vinoso muy característico de la betalaínas del grupo de las betacianinas a un pH 5.0.

Figura N°12: Extracción acuosa del extracto de Ayrampo



Fuente y elaboración propia

4.1.3 Elaboración del sistema alimenticio y concentración del colorante

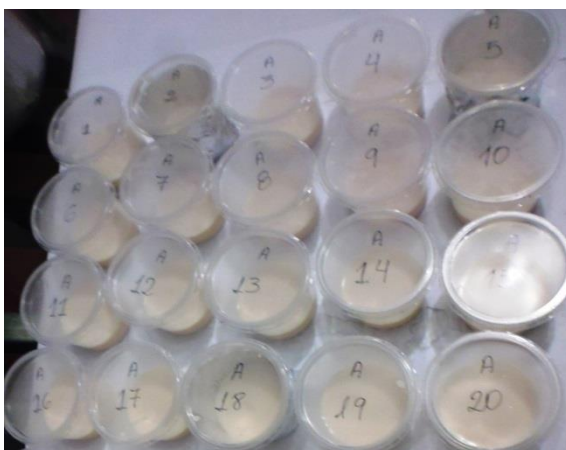
La elaboración del yogurt aplanado fue realizada mediante el flujo de operaciones presentado en la **Figura N°11** método recomendado por Chr.Hansen.

De acuerdo con este se obtuvo 1 litro de yogurt aplanado por cada tratamiento de concentración de colorante separándolos en un total de 20 muestras con 33.3ml cada una como se muestra en la **Figura N°13**.

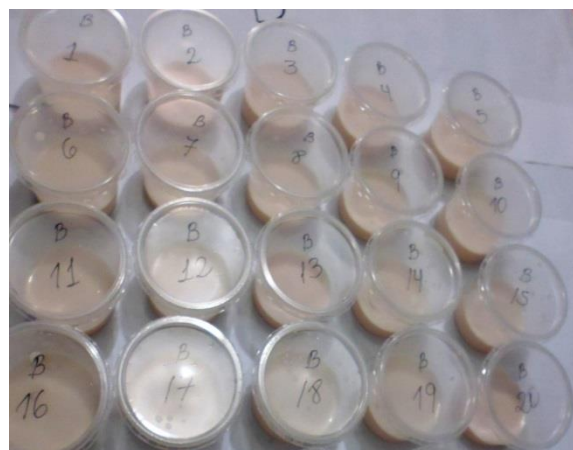
En la investigación realizada por Caldas (2008), se menciona que la dosis del colorante aplicado fue de 0,27g/kg de yogurt .En tanto, al aplicar dicha dosis no presentó coloración en las muestras por lo que se decidió aumentar la concentración A (10g/kg yogurt) y B(15g/kg) hasta la obtención de color rosa (**Figura N°14**) que se asemejen a los productos ofrecidos en el mercado.

Figura N°13: Muestras de yogurt aplanado

Concentración A

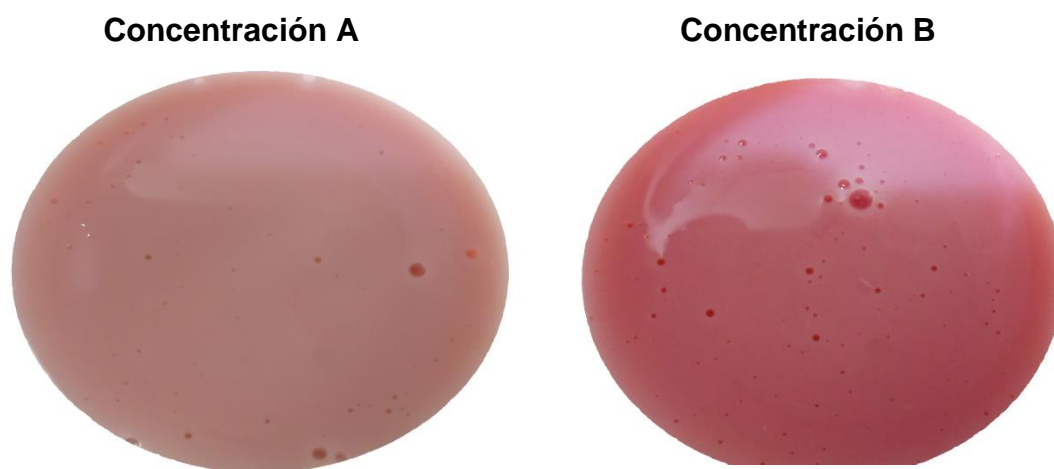


Concentración B



Fuente y elaboración propia

Figura N°14: Tono de colorante aplicado en la base de yogurt aflanado.



Fuente y elaboración propia

4.1.4 Determinación de la estabilidad del extracto de Ayrampo aplicado en la base del yogurt aflanado.

Las muestras de yogurt aflanado pigmentadas con el extracto de Ayrampo fueron envasadas y cubiertas con papel platino en condiciones asépticas. Todas las muestras (40 envases en total) fueron almacenadas en condiciones de refrigeración (4°C) y oscuridad.

La estabilidad del colorante fue medida utilizando un colorímetro, mediante la medida del color (L*,a*,b*) realizándose 4 niveles de medidas en tiempos de (0,7,14 y 21 días) ,en almacenamiento a 4°C por triplicado basado en el muestreo por el método aleatorio simple o al azar y la medida de pH por cada nivel.

A) Luminosidad

Según el gráfico N° 1 y las tablas N° 6 y 7, podemos observar que el valor de luminosidad tuvo un cambio significativo en el tiempo, lo cual evidencia una tendencia al incremento demostrando una alta estabilidad de retención de color en los tratamientos evaluados en ambas concentraciones. Sin embargo, comparando la concentración B muestra una ligera disminución en el día 7; mientras que la concentración A sigue constante en los 4 niveles de evaluación. Dado que la degradación cromática de las betalainas presentan según Caldas (2008) un incremento en valores de luminosidad, demostró así su estabilidad.

Tabla N°6: Resultados de valores de L* en las muestras A de yogurt afluado almacenados a 4°C por 21 días

| TIEMPO(Días) | TRATAMIENTOS POR TRIPLICADO | | | X_i | \bar{X}_i |
|--------------|-----------------------------|-------|-------|--------|-------------|
| 0 | 68.75 | 68.69 | 68.75 | 206.19 | 68.73 |
| 7 | 69.32 | 69.35 | 69.25 | 207.92 | 69.31 |
| 14 | 70.74 | 71.16 | 71.24 | 213.14 | 71.05 |
| 21 | 73.36 | 73.36 | 73.40 | 220.12 | 73.37 |

