

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y DE ALIMENTOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS



“CINÉTICA DE DEGRADACIÓN DEL CONTENIDO DE
ANTOCIANINAS EN GOMITAS ELABORADAS CON
EXTRACTO DE ZEA MAYS FORTIFICADOS CON HIERRO
HEMO”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE
ALIMENTOS

ELABORADO POR

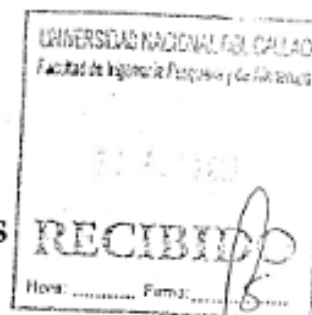
HERBERT MARTÍN ENDO ROJAS

CALLAO – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y DE ALIMENTOS

Bellavista 24 de Abril del 2018



SEÑOR. Mg. Walter Alvites Ruesta
Decano de la Facultad de
Ing. Pesquera y de Alimentos

Presente:

Es grato dirigimos a Usted a fin de saludarlo y de acuerdo a la Resolución N° 096-2016-DFIPA ,hacerle llegar el dictamen colegiado de los señores profesores :
Ing. Victor Higinio Rubio ,Q.F. Néstor Gomero Ostos y Mg. Etelvina C. León Chumbiauca ,miembros del Jurado Evaluador de SUSTENTACION de la tesis intitulada
“ CINÉTICA DE DEGRADACIÓN DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN GOMITAS ELABORADAS CON EXTRACTO NATURAL FORTIFICADOS CON HIERRO “ , presentada por el Sr. Bachiller :ENDO ROJAS HERBERT MARTÍN .
Realizada el día viernes 20 de Abril del 2018.

Dictaminamos que el señor Bachiller Endo Rojas Herbert Martin, durante la sustentación respondió bien a las preguntas formuladas por el jurado evaluador por tanto acordamos aprobar la sustentación de la tesis ,como muy bueno, y damos conformidad para que el Ingeniero ENDO ROJAS HERBERT MARTÍN continúe con el trámite correspondiente,previo levantamiento de observaciones de forma.(SE ADJUNTA LAS OBSERVACIONES)
Usamos la ocasión para testimoniarle los sentimientos de nuestra especial consideración y estima personal.

Atentamente

Mg Etelvina C. León Ch.
Presidenta

Ing. Victor Higinio Rubio
Vocal

Q.F. Néstor Gomero Ostos
Secretario

cc. Miembros del jurado evaluador
cc. Asesor, interesado y archivo

**CINÉTICA DE DEGRADACIÓN DEL CONTENIDO DE
ANTOCIANINAS EN GOMITAS ELABORADAS CON EXTRACTO
DE ZEA MAYS FORTIFICADOS CON HIERRO HEMO**



Herbert Martin Endo Rojas
TESISTA



Ing. Ana Rosario Mercado del Pino
ASESORA



Ing. Erick Álvarez Yanamango
CO - ASESOR

Dedicatoria

A mi madre Elvira Rojas una mujer fuerte y trabajadora; por sus consejos, enseñanzas y apoyo incondicional en los buenos y malos momentos.

AGRADECIMIENTO

En primer término quisiera agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC) por el financiamiento para realizar este trabajo de investigación con número 145 – 2015 - Cienciactiva.

Agradecer a la Ing. Mabel Luna directora del Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustrias (IIEA) al brindarme el uso de las instalaciones y equipos que me permitieron desarrollar y culminar la investigación, así como a mi asesora la Ing. Ana Mercado del Pino por su orientación y consejos, a mi co-asesor el Ing. Erick Álvarez Yanamango.

Un agradecimiento a los doctores Emilio Guija, Jhon Ponce y Miguel Inocente del Centro de Investigación de Bioquímica y Nutrición de la Universidad San Martín de Porres por su apoyo al usar sus instalaciones.

A mi familia por su apoyo incondicional, motivación y paciencia en el proceso de investigación.

INDICE

INDICE	7
INDICE DE TABLAS	8
INDICE DE GRAFICOS	10
RESUMEN	12
ABSTRACT.....	15
CAPITULO I	16
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1 Identificación del problema.....	16
1.2 Formulación del problema.....	17
1.3 Objetivos de la investigación.....	18
1.3.1 General	18
1.3.2 Específicos	18
1.4 Justificación.....	17
CAPITULO II.....	18
MARCO TEORICO.....	18
2.1 Antecedentes.....	18
2.2 Bases teóricas.....	25
2.3. Definiciones básicas.....	48

CAPITULO III.....	49
VARIABLES E HIPOTESIS	49
3.1 Variables de la investigación:.....	49
3.2 Operacionalización de variables:.....	49
3.3Hipótesis.....	50
CAPITULO IV.....	53
METODOLOGÍA	53
4.1 Tipo de investigación.....	53
4.2 Diseño de la investigación.....	53
4.3 Población y muestra.....	54
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	55
4.5 Procedimiento de recolección de datos.....	57
4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos.....	58
CAPÍTULO V	60
RESULTADOS.....	60
5.1 Caracterización de la gomita con extracto de Zea mays fortificado con hierro (grados Brix, pH, porcentaje de humedad y textura).....	60
5.2 Evaluación del contenido de antocianinas durante el almacenamiento.....	63
5.3 Evaluación de la relación del color y el contenido de antocianinas durante el almacenamiento.....	67

5.4 Determinación del orden de reacción para la cinética de degradación de color y antocianinas en función al tiempo almacenamiento.....	68
5.5 Cinética de degradación de color y contenido de antocianinas en gomitas elaboradas con extracto de Zea mays fortificadas con hierro hemínico.....	70
CAPITULO VI.....	79
DISCUSION DE RESULTADOS	79
6.1 Evaluación de la relación del color y el contenido de antocianinas durante el almacenamiento.....	79
6.2 Cinética de degradación de antocianinas y color en el almacenamiento.....	85
CAPITULO VII	87
CONCLUSIONES	87
CAPITULO VIII.....	89
RECOMENDACIONES.....	89
CAPITULO IX.....	88
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	88
ANEXOS	98

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1 Propiedades, química y origen para gomas y agentes gelificantes.....	24
Tabla N° 2.2 Características de los agentes gelificantes	26
Tabla N° 2.3 Defectos comunes en la elaboración de gomitas, con causas y soluciones.....	27
Tabla N° 2.4 Clasificación de antocianinas.....	32
Tabla N° 2.5 Antocianidinas presentes en alimentos	35
Tabla N° 2.6 Temperaturas recomendadas para estudio de vida útil	44
Tabla N° 2.7 Diferencia entre hierro hemínico y no hemínico.....	45
Tabla N° 4.1 Componentes del espacio CIELAB.....	55
Tabla N° 5.1 Caracterización de la gomita.....	60
Tabla N° 5.2 Contenido de antocianinas a 15°C.....	63
Tabla N° 5.3 Contenido de antocianinas a 25°C.....	64
Tabla N° 5.4 Contenido de antocianinas a 35°C.....	64
Tabla N° 5.5 Relación de color y contenido de antocianinas a 15°C.....	66
Tabla N° 5.6 Relación de color y contenido de antocianinas a 25°C.....	66
Tabla N° 5.7 Relación de color y contenido de antocianinas a 35°C.....	67
Tabla N° 5.8 Correlación de Pearson entre antocianinas y color.....	67
Tabla N° 5.9 Orden de reacción en antocianinas según la temperatura de almacenamiento.....	68

Tabla N° 5.10	Orden de reacción en c^* según la temperatura de almacenamiento.....	69
Tabla N° 5.11	Orden de reacción en L^* según la temperatura de almacenamiento.....	69
Tabla N° 5.12	Contenido de antocianinas (mg/ g coronta) durante el almacenamiento.....	70
Tabla N° 5.13	Ecuaciones de la cinética de degradación de antocianinas.....	71
Tabla N° 5.14	Velocidad de reacción con respecto a la temperatura de almacenamiento.....	72
Tabla N° 5.15	Factor Q10 por temperatura.....	73
Tabla N° 5.16	Comportamiento de la cromaticidad (c^*) durante el almacenamiento.....	73
Tabla N° 5.17	Ecuaciones de cinética de degradación de cromaticidad (c^*).....	74
Tabla N° 5.18	Velocidad de reacción con respecto a la temperatura de almacenamiento.....	75
Tabla N° 5.19	Comportamiento de la luminosidad (L^*) durante el almacenamiento	76
Tabla N° 5.20	Ecuaciones de cinética de degradación de Luminosidad (L^*)...77	
Tabla N° 8.1	Variación de color (ΔE) en el almacenamiento.....	105

INDICE DE GRAFICOS

Grafico N° 2.1 Clasificación de compuestos fenólicos.....	30
Grafico N° 2.2 Estructura de antocianina.....	31
Grafico N° 2.3 Relación de la temperatura con tiempo de vida.....	43
Grafico N° 2.4 Estructura del grupo hemínico.....	46
Grafico N° 4.1 Almacenamiento de la gomita a 15°C, 25°C y 35°C.....	58
Grafico N° 5.1 Variación de grados brix en almacenamiento.....	61
Grafico N° 5.2 Variación de pH en almacenamiento.....	61
Grafico N° 5.3 Variación de humedad (%) en almacenamiento.....	62
Grafico N° 5.4 Variación de textura en almacenamiento.....	62
Grafico N° 5.5 Variación del contenido de antocianinas (mg/ g coronta) en almacenamiento.....	65
Grafico N° 5.6 Cinética de degradación de antocianina en la gomita durante el almacenamiento.....	71
Grafico N° 5.7 1/T versus Ln(k).....	72
Grafico N° 5.8 Temperatura (°C) versus tiempo (meses).....	73
Grafico N° 5.9 Cinética de degradación de la cromaticidad (c*) en la gomita durante el almacenamiento.....	74
Grafico N° 5.10 1/T versus Ln(k).....	75
Grafico N° 5.11 Temperatura (°C) versus semanas.....	76

Grafico N° 5.12 Cinética de degradación de la luminosidad (L^*) en la gomita durante el almacenamiento.....	77
Grafico N° 5.13 $1/T$ versus $\ln(k)$	78
Grafico N° 5.14 Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) versus Semanas.....	78
Grafico N° 6.1 Relación de antocianinas (mg/ g coronta) y color (luminosidad y cromaticidad) a 15°C	80
Grafico N° 6.2 Relación de antocianinas (mg/ g coronta) y color (luminosidad y cromaticidad) a 25°C	81
Grafico N° 6.3 Relación de antocianinas (mg/ g coronta) y color (luminosidad y cromaticidad) a 35°C	82
Grafico N° 8.1 Perfil de textura genérico obtenido para un alimento.....	96
Grafico N° 8.2 Variación de color (ΔE) en el almacenamiento.....	105

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se estudió la cinética de degradación de las antocianinas en gomitas elaboradas con extracto natural de maíz morado que se encuentran fortificadas con hierro hemínico. Puesto que las antocianinas son pigmentos que se encuentran en diversos alimentos y que actúan como antioxidantes, su consumo previene enfermedades cardiovasculares, carcinógenas y tiene capacidad antiinflamatoria.

Las gomitas son productos de confitería que tienen consumidores de diferentes edades, por ello se escogió el extracto de maíz morado para observar la cinética de color y antocianinas durante el almacenamiento. Se caracterizó las gomitas mediante análisis fisicoquímicos (grados Brix, pH, humedad y textura), además se evaluó el contenido de antocianinas por el método de pH diferencial, en la experimentación se observó una reducción de 62.83% a 25°C, por otro lado el orden de reacción para la degradación de antocianinas fue uno ($n=1$); por medio de la ecuación de Arrhenius se calculó de la energía de activación (E_a) que fue de 48.32 kJ/mol es así que el tiempo de vida de producto fue de 4.2 meses. Los parámetros de color como cromaticidad (c^*) y luminosidad (L^*) fueron cero ($n=0$); se determinó que la vida útil para cada uno fue de 3.5 y 1.5 semanas respectivamente a la temperatura de 25°C.

ABSTRACT

In the present research work was studied the kinetic of degradation anthocyanins in gummies elaborated with natural extract of purple corn, these ones are fortified with heme iron. The anthocyanins are pigments that are found in different foods and perform like antioxidants, their consumption prevent cardiovascular, carcinogenic illness and anti-inflammatory capacity.

The gummies are confectionary products that have consumption to different ages; thus it chosen the purple corn extract for observed the kinetic of color and anthocyanins during storage. It was characterized the gummies through physicochemical analysis (Brix, pH, moisture and texture), moreover it was evaluated the content anthocyanins for the pH differential method, in the experiment was observed a reduction of 62.83% to 25°C, for other side the reaction order for the anthocyanins degradation was one ($n=1$); through the Arrhenius equation was calculated energy of activation (E_a) what was 48.32 kJ/mol it is like that the shelf life the gummies was 4.2 months. The parameters of color like chromaticity (c^*) and luminosity (L^*) were zero ($n=0$); it was determined the shelf life for each one was 3.5 and 1.5 weeks to the temperature to 25°C.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema

En la actualidad, existe una tendencia por el consumo de alimentos naturales o productos con alto contenido nutricional y que su ingesta tenga efectos positivos para la salud. Este producto de confitería tiene un valor agregado que es el extracto natural proveniente del maíz morado, pudiendo mencionar entre sus efectos antioxidantes la reducción de la probabilidad de enfermedades cardiovasculares, así como actividad anticarcinógena, antiinflamatoria, antitumoral y antidiabética (Ghiselli , Nardini, Baldi, & Scaccini, 1998)

Uno de los principales problemas en la elaboración de gomitas es la sinéresis de los geles ya que si no ha alcanzado un pH adecuado no se obtendrá la textura deseada, por otro lado la temperatura en la que se almacene puede acelerar el proceso de sinéresis (Badui, 2006). Los pigmentos de origen natural tienden a perder coloración y otras propiedades funcionales para la salud a ciertas condiciones durante un periodo de tiempo; su estabilidad depende de diversos factores como el pH, temperatura, oxígeno, copigmentación, azúcar y iones metales (Fennema, 2000).

En el caso de las antocianinas se observa cambios de coloración y disminución de los niveles de antioxidante durante su almacenamiento, por ello se pretende investigar su comportamiento ya que se encuentra presente en las gomitas elaboradas con extracto de Zea mays fortificadas con hierro hemo con diferentes temperaturas de almacenamiento durante un período de tiempo; ya que al observarse cambios en la coloración del producto lo hace menos atractivo para el consumidor.

Haciendo la cinética de degradación de las antocianinas se podrá observar su comportamiento y conocer cuáles son las condiciones en las que hay mayor presencia del antioxidante en mención ya que este producto es de gran consumo por público de diferentes edades.

1.2 Formulación del problema

¿Cómo influye la temperatura de almacenamiento en la degradación de las antocianinas en las gomitas elaboradas con extracto de Zea mays usadas como vehículo de hierro hémico?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 General

Determinar la cinética de degradación del contenido de antocianinas en gomitas elaboradas con extracto de *Zea mays* fortificadas con hierro hemo.

1.3.2 Específicos

- a. Caracterizar física y química la gomita con extracto de *Zea mays* fortificada con hierro hemo (grados Brix, pH, porcentaje de humedad y textura).
- b. Evaluar el contenido de antocianinas (cianidina 3- glucósido) y parámetros colorimétricos, durante el almacenamiento de la gomita elaborada con extracto de *Zea mays* fortificada con hierro.
- c. Determinar la relación del color y contenido de antocianinas (cianidina 3- glucósido) durante en el almacenamiento de la gomita elaborada con extracto de *Zea mays* fortificada con hierro.

1.4 Justificación

El consumo de gomitas con extracto natural de Zea mays fortificadas con hierro hemo podría tener efectos positivos en la salud de los consumidores, la antocianina presente en el extracto es un antioxidante natural tiende a reducir la presencia de diversas enfermedades y la presencia de hierro también se puede prevenir la anemia que es un problemática nacional, hasta el 2014 se determinó que entre zonas rurales y urbanas ha llegado hasta el 50% (MINSA, 2015); y la Organización Mundial de la Salud registra un 24.8% de la población mundial (OMS, 2016). Se estudiará el comportamiento de las antocianinas presentes en forma de extracto natural en un producto de confitería como son las gomitas que a su vez están fortificadas con hierro a ciertas condiciones de almacenamiento; por otro lado al ser un producto consumido por personas de distintas edades podrá ser fácilmente adquirido a un precio no tan alto.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes

1. Luna-Vital & et al 2016, Estudiaron el impacto de la antocianinas condensadas extraídas del pericarpio del maíz morado en color y estabilidad química por pH diferencial comparando extracto completo con un extracto sin condensar. Los extractos fueron disueltos en rangos de pH entre 2 – 6 y almacenados por 12 semanas a 22 °C; la estabilidad del color en las antocianinas decrece al incrementarse el pH. Se observó leves diferencias de color todo el tiempo a pH 2 (ΔE desde 0.2 a 3.6); después de 12 semanas a pH 6 se produjo cambios en color (ΔE desde 17.7 a 47.5), la predicción del tiempo de vida media en antocianinas totales fue de 1.8 a 3 semanas, en comparación a pH 2 que fue de 44.6 a 60.7 semanas. Se concluyó que la forma condensada tuvo una degradación cinética similar a las antocianinas monomérica.

2. Şelale Kara Yalçınöz and Emine Alben Erçelebi 2015, En este estudio analizaron las propiedades fisicoquímicas (pH, antocianina monomérica total, acidez total, fenoles totales y actividad antioxidante) y además se investigó la cinética de degradación térmica y los parámetros de color Hunter de la cereza

cornalina (*Cornus mas* L.) en tres concentraciones 60, 70 y 80°C. La cinética de degradación de la antocianinas monomérica sigue el primer orden, los parámetros de color L*, a*, b* los valores fueron medidos caracterizando el color obteniéndose que el orden de la cinética de modelamiento fue de orden cero. Los valores de la vida media de la degradación de la antocianinas fue de 5.7, 4.3 y 2.1 hr in las cerezas concentradas a 60, 70 y 80°C respectivamente. La degradación de la antocianinas dependió de la temperatura para la determinar la Ea, esta se calculó 48.38 kJ/mol entre 60-80°C.