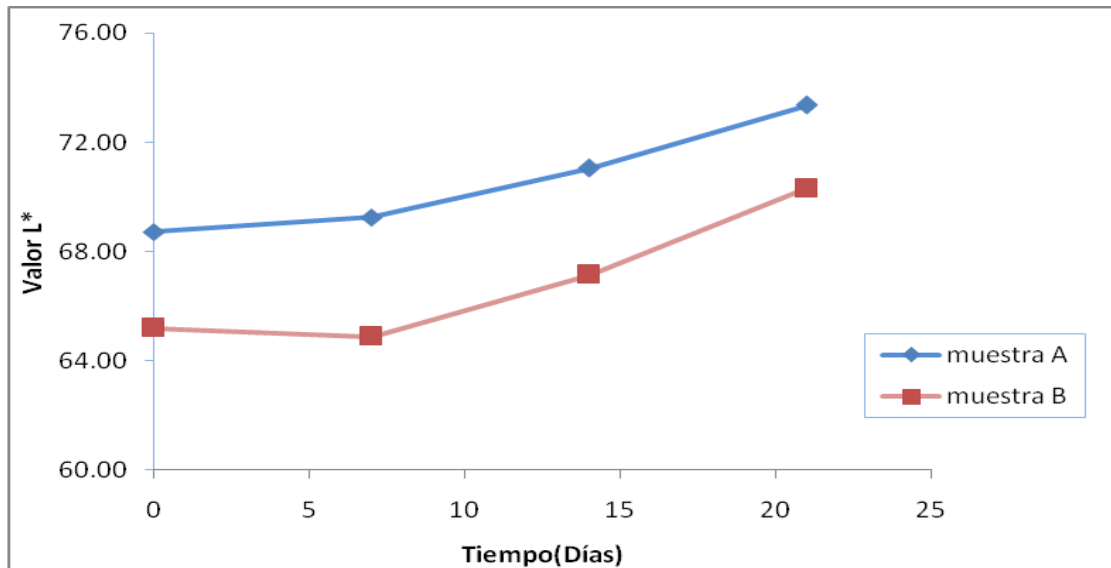
Fuente y elaboración propia

Tabla N°7: Resultados de valores de L* en las muestras B de yogurt afluado almacenados a 4°C por 21 días

| TIEMPO | TRATAMIENTOS POR TRIPLICADO | | | X_i | \bar{X}_i |
|--------|-----------------------------|-------|-------|--------|-------------|
| 0 | 65.43 | 65.3 | 64.86 | 195.59 | 65.20 |
| 7 | 64.86 | 64.9 | 64.88 | 194.64 | 64.88 |
| 14 | 66.88 | 67.25 | 67.33 | 201.46 | 67.15 |
| 21 | 70.35 | 70.31 | 70.28 | 210.94 | 70.31 |

Fuente y elaboración propia

Gráfico N° 1. Comportamiento de los valores de L* en los tratamientos del yogurt aflanado durante almacenamiento a 4°C por 21 días



Fuente y elaboración propia

Tabla N° 8: Análisis estadístico de regresión lineal en el comportamiento de L* en las muestras A de yogurt aflanado

| ESTADÍSTICAS DE LA REGRESIÓN | |
|---|-------------|
| Coeficiente de correlación múltiple | 0.967689743 |
| Coeficiente de determinación R ² | 0.93642344 |
| R ² ajustado | 0.904635159 |
| Error típico | 0.647641876 |
| Observaciones | 4 |
| Valor de r | 0.967 |
| Valor de a | 66.67 |
| Valor de b | 1.57 |

Fuente y elaboración propia

En la tabla N°8 se muestra el análisis estadístico por regresión lineal del comportamiento de los valores de luminosidad en las muestras A, se obtuvo un valor de coeficiente de correlación (r) de 0.96, esto indica la linealidad entre los valores evaluados **(Gráfico N°2)**. También se observa un coeficiente de determinación R^2 de 93% de confiabilidad.

Tabla N°9: Análisis de varianza (ANOVA) en el comportamiento de L* en las muestras A de yogurt aplanado

| | <i>Grados de libertad</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Valor crítico de F</i> |
|-----------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|---------------------------|
| Regresión | 3 | 119672.65 | 39890.88 | -2.66 | 4.07 |
| Residuos | 8 | -119633.32 | -14954.16 | | |
| Total | 3 | 39.33 | | | |

Fuente y elaboración propia

En la tabla N° 9, los resultados en el análisis de varianza (ANOVA) indican que el valor F de -2.66, es menor al valor crítico de F de 4.07. Por tanto, la H_0 no se rechaza a un nivel de significancia de 0.05, porque no existen diferencias reales en las mediciones en los niveles de tiempo de evaluación de las muestras A.

Tabla N° 10: Análisis estadístico de regresión lineal en el comportamiento de L* en las muestras B de yogurt aplanado

| ESTADÍSTICAS DE LA REGRESIÓN | |
|---|-------------|
| Coeficiente de correlación múltiple | 0.911774931 |
| Coeficiente de determinación R ² | 0.831333525 |
| R ² ajustado | 0.747000288 |
| Error típico | 1.255593485 |
| Observaciones | 4 |
| Valor de r | 0.9117 |
| Valor de a | 62.47 |
| Valor de b | 1,763 |

Fuente y elaboración propia

En la tabla N° 10, el análisis estadístico por regresión lineal en el comportamiento de luminosidad de las muestras B, muestra un coeficiente de relación múltiple(r) de 0.91 con un 83% de confiabilidad.

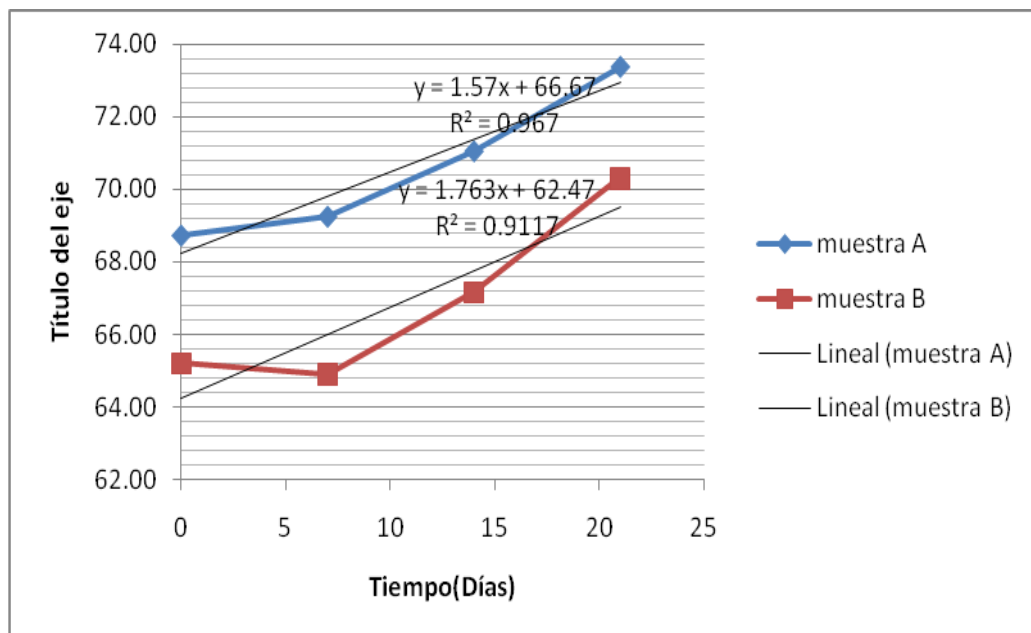
Tabla 11: Análisis de varianza (ANOVA) en el comportamiento de L* en las muestras B de yogurt aplanado

| | <i>Grados de libertad</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Valor crítico de F</i> |
|-----------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|---------------------------|
| Regresión | 3 | 107369.15 | 35789.71 | -2.66 | 4.07 |
| Residuos | 8 | -107312.77 | -13414.09 | | |
| Total | 11 | 56.38 | | | |

Fuente y elaboración propia

En la tabla N° 11, los resultados en el análisis de varianza (ANOVA) indican que el valor F es -2.66 menor al valor crítico de F de 4.07. La H_0 no se rechaza con un nivel de significancia de 0.05, por lo tanto no existen diferencias reales en las mediciones, en los cuadro niveles de tiempo de la evaluación de las muestras B.

Gráfico 2: Valores de la coordenada de luminosidad L* de las muestras A y B de yogurt aplanado en la recta lineal.



Fuente y elaboración propia

El gráfico N° 2 muestra la linealidad en la recta lineal de ambas concentraciones; comparando los resultados se obtuvo 0.96 en el valor de r para la muestra A valor muy cercano a 1. Por tanto, presenta mayor estabilidad en el comportamiento de luminosidad en comparación al valor de B.

B) Valoración de la Cromaticidad a*

En las tablas N° 12 y 13 se muestran las variaciones de las coordenadas de cromaticidad a* en las muestras A y B de los tratamientos de yogurt afluado, durante el tiempo de almacenamiento; se observó una disminución significativa del valor de a* para ambas concentraciones. Sin embargo, en el gráfico N° 3 se puede evidenciar que la concentración B obtuvo un valor de 0.30 en la recta lineal presentando una disminución acelerada en la última semana; por el contrario, la concentración A obtiene un valor de 0.94 en la recta lineal, evidenciando que se mantiene constante en los 21 días de almacenamiento.

Tabla N°12: Resultados de valores de a* en las muestras A de yogurt afluado almacenados a 4°C por 21 días

| TIEMPO | TRATAMIENTO | | | x_i | \bar{x}_i |
|--------|-------------|-------|-------|-------|-------------|
| 0 | 13.03 | 13.07 | 13.11 | 39.21 | 13.07 |
| 7 | 13.03 | 13.24 | 12.98 | 39.25 | 13.08 |
| 14 | 12.85 | 12.83 | 12.62 | 38.30 | 12.77 |
| 21 | 12.56 | 12.60 | 12.51 | 37.67 | 12.56 |

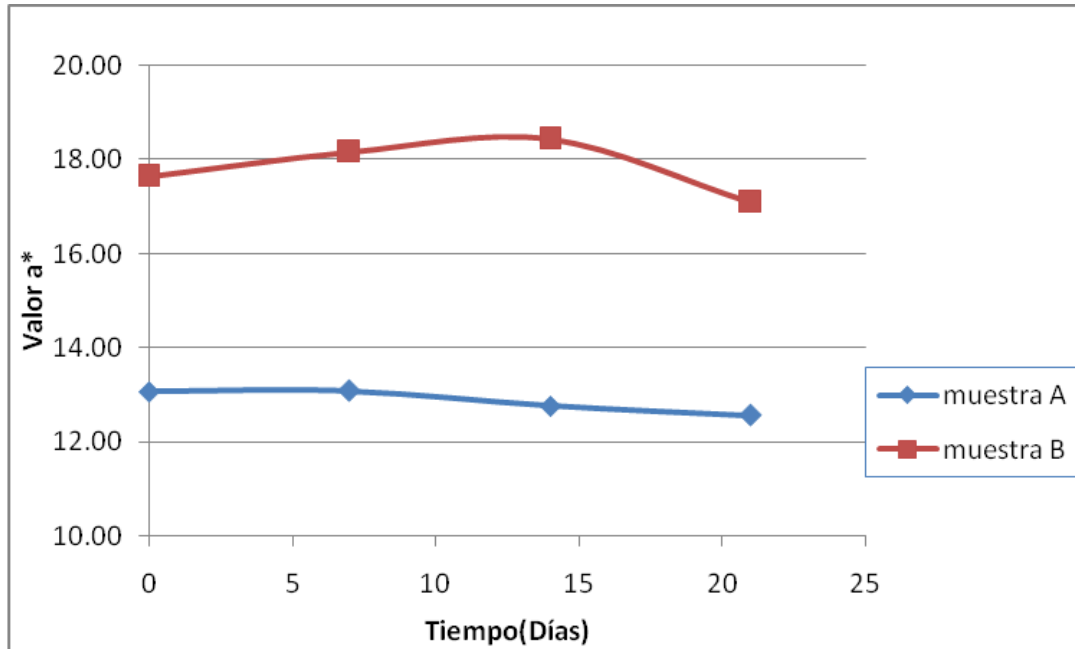
Fuente y elaboración propia

Tabla N°13: Resultados de valores de a* en las muestras B de yogurt afluado almacenados a 4°C por 21 días

| TIEMPO | TRATAMIENTO | | | x_i | \bar{x}_i |
|--------|-------------|-------|-------|-------|-------------|
| 0 | 17.70 | 17.63 | 17.65 | 52.98 | 17.66 |
| 7 | 18.41 | 17.88 | 18.23 | 54.52 | 18.17 |
| 14 | 18.42 | 18.44 | 18.50 | 55.36 | 18.45 |
| 21 | 16.93 | 17.24 | 17.10 | 51.27 | 17.09 |

Fuente y elaboración propia

Gráfico 3: Valores de la coordenada de cromaticidad a* de los tratamientos en yogurt aplanado durante almacenamiento de 4°C por 21 días



Fuente y elaboración propia

Tabla N° 14: Análisis estadístico de regresión lineal en el comportamiento de a* en las muestras A de yogurt aplanado

| ESTADÍSTICAS DE LA REGRESIÓN | |
|---|-------------|
| Coeficiente de correlación múltiple | 0.943403686 |
| Coeficiente de determinación R ² | 0.890010515 |
| R ² ajustado | 0.835015773 |
| Error típico | 0.102274141 |
| Observaciones | 4 |
| Valor de r | 0.943 |
| Valor de a | 13.33 |
| Valor de b | 0.184 |

Fuente y elaboración propia

La tabla N° 14, sobre el análisis estadístico por regresión lineal, muestra el valor del coeficiente de correlación múltiple (r) de 0.94 con un 98% de confiabilidad.

Muestra una ligera disminución de los 4 niveles de evaluación demostrando una estabilidad, pérdida del color y ganancia de color amarillo.

Tabla N° 15: Análisis de varianza (ANOVA) en el comportamiento de a^* en las muestras A de yogurt aplanado

| | <i>Grados de libertad</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Valor crítico de F</i> |
|-----------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|---------------------------|
| Regresión | 3 | 3974.77 | 1324.92 | -2.67 | 4.07 |
| Residuos | 8 | -3974.11 | -496.76 | | |
| Total | 11 | 0.66 | | | |

Fuente y elaboración propia

En la tabla N° 15, se muestra el análisis de varianza (ANOVA) en el comportamiento de cromaticidad a^* de las muestras A , determinando los valores F de -2.67, menor que el valor crítico de F de 4.07 con un nivel de significancia de 0.05 por tanto ; H_0 no se rechaza , no existen diferencias reales en los valores de medición de los niveles evaluados de muestras A .