- 3. Arrazola et al 2014,** Estudiaron la obtención y evaluación de la estabilidad de las antocianinas de berenjena en bebidas. Los extractos fueron obtenidos con maltodextrina mediante el secado por aspersión, se evaluó la estabilidad del producto en polvo en bebidas isotónicas y en bebidas a base de aloe vera. Las condiciones de secado fueron de 180°C con una concentración de solidos del 30%. Se analizó los cambios de color y contenido de antocianinas a temperaturas de almacenamiento de 4 y 25°C, observándose que a una temperatura de almacenamiento de 25°C hubieron valores bajos de retención de antocianinas. Pero la bebida isotónica y la bebida con aloe vera que fueron almacenadas a una temperatura de 4°C tuvieron una mayor retención de antocianinas (54 y 77.5%).
- 4. Kopjar y Pilizota 2011,** Evaluaron la prevención de la degradación termal de antocianinas de zumo de mora por la adición de azúcar. Prepararon muestras de

zumo de mora sin y con adición de 10% de diferentes azúcares (sacarosa, fructosa, glucosa y trehalosa) y fueron calentados a 50, 70 y 90 °C durante 1 y 2 horas. Observaron la degradación de antocianinas, durante el tiempo, el cual tuvo una reacción de primer orden, el cálculo de la constante de velocidad de reacción (k), semivida ($t_{1/2}$) y energía de activación se llevó a cabo. Durante el calentamiento la degradación de antocianinas, vario desde 99.32 a 180.60 mg/L dependiendo del azúcar, temperatura aplicada y el tiempo de calentamiento. La adición de trehalosa tuvo el mayor impacto en la estabilidad de antocianinas durante el calentamiento a 50°C (180.60 y 160.94 mg/L dependiendo del tiempo) pero a 70°C (163.57 y 127.5 mg/L) y a 90°C (145.66 y 107.58 mg/L). Las muestras con adición de trehalosa tuvieron unos valores k más bajos ($0.317 h^{-1}$) así como los mayores valores $t_{1/2}$ a todas las temperaturas investigadas. Se concluyó que hubieron inconveniente de estabilidad de antocianinas a 50°C en todas los azucares, pero a 70 y 90°C se observó estabilidad con la adición de trehalosa.

5. Martinez et al 2011, Estudiaron la cinética de la estabilidad térmica y de almacenamiento de las antocianinas en jugo y concentrado de agraz (*Vaccinium meridionale Sw.*) siguió una cinética de primer orden. La degradación de las antocianinas con la temperatura fue modelada adecuadamente con la ecuación de Arrhenius. El efecto del pH en la estabilidad térmica de las antocianinas en

los concentrados de agraz se estudió a seis diferentes valores (3,0 – 8,0) en buffer citrato-fosfato. Se observó que en el proceso de concentración hubo una pérdida del 22.16% de antocianinas; y que a una temperatura de 70°C los jugos concentrados son más estables pero a medida que incrementa la temperatura la relación es inversa. Durante el almacenamiento se observó que a una temperatura de 37°C hubo mayor degradación a las 7.5 semanas con respecto a la temperatura de refrigeración (4°C) a las 3 semanas. Se concluyó que la degradación de las antocianinas fue mayor para el jugo que para el concentrado y una disminución significativa en la estabilidad de las antocianinas del concentrado se observó a pH cercano a 5,0 y que la temperatura de almacenamiento tiene un claro efecto en la degradación de las antocianinas.

- 6. Aguilera et al 2009,** Caracterizaron y observaron la estabilidad de antocianinas de higo de la variedad Mission, donde las antocianinas fueron extraídas del tejido epidérmico liofilizado por 34 h a una temperatura de -34°C. para la obtención de los extractos se usaron solventes orgánicos como metanol, agua y ácido fórmico con un pH de 3.45 (acidificado hidrolizado con HCl). Se determinó el contenido de antocianinas por el método de pH diferencial a una longitud de onda de 520 y 700 nm obteniéndose 162 mg (100g de tejido epidemial), pero por el método de HPLC se separó e identificó la cianidina como única antocianina presente en el higo y que presenta mayor estabilidad en condiciones de extracción con un pH de 3 a 4 °C y en oscuridad, conservándose por 14 días.

7. **Zhendong Yang & et al 2007**, Estudiaron la cinética de degradación térmica de antocianinas y color en un extracto acuoso de maíz morado (*Zea mays L.*). para el estudio de la cinética se seleccionó tres temperaturas (70°C, 80°C y 90°C) a un pH 4.0; el resultado fue la degradación térmica de la antocianinas y de color tomando como parámetros c^* , a^* y ΔE , además se observó que la cinética sigue una reacción de primer orden, mientras que con los parámetros de h° y b^* sigue una reacción de orden cero. La energía de activación (E_a) fue de 18.3, 35.9, 37.1, 31.6, 34.9 y 30 kJ/mol por antocianinas, c^* , a^* , ΔE , h° y b^* respectivamente. Una alta energía de activación indica que a mayor temperatura existe una mayor sensibilidad de color comparado con el contenido de antocianinas.

8. **Patiwit Loypimai & et al 2002**, Estudiaron la estabilidad de la antocianinas como colorante alimentario en polvo prediciendo los cambios que ocurren en los productos alimentarios que son procesados, prevención y el control de la degradación de las antocianinas. Se identificó las antocianinas presentes en el colorante natural en polvo obtenido del arroz negro, estudiándose la estabilidad térmica a 60, 80 y 100°C; la estabilidad del pH fue de 2 a 5 y también la correlación con el color L^* , c^* y h° . Se observó que en el producto hay seis tipos de antocianinas, la degradación térmica en color como en las antocianinas siguió una cinética de primer orden, y al observar la dependencia con la temperatura se adecuó a la ecuación de Arrhenius. Se observó un incremento en el pH, baja

energía de activación (E_a) y un tiempo de vida bajo. La cianidina – 3 – O-glucósido mostró una correlación positiva con el parámetro de color c^* .

2.2 Bases teóricas:

2.2.1 Gomita:

a. Definición:

Son productos de confitería que están compuestos por agentes gelificantes de origen animal o vegetal que la dan textura y elasticidad. Por lo general deben ser cristalinos y estables a la humedad de equilibrio con el medio que los rodea (Gomitas, 2011).

Uno de los principales insumos para la elaboración de productos gelificados como las gomitas son básicamente la sacarosa y glucosa; cuando es llevado a temperaturas de concentración entre $106 - 118^\circ\text{C}$ formaran un jarabe, este al ser enfriado se le adicionará la gelatina como gelificante (FUSADE, 2013).

b. Insumos

Para su elaboración se usa altas cantidades de sacarosa, jarabe de glucosa, agentes gelificantes por lo general gelatina o grenetina, saborizantes, ácidos y colorantes (Marfil, Anhe, & Telis, 2012). El uso excesivo de sacarosa en la elaboración de este tipo de productos a traído como consecuencia en los último años problemas de salud en los consumidores asociados con el síndrome metabólico, diabetes mellitus, obesidad, hipertensión, caries y enfermedades cardiovasculares (Brand-Miller, Hayne, Petocz, & Colagiuri, 2003).

Por otro lado los agentes gelificantes bajo condiciones apropiadas al asociarse entre sí forman una estructura tridimensional; la textura que sea formado por esta asociación en algunos casos se ve afectada por la temperatura como es el caso de la pectina de alto metoxilo.

Tabla N° 2.1 Propiedades, química y origen para gomas y agentes gelificantes

Agente gelificante	Propiedades	Química	Origen
Gelatina	Agente gelificante termorreversible	Proteína	Bovina o cerdo
Almidón	Agente gelificante irreversible	Carbohidratos	Maíz, Trigo o papas
Almidón de alta amilopectina	Almidón no gelificante	Carbohidratos	Cera de maíz
Goma acaccia	Goma	Polisacárido	Arboles de acacia
Agar agar	Agente gelificante termorreversible	Polisacárido	Algas rojas

Alginato	Agente gelificante irreversible	Polisacárido	Algas marrones
Carragenina	Agente gelificante termorreversible	Polisacárido sulfatado	Algas rojas
Goma gelan	Agente gelificante termorreversible o irreversible Exhibe	Polisacárido	Pseudomona elodea
Goma Guar	espesamiento al estar en sinergia con otro agente gelificante	Galactomanano	Semillas de Cyamopsis tetragonolobus
Pectina de alta metoxilo	Agente gelificante irreversible	Ácido poligalacturónico	Cascara de cítricos y manzanas
Pectina de bajo metoxilo	Agente gelificante termorreversible	Pectina D-metoxilada	Cascara de cítricos y manzanas
Goma tragacanto	Goma o mucilago Exhibe	Polisacárido	Arbusto astrágalo
Goma xantan	espesamiento al estar en sinergia con goma de algarrobo	Polisacárido	Fermentación aeróbica de Xanthomonas campestris
Albumina de huevo	Agente gelificante	Proteína	Huevo blanco
Proteína de soya modificada enzimáticamente	Agente espesante	Proteína	Semilla de soya

Fuente: (Edwards, 2000)

Por lo general la gelatina es el insumo más usado en la elaboración de este producto de confitería que proviene de colágeno hidrolizado, es de origen animal (vacuno o porcino). El colágeno va a estar formado por tres cadenas de polipéptidos que al estar ordenadas forman una triple hélice, de tal manera que puedan hidrolizarse bajo ciertas condiciones de acidez o alcalinidad. La calidad del producto depende de las condiciones en las que los insumos son almacenados en especial la gelatina ya que tiene 14% de humedad, este aspecto es importante

ya que al tener mayor humedad es propenso el crecimiento de microorganismos. Cuando elabora la gelatina base la gomita es previamente mezclada con agua en cinco veces su peso, dejándose reposar por un periodo de 1 – 2 horas a una temperatura entre 50 – 60°C. Para su medición se usa gramos Bloom, son unidades que indica la fuerza necesaria para formar una depresión en la superficie del gel; es posible usar baja cantidad de grados Bloom o una cantidad de altos grados Bloom den el mismo resultado (Edwards, 2000).

Tabla N° 2.2 Características de los agentes gelificantes

Agente gelatinizante	Proporción en uso en relación a los sólidos totales	Cuerpo que otorga	Sensibilidad	
			Al calor	A la acidez
Gelatina	8 – 12%	Gomoso (con rebote)	+++	++
Pectina	1 – 2.5%	Tierno y corto	+++	Muy estricto pH
Agar – agar	1.5 – 2.5%	Corto	+++	+++
Goma arábica	50 – 60%	Duro	+++	++
Penetrosa	8 – 12%	Amplia gama	+	++

Fuente: Ficha N° 14 – Pastillas Gomas

c. defectos

Los productos de confitería como las gomitas tienen defectos por diversos motivos, una de las principales causas son los insumos ya que estos son la base para tener un producto de calidad.

Tabla N° 2.3 Defectos comunes en la elaboración de gomitas, con causas y soluciones

Problema	Causa	Solución
Goma no es firme	Daño de la gelatina	Reducir la exposición al ácido y calor
	Gelatina no se disolvió	Asegurar una correcta disolución de esta forma: 2 partes de agua por una de gelatina, agitar y calentar por debajo de 60°C
	Posible interacción de ingredientes	Analizar la formulación con el proveedor de gelatina
Goma es turbia	Posible interacción de ingredientes	Analizar la formulación con el proveedor de gelatina
	Gelatina no se disolvió completamente	Asegurarse de la disolución según la guía
	Burbuja de aire	Revisar la preparación técnica y desaireación de la solución de gelatina en cada paso del proceso
Cristalización del azúcar	Mucha azúcar	Incrementar el uso de glucosa
	Poca gelatina	Incrementar el nivel de gelatina para evitar las cristalización
	Mucha humedad	Incrementar la temperatura de concentración, para dar altos solidos solubles
Coloración marrón o amarillo	Sobre exposición al calor	Reducir la exposición al calor con poco tiempo de calentamiento o adicionar gelatina después de concentración
	Reacción de Maillard	Eliminar azucares reductores.
Goma demasiado blanda	Gelatina de pocos grados Bloom	Incrementar el nivel
	Grados Bloom incorrectos	Incrementar los Bloom
	Daño de la gelatina	Reducir la exposición al calor y acido

	Uso inapropiado de edulcorantes	Reducir la glucosa, sucrosa, porcentaje de humedad y otros edulcorantes.
	Gelatina de alto nivel	Reducir el nivel
Goma demasiado dura	Grados Bloom incorrectos	Reducir los Bloom
	Uso inapropiado de azúcares	Revisar la glucosa, sucrosa y otros edulcorantes
Apariencia pobre en la superficie	Condiciones incorrectas de almidón	Revisar las condiciones ideales (temperatura, humedad de almidón y temperatura) y las condiciones de secado
	Calidad pobre de ingredientes	Revisar la calidad de la materia prima
Ausencia/ olores	Molde de almidón contaminado	Asegurarse que el almidón que se usa tenga un contenido de humedad entre 5-8%
	Alta humedad	Concentrar a alta temperatura para reducir la humedad
	Contenido de agua por debajo de la humedad de equilibrio	Ajustar el apropiado uso del edulcorante
Pegajosidad	Adición anticipada de ácido	Adicionar ácido solo antes de la gelatina para evitar daño de esta e invertir el azúcar.
	Alta actividad de agua	Ajustar el apropiado uso del edulcorante
Desecación		
Calidad variable del producto	Deficiente control de calidad	Revisar las condiciones de control en cada batch, cocción y secado.

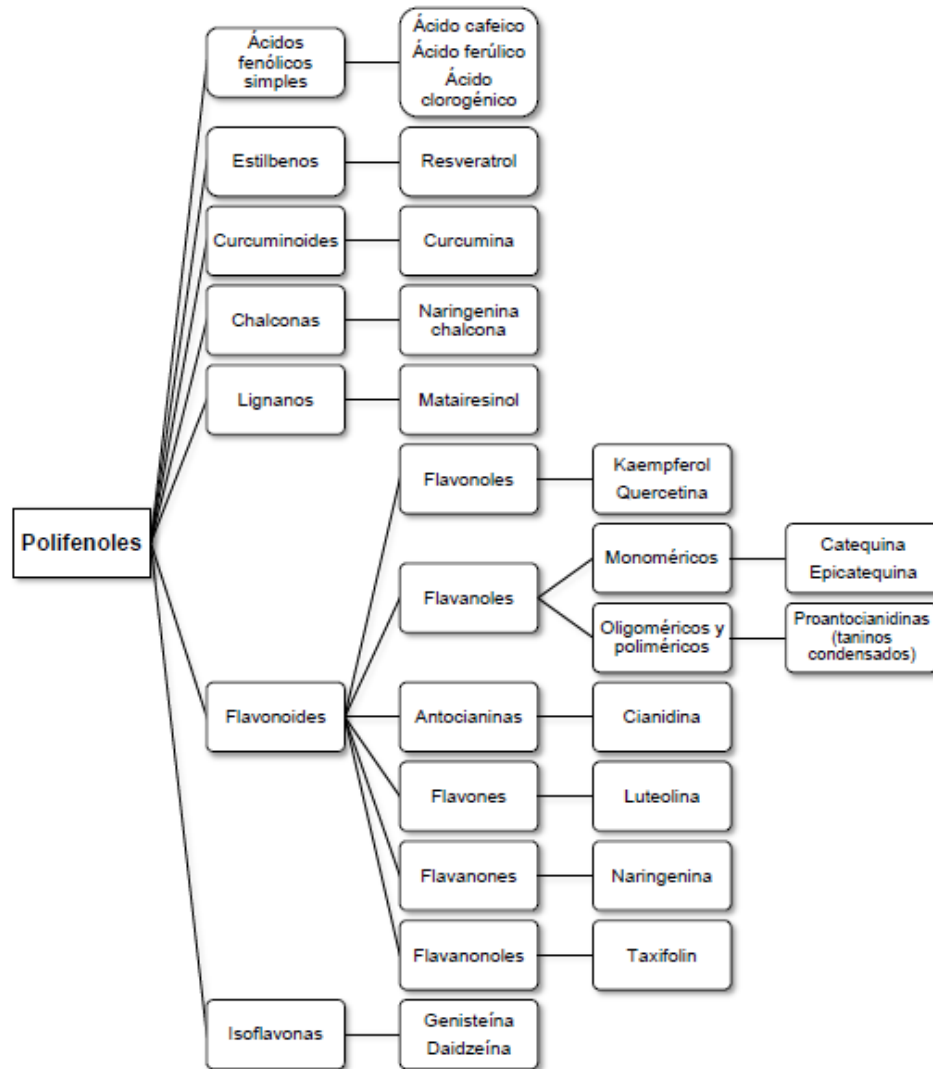
Fuente: (Schrieder & Gareis, 2007)

2.2.2. Antocianinas:

a. Definición:

Es uno de los pigmentos más importante del reino vegetal, proviene de dos voces griegas anthos= flor y kianos= azul. Este compuesto fenólico pertenece a la familia de los flavonoides, su incorporación en los alimentos es fácil debido a la solubilidad en presencia del agua (Castañeda-Ovando , 2009); presenta un rango de color que va desde naranja a azul dependiendo del pH con el que se encuentre (Yang & Zhai, 2010).