Tabla N° 16: Análisis estadístico de regresión lineal en el comportamiento de a^* en las muestras B de yogurt aplanado

| <i>ESTADÍSTICAS DE LA REGRESIÓN</i> | |
|--|--------------|
| Coeficiente de correlación múltiple | 0.301287837 |
| Coeficiente de determinación R^2 | 0.090774361 |
| R^2 ajustado | -0.363838459 |
| Error típico | 0.700571196 |
| Observaciones | 4 |
| Valor de r | 0.30 |
| Valor de a | 18.19 |
| Valor de b | 0.14 |

Fuente y elaboración propia

En la tabla N° 16, los valores de coeficiente de correlación múltiple (r) es 0.30 por lo que muestra que los valores de las muestras B presentaron una tendencia a una acelerada disminución de su estabilidad, en la última semana de evaluación con un 0.9% de confiabilidad.

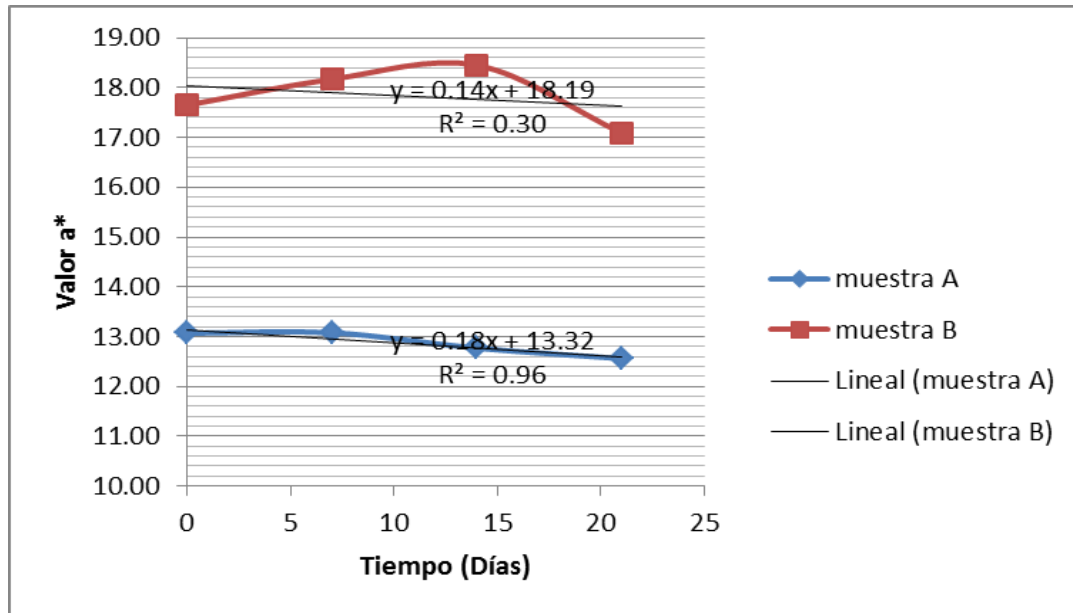
Tabla N°17: Análisis de varianza (ANOVA) en el comportamiento de a^* en las muestras B de yogurt aplanado

| | <i>Grados de libertad</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Valor crítico de F</i> |
|-----------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|---------------------------|
| Regresión | 3 | 7641.94 | 2547.31 | -2.67 | 4.07 |
| Residuos | 8 | -7638.50 | -954.81 | | |
| Total | 11 | 3.45 | | | |

Fuente y elaboración propia

En la tabla N° 17, acerca del análisis de varianza (ANOVA) los valores de cromaticidad de la muestra B determinaron los valores de F es de -2,67 menor que el valor crítico F de 4.07 con un nivel de significancia de 0.05 ; por lo que la H_0 no se rechaza, dado que no existen diferencias reales en los valores de mediación de la muestra B.

Gráfico 4: Valores de la coordenada de cromaticidad a* de las muestras A y B de yogurt aflanado en la recta lineal



Fuente y elaboración propia

El gráfico N° 4, se muestra la linealidad en la recta lineal de ambas concentraciones, comparando los resultados se obtuvo 0.96 en el valor de r para la muestra A, valor muy cercano a 1. Por tanto, presenta mayor estabilidad en el comportamiento de cromaticidad a*; la disminución de sus valores es constante con el tiempo, en comparación al valor de B con un valor de 0.30.

C) Valoración de la Cromaticidad b^*

Los resultados obtenidos presentados en el gráfico N°4 y en las tablas N°18 y 19, nos muestran variaciones de coordenadas de cromaticidad valores b^* , incrementándose con el tiempo ambas concentraciones.

En el gráfico N° 5, se muestra la concentración B obteniéndose un valor de 0.93 en la recta lineal, en comparación a la concentración A que obtuvo un valor de 0.98 en la recta lineal. Por lo tanto de los resultados obtenidos, la concentración A muestra una mayor estabilidad en las coordenadas de cromaticidad b^* .

Tabla N°18: Resultados de valores de b^* en las muestras (A) de yogurt afianado almacenados a 4°C por 21 días

| TIEMPO | TRATAMIENTO | | | x_i | \bar{x}_i |
|--------|-------------|------|------|-------|-------------|
| 0 | 1.78 | 1.77 | 1.76 | 5.31 | 1.77 |
| 7 | 2.21 | 2.40 | 3.40 | 8.01 | 2.67 |
| 14 | 3.56 | 3.40 | 3.25 | 10.21 | 3.40 |
| 21 | 4.19 | 4.10 | 4.15 | 12.44 | 4.15 |

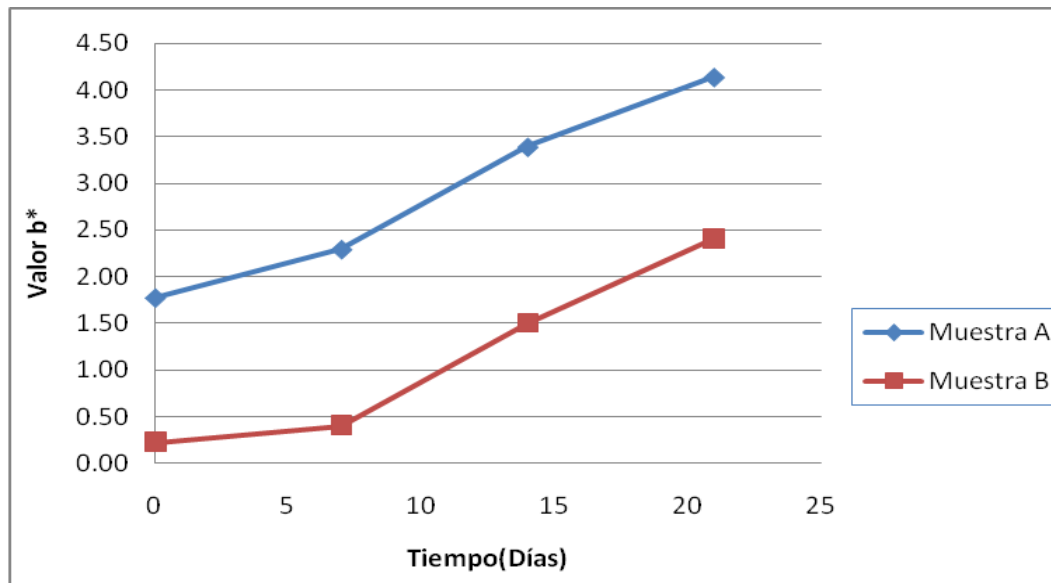
Fuente y elaboración propia

Tabla N°19: Resultados de valores de b^* en las muestras (B) de yogurt afianado almacenados a 4°C por 21 días

| TIEMPO | TRATAMIENTO | | | X_i | \bar{x}_i |
|--------|-------------|------|------|-------|-------------|
| 0 | 0.25 | 0.22 | 0.21 | 0.68 | 0.23 |
| 7 | 0.41 | 0.35 | 0.44 | 1.20 | 0.40 |
| 14 | 1.54 | 1.48 | 1.48 | 4.50 | 1.50 |
| 21 | 2.53 | 2.41 | 2.28 | 7.22 | 2.41 |