Grafico N° 2.1 Clasificación de compuestos fenólicos

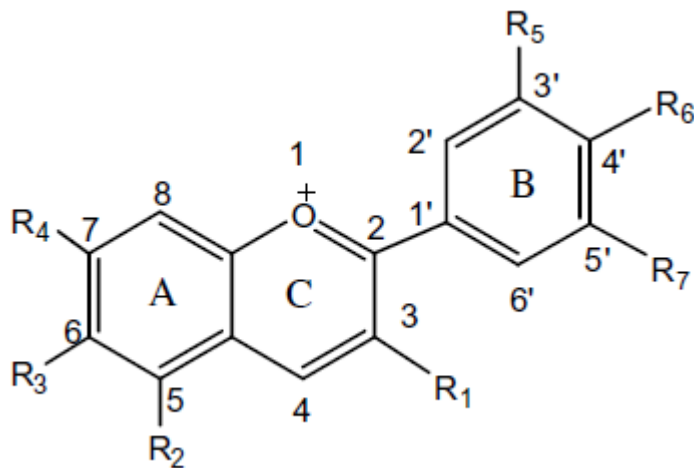


Fuente: (Perea, 2013)

b. Naturaleza o composición:

Su estructura básica es la antocianidina, que se encuentra formada primero por un anillo aromático (A) el cual se encuentra unido a un anillo heterocíclico (C) que contiene oxígeno, este a su vez está enlazado con un tercer anillo aromático (B) (Konczak & Zhang , 2004).

Grafico N° 2.2 Estructura de antocianina



Fuente: (Castañeda-Ovando , 2009)

Cuando un azúcar se une a la antocianidina se le conoce como antocianina, por ello el número de azúcares y la posición en que se encuentren determinarán el tipo de antocianina otorgándole estabilidad y solubilidad; hasta el momento se han

reportado más 500 tipos y 23 antocianidinas de los cuales solo 6 se encuentran en el reino vegetal (Andersen, 2006).

Tabla N°2.4 Clasificación de antocianinas

Nombre	Sustitución						Color
	3	5	6	7	3'	5'	
Estructuras básica común							
Pelargonidina	OH	OH	H	OH	H	H	Naranja
Cianidina	OH	OH	H	OH	OH	H	Naranja-Rojo Azulado -
Delfinidina	OH	OH	H	OH	OH	OH	Rojo
Estructuras metilada comunes							
Peonidina	OH	OH	H	OH	OMe	H	Naranja - Rojo Azulado -
Petunidina	OH	OH	H	OH	OMe	OH	Rojo Azulado -
Malvidina	OH	OH	H	OH	OMe	OMe	Rojo
Estructuras 3 - Desoxy							
Apigeninidina	H	OH	H	OH	H	H	Naranja
Luteolinidina	H	OH	H	OH	OH	H	Naranja
Tricetinidina	H	OH	H	OH	OH	OH	Rojo

Algunas estructuras hidroxiladas

Aurantidina	OH	OH	OH	OH	H	H	Naranja
6-Hidroxicianidina	OH	OH	OH	OH	OH	H	Rojo
							Azulado -
6-Hidroxielfidina	OH	OH	OH	OH	OH	OH	Rojo

Algunas estructuras metiladas

							Azulado -
Capensinidina	OH	OMe	H	OH	OMe	OMe	Rojo
							Azulado -
Europinidina	OH	OMe	H	OH	OMe	OH	Rojo
							Azulado -
Hirsutidina	OH	OMe	H	OMe	OMe	OMe	Rojo
7-O-							
metilapipeninidina	H	OH	H	OMe	H	H	Naranja - Rojo
5-Metilcianidina	OH	OMe	H	OH	OH	H	Naranja - Rojo
							Azulado -
Pulchelidina	OH	OMe	H	OH	OH	OH	Rojo
Rosinidina	OH	OMe	H	OMe	OMe	H	Rojo

Fuente: (Strack D. , 1989)

Los monosacáridos más comunes en las antocianinas son pentosas como arabinosas y xilosas o hexosas como la D-glucosa, también los disacáridos como gentobiosa, soforosa, sambubiosa y rutinosa; en el caso de los trisacáridos gentotriosa o bien la glucosilrutinosa (Strack & Wray, 1989). El color va a depender de la orientación de los grupos hidroxilo y metoxilo, ya que al hidroxilar la molécula tiende a una coloración azul por otro lado al metoxilarse tiende a tomar una tonalidad roja (Garzón , 2008).

c. Alimentos en los que se encuentra presente:

Entre sus propiedades funcionales, se ha demostrado en estudios que tiene efectos antiinflamatorios, antitumorales, antidiabéticos así como la reducción de riesgo de enfermedades coronarias; su capacidad antioxidante se debe a que pueden captar el oxígeno con facilidad inhibiendo la oxidación de lipoproteínas (Ghiselli A. e., 1998). Su capacidad antioxidante se observa en presencia de peróxido de hidrogeno (H_2O_2) y con los radicales libres (ROO), superóxido (O_2), hidroxilo (OH) (Wang & Jiao , 2000). Se ha encontrado que el pigmento está distribuido en hojas (69%), frutas (50%) y flores (50%) (Kong , 2008).

Tabla N° 2.5 Antocianidinas presente en alimentos

Alimentos	Antocianidinas
Manzana	Cianidina
Mora	Cianidina Delfidina, Petunidina,
Arándano	malvidina, peonidina y Cianidina
Cereza	Cianidina
Cranberry	Cianidina y peonidina
Sauco	Cianidina
Higo	Cianidina Malvidina, peonidina,
Uva	delfinidina, cianidina, petunidina y pelargonidina
Naranja	Cianidina y delfinidina
Maracuyá	Delfinidina
Durazno	Cianidina
Ciruela	Cianidina y peonidina
Granada	Delfinidina
Fresa	Pelargonidina
Col (Roja)	Cianidina

Berenjena	Delfinidina
Cebolla	Cianidina y pelargonidina
Papa	Pelargonidina
Rábano	Pelargonidina

Fuente: Markakis, 2012

d. Factores que alteran su estabilidad

- Efecto del pH: Tiene un efecto en la estructura de la molécula así como su estabilidad, esto se observa cuando el pH es inferior a 2 ya que le otorga más estabilidad al ion oxonio o catión flavilio de tal manera que la molécula tiene un color de rojo intenso; pero cuando el pH se incrementa a 4.5 se genera un equilibrio entre el anillo B o hemicetal y el anillo C o chalcona, estos anillos son incoloros e inestables a pH superior a 7 (Hutchings, 1999).
- Efecto de la temperatura: La degradación de las antocianinas tiene una relación directa con el aumento de la temperatura entre 50 a 110°C, esto genera una reacción a nivel de la posición 3 dejando la molécula abierta formando chalconas incoloras (Timberlake, 1980). En el caso de la pelargonidina - 3 - glucósido sigue una degradación cinética de primer orden, de la misma forma la Cianidina - 3 - glucósido. (Jackman, 1987)

- Efecto del oxígeno y el ácido ascórbico: La acción sinérgica entre el ácido ascórbico y el oxígeno actúan degradando la pelargonidina 3 – glucósido (Markakis, Livingston, & Fellers, 1957). El oxígeno es el agente que acelera el deterioro de antocianinas en diversos frutos como arándanos, uvas, fresas, etc.
- Enzimas: La acción enzimática tiende a decolorar las antocianinas, estas al ser compuestos polifenólicos pueden ser afectadas por enzimas como las fenol oxidadas. Se ha determinado que hay enzimas que destruyen la antocianinas estas son llamadas cianoxidasas (Markakis, 2012).
- Efecto de metales: La presencia de metales como Fe^{3+} o Al^{3+} en la posición 3 de la estructura de la antocianina forman un acomplejamiento dando estabilidad al color (Cavalcanti, 2011). Por otro lado el Fe^{3+} en presencia de compuestos fenólicos no flavonoides podría actuar como agente quelante (Ámbito Farmacéutico, 2004).

2.2.3. Cinética de degradación

a. Definición:

La calidad y estabilidad de un producto es importante para el consumidor, este tipo de estudio involucra la velocidad de cambios físico - químicos en un periodo tiempo como cambios de textura o color; por ello es una herramienta usada en la industria alimentaria ya que permite observar y predecir el deterioro del compuesto por medio de diversos métodos estimación.

En el sector alimentario la pérdida de algún factor que perjudique a la calidad del producto puede ser medido mediante parámetros físicos, químicos o microbiológicos. Para determinar el orden de reacción (n) correcto para el tipo de alimento mediante un ajuste lineal (Labuza, 1999).

b. Velocidad de reacción:

Los alimentos son sistemas que tienen comportamientos distintos durante su tiempo de vida; es así que estos cambios se dan por medio de reacciones, en las que pueden aparecer o desaparecer algunas sustancias que puedan favorecer o

desfavorecer al producto en estudio. A esta tasa de cambio se le denomina velocidad de reacción, la reactividad en el sistema va a estar en función de la composición del producto y la temperatura (Escardino & Berna, 2003).

La dependencia que tiene la velocidad de reacción con la temperatura puede expresarse mediante la “ecuación de Arrhenius”, en la que se puede observar que con un aumento de temperatura se da un aumento de la energía de activación; para que ocurra la transformación química debe superar una barrera de energía para que el choque de las moléculas sea eficaz de tal manera que ocurra dicho cambio; otra manera de definirlo es como la diferencia entre la energía de los reactivos y la necesaria energía mínima que debe alcanzar para que genere la reacción (Zapata, 2014)

$$k = k_0 e^{(-E_a/RT)}$$

k_0 = Factor preexponencial.

E_a = Energía de activación de la reacción

R = Constante ideal de activación de la reacción.

T = Temperatura en °K

Pudiéndose expresar de forma logarítmica:

$$\log k = \log k_0 - \frac{Ea}{RT}$$

c. Método de estimación físico – químico:

Este tipo de método consiste en someter al producto a condiciones de estrés, es decir, determinar las velocidades de cambio a diferentes temperaturas de almacenamiento (García & Molina, 2008); por ello la calidad del alimento durante el período de almacenamiento estará en función de la concentración de los componentes, pH, actividad de agua, color (L^* , a^* , b^*), enzimas, etc., y también de factores ambientales como la temperatura, humedad relativa, luz (Saguy & Karel, 1980).

$$\frac{dX}{dt} = f(C_i, E_j)$$

$\frac{dX}{dt}$ = Cambio de cantidad del atributo X con el tiempo.

C_i = Factores de composición

E_j = Factores ambientales

d. Orden de reacción:

La cinética de degradación sigue un orden de reacción este es importante, debido a que cada atributo como color, textura, sabor tiene cambios particulares. Por lo general los modelos cinéticos en alimentos siguen orden cero o de primer orden, observándose gráficamente pendientes negativas debido a la pérdida del atributo a los largo del tiempo (García, Chacón & Molina, 2011). Al excluir los factores ambientales descritos en el punto anterior podemos plantear la ecuación.

$$-\frac{dX}{dt} = kX^n$$

$\frac{dX}{dt}$ = Cambio de cantidad del atributo X con el tiempo.

X = Cantidad de atributo de calidad a cualquier tiempo t.

k = Constante de velocidad de reacción.

n = Orden de reacción (0, 1,2)

- Reacciones de orden cero

Cuando la velocidad de deterioro del atributo es independiente de su concentración se dirá que el proceso sigue la cinética de orden cero, esto sucede en algunas

reacciones como enranciamiento, pardeamiento no enzimático, pérdida de calidad en productos descongelados, etc. (Gekas, 1992)

$$-\frac{dX}{dt} = k$$

Integrando la siguiente ecuación diferencial se obtiene

$$X = X_0 - kt$$

Donde X_0 es el valor inicial del atributo, X es el valor del atributo a largo de un periodo de tiempo y k es la constante de velocidad de reacción de orden cero. Este tipo de orden sigue una línea recta, la cual tiene una pendiente negativa que simboliza la pérdida del atributo en estudio.

- Reacciones de primer orden

En este caso la velocidad de reacción si depende de la concentración del atributo de estudio, este tipo de reacciones de degradación o pérdida de vitamina C o pardeamiento enzimático se puede dar durante los procesos de elaboración así como en el almacenamiento (Ahmed, Kaur, & Shivhare, 2002).

$$-\frac{dX}{dt} = kx$$

Al integrar la ecuación diferencial obtenemos:

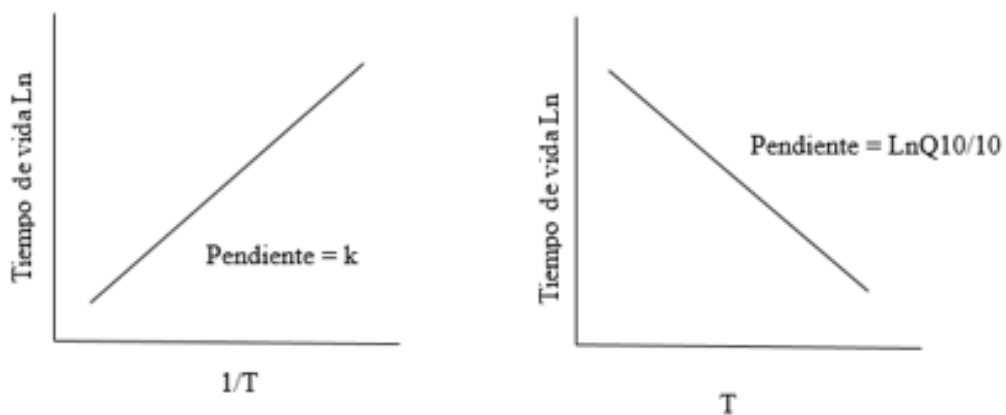
$$\ln \frac{X}{X_0} = -kt$$

$$X = X_0 e^{-kt}$$

e. Efecto de la temperatura:

La temperatura es un factor que influye en la velocidad de reacción en una cinética, trayendo como consecuencia cambios en la calidad del alimento. Esto puede ser representando gráficamente como el logaritmo natural del tiempo de vida del componente o atributo en estudio versus el inverso de la temperatura (grados kelvin).

Grafico N° 2.3 Relación de la temperatura con tiempo de vida



Fuente: elaboración propia

Un factor que se puede determinar a consecuencia de la manipulación de la temperatura es el factor Q10, esto se define como la relación entre la vida del producto a una temperatura T con respecto a la vida del producto a un temperatura T+10 (Kennet & Rotsteine, 1997).

$$Q_{10} = \frac{\text{Vida del producto (T)}}{\text{Vida del producto (T + 10)}}$$

Tabla N° 2.6 Temperaturas recomendadas para estudio de vida útil

Tipo de producto	Temperatura de ensayo (°C)
Conservas	20, 30, 35, 40
Deshidratados	25, 30, 35, 40, 45
Fríos	5, 10, 15, 20
Congelados	-5, -10, -15

Fuente: (Schmidl & Labuza, 1985)

2.2.4 Hierro heminico

a. Definición:

El hierro es el cuarto elemento más abundante que se encuentra en el planeta, biológicamente se encuentra disponible en dos formas: oxidado o férrico (Fe^{+3}) reducido o ferroso (Fe^{+2}). El hierro hemo o heminico se puede encontrar en carnes (rojas o blancas), en vísceras y principalmente en la sangre de rumiantes y porcinos; además también se puede encontrar en pocas cantidades en plantas que en su estructura tengan anillos tetrapirrolicos como en la clorofila (Gaitán & Olivares, 2006).

Tabla N° 2.7 Diferencia entre hierro heminico y no heminico

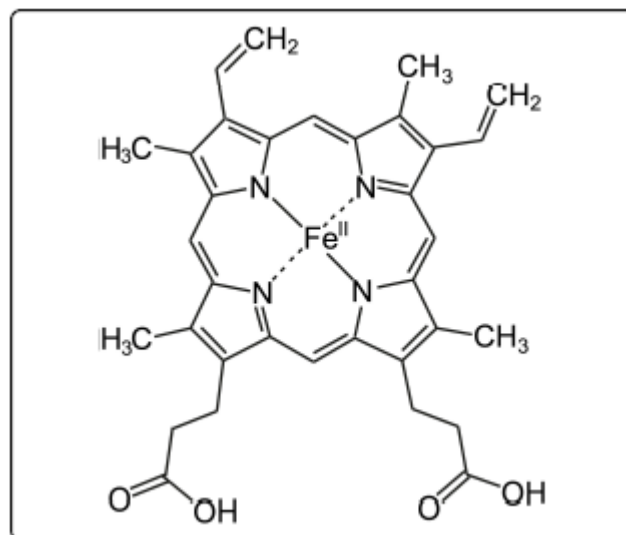
Hierro heminico	Hierro no heminico
Absorción del 20 – 35%	Absorción 1 – 15%
Origen: mioglobina y hemoglobina	Origen: vegetales
Porcentaje consumido (15%)	Porcentaje consumido muy alto (>85%)

Fuente: (EFSA, 2010)

b. Estructura:

Su estructura está formada por el grupo hemo, el cual está compuesto en el centro por un átomo de hierro (Fe^{2+}) que está rodeado por un anillo de porfirina (cuatro anillos pirrólicos unidos por enlaces de metileno). Las cargas externas de la molécula son negativas haciendo apolar al agua (Villavicencio-Queijeiro, 2012).

Grafico N° 2.4 Estructura del grupo hemínico



Fuente: (Villavicencio-Queijeiro, 2012)

c. Biodisponibilidad:

Su consumo en la dieta es importante ya que es absorbido de forma más eficiente que el hierro no hemínico; cuando ingresa al intestino es absorbido por la mucosa a través de diferentes rutas, luego es regulado por un transportador metálico bivalente (TMB) es ahí donde interactúa el complejo de porfirina con los

receptores intestinales (EFSA, 2010). Su absorción o ausencia no se ve afectado por otras sustancias en los alimentos, ya que todos los tipos de carne presentan hierro en especial en forma hemínica (University of North Dakota, 2010).

Su absorción se podría ver afectada por la deficiencia o el exceso de ciertos factores como (Lopez, 2006):

1. Estado de depósitos corporales: La ferritina que está alojada en las vísceras es un indicador para la evaluación de los depósitos de hierro, los valores elevados perjudican la absorción; los factores que pueden elevar los valores de ferritina son déficit de B12 y ácido fólico, consumo excesivo de alcohol o una infección crónica.
2. La presencia de minerales con zinc, cobre, manganeso dificultan la disponibilidad del hierro, pero quien genera mayor inhibición es el calcio ya que este elemento tiende a competir por los receptores presentes en la mucosa intestinal, por ello en alimentos con 400 – 600 mg de calcio existe una máxima inhibición.

2.3. Definiciones básicas

- a. **Tiempo de vida útil:** Es aquel periodo de tiempo que tiene un alimento desde su producción para ser consumido sin que sus propiedades tanto físico-químicas, organolépticas y microbiológicas lo hagan desagradable o nocivo para el consumidor (Chica Cardona & Osorio Saldarriaga, 2003).

- b. **Sinéresis:** Capacidad de liberación de agua en una estructura coloidal por debido a diferentes factores como la acidez, temperaturas o por la presencia de ciertos minerales en el producto (Mora Barandiaran, 2013).

- c. **Cromaticidad:** Es la intensidad o pureza espectral del color que va desde los tonos grises más simples hasta los tenues, pudiendo ser expresadas en las coordenadas x, y, z (Mathias - Rettig & Ah - Hen, 2014).

- d. **Grados Bloom:** Escala con la que se mide la fuerza de compresión en la superficie de un gel usando un gelometro o textuometro (Moreno Parra, 2007).

- e. **Agente Gelificante:** Se le denomina así al aditivo alimentario que da textura a un alimento mediante la formación de un gel (Elika, 2011).

CAPITULO III

VARIABLES E HIPOTESIS

3.1 Variables de la investigación:

3.1.1 Variable independiente: Temperatura de almacenamiento.

3.1.2 Variable dependiente: Contenido de antocianinas.

3.2 Operacionalización de variables:

VARIABLE	TIPO	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA
Temperatura de almacenamiento	Cuantitativo	Cantidad de calor en almacenamiento	Grados centígrados	15, 25, 35°C
Contenido de antocianinas	Cuantitativo	Cantidad de componente bioactivo	Concentración	mg/g

3.3 Hipótesis

La temperatura de almacenamiento determinará el comportamiento de degradación de la antocianina en las gomitas elaboradas con extracto de Zea mays fortificadas con hierro hemínico.

CAPITULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo de investigación

La investigación es experimental ya que se manipuló la variable independiente que es la temperatura de almacenamiento y se observó el cambio que ejerció sobre la variable dependiente que es el contenido de antocianina presente en la gomita a lo largo del estudio (ver anexo N° 8), además es del tipo longitudinal ya que a medida que el proyecto avanzó se registró los datos de cambio de color así como la degradación de las antocianinas.

4.2 Diseño de la investigación

El diseño de investigación es un experimento puro ya que se manipuló la variable independiente que es la temperatura de almacenamiento y se observó el efecto que ejerció sobre la variable dependiente que es la antocianina presente en la gomita durante el periodo de almacenamiento, teniendo como grupo control la semana 0.

RG ₁	X ₁	O ₁	} Experimental
RG ₂	X ₂	O ₂	
RG ₃	X ₃	O ₃	
RG ₄	X ₄	O ₄	} Control

R: Asignación aleatoria de la gomita

G: Grupo de estudio

X: Tratamiento térmico (15°C, 25°C y 35°C)

O: Mediciones semanal de antocianinas y color

4.3 Población y muestra

En la investigación se trabajó con gomitas a base de extracto de Zea mays que presentan un alto contenido de antocianinas que están fortificadas con hierro hemínico, la población de estudio serán 3000 gomitas elaboradas en el Instituto de Investigación Especialización en Agroindustrias se hizo un muestreo aleatorio simple, del cual se tomó 500 gomitas para realizar diferentes análisis y observar la cinética de degradación de color y contenido de antocianinas.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- a. Determinación de humedad (método AOAC 925.05, 1990)

La determinación de humedad se realizó usando una balanza analítica PRECISA (modelo LX220), se trozó la muestra con la finalidad de tener una mayor área de exposición, luego se colocó aproximadamente 5 ± 0.01 g en una placa Petri la cual fue pesada previamente. Se colocó las placas con muestra en la estufa MEMMERT modelo UN110 por un periodo de 2 horas a 135°C hasta tener peso constante. Al término del tiempo fue retirado de la estufa y puesto a enfriar en un desecador hasta que tome la temperatura ambiente, los cálculos se determinaron de la siguiente forma:

$$\%Humedad = \frac{m_1 - m_2}{m_3 - m_2} \times 100$$

Donde:

m_1 = Peso de placa con muestra

m_2 =Peso de placa

m_3 =Peso de placa con muestra seca

b. Determinación de sólidos solubles (°Brix) (método AOAC 932.12, 1980)

Para la determinación de sólidos solubles se realizó en un refractómetro de mano (modelo ATC) con escala 0 a 100 °Bx. Debido a que la muestra contiene hierro hemínico y extracto de *Zea mays* se tomó una porción de la gomita 0.2 ± 0.01 g, esta fue disuelta en 5 mL de agua destilada; la solución fue llevada al refractómetro que fue previamente calibrado con agua destilada. Para realizar el cálculo se hizo un balance de masa inicial que comprende a la muestra y el agua con respecto a la masa final que comprende al diluido

c. Determinación de pH (método AOAC 10.035, 1995)

Se tomó el pH de las muestras usando el potenciómetro digital CRISON (modelo Basic 20), el cual fue calibrado previo a la determinación, con el uso de soluciones buffer de pH 4 y 7. Se colocó cuidadosamente el electrodo sobre la muestra que fue previamente solubilizada, se tomó lectura y luego se retiró haciéndole un enjuagado con agua destilada.

d. Determinación de textura (Pons y Fiszman, 1996)

Para la medición de textura en la pastilla de goma se utilizó un texturometro Brookfield (modelo CT3), el cual analizó la compresión que genera, para ello se colocó el producto en la placa de acero del equipo a un 12% con respecto a su altura. El usillo ingresó al producto a una velocidad de 02 cm/s, se analizó la dureza (gf) que produce la compresión en un periodo de tiempo; los ensayos se realizaron a una temperatura ambiental de 23°C.

e. Determinación de color (Uso de colorímetro Konica Minolta CR-400)

Para la determinación de color se usó el colorímetro Konica Minolta (modelo CR-400), primero se encendió el equipo y se colocó una placa de color blanco estándar sobre la lente para la calibración; luego se colocó una pastilla de goma nuevamente sobre la lente para medir el color por medio del espacio CIELAB, el cual nos permitirá observar en el eje Z la luminosidad (L^*), en el eje X e Y las coordenadas de cromaticidad (a^* y b^*)

Tabla N° 4.1 Componentes del espacio CIELAB

Componente	Eje positivo (+)	Eje negativo(-)
L*	Blanco	Negro
a*	Rojo	Verde
b*	Amarillo	Azul

Fuente: Elaboración propia

f. Determinación de antocianinas (modificación método Giusti y Wrolstad, 2001)

Para la cuantificación de antocianinas se usó el método de pH diferencial establecido por Giusti y Wrolstad de la siguiente manera:

- Preparación de la muestra: Primero se determinó la densidad de la pastilla de goma colocando cierta cantidad de muestra solubilizada a 45 °C en una probeta de 50 mL, luego se calculó la equivalencia de 0.1 mL en gramos.
- Incubación de muestra en las soluciones buffer: Se trozó la muestra y fue pesado en una balanza analítica PRECISA (modelo LX220), se colocó el producto en un tubo cónico de centrifuga que contenía 17.9 mL de solución buffer pH=1 (Cloruro de potasio 0.025 M) y en otro tubo que contiene 17.9 mL de solución buffer pH=4.5 (Acetato de sodio 0.4M). Los tubos fueron llevados a baños maría (modelo 2860) a una temperatura de 45°C por un espacio de 5 minutos para solubilizar la pastilla de goma. Luego se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se colocó los tubos en un vórtex GEMMY (modelo VM-300P) para homogenizar la solución por un minuto.
- Cuantificación de las antocianinas: Se cuantifico las antocianinas usando un espectrofotómetro THERMO SCIENTIFIC (modelo Genesys 20), primero se encendió el equipo y se calibro a una longitud de onda (λ) de 510 nm con agua

destilada; se colocó 1.5 mL de la solución en una cubeta usando una micropipeta BOECO. De la misma forma se calibro el equipo para la longitud de onda (λ) de 700 nm. Para los cálculos se tomó en cuenta lo indicado en el anexo 3.

4.5 Procedimiento de recolección de datos:

4.5.1 Elaboración de la gomita con extracto de Zea mays fortificada con hierro

heminico:

La metodología que se utilizó para la elaboración de la gomita con extracto de Zea mays fortificado con hierro heminico se describe detalladamente en el Anexo N° 06 y 07, en donde se muestra un diagrama de flujo y la descripción en cada proceso.

4.5.2 Almacenamiento de la gomita con extracto de Zea mays fortificada con hierro heminico:

Las condiciones de almacenamiento de las gomitas con extracto de Zea mays fortificadas con hierro heminico fueron las más cercanas a condiciones reales durante nueve semanas para poder observar el cambio de color y las antocianinas, el producto fue estuvo envasado en empaques trilaminados. En

el Anexo N° 08 se detalla el diseño experimental de la cinética de degradación de antocianinas y color durante el periodo de almacenamiento.

Grafico N° 4.1 Almacenamiento de la gomita a 15°C, 25°C y 35°C



4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos:

Para el modelamiento de los datos en la cinética de degradación de color y antocianinas se usó el software EXCEL 2013 y para el procesamiento estadístico de los datos se utilizó el software MINITAB 17 donde se usó coeficiente de relación de Pearson para determinar si existía diferencia significativa entre los tratamientos.

4.6.1 Determinación de variaciones en los factores de calidad de la gomita con extracto de Zea mays durante el almacenamiento

Se establecieron los factores de calidad en el producto (grados Brix, pH, porcentaje de humedad, textura), estos durante el periodo de almacenamiento estarán en constante cambio. Los datos que se registraron en tablas se hicieron por triplicado, se calculó el factor por medio de una desviación estándar.

4.6.3 Determinación del orden de reacción en la cinética de degradación de color y antocianinas en función al almacenamiento

Para determinar el orden de reacción apropiado en la cinética durante el período de almacenamiento se toma en cuenta el índice de calidad del factor en estudio como se indica en el apartado 2.2.3. Cuando se observa en la reacción que hay un cambio de los atributos por debajo del 50% esto quiere decir que no hay diferencias entre las reacciones de orden cero y uno (Varzakas & Tzia, 2014). Los resultados se graficaron para evaluar qué ecuación se ajusta por medio del coeficiente de correlación y determinar el orden de reacción.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 Caracterización de la gomita con extracto de *Zea mays* fortificado con hierro (grados Brix, pH, porcentaje de humedad y textura)

Los resultados obtenidos fueron de la semana cero, es decir luego de que el producto fuera retirado del molde se le hizo la caracterización físico-química por triplicado de acuerdo a la metodología indicada en el apartado 4.4; esto se puede observar en la tabla N° 5.1

Tabla 5.1 Caracterización de la gomita

Repetición	Grados Brix	pH	Humedad (%)	Textura (gf)
1	79.63	4.36	26.11%	372.20
2	78.73	4.15	29.07%	374.93
3	65.11	4.33	25.22%	286.17
Promedio	74.49	4.28	26.80%	344.43

En los siguientes gráficos (5.1, 5.2, 5.3 y 5.4) se observa el comportamiento de la humedad, grados Brix, pH y textura en algunos casos se nota ganancia o pérdida de sus características durante el almacenamiento.

Grafico N° 5.1 Variación de grados Brix en almacenamiento

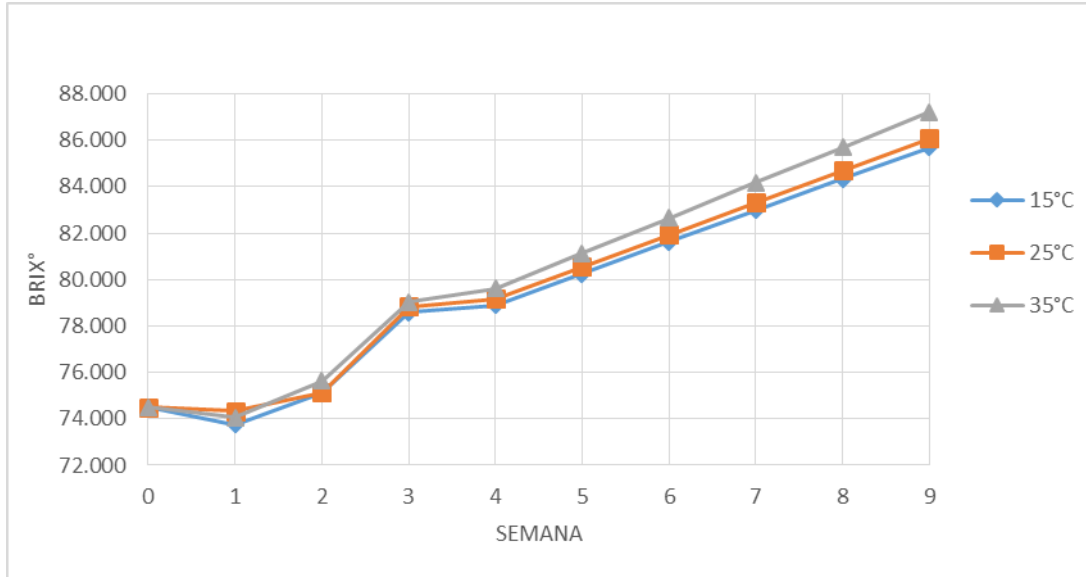


Grafico N° 5.2 Variación de pH en almacenamiento

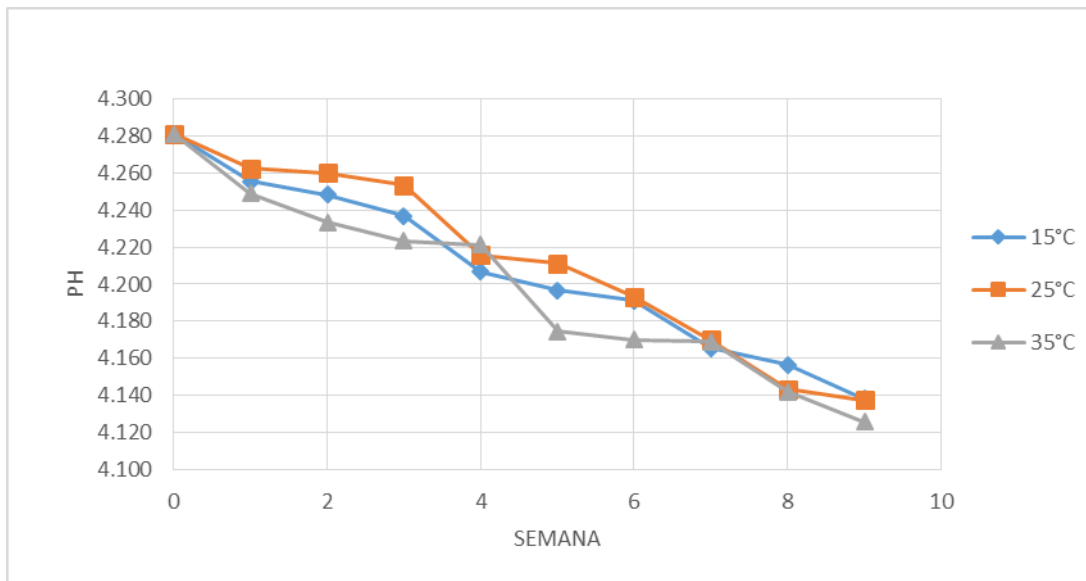


Grafico N° 5.3 Variación de humedad (%) en almacenamiento

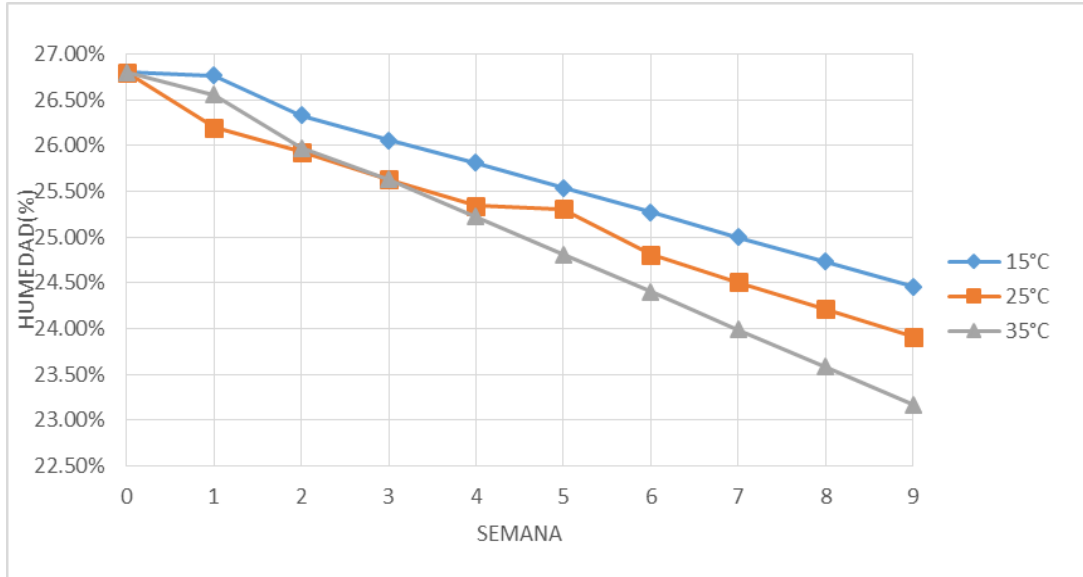
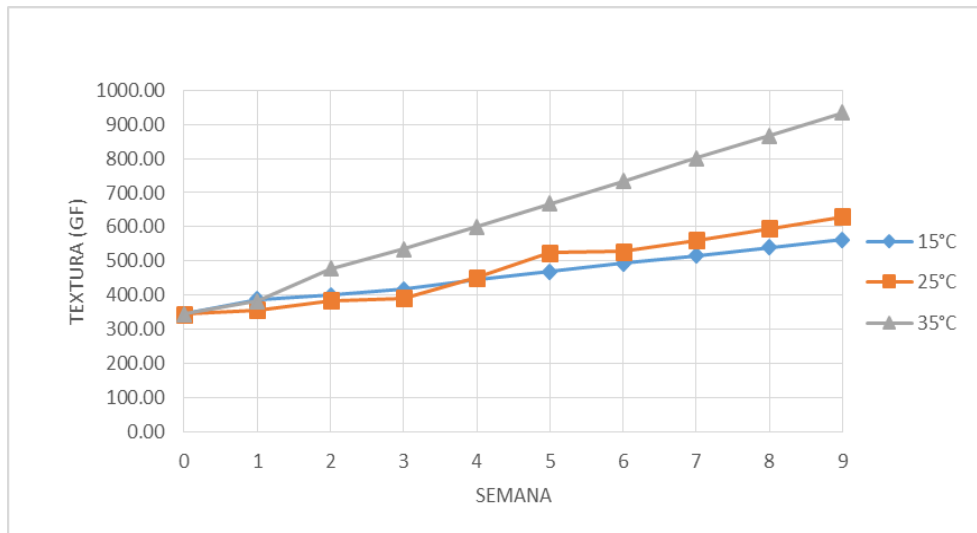


Grafico N° 5.4 Variación de textura en almacenamiento



5.2 Evaluación del contenido de antocianinas durante el almacenamiento

Se determinó el contenido de antocianinas (mg/ g coronta) semanalmente por triplicado usando el método de pH diferencial explicado en el apartado 4.4. Se observa en el grafico 5.5 que la temperatura de almacenamiento tiene un efecto degradativo sobre la antocianina.