Fuente y elaboración propia

Gráfico 5. Valores de la coordenada de cromaticidad b* de los tratamientos de yogurt aplanado durante almacenamiento de 4°C por 21 días



Fuente y elaboración propia

Tabla N°20: Análisis estadístico de regresión lineal en el comportamiento de b* en las muestras A de yogurt aplanado

| ESTADÍSTICAS DE LA REGRESIÓN | |
|---|-------------|
| Coeficiente de correlación múltiple | 0.991726005 |
| Coeficiente de determinación R ² | 0.983520468 |
| R ² ajustado | 0.975280702 |
| Error típico | 0.168032735 |
| Observaciones | 4 |
| Valor de r | 0.99 |
| Valor de a | 0.84 |
| Valor de b | 0.82 |

Fuente y elaboración propia

En la tabla N° 20, se muestra el valor del coeficiente de correlación múltiple (r) de 0.99 con un 98% de confiabilidad. Badui (2006), cita que los valores de cromaticidad b* presentan un incremento en sus valores mostrando así una mayor estabilidad en el comportamiento de cromaticidad.

Tabla N° 21: Análisis de varianza (ANOVA) en el comportamiento de b* en las muestras A de yogurt aflanado

| | <i>Grados de libertad</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Valor crítico de F</i> |
|-----------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|---------------------------|
| Regresión | 3 | 215.64 | 71.88 | -2.80 | 4.07 |
| Residuos | 8 | 205.47 | -25.68 | | |
| Total | 11 | 10.17 | | | |

Fuente y elaboración propia

En la tabla N° 21, el análisis de varianza (ANOVA) muestra los valores de cromaticidad b* de las muestras A, el cual determinó que el valor de F es -2.80 menor que el valor crítico de F que es 4.07 con un nivel de significancia de 0.05 por lo que, Ho no se rechaza, pues no existen diferencias reales en los valores de mediación de las muestras A.

Tabla N° 22: Análisis estadístico de regresión lineal en el comportamiento de b* en las muestras B de yogurt aflanado

| ESTADÍSTICAS DE LA REGRESIÓN | |
|---|-------------|
| Coeficiente de correlación múltiple | 0.968441291 |
| Coeficiente de determinación R ² | 0.937878534 |
| R ² ajustado | 0.906817801 |
| Error típico | 0.312113761 |
| Observaciones | 4 |
| Valor de r | 0.96 |
| Valor de a | -0.76 |
| Valor de b | 0.76 |

Fuente y elaboración propia

La tabla N°22, muestra el análisis estadístico por regresión lineal donde el valor del coeficiente de correlación múltiple (r) es 0.96 a un 93% de confiabilidad; en comparación con la tabla N° 15, se evidencia una mejor estabilidad de los valores en la muestra A .

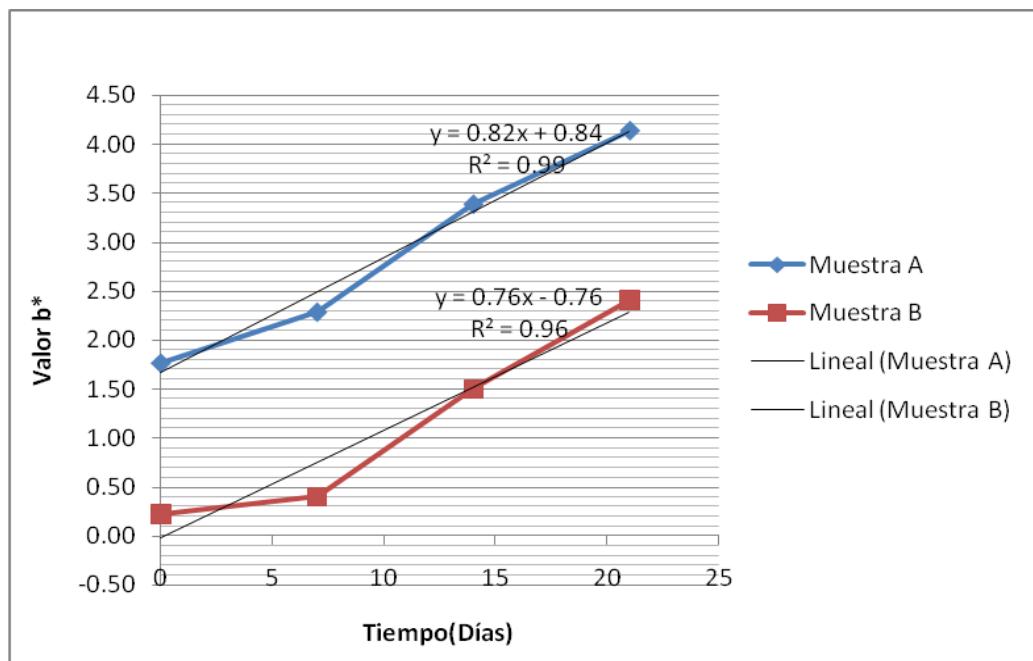
Tabla N° 23: Análisis de varianza (ANOVA) en el comportamiento de b* en las muestras B de yogurt aflanado

| | <i>Grados de libertad</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Valor crítico de F</i> |
|-----------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------|---------------------------|
| Regresión | 3 | 30.83 | 10.28 | -3.83 | 4.07 |
| Residuos | 8 | -21.44 | -2.68 | | |
| Total | 11 | 9.39 | | | |

Fuente y elaboración propia

Referente al comportamiento de las coordenadas b^* se muestra en la tabla N°23 que durante el almacenamiento, según el análisis de varianza (ANOVA), en las muestras B se observó que el valor de $F = 3.8$ es menor que el valor crítico de $F: 4.07$ con un nivel de significancia de 0.05 , la H_0 no se rechaza, dado que no existen diferencias reales en los valores de mediación.

Gráfico 6. Valores de la coordenada de cromaticidad b^* de las muestras de yogurt aplanado en la recta lineal



Fuente y elaboración propia

El gráfico N° 6, se muestra la linealidad en ambas concentraciones; comparando los resultados de cromaticidad b^* se obtuvo 0.99 en el valor de r para la muestra A y 0.96 en las muestras B. Se muestra una mayor estabilidad en los valores de A.