Tabla N° 5.2 Contenido de antocianinas a 15°C

Semana	Repetición			Promedio	Desv. estándar
	1	2	3		
0	18.50	18.11	19.59	18.73	0.77
1	17.47	17.08	19.20	17.92	1.13
2	17.66	14.07	18.05	16.59	2.20
3	17.47	13.36	16.89	15.91	2.23
4	17.41	12.85	18.56	16.27	3.02
5	14.84	11.56	16.51	14.30	2.52
6	15.37	9.42	14.45	13.08	3.20
7	14.88	8.43	14.83	12.72	3.71
8	14.42	7.54	14.22	12.06	3.91
9	13.96	6.75	13.64	11.45	4.07

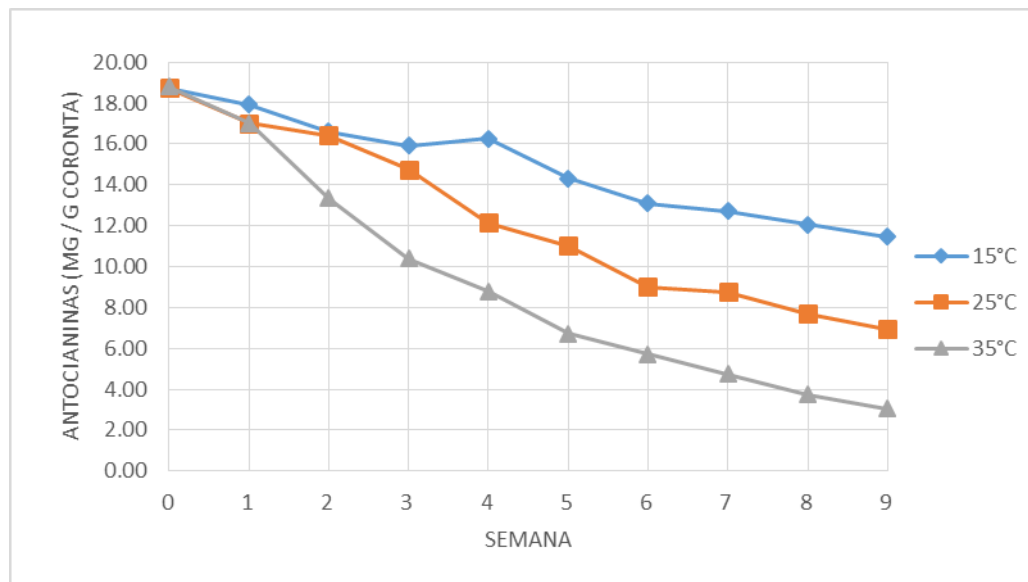
Tabla N° 5.3 Contenido de antocianinas a 25°C

Semana	Repetición			Promedio	Desv. estándar
	1	2	3		
0	18.50	18.11	19.59	18.73	0.77
1	16.89	17.79	16.31	17.00	0.74
2	16.63	16.83	15.80	16.42	0.55
3	13.87	14.64	15.74	14.75	0.94
4	13.10	10.28	13.04	12.14	1.61
5	11.95	8.93	12.20	11.03	1.82
6	11.43	4.21	11.37	9.00	4.15
7	10.25	4.81	11.24	8.77	3.46
8	9.42	3.85	9.83	7.70	3.34
9	8.65	3.08	9.11	6.95	3.35

Tabla N° 5.4 Contenido de antocianinas a 35°C

Semana	Repetición			Promedio	Desv. estándar
	1	2	3		
0	18.11	19.59	18.73	18.81	0.74
1	16.51	17.79	16.72	17.01	0.69
2	13.17	13.36	13.44	13.32	0.14
3	10.73	10.34	10.08	10.38	0.32
4	7.51	10.08	8.76	8.78	1.28
5	7.19	5.97	6.96	6.71	0.65
6	5.78	6.36	4.97	5.70	0.70
7	4.43	5.46	4.36	4.75	0.61
8	3.70	4.12	3.42	3.74	0.35
9	3.01	3.38	2.75	3.05	0.32

Grafico N° 5.5 Variación del contenido de antocianinas (mg/ g coronta) en almacenamiento



5.3 Evaluación de la relación del color y el contenido de antocianinas durante el almacenamiento

La relación entre la antocianina y el color en forma de cromaticidad (c^*) y luminosidad (L^*) durante el almacenamiento, se muestran en las tablas N° 5.5, 5.6 y 5.7.

Tabla N° 5.5 Relación de color y contenido de antocianinas a 15°C

Semana	Antocianinas (mg/g coronta)	Color	
		c*	L*
0	18.733	1.503	23.460
1	17.919	1.503	24.314
2	16.592	1.422	24.236
3	15.907	1.395	24.654
4	16.271	1.355	24.497
5	14.301	1.314	25.027
6	13.080	1.274	25.292
7	12.716	1.233	25.557
8	12.061	1.193	25.822
9	11.450	1.152	26.087

Tabla N° 5.6 Relación de color y contenido de antocianinas a 25°C

Semana	Antocianinas (mg/g coronta)	Color	
		c*	L*
0	18.733	1.503	23.460
1	16.999	1.458	23.909
2	16.421	1.420	24.347
3	14.751	1.378	25.682
4	12.139	1.337	24.954
5	11.026	1.296	25.889
6	9.002	1.254	26.381
7	8.768	1.213	26.873
8	7.698	1.172	27.365
9	6.946	1.131	27.857

Tabla N° 5.7 Relación de color y contenido de antocianinas a 35°C

Semana	Antocianinas (mg/g coronta)	Color	
		c*	L*
0	18.733	1.503	23.460
1	16.720	1.511	23.767
2	13.445	1.466	24.513
3	10.084	1.315	25.550
4	8.756	1.094	27.855
5	6.958	1.074	28.201
6	4.967	0.972	29.258
7	4.361	0.871	30.316
8	3.416	0.769	31.373
9	2.748	0.668	32.430

Por medio del coeficiente de correlación de Pearson se observó la relación que existe entre el contenido de antocianinas y el color en sus componente de cromaticidad (c*) y luminosidad (L*) en el almacenamiento (ver tabla N° 5.8).

Tabla N° 5.8 Correlación de Pearson entre antocianinas y color

Parámetro	Temperatura (°C)	Antocianinas (mg/ g coronta)
L*	15	-0.978
	25	-0.956
	35	-0.961
C*	15	0.985
	25	0.988
	35	0.956

Parámetros	Temperatura (°C)	Antocianinas (mg/ g coronta)
L*	15	-0.978
	25	-0.956
	35	-0.961
c*	15	0.985
	25	0.988
	35	0.956

Parámetros	Temperatura (°C)	Antocianinas (mg/ g coronta)
L*	15	-0.978
	25	-0.956
	35	-0.961
c*	15	0.985
	25	0.988
	35	0.956

5.4 Determinación del orden de reacción para la cinética de degradación de color y antocianinas en función al tiempo almacenamiento

Para determinar el orden de reacción de la cinética durante el almacenamiento se tomaron los datos de las tablas N° 5.2, 5.3 y 5.4, estos fueron analizados para orden cero (n=0) y uno (n=1) teniendo en cuenta el coeficiente de correlación (R^2) el cual indica que modelo se ajusta a los datos.

5.4.1 Determinación del orden de reacción para el contenido de antocianinas

Se determinó que los datos para la cinética de degradación en antocianinas (mg/ g coronta) se ajustaron al orden uno (n=1) teniendo un comportamiento

exponencial y un mayor coeficiente de correlación (R^2) como se observa en la tabla N°5.9.

Tabla N° 5.9 Orden de reacción en antocianinas según la temperatura de almacenamiento

Temperatura	Orden	Ecuación	R^2
15°C	n=0	18.622- 0.8266x	0.9724
	n=1	$18.926e^{-0.056x}$	0.9737
25°C	n=0	18.461- 1.3807x	0.9752
	n=1	$19.552e^{-0.116x}$	0.9852
35°C	n=0	17.236- 1.78x	0.9411
	n=1	$19.757e^{-0.207x}$	0.9973

5.4.2 Determinación del orden de reacción para el color

El estudio de color durante el almacenamiento tiene dos partes la cromaticidad (c^*), la cual en la tabla N° 5.10 se observa que se ajusta al orden cero ($n=0$); mientras que en la tabla N°5.11 se muestra la luminosidad (L^*) se ajusta a una reacción de orden cero ($n=0$). Esto se determinó teniendo en cuenta los coeficientes de correlación (R^2).

Tabla N°5.10 Orden de reacción en c^* según la temperatura de almacenamiento

Temperatura	Orden	Ecuación	R^2
15°C	n=0	1.5165-0.045x	0.9919
	n=1	$1.5246e^{-0.03x}$	0.9919
25°C	n=0	1.5016-0.0412x	0.9999
	n=1	$1.5101e^{-0.031x}$	0.9984
35°C	n=0	1.5807- 0.1014x	0.9738
	n=1	$1.6565e^{-0.094x}$	0.9677

Tabla N°5.11 Orden de reacción en L* según la temperatura de almacenamiento

Temperatura	Orden	Ecuación	R ²
15°C	n=0	23.715+0.2622x	0.954
	n=1	23.73e ^{0.0105x}	0.951
25°C	n=0	23.505+0.4814x	0.9604
	n=1	23.553e ^{0.0188x}	0.9584
35°C	n=0	22.914+1.0573x	0.985
	n=1	23.136e ^{0.0384x}	0.9831

5.5 Cinética de degradación de color y contenido de antocianinas en gomitas elaboradas con extracto de Zea mays fortificadas con hierro hemínico

Para conocer el comportamiento de las antocianinas y el color en la gomita elaborada con extracto de Zea mays fortificada con hierro hemínico se experimentaron tres temperaturas de almacenamiento como se propuso en la Operacionalización de las variables (apartado 3.2), se recolectaron datos por triplicado según el procedimiento descrito en el apartado 5.2.

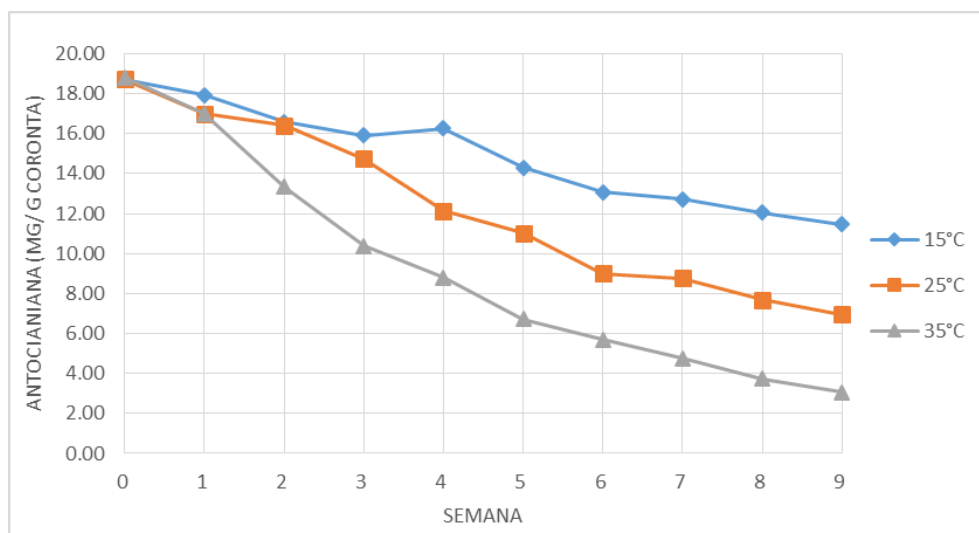
5.5.1 Cinética de degradación del contenido de antocianinas

Con los datos de la tabla 5.12 se pudo determinar el comportamiento de la antocianina durante el almacenamiento (grafico 5.6), esta sigue un orden de reacción uno (n=1) es decir exponencial.

Tabla N°5.12 Contenido de antocianinas (mg/ g coronta) durante el almacenamiento

Semana	15°C	25°C	35°C
0	18.73	18.73	18.81
1	17.92	17.00	17.01
2	16.59	16.42	13.32
3	15.91	14.75	10.38
4	16.27	12.14	8.78
5	14.30	11.03	6.71
6	13.08	9.00	5.70
7	12.72	8.77	4.75
8	12.06	7.70	3.74
9	11.45	6.95	3.05

Grafico N° 5.6 Cinética de degradación de antocianina en la gomita durante el almacenamiento



De las ecuaciones se obtuvo la velocidad de reacción por temperatura como se indica en la tabla N° 5.13, con ello se calculó la energía de activación (E_a); es así

que se modeló temperatura de almacenamiento versus el tiempo de vida en meses del producto (ver gráfico N° 5.8).

Tabla N°5.13 Ecuaciones de la cinética de degradación de antocianinas

Temperatura (°C)	Ecuación
15	$18.926e^{-0.056x}$
25	$19.552e^{-0.116x}$
35	$19.757e^{-0.207x}$

Tabla N°5.14 Velocidad de reacción con respecto a la temperatura de almacenamiento

Temperatura (°C)	K(1/semana)
15	0.056
25	0.116
35	0.207

Gráfico N° 5.7 1/T versus Ln(K)

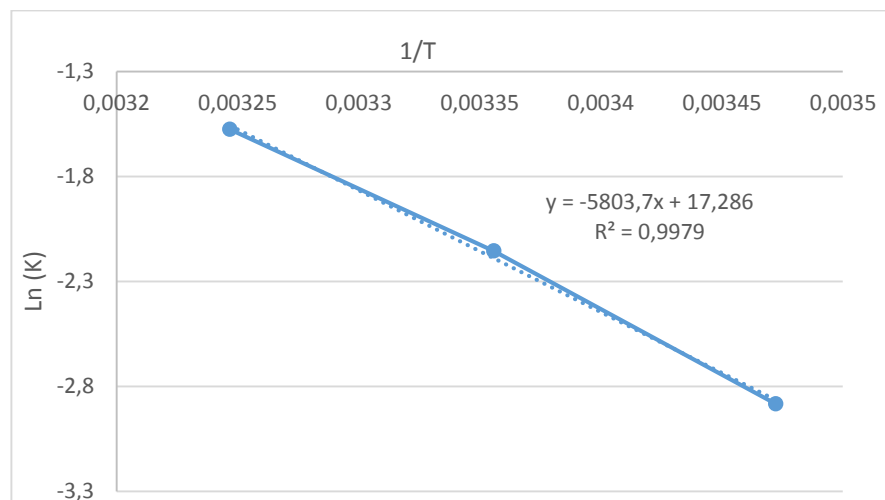
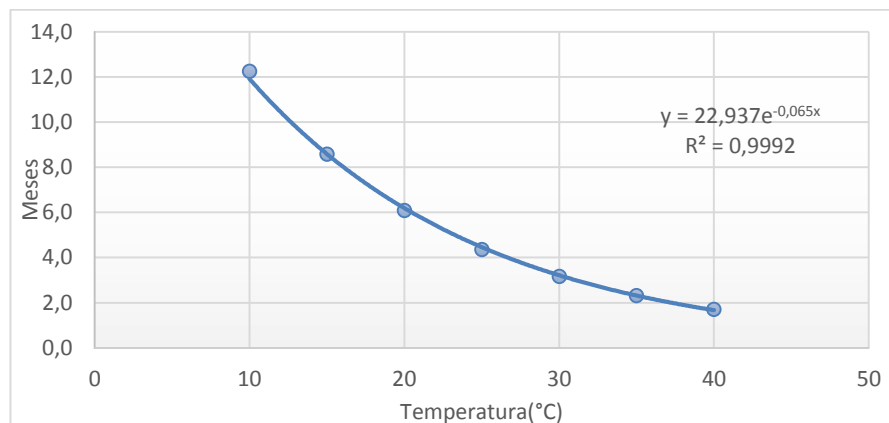


Grafico N° 5.8 Temperatura (°C) versus Tiempo (meses)



Por otro lado también se determinó el factor Q_{10} en la experimentación (ver tabla N° 5.15) y la energía de activación (E_a) fue de 48.32 kJ/mol.

Tabla N°5.15 Factor Q_{10} por temperatura

Temperatura (°C)	Q_{10}
10 < T < 20	2.014
20 < T < 30	1.923
30 < T < 40	1.844

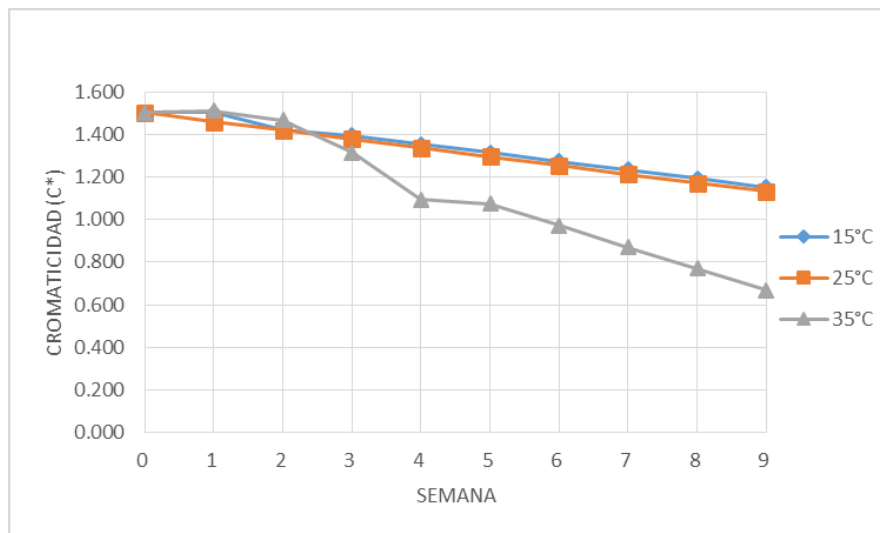
5.5.2 Cinética de degradación de color

En la determinación del comportamiento de la cromaticidad (c^*) en el almacenamiento sigue orden cero (ver tabla N° 5.9). Con los datos de la tabla N°5.16 se desarrolló la cinética de degradación (ver gráfico N°5.9).

Tabla N°5.16 Comportamiento de la cromaticidad (c*) durante el almacenamiento

Semana	15°C	25°C	35°C
0	1.503	1.503	1.503
1	1.503	1.458	1.511
2	1.422	1.420	1.466
3	1.395	1.378	1.315
4	1.355	1.337	1.094
5	1.314	1.296	1.074
6	1.274	1.254	0.972
7	1.233	1.213	0.871
8	1.193	1.172	0.769
9	1.152	1.131	0.668

Grafico N° 5.9 Cinética de degradación de la cromaticidad (c*) en la gomita durante el almacenamiento



Se determinaron las ecuaciones de la cinética de degradación de cromaticidad (c*) para obtener la velocidad de reacción (ver tabla N°5.17). Luego por medio de la ecuación de Arrhenius (ver grafica N° 5.10) se calculó la energía de

activación (E_a) 33.39 kJ/mol, con esto se determinó el tiempo de vida en meses versus la temperatura de almacenamiento (ver gráfico N° 5.11)

Tabla N°5.17 Ecuaciones de cinética de degradación de cromaticidad (c^*)

Temperatura (°C)	Ecuación
15	$1.5165 - 0.0405x$
25	$1.5016 - 0.0412x$
35	$1.5807 - 0.1014x$

Tabla N°5.18 Velocidad de reacción con respecto a la temperatura de almacenamiento

Temperatura(°C)	K(1/semana)
15	0.0405
25	0.0412
35	0.1014

Gráfico N° 5.10 1/T versus Ln(K)

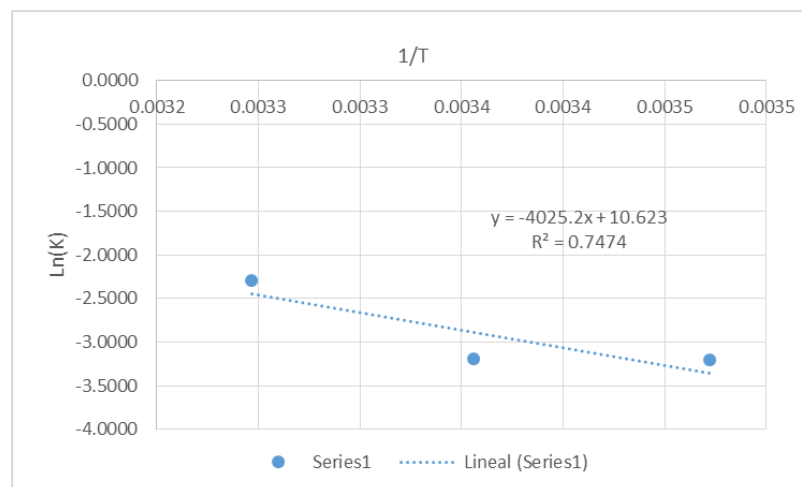
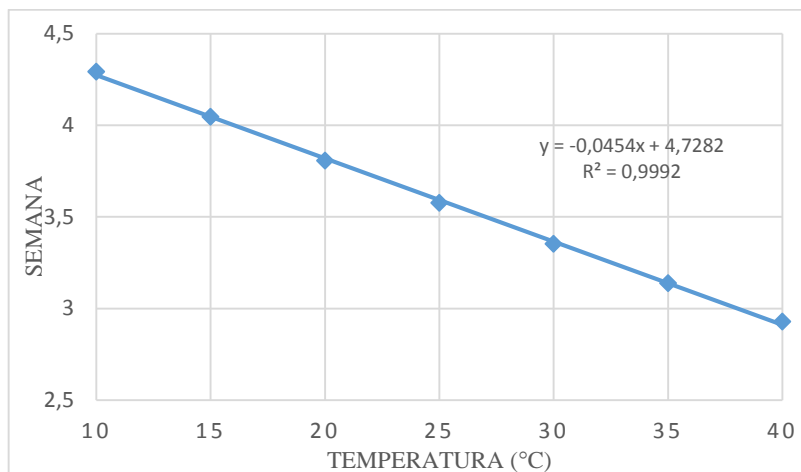


Gráfico N° 5.11 Temperatura (°C) versus semanas

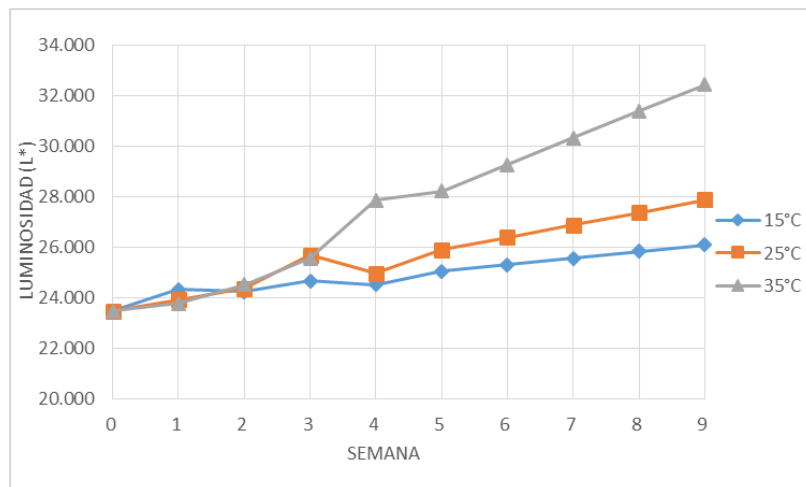


La luminosidad (L*) durante el almacenamiento también tenía orden cero, con los datos de la tabla N°5.19 se desarrolló la cinética de degradación (ver gráfico N°5.12).

Tabla N°5.19 Comportamiento de la luminosidad (L*) durante el almacenamiento

Semana	15°C	25°C	35°C
0	23.460	23.460	23.460
1	24.314	23.909	23.767
2	24.236	24.347	24.513
3	24.654	25.682	25.550
4	24.497	24.954	27.855
5	25.027	25.889	28.201
6	25.292	26.381	29.258
7	25.557	26.873	30.316
8	25.822	27.365	31.373
9	26.087	27.857	32.430

Grafico N° 5.12 Cinética de degradación de la luminosidad (L*) en la gomita durante el almacenamiento



De las ecuaciones obtenidas en la cinética (ver tabla N°5.20) se determinó la velocidad de reacción y la energía de activación (Ea) 51.25 kJ/mol por medio de la ecuación de Arrhenius (ver grafica N° 5.13); se modeló con esto se determinó temperatura de almacenamiento versus el tiempo de vida en meses (ver gráfico N° 5.14)

Tabla N°5.20 Ecuaciones de cinética de degradación de luminosidad (L*)

Temperatura (°C)	Ecuación
15	$23.715+0.2622x$
25	$23.505+0.4814x$
35	$22.914+1.0573x$

Grafico N° 5.13 1/T versus Ln(K)

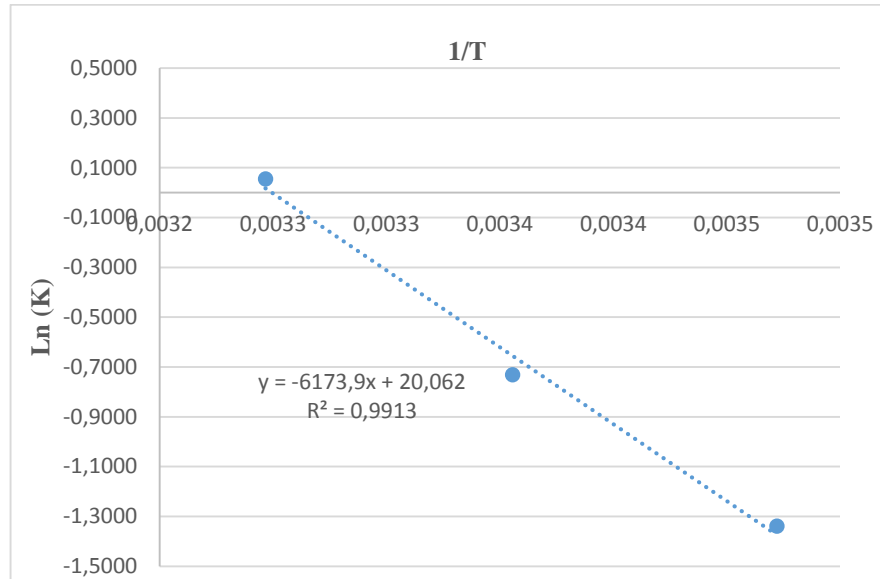
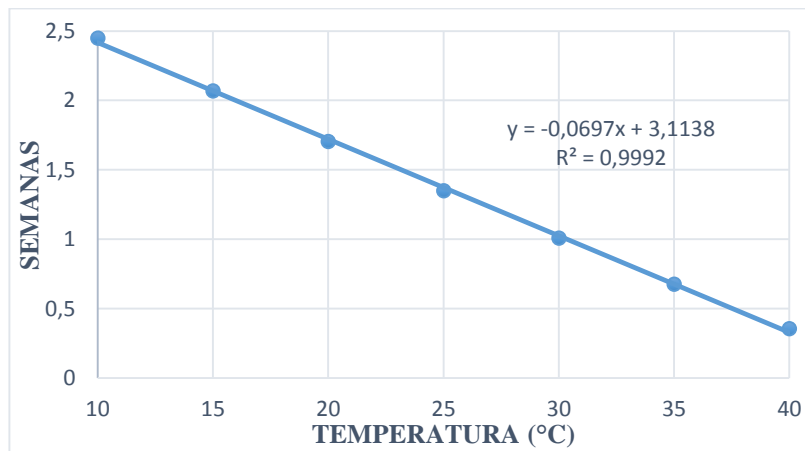


Grafico N° 5.14 Temperatura (°C) versus semanas



CAPITULO VI

DISCUSION DE RESULTADOS

6.1 Evaluación de la relación del color y el contenido de antocianinas durante el almacenamiento

El coeficiente de correlación de Pearson permitió conocer la relación entre el contenido de antocianinas y el color en la tabla N° 5.8; la luminosidad (L^*) tiene un comportamiento inverso durante el almacenamiento, ya que los coeficientes tiene una tendencia negativa. Por otro la relación la cromaticidad (c^*) es directa en el almacenamiento debido a que los coeficientes son positivos como se indica en las gráficas N°6.1, 6.2 y 6.3. Es así que se concuerda con lo establecido por **Patiwit Loypimai & et al**, el cual estudió la estabilidad térmica de la antocianina en polvo en un rango de pH de 2 a 5 como colorante alimentario y donde la cromaticidad (c^*) muestra correlación positiva.

Grafico N° 6.1 Relación de antocianinas (mg / g coronta) y color (luminosidad y cromaticidad) a 15°C

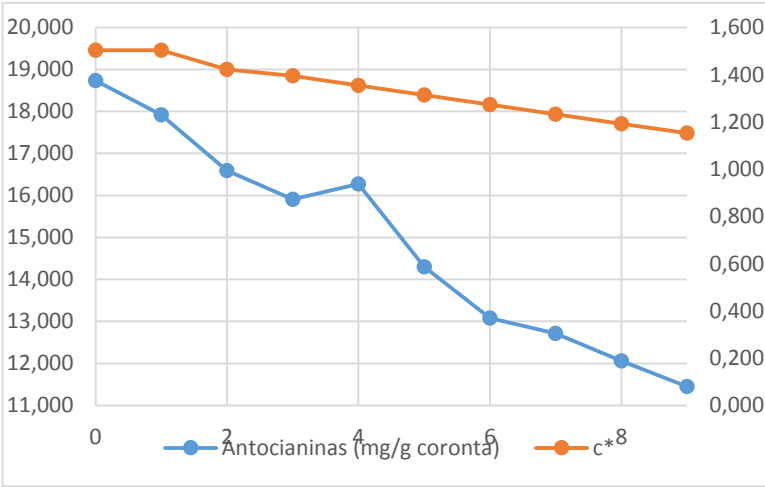
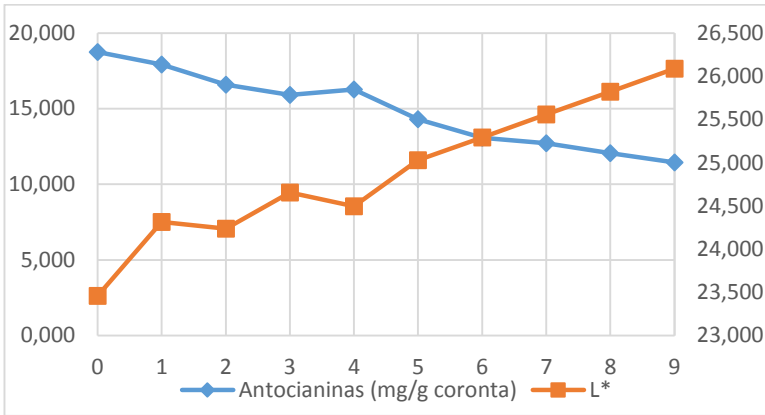


Grafico N° 6.2 Relación de antocianinas (mg / g coronta) y color (luminosidad y cromaticidad) a 25°C

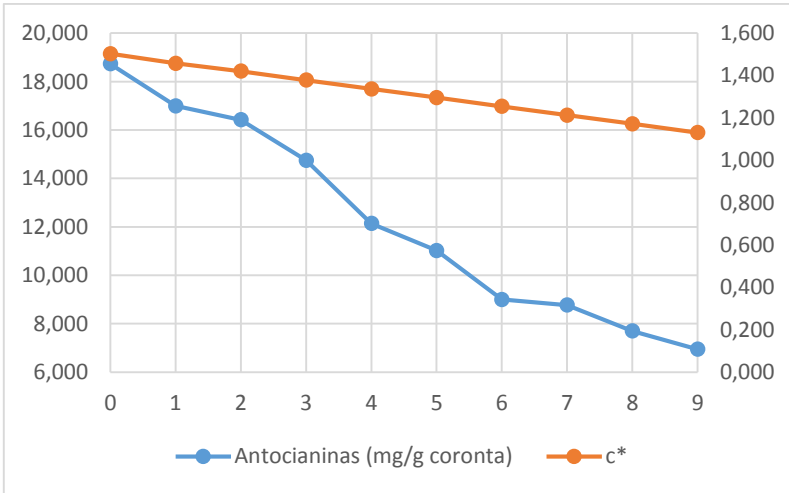
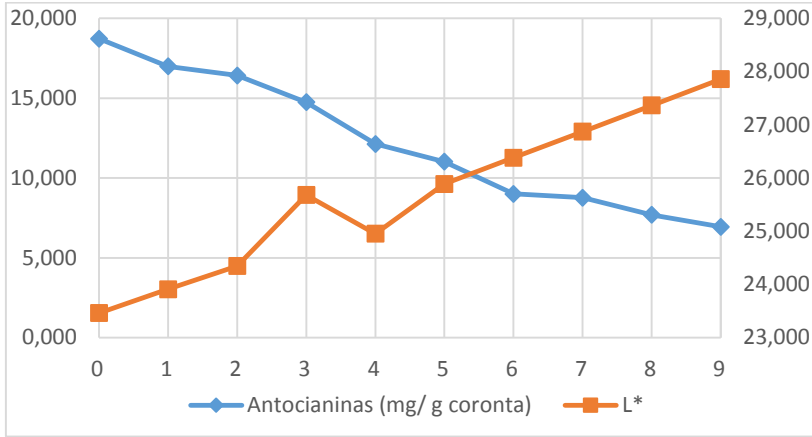
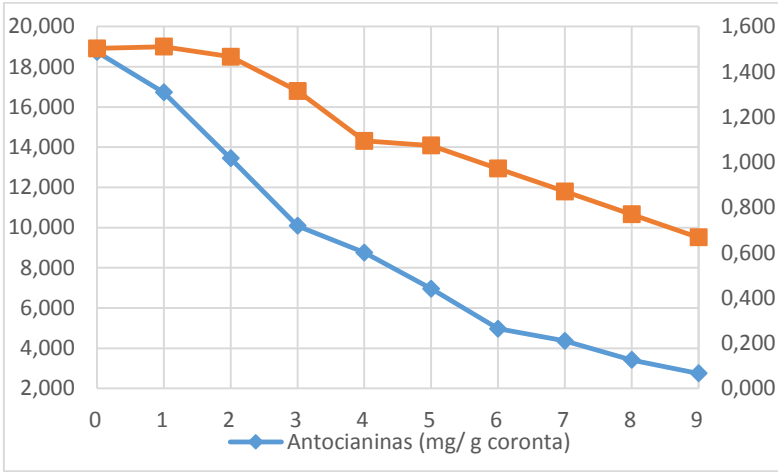
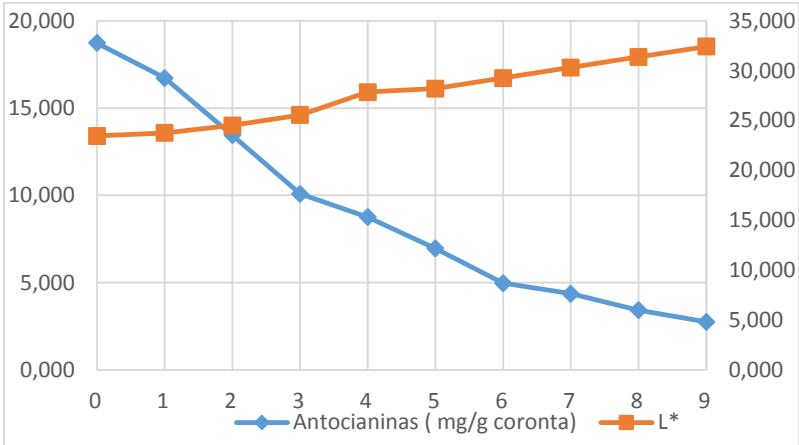


Grafico N° 6.3 Relación de antocianinas (mg / g coronta) y color (luminosidad y cromaticidad) a 35°C



6.2 Cinética de degradación de antocianinas y color en el almacenamiento

En la cinética de degradación de antocianinas se observó que el orden de reacción que se ajusta a las curvas es uno ($n=1$) de acuerdo al coeficiente de correlación (R^2) (ver tabla N° 5.9), por otro lado se determinó que la energía de activación (E_a) fue 48.32 kJ/mol y durante el almacenamiento hubo una degradación del 62.92%.