D) Valoración pH

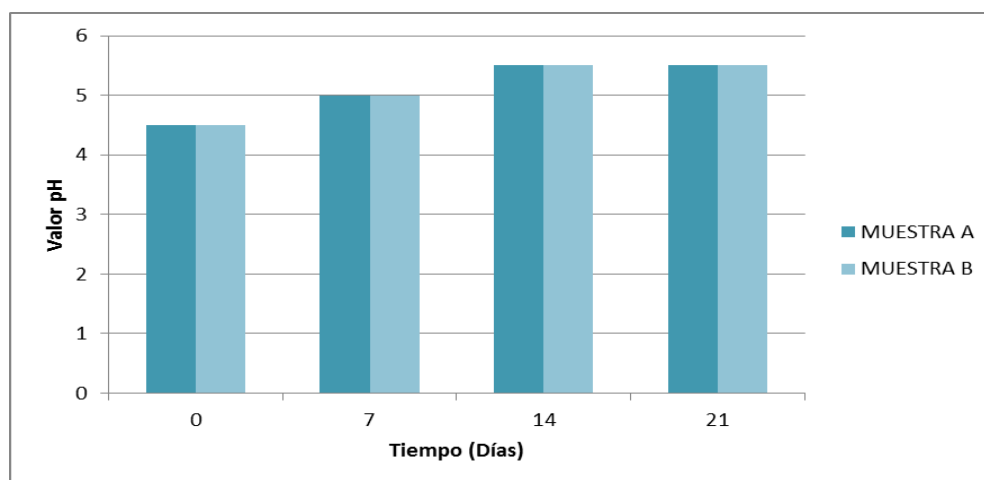
En el gráfico N°7 y en la tabla N°24, se muestra la variación del incremento en los valores de pH de 4,0 a 5,5 durante el tiempo de almacenamiento en los 4 niveles de evaluación para ambas concentraciones; como se reporta en la bibliografía, la estabilidad de la betanina es mayor en el rango de pH 4,0 y 7,0 (Tipe y Lock ,1990) determina que el color rojo de la betanina se mantiene constante en este rango.

Tabla N°24: Resultados de valores de pH de las muestras de yogurt aflanado en almacenamiento a 4°C en 21 días

| Tiempo (Días) | Muestra A | Muestra B |
|---------------|-----------|-----------|
| 0 | 4.5 | 4.5 |
| 7 | 5 | 5 |
| 14 | 5.5 | 5.5 |
| 21 | 5.5 | 5.5 |

Fuente y elaboración propia

Gráfico 7. Valores de pH de las muestras A y B de yogurt aflanado durante almacenamiento de 4°C por 21 días



Fuente y elaboración propia

DISCUSIÓN

- El estudio realizado por Soriano Gonzales R.(2001),sobre la extracción solido- liquido del colorante de ayrampo ; obtuvo como resultado que la proporción utilizada para un buen rendimiento fue de 1:3 a una temperatura de almacenamiento de 30°C, a comparación con el trabajo de investigación, se utilizó dicha proporción 1: 3 con una temperatura de conservación y almacenamiento de 4°C del colorante de ayrampo extraido; obteniendo mejores resultados en la retención del color a temperaturas bajas.
- Tipe H, O; Lock de Ugas O.(1990); en su estudio realizado, evaluaron los factores físicos y químicos que afectan la estabilidad del extracto de ayrampo tales como el pH , temperatura, presencia o ausencia de oxígeno, y aditivos alimentarios, a comparación con el trabajo de investigación realizada se comprobó que dichos factores si interviene en la estabilidad y retención del color del colorante, evaluando el pH, temperatura y tiempo de conservación además de la concentración del colorante se confirma con la referencia de los autores mencionados, se obtiene una mejor estabilidad a condiciones de pH (4-5) , y una temperatura de 4°Cde conservación del colorante.
- En el estudio por Gamarra C.S; Chirinos C.R (2014); evaluaron la influencia de la temperatura y tiempo de conservación en la estabilidad del colorante del ayrampo, obteniendo como resultado a un temperatura de 30°C por 24 horas con un valor de 14,051,27 (ABTS), en comparación con el trabajo realizado se obtuvo una temperatura optima de 4°C en un periodo de 21 días la estabilidad del colorante se mantiene conservada.

CONCLUSIONES

1.-De la evaluación del extracto de betanina a partir de semillas de Ayrampo *Opuntia Soehrensii Britton & Rose* como colorante natural aplicado en yogurt afluado se comprobó que:

- Es estable por un periodo de 21 días.
- Los resultados obtenidos por colorimetría dieron una mayor estabilidad en la retención de color a una dosis de extracto de 10g/kg de yogurt de la concentración A.
- La evaluación de luminosidad presentó un incremento en los valores de los 4 niveles de tiempo, mostrando así su alto grado de estabilidad.
- En los valores de cromaticidad a^* , se dieron como resultando en la recta lineal los valores de $r= 0.94$ y de cromaticidad b^* valores de $r= 0.99$ mostrando estar cerca a los parámetros establecidos de -1 ó 1 para su aceptación.

2.-La betanina como principio activo actuó como colorante natural aplicado en yogurt afluado.

3.-Se corrobora que la concentración y tiempo intervinieron en la estabilidad del colorante y se comprueba que:

- Se observó que a mayor concentración del colorante, la degradación de las betalaínas es más rápida y el pigmento pierde la estabilidad en menor tiempo.
- En el factor tiempo, la concentración A mantuvo una mayor estabilidad en la retención del color, en comparación a la concentración B.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la extracción del extracto de las semillas de Ayrampo como una alternativa de uso del colorante natural, en la industria alimentaria y en el desarrollo de nuevas fuentes alimenticias.
- También se recomienda seguir estudios acerca de la actividad antibacteriana del Ayrampo y su utilización en la industria farmacéutica.
- Seguir con las investigaciones acerca de las actividades de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos encontrados en el Ayrampo para el desarrollo de nuevos productos tecnológicos industriales.
- Impulsar la aplicación de colorantes naturales que desplacen el uso de colorantes sintéticos, evitando así efectos adversos producidos por el consumo en los diversos productos ofrecidos en el mercado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lock U.O. Betalaínas. Colorante Naturales. Lima-Perú. Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.1997.p119-208.
2. Tipe H.O, Lock de Ugaz. H. Estudio de la estabilidad del extracto de Ayrampo *Opuntia Soehrensii Britton & Rose* y de la betanina. Perú. Boletín de la Sociedad Química del Perú. Dpto. de ciencias. Pontificia Universidad Católica del Perú.1990.
3. Sarmiento C.V. Estabilidad fisicoquímica y actividad antioxidante de las betalaínas en el extracto de ayrampo *Opuntia Soehrensii Britton & Rose* durante el proceso de atomizado. [tesis de grado].Perú. Facultad de Industria Alimentaria. Universidad Nacional Agraria La Molina.2003.
4. Fennema O. Química de los alimentos. Las Betalaínas. Zaragoza - España. Editorial Acribia S.A. p826-833
5. Wyle H. Dreiding A.S. Phytolaccanin, der Farbstoff der Kermesbeere(*Phytolacca decandra L.*)Helv.Chim.Acta.44.1961.p249-257
6. Jackman L.R,Smith L.J. Anthocyanins and Betalains. En Natural Food Colorants(G.A. Hendry and J.D Houghton, eds),Blackie and son ltd.,Glosgow.1992. p192.
7. Gamarra C.S. Extracción de betanina de las semillas de ayrampo, evolución de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de los extractos. Perú. Anales Científico-Universidad Nacional Agraria la Molina.2003.
8. Badui D.S. Química de los alimentos .Mexico. Cuarta Edición. Editorial Pearson. 2006. p716
9. Morales M. P. Estudio comparativo de la betanina, capacidad antioxidante y fenólicos totales de los extractos de Ayrampo *Opuntia Soehrensii Britton & Rose* y la betarraga *Beta Vulgaris L* [tesis de grado].Perú. Facultad de Industria Alimentaria. Universidad Nacional Agraria La Molina.2003.
10. Attoe O.E, Elbe V.J. Photochemical. Degradation of betanine and selected anthocyanins. *Journal of food Sciencie*.1981.p1934-1937