La cinética de degradación de color se trabajó en dos partes la primera con respecto a la luminosidad (L^*) el orden de reacción se ajustó a cero ($n=0$) y en el caso de la cromaticidad (c^*) las curvas se ajustaron mejor al orden cero ($n=0$), además la energía de activación (E_a) fue 33.44 kJ/mol. La variación de color (ΔE) durante el almacenamiento fue de 0.0 – 4.41 (ver anexo N° 08).

Contrastando con otros autores como **Martínez et al**, estudió la estabilidad térmica y almacenamiento de antocianinas determino que la cinética seguía un orden de reacción uno ($n=1$), esto concuerda con **Zhendong Yang & et al** pero se observó que la energía de activación en antocianinas fue de 18.3 kJ/mol esto se debe a que el autor experimento con extractos y en el presente estudio con gomas; los parámetros de color como la cromaticidad (c^*) fue de 35.9 kJ/mol. Por otro lado, la luminosidad (L^*) en el estudio que realizó **Şelale Kara Yalçınöz and Emine Alben Erçelebi** sobre propiedades fisicoquímicas y parámetros de color

tuvieron un orden reacción cero ($n=0$) similar al obtenido en este trabajo. En cuanto a la variación de color **Luna-Vital & et al** estudiando las antocianinas extraídas de pericarpio de maíz morado en rango de pH de 2 - 6 y almacenados por 12 semanas una variación de color que va desde 0.2 – 3.6 similar a los resultados obtenidos señalados en el párrafo anterior.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos establecidos en el presente estudio se puede concluir:

1. En la caracterización de la gomita elaborada con extracto de Zea mays fortificado con hierro, se determinó que el producto presentaba 74.49 grados Brix (Bx°), 4.28 de pH, 26.8% de humedad y en textura 344.43 gf. Así mismo que durante el almacenamiento el contenido de solidos solubles tiende a aumentar de forma lineal, el pH disminuye desde 4.28 hasta 4.13 a las temperaturas de 15°C y 25°C, en tanto a 35°C el valor de pH se redujo hasta 4.12. Respecto a la humedad se observó una pérdida de 2% a 15°C, 2.5% a 25°C y 3.5% a 35°C, por otro lado la dureza de la gomita se incrementó debido a la perdida de humedad.
2. En la última semana de experimentación se observó una notable reducción del contenido de antocianinas en cada una de las temperaturas de trabajo observándose que esta reducción fue de 38.86% a 15°C, 62.83% a 25°C y 83.78% a 35°C.
3. A medida que se incrementa el tiempo de almacenamiento se observa la reducción del contenido de antocianinas y de la cromaticidad (c*). En tanto la luminosidad

(L*) se encuentra en relación es inversa al contenido de antocianinas durante el almacenamiento.

4. El orden de reacción de la cinética de degradación de antocianinas es uno ($n=1$) teniendo un comportamiento exponencial. La energía de activación (E_a) obtenida por la ecuación de Arrhenius fue de 48.32 kJ/mol, con este valor se determinó que el tiempo de vida útil de la gomita elaborada con extracto de Zea mays fortificado con hierro hemínico es de 4.2 meses a 25°C.

5. En la cinética de color para la cromaticidad (c^*) y luminosidad (L*) se determinó que responde a una reacción de orden cero ($n=0$) mostrando un comportamiento lineal. Al aplicar las ecuaciones de Arrhenius obtenemos que el tiempo de vida útil del producto con respecto a la cromaticidad es de 3.5 semanas mientras que para la luminosidad es de 1.5 semanas, ambas a temperatura de almacenamiento de 25°C.

CAPITULO VIII

RECOMENDACIONES

- El uso de una marmita diseñada específicamente para este tipo de producto es importante para mejorar la homogeneidad de los insumos al momento del mezclado.
- Es preferible que el envasado no sea de forma artesanal, debido a que no hay una distribución adecuada del producto en el molde ya que la altura de la gomita no es uniforme provocando lecturas desiguales en la determinación de textura.
- Al hacer pruebas a escala industrial es preferible el uso de moldes de almidón, por su facilidad al desmoldado y puede ser usado en otros batch.
- Se podría hacer un estudio posterior del comportamiento de las antocianinas y el color en otros empaques de tal forma que se pueda contrastar con el presente trabajo y determinar cuál es el mejor.

CAPITULO IX

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Aguilera, M., Alanis - Guzman, García - Díaz, C. L., & Hernández - Brenes, C. M. (2009). Caracterizacion y Estabilidad de Antocianinas de Higo, Variedad Mission. *Universidad y Ciencia*, 25(2), 151 - 158.
2. *Ámbito Farmacéutico*. (6 de Junio de 2004). Compuestos Fenólicos. *Ámbito Farmacéutico*, 23(6), 80-84. Recuperado el Noviembre de 2016, de www.colfarsfe.org.ar/contenidos.php?codigo=1778
3. Anzueto, C. R. (Agosto de 2012). Modelos Matematicos para la Estimación de Vida Útil de Alimentos.
4. Arrazola, G., Herazo, I., & Alvis, A. (2014). Obtención y Evaluación de Estabilidad de Antocianinas en Berenjena (*Solanum melongena* L.) en Bebidas. 25(3), 43 - 52.
5. Badui, S. (2006). Química de los Alimentos. En S. Badui , *Química de los Alimentos* (4 ed., pág. 736). México: Pearson.

6. Brand-Miller, J., Hayne, S., Petocz, P., & Colagiuri, S. (2003). Low-glycemic Index Diets in the Management of Diabetes: a Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Diabetes Care*, 26(8).
7. Brouillard, R. (1982). Chemical Structure of Anthocyanins. En *Anthocyanins as Food Colors* (págs. 1 - 38). P. Markakis.
8. Carrillo Inungaray, M. L. (Enero - Junio de 2013). Vida Útil de los Alimentos. *Revista Iberoamericana de Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 2(3).
9. Cavalcanti, R. N. (2011). Non-thermal Stabilization Mechanisms of Anthocyanins in Model and Food Systems. *Reserchgate*, 44, 499-509. Recuperado el Noviembre de 2016, de https://www.researchgate.net/profile/Diego_Santos8/publication/229095079_Non-thermal_stabilization_mechanisms_of_anthocyanins_in_model_and_food_systems-An_overview/links/0deec52fb8dd90a47f000000.pdf
10. Chica Cardona, B., & Osorio Saldarriaga, S. (2003). *Determinación de la Vida de Anaquel del Chocolate de Mesa sin Azúcar en una Película de Polipropileno Biorientado*. Trabajo de grado para Optar el Título de Ingniero Quimico, Universidad Nacional de Colombia, Ingeniería de Química, Manizales. Recuperado el 05 de Julio de 2016, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1518/1/bibianachicasandraosorio.2003.pdf>

11. EFSA;. (2010). *Scientific Opinion on the Safety of Heme Iron (blood peptonates) for the Proposed uses as a Sources of Iron added for Nutritional Purposes to foods for the General Population, Including Food Supplements*. Parma. Recuperado el Octubre de 2016, de <http://www.efsa.europa.eu/fr/efsajournal/pub/1585>
12. Elika. (2011). *Aditivo Alimentario*. Álava. Recuperado el 05 de Julio de 2016, de http://www.elika.eus/datos/articulos/Archivo730/folleto_aditivos.pdf
13. Fennema, O. (2000). *Química de los Alimentos*. Zaragoza: Acribia.
14. García, C., & Molina, M. (2008). Estimación de la Vida Útil de una Mayonesa Mediante Pruebas Aceleradas. *Ingeniería*, 1(2), 57 - 64.
15. Garzón , G. A. (2008). Las Antocianinas como Colorantes Naturales y Compuestos Bioactivos: Revisión. *13(3)*, 27 - 36.
16. Ghiselli , A., Nardini, M., Baldi, A., & Scaccini, C. (1998). Antioxidant Activity of Different Phenolic Fractions Separated an Italian Red Wine. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 46(2), 361-367.
17. Gomitas. (2011). *Biblioteca digital*. Recuperado el 27 de Febrero de 2016, de http://bibliotecadigital.conevyt.org.mx/colecciones/consumir_bien/confites/gomitas.htm

18. Horbowicz , M., Kosson, R., Grzesiuk, A., & Debski, H. (2008). Anthocyanins of Fruits and Vegetables their Ocurrence, Analysis and Role in Human Nutrition. *Vegetables Crops Research Bulletin*, 68, 5 - 22.
19. Hutchings, J. (1999). *Food Color and Appearance*. Aspen Publishers, Inc .
20. INEN. (2000). *Instituto Ecuatoriano de Normalización*. Recuperado el 4 de marzo de 2016, de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2217.2012.pdf>
21. Jay, J. (1994). *Microbiología Moderna de los Alimentos*. España: Acribia SA.
22. Kopjar, M. (2011). Prevention of thermal degradation of anthocyanins in blackberry juice with addition of different sugars. *Journal food*, 9(3).
23. Labuza, T. (1999). Recuperado el 28 de Febrero de 2016, de http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/semana_14_y_15.pdf
24. Lopez, L. (2006). *Revisión de Metologias de Cálculo de la Absorción del Hierro*. Universidad Buenos Aires, Carrera de Licenciatura en Nutrición , Buenos Aires. Recuperado el Octubre de 2016, de <http://www.fmed.uba.ar/depto/nutrnormal/absorcion.pdf>
25. Marchetti, L. (2014). *Alternativas Tecnologicas para el Desarrollo Productos Carnicos Saludables*. Tesis doctoral, CEntro de Investigacion y Desarrollo en Criotecnologia de Alimentos , Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad de la Plata, La Plata.

26. Marfil, P., Anhe, A., & Telis, V. (2012). Texture and microstructure of gelatin/corn starch based gummy confections. *Food Biophysics*, 7(2), 36 - 43.
27. Markakis, P., Livingston, G., & Fellers, R. (1957). Quantitative Aspects of strawberry Pigment Degradation. *Food Res.*, 22, 117 - 130.
28. Martinez , J., & Rojas, H. A. (2011). Estabilidad de Antocianinas en Jugo y Concentrado. *Scielo*, 64(1), 6015 - 6022.
29. Mathias - Rettig, K., & Ah - Hen, K. (2014). El Color en los Alimentos un Criterio de Calidad Medible. *Agro sur*, 42(2), 39-48. Recuperado el 05 de julio de 2016, de <http://www.agrarias.uach.cl/wp-content/uploads/2016/04/art07-Mathias.pdf>
30. MINSA. (16 de Enero de 2015). *MINSA*. Recuperado el 21 de Marzo de 2016, de http://www.minsa.gob.pe/dgsp/documentos/Guias/RM028-2015-MINSA_guia.pdf
31. Mora Barandiaran, F. J. (2013). *Efecto de la Contracción de CMC, Goma guar y Goma Xantan sobre la Sineresis, Características Reológicas y Consistencia Sensorial de Salsa de Alcachofa (Cynara scolymus L.) variedad Imperial Star*. Informe para Optar Título de Ingeniero en Industriais Alimentarias, Universidad Privada Antenor Orrego , Ciencias Agrarias , Trujillo. Recuperado el 05 de Julio de 2016, de http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/196/1/MORA_FRANCISCO_EFFECTO_CONCENTRACION.pdf

- 32.** Moreno Parra, L. M. (2007). *Estudios de Estabilidad a Largo Plazo de Medicamentos en Capsula de Gelatina Blanda*. Trabajo Profesional para Optar el Título de Químico Farmacéutico, Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado el 05 de Julio de 2016, de <http://avalon.cuautitlan2.unam.mx/biblioteca/tesis/363.pdf>
- 33.** Morillo, M. F., & Puma, M. E. (2009). *Determinación de Parámetros Óptimos para Elaboración de Gomas utilizando Pulpa de Sabila (Aloe Vera)*. Informe de tesis, Ibarra.
- 34.** Nuñez de Villavicencio Ferrer, Margarita. (2015). *Métodos de Estimación de la Vida Útil de los Alimentos*. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria, Departamento de Matemática Aplicada, La Habana.
- 35.** OMS. (2016). *Organización Mundial de la Salud*. Recuperado el 21 de Marzo de 2016, de Organización Mundial de la Salud: http://www.who.int/vmnis/database/anaemia/anaemia_data_status_t2/es/
- 36.** Perea, X. (2013). *Análisis de compuestos fenólicos y valoración de la Bioactividad de extractos de testa de Jatropha curcas L. no tóxica*. Informe de tesis, Sinaloa. Recuperado el Octubre de 2016
- 37.** Portilla, D. (2013). *Estabilidad de Vitamina C en Gomas Masticables Elaboradas A partir del Liofilizado de la Fruta Dovyalis abyssinica comparado con gomas de acido ascorbico sintético*. Quito.

38. Posada, C. C. (2011). *Recopilación de Estudios de Tiempos de Vida Útil de Productos Nuevos y ya Existentes de la Compañía de Galletas Noel S.A.S.* Pratica Empresarial para Optar el Titulo de Ingeniera de Alimentos , Cooperación Universitaria Lasallista, Ingeniería de Alimentos , Caldas.
39. *Soluciones Practicas* . (2008). Recuperado el 6 de Marzo de 2016, de <http://www.solucionespracticas.org.pe/>
40. Strack, D., & Wray, V. (1989). Anthocyanins. En *Methods in Plant Biochemistry* (Vol. I, págs. 325 -356). H. B. Harbone.
41. Timberlake, C. (1980). Anthocyanins - Occurrence, Extraction and Chemistry. *Food Chemistry*, 5(1), 69 - 80.
42. University of North Dakota. (2010). *Iron*. North Dakota. Recuperado el Octubre de 2016, de https://und.edu/student-life/dining/_files/docs/fact-sheets/iron.pdf
43. Villavicencio-Queijeiro, A. (2012). La Mitocondria como Fábrica de Cofactores: Biosíntesis de Grupo Hemo, centro Fe-S y Nucleótidos de Flavina (FMN/FAD). *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 15(2), 116-132. Recuperado el Octubre de 2016 , de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tip/v15n2/v15n2a5.pdf>

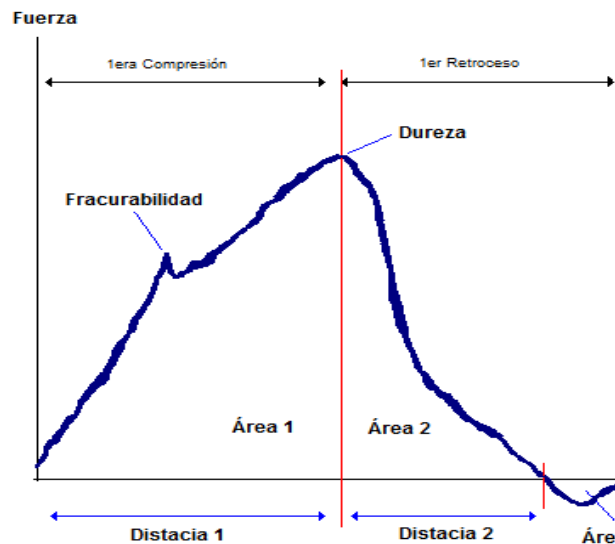
44. Wang, S., & Jiao , H. (2000). Scavering Capacity of Berry Crops on Superoxide Radicals, Hydrogen Peroxide, hydroxyl radicals and Singlet Oxygen. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 48, 5677 - 5684.
45. Zapata, L. M. (2014). *Obtención de Extractos de Antocianinas aprtir de Arandanos para ser utilizado como antioxidante y Colorante en la Industria Alimentaria*. Tesis doctoral, Politecnico de Valencia, Deperatamento de Tecnología de Alimentos, Valencia.