11. Vergara H.C. Extracción y estabilización de betalaínas de Tuna Purpura *Opuntia ficus-indica* mediante tecnología de membranas y microencapsulación, como colorante alimentario [tesis doctoral]. Santiago. Universidad de Chile.2013.
12. Caldas C. Estudio de la estabilidad del extracto de betanina a partir de las semillas de ayrampo *Opuntia Soehrensii Britton & Rose* aplicado en helado de agua.[Tesis de grado].Perú.Facultad de industria alimentaria.Universidad Nacional Agraria la Molina.2008
13. Cubero C.N, Monferrer M.A, Villalta H.J. Tecnología de los alimentos. Aditivos alimenticios .Madrid. Editorial Mundi Prensa. España. 2002.
14. Gamarra C.S, Chirinos G.R. Evaluación de la capacidad antioxidante, compuestos fenólicos y betaninas en extracto acuoso de Ayrampo *Opuntia Soehrensii Britton & Rose* y evaluación de su estabilidad. Perú. Anales Científico-Universidad Nacional Agraria La Molina.2004.
15. Cespedes C.N, Martinez O.B. Técnicas y procedimientos de Estudio, Investigación y Escritura .Metodo de Muestreo. Barcelona.Editorial Gedisa Mexicana S.A. 2004.p 233
16. Collazos C, Alvisur J, Vasquez G,Herrera A, Robles G, Hernandez F, Tablas peruanas de composición de los alimentos.7ma edición .Ministerio de Salud . Centro regional de alimentos y nutrición.Lima-Perú. 1996.
17. Codex alimentarius .Leche y productos lácteos.Norma del codex para yogurt azucarado. 2da Edición Vol 12. Programa conjunto FAO/OMS.Roma- Italia.2000.p130.
18. Cruz V.E, Franco R.S, Propuesta de un colorante natural a partir de semillas de *Persea americana M* (Aguacate).Sistema bibliotecario. Universidad de el salvador.[Sitio en internet].Disponible en: <http://virtual.ues.edu.sv> consultado:12 de octubre.2014.
19. CHR Hansen.Ice cream application sheet.Natural syntethetic color´s in dairy application .Natural and healthy color´s .Horsholm- Dinamarca.2005.
20. Indecopi. Normas Técnicas peruanas. Normas para leche y productos lacteos.Comisión de reglamentos Técnicos y comerciales. Lima -Perú

21. Konica Minolta. Precise color communication. Color control from perception to instrumentation. Konica Minolta. Senseng Inc. Japan
22. Soriano G. R. Obtención de colorante natural a partir de Ayrampo. España. Ingeniería Química. Universidad Técnica de Oruro. 2001.

ANEXOS

ANEXO N° 1: MATRIZ DE CONSISTECIA

Título: **ESTABILIDAD DEL EXTRACTO DE BETANINA DE SEMILLAS DE AYRAMPO** *Opuntia Soehrensii Britton & Rose* **COMO COLORANTE EN YOGURT**

Presentado por: PAHUACHO SEDANO, Elizabeth Cinthia

| PROBLEMA GENERAL | OBJETIVO GENERAL | HIPÓTESIS GENERAL | TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN | METODO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN | VARIABLES | POBLACIÓN Y MUESTRA |
|--|---|---|--|---|---|--|
| <p>¿Cuál es la estabilidad del extracto de betanina a partir de semillas de ayrampo <i>Opuntia Soehrensii Britton & Rose</i> como colorante natural aplicado en yogurt aflanado en un periodo de 21 días?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>P.E.1: ¿Cuál es el principio activo de las semillas de ayrampo <i>Opuntia Soehrensii Britton & Rose</i> que actuaría como colorante natural en la elaboración de yogurt aflanado?</p> <p>P.E.2: ¿Cuáles serían los factores que intervienen en la estabilidad del extracto de Ayrampo <i>Opuntia Soehrensii Britton & Rose</i> aplicado en yogurt aflanado?</p> | <p>Demostrar la estabilidad del extracto de betanina a partir de semillas de Ayrampo <i>Opuntia Soehrensii Britton & Rose</i> como colorante natural aplicado en yogurt aflanado en un periodo de 21 días.</p> <p>OBJETIVOS ESPECIFICOS</p> <p>O.E.1: Determinar si la betanina como principio activo de la semilla de Ayrampo <i>Opuntia Soehrensii Britton & Rose</i> actúa como colorante natural en la elaboración de yogurt aflanado,</p> <p>O.E.2: Identificar los factores que intervienen en la estabilidad del extracto de Ayrampo <i>Opuntia Soehrensii Britton & Rose</i> aplicado en yogurt aflanado</p> | <p>El extracto de betanina a partir de semillas de Ayrampo <i>Opuntia Soehrensii Britton & Rose</i> alcanzaría el nivel de estabilidad optimo en un periodo de 21días</p> <p>HIPÓTESIS ESPECIFICOS</p> <p>H.E.1: La betanina como principio activo de la semilla de Ayrampo <i>Opuntia Soehrensii Britton & Rose</i> actuaría como colorante natural en la aplicación de yogurt aflanado.</p> <p>H.E.2: Los factores que intervendrían en la estabilidad del extracto de Ayrampo <i>Opuntia Soehrensii Britton & Rose</i> serían pH, concentración y tiempo.</p> | <p>Tipo de investigación:</p> <p>Cuasi-experimental</p> <p>Descriptivo de tipo transversal</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>Descriptivo</p> | <p>Método de investigación:</p> <p>Científica Cuasi-experimental Cuantitativa</p> <p>Diseño de investigación:</p> <p>Cuasi-experimental</p> | <p>Variable Independiente:</p> <p>Concentración del colorante Ayrampo <i>Opuntia Soehrensii Britton & Rose</i></p> <p>Indicadores:</p> <p>Y1: Al 10 % Y2: Al 15%</p> <p>Variable dependiente:</p> <p>Variación en el color</p> <p>Indicadores:</p> <p>X1: Días de almacenamiento X2: Variación de pH.</p> | <p>Población:</p> <p>10 Litros de yogurt aflanado</p> <p>Muestra:</p> <p>2 Litros de yogurt aflanado</p> |

ANEXO N° 2: LECTURA POR COLORÍMETRIA



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Teléfono 3495647 3495669 / Anexo 247 Telefax.3495764



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN E INSTRUMENTACIÓN
INFORME DE ENSAYO
N° 022-2014- LII / FIAL

Datos de la muestra

Muestra: Yogurt
Peso: 300ml. aproximadamente.
Presentación: Recipiente de material plástico.
Temperatura: 24 °C.