ANEXOS

1. Determinación de textura (Pons y Fiszman, 1996)

Las muestras son llevadas al texturometro CT3, estas son sometidas a dos ciclos de compresión usando una placa de acero inoxidable de 5 cm de diámetro. Las muestras se comprimen 12% con respecto a su altura. Se calculan los siguientes parámetros módulo de deformabilidad como la pendiente inicial de la curva de esfuerzo corregido-deformación corregidos en el primer ciclo de compresión y a partir de la curva fuerza – tiempo se obtendrá dureza (fuerza máxima en el primer ciclo de compresión).

Grafico N° 8.1 Perfil de textura genérico obtenido para un alimento



Fuente: (Marchetti, 2014)

2. Determinación de color (Uso de colorímetro Konica Minolta CR-400)

Se hacen las mediciones usando el colorímetro Konica Minolta CR-400 usando la escala CIELab que describe la luminosidad L^* que varía desde 100 para un blanco perfecto y 0 para el negro, y la cromaticidad por los parámetros a^* que representa al rojo cuando es positivo y verde para el negativo, y por último b^* representa amarillo si es positivo y azul cuando es negativo.

3. Determinación de antocianinas (Giusti y Wrolstad, 2001)

Para la determinación se toma dos muestras de 100 μL , las cuales son llevadas a tubos con 17.9 mL de solución buffer pH 1 (coluro de potasio 0.025M) y a la segunda con solución buffer pH 4.5 (acetato de sodio 0.4M); luego son llevados al espectrómetro para tomar lectura a la absorbancia en el rango de 510 – 700 nm.

$$A = (A_{\lambda \text{ vis max}} - A_{700})_{pH1} - (A_{\lambda \text{ vis max}} - A_{700})_{pH4.5}$$

Luego de hallar la absorbancia de la muestra será cuantificado con la siguiente formula:

$$\text{Antocianina cianidina 3 – glucósido} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{A * \text{Peso molecular} * FD * 1000}{\epsilon * l}$$

A= Absorbancia calculada

FD= Factor de dilución

Peso molecular= 449.2 g/mol (cianidina 3 – glucósido)

E= Coeficiente de extinción molar (29600 L/mol/cm)

l= Longitud de paso de la celda (cm)

4. Caracterización del extracto de Zea mays

Características del extracto de Zea mays

Brix°	1
Solidos totales	1.2
pH	4

Características del extracto atomizado de Zea mays

Solidos totales	95.48%
Antocianinas	358.12 mg/L

5. Ficha técnica de hierro hemo o hemínico



Xi'an Wison Biological Technology Co.,Ltd.

Address: Rm. 2103, Unit 3, Building 3, Saigao Int'l Block, Fengcheng 5th Road, Weiyang District, Xi'an, Shaanxi, China (Mainland)
 Tel:+86-86100035 Fax:+86-83340290
 www.biowison.com www.biowison.en.alibaba.com

Certification of Analysis

Item Name : Hemin Powder		
Batch No. : WS278885120		Quantity : 1KG
Manufacturing Date : 2015.12.20		Report Date : 2015.12.21
Expiry Date : 2017.12.19		Source : Bovine
Test items	Specifications	Test results
Appearance	Dark purple crystalline powder	Pass
Purity	≥99%	99.52%
(Fe)Iron Ingredient	>8.5%	8.55%
Loss on Drying	<2.0%	Complies
Water	<2.0%	0.2%
Heavy Metal		
Pb , mg/kg	≤0.5	0.09
As , mg/kg	≤0.5	0.18
Hg , mg/kg	≤0.5	0.2
Microbial Limit		
Total plate count , cfu/g	≤1000	<200
Yeast & mold count , cfu/g	≤50	<20
E. Coli , MNP/100g	<40	<20
Salmonella	Absent	Not detected
Conclusion	Comply with in-house standard	

QC MANAGER:

郭华印

INSPECTOR:

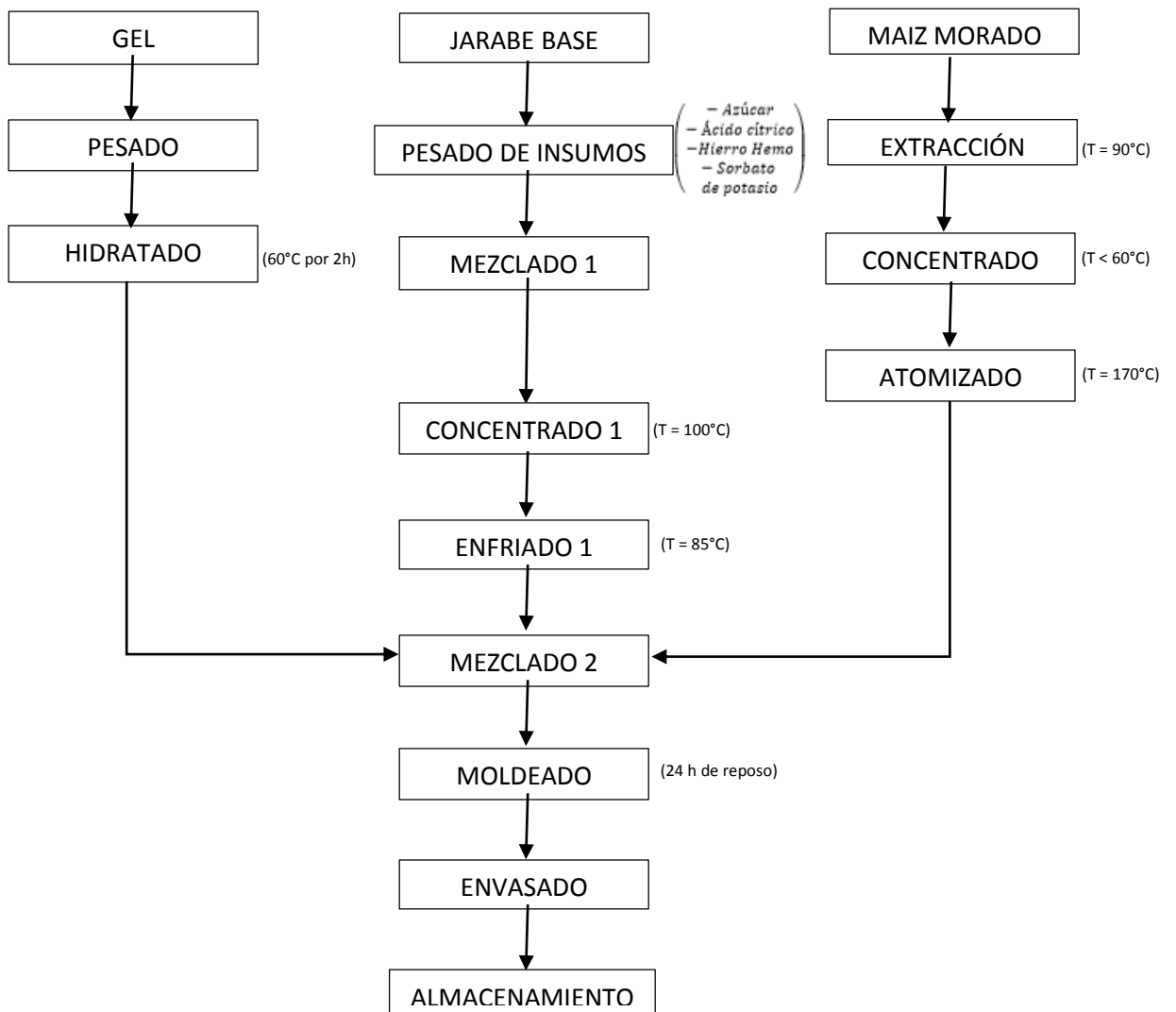
王文君

ANALYST:

孙小利



6. Flujograma de elaboración de las gomitas elaboradas con extracto de Zea mays fortificadas con hierro hemínico



7. Descripción de los procesos de la elaboración de la gomita con extracto de Zea mays fortificado con hierro hemínico

1. En el gel

- a. Pesado:** Se pesó en una balanza gramera el gel Bloom y el agua para su posterior hidratación.
- b. Hidratación:** En esta operación se mezcló el gel con el agua a cierta temperatura ($T=45^{\circ}\text{C}$) para que tenga una mejor solubilidad, se dejó reposar en baño maría a 60°C por dos horas.

2. En el jarabe

- a. Pesado de insumos:** Para la elaboración del jarabe se usaron insumos como azúcar, ácido cítrico, sorbato de potasio y hierro hemínico en polvo.
- b. Mezclado 1:** Se junta los insumos mencionados en la operación anterior, para dar una mejor solubilidad a hierro hemínico debido a su naturaleza hidrofílica.
- c. Concentración 1:** En esta operación unitaria se formó el jarabe por acción de la temperatura (aproximadamente $T=100^{\circ}\text{C}$) hasta llegar al punto perla.

d. Enfriado 1: Se dejó enfriar hasta 85°C para que la temperatura no afecta las propiedades reológicas del gel y el contenido de antocianinas, por otro lado haya un mezclado uniforme con el gel y el extracto de maíz morado.

3. En el extracto de maíz morado

a. Extracción: Mediante una lixiviación entre el maíz morado (coronta y grano) y agua a una temperatura aproximada de $T=90^{\circ}\text{C}$.

b. Concentración: El extracto fue concentrado al vacío a una temperatura menor a 60°C para minimizar el deterioro de las antocianinas y alcanzar la cantidad de sólidos necesaria.

c. Atomización: Esta operación permite estabilizar la antocianina presente en el concentrado, por efecto de la temperatura de trabajo se reduce el contenido de humedad quedando el producto en polvo.

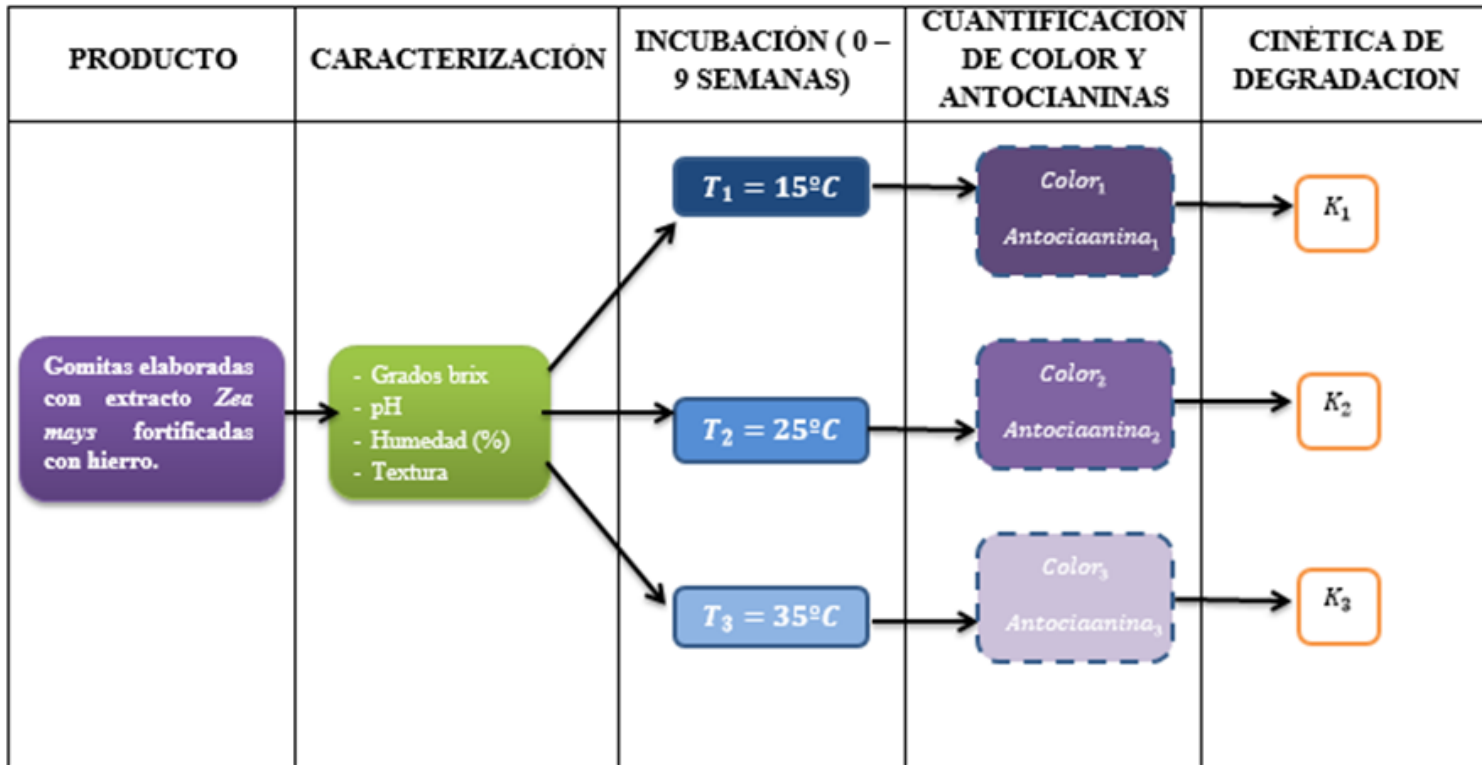
4. **Mezclado 2:** En este parte del proceso se mezcló de manera uniforme en la marmita el gel, jarabe y el extracto de maíz morado en polvo

5. **Moldeado:** Se usaron moldes de siliconas que fueron previamente desinfectados y esterilizados. El producto permaneció en reposo por 24 horas.

6. **Envasado:** Luego de periodo de reposo el producto fue empacado en un ambiente esterilizado.

7. **Almacenado:** Por motivos del estudio se almaceno las gomitas a tres temperaturas diferentes.

8. Diagrama experimental para determinar la cinética de degradación del contenido de antocianinas en la gomita con extracto de *Zea mays* fortificado con hierro hemínico

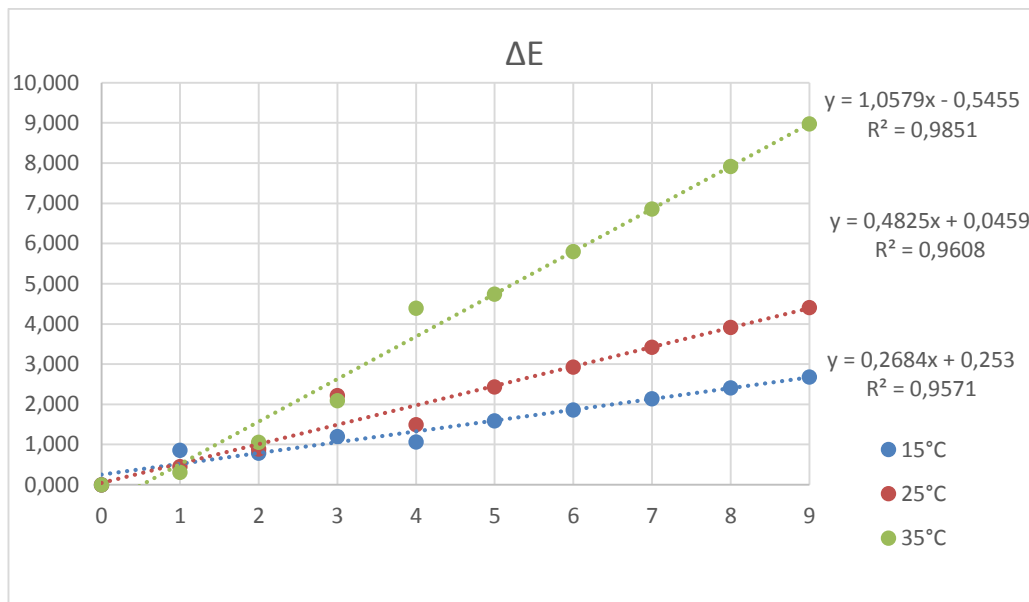


9. Variación de color en el almacenamiento:

Tabla N°8.1 Variación de color (ΔE) en el almacenamiento

Semana	15°C	25°C	35°C
0	0.0	0.0	0.0
1	0.856	0.45	0.308
2	0.789	0.89	1.055
3	1.205	2.224	2.092
4	1.065	1.5	4.397
5	1.595	2.435	4.744
6	1.866	2.928	5.802
7	2.138	3.421	6.86
8	2.41	3.914	7.918
9	2.682	4.407	8.976

Grafico N° 8.2 Variación de color (ΔE) en el almacenamiento



10. Matriz de consistencia:

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
<p>¿Cómo influye la temperatura de almacenamiento en la degradación de las antocianinas en las gomitas elaboradas con extracto de Zea mays usadas como vehículo de hierro hemo?</p>	<p>GENERAL: ¿Cómo influye la temperatura de almacenamiento en la degradación de las antocianinas en las gomitas elaboradas con extracto de Zea mays usadas como vehículo de hierro hemo?</p> <p>ESPECIFICOS: a. Caracterizar la gomita con extracto de Zea mays (grados Brix, pH, porcentaje de humedad y textura). b. Evaluar el contenido de antocianinas durante el almacenamiento. c. Evaluar la relación del color y contenido de antocianinas durante en el almacenamiento.</p>	<p>La temperatura de almacenamiento determinará el comportamiento de degradación en la antocianina de las gomitas elaboradas con extracto de Zea mays fortificadas con hierro.</p>	<p>TIPO: Es longitudinal ya que a medida que el proyecto avance se registrara los datos de cambio de color así como la degradación de las antocianinas. Tiende a ser experimental ya que la variable independiente que es la temperatura de almacenamiento influenciara sobre las variables dependiente que es el contenido de antocianina a lo largo del estudio.</p> <p>DISEÑO: Es experimental puro, debido a que se tomará muestras de forma aleatoria de un lote.</p>	<p>En la investigación se trabajará con gomitas a base de extracto de Zea mays que presentan un alto contenido de antocianinas que están fortificadas con hierro hemo, la población de estudio serán 3000 gomitas elaboradas en el Instituto de Investigación Especializado en Alimentos y se hará un muestreo aleatorio simple, del cual se tomará 500 gomitas para realizar diferentes análisis y observar la cinética de degradación de color y contenido de antocianinas.</p>