Datos del ensayo

Equipo: Colorímetro Kónica Minolta CR400
Tipo de ensayo: Color
Fecha de ejecución: 19 de Noviembre del 2014
Repeticiones: 3

Resultados

| Escala: | Muestra A | | | Muestra B | | |
|---------------------|-----------|--------|--------|-----------|--------|--------|
| | L* | a* | b* | L* | a* | b* |
| | 68,75 | 13,03 | 1,78 | 65,43 | 17,7 | 0,25 |
| | 68,69 | 13,07 | 1,77 | 65,30 | 17,63 | 0,22 |
| | 68,75 | 13,11 | 1,76 | 64,86 | 17,62 | 0,21 |
| Promedio | 68,73 | 13,07 | 1,77 | 65,19 | 17,65 | 0,22 |
| Desviación estándar | ± 0,03 | ± 0,04 | ± 0,01 | ± 0,04 | ± 0,04 | ± 0,02 |

*Los valores reportados son el promedio de tres repeticiones

Emitido el 20 de Noviembre del 2014

Mg. Sc. Mariana Inga Guevara
Jefa del Laboratorio de Investigación
e Instrumentación - FIAL





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
 Teléfono 3495647 3495669 / Anexo 247 Telefax.3495764



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN E INSTRUMENTACIÓN
INFORME DE ENSAYO
 N° 023-2014- LII / FIAL

Datos de la muestra

Muestra: Yogurt
 Peso: 300ml. aproximadamente.
 Presentación: Recipiente de material plástico.
 Temperatura: 24 °C.

Datos del ensayo

Equipo: Colorímetro Kónica Minolta CR400
 Tipo de ensayo: Color
 Fecha de ejecución: 26 de Noviembre del 2014
 Repeticiones: 3

Resultados:

| Escala: | Muestra A | | | Muestra B | | |
|---------------------|-----------|--------|--------|-----------|--------|--------|
| | L* | a* | b* | L* | a* | b* |
| | 69,32 | 13,03 | 2,21 | 64,86 | 18,41 | 0,41 |
| | 69,35 | 13,24 | 2,40 | 64,90 | 17,88 | 0,35 |
| | 69,25 | 12,98 | 2,26 | 64,89 | 18,23 | 0,44 |
| Promedio | 69,25 | 13,08 | 2,29 | 64,88 | 18,17 | 0,40 |
| Desviación estándar | ± 0,14 | ± 0,14 | ± 0,10 | ± 0,02 | ± 0,27 | ± 0,05 |

*Los valores reportados son el promedio de tres repeticiones

Emitido el 26 de Noviembre del 2014


 Mg. Sc. Marianela Inga Guevara
 Jefa del Laboratorio de Investigación
 e Instrumentación - FIAL





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Teléfono 3495647 3495669 / Anexo 247 Telefax.3495764



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN E INSTRUMENTACIÓN
INFORME DE ENSAYO
N° 024-2014- LII / FIAL

Datos de la muestra

Muestra: Yogurt
Peso: 300ml. aproximadamente.
Presentación: Recipiente de material plástico.
Temperatura: 24 °C.

Datos del ensayo


Equipo: Colorímetro Kónica Minolta CR400
Tipo de ensayo: Color
Fecha de ejecución: 04 de Diciembre del 2014
Repeticiones: 3

Resultados:

| Escala: | Muestra A | | | Muestra B | | |
|---------------------|-----------|--------|--------|-----------|--------|--------|
| | L* | a* | b* | L* | a* | b* |
| | 70,74 | 12,85 | 3,52 | 66,88 | 18,42 | 1,54 |
| | 71,16 | 12,83 | 3,40 | 67,25 | 18,44 | 1,48 |
| | 71,24 | 12,62 | 3,25 | 67,33 | 18,50 | 1,48 |
| Promedio | 71,05 | 12,77 | 3,39 | 67,15 | 18,45 | 1,50 |
| Desviación estándar | ± 0,27 | ± 0,13 | ± 0,14 | ± 0,24 | ± 0,04 | ± 0,03 |

*Los valores reportados son el promedio de tres repeticiones

Emitido el 09 de Diciembre del 2014


Mg. Sc. Mariana Inga Guevara
Jefa del Laboratorio de Investigación
e Instrumentación – FIAL





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
 Teléfono 3495647 3495669 / Anexo 247 Telefax.3495764



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN E INSTRUMENTACIÓN
INFORME DE ENSAYO
 N° 025-2014- LII / FIAL

Datos de la muestra

Muestra: Yogurt
 Peso: 300ml. aproximadamente.
 Presentación: Recipiente de material plástico.
 Temperatura: 24 °C.

Datos del ensayo

Equipo: Colorímetro Kónica Minolta CR400
 Tipo de ensayo: Color
 Fecha de ejecución: 10 de Diciembre del 2014
 Repeticiones: 3

Resultados

| Escala: | Muestra A | | | Muestra B | | |
|---------------------|-----------|--------|--------|-----------|--------|--------|
| | L* | a* | b* | L* | a* | b* |
| | 73,36 | 12,56 | 4,19 | 70,35 | 16,93 | 2,53 |
| | 73,34 | 12,60 | 4,10 | 70,31 | 17,24 | 2,41 |
| | 73,40 | 12,51 | 4,15 | 70,28 | 17,10 | 2,28 |
| Promedio | 73,37 | 12,56 | 4,14 | 70,31 | 17,09 | 2,41 |
| Desviación estándar | ± 0,03 | ± 0,04 | ± 0,01 | ± 0,04 | ± 0,04 | ± 0,02 |

*Los valores reportados son el promedio de tres repeticiones

Emitido el 15 de Diciembre del 2014


 Mg. Sc. Mariana Inga Guevara
 Jefa del Laboratorio de Investigación
 e Instrumentación - FIAL



ANEXO N°3: MUESTRAS

3.1 Extracción del extracto de semillas de Ayrampo



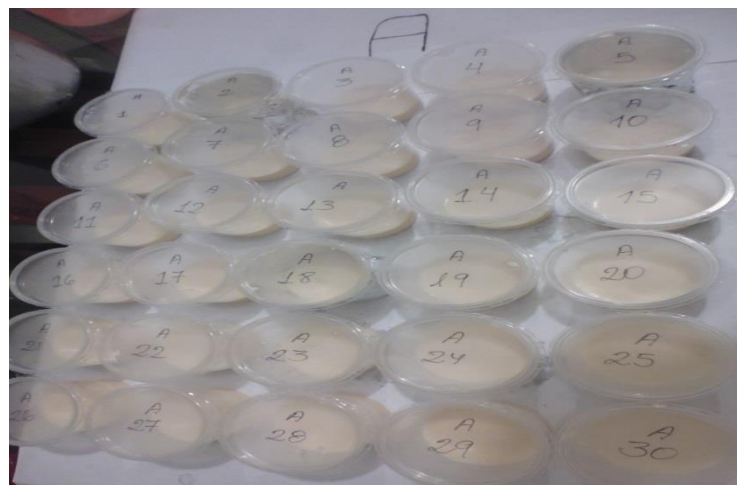
3.2 Elaboración de yogurt aflanado



3.3 Aplicación del colorante de Ayrampo



3.3 Muestras de yogurt aplanado



ANEXO N°4: INSTRUMENTOS

4.1 Colorímetro



4.1 Lectura en el Colorimetría



