

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

**PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS**



**“CARACTERIZACIÓN DE LA ESFERIFICACIÓN FUNCIONAL DE
ALGINATO, GOMA XANTANA Y PULPA DE GUANÁBANA.”**

POR:

ISAMAR ALEJANDRA MORALES IBARRA

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para obtener el Título de:
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO, MAYO 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

TESIS TITULADA

“CARACTERIZACIÓN DE LA ESFERIFICACIÓN FUNCIONAL DE ALGINATO,
GOMA XANTANA Y PULPA DE GUANÁBANA”

PRESENTADA POR:

ISAMAR ALEJANDRA MORALES IBARRA

QUE HA SIDO APROBADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO
DE:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

EL PRESENTE TRABAJO HA SIDO ASESORADO Y ACEPTADO DE ACUERDO
AL ARTÍCULO 89 DEL REGLAMENTO ACADÉMICO PARA ALUMNOS DE
LICENCIATURA POR EL SIGUIENTE COMITÉ:



Dr. Xochitl Ruelas Chacón
Asesor principal



ME. Laura Olivia Fuentes Lara
Asesor



Dr. Antonio F. Aguilera Carbó



Dr. José Duñez Alanís
Coordinador de la División de Ciencia Animal



SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO, MAYO 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS

TESIS TITULADA

“CARACTERIZACIÓN DE LA ESFERIFICACIÓN FUNCIONAL DE ALGINATO,
GOMA XANTANA Y PULPA DE GUANÁBANA”

PRESENTADA POR:

ISAMAR ALEJADRA MORALES IBARRA

QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

DE ACUERDO AL ARTÍCULO 90 DEL REGLAMENTO PARA ALUMNOS DE LICENCIATURA

DR. XOCHITL RUELAS CHACÓN
PRESIDENTE



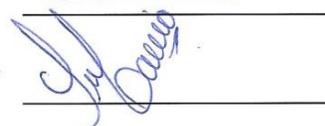
ME. LAURA OLIVIA FUENTES LARA
VOCAL



DR. EFRAIN CASTRO NARRO
VOCAL



Q.F.B. MARÍA DEL CARMEN JULIA GARCÍA
VOCAL



SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO, MAYO 2017

II

II

AGRADECIMIENTOS

A Dios por estar siempre ahí conmigo cuando más me hacía falta y por hacerme llegar hasta donde estoy.

A mi madre por confiar en mí y apoyarme en todas mis decisiones; estar siempre conmigo, la mejor mujer que conozco.

*A mi Alma Terra Mater la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por permitirme y abrirme sus puertas de su gloriosa Gloria y enseñarme la importancia de la agronomía*

*A mis profesores por ser el pilar del conocimiento de los cuales aprendí mucho y me conmueve haberlos conocido no solo me enseñaron intelectualmente si no también moralmente. Especialmente a la **Dr. Xochitl Ruelas Chacón** por sus consejos cuando más los necesitaba.*

*Al **Dr. Antonio Aguilera Carbó** por su amistad y su conocimiento brindado.*

*A la **ME. Laura Oliva Fuentes Lara** por ofrecer su sabiduría enriqueciendo mi conocimiento.*

*Al **T.L.Q. Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel** por su apoyo brindado en este trabajo.*

A mis compañeros Alfredo, Isela, Tere, Elena, Graciela, Evelyn, Idamar y Ruti que por casualidad nos encontramos y por nuestra elección nos hicimos amigos.

*A **David Martínez Pazarán** porque sin querer se ha convertido en alguien muy importante para mí.*

DEDICATORIA



A mi madre María Dolores Ibarra Hernández por su apoyo y aliento por lo cual he logrado una de mis más grandes metas lo cual constituye la herencia más valiosa que pudiera recibir.



ÍNDICE GENERAL

<u>LISTA DE CUADROS</u>	<u>VIII</u>
<u>LISTA DE FIGURAS</u>	<u>VIII</u>
<u>RESUMEN</u>	<u>IX</u>
<u>1. INTRODUCCIÓN</u>	<u>1</u>
1.1 JUSTIFICACIÓN	2
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.3 HIPÓTESIS	3
<u>2. REVISIÓN DE LITERATURA</u>	<u>4</u>
2.1 GASTRONOMÍA MOLECULAR	4
2.1.1 ESFERIFICACIÓN	5
2.1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS ESFERIFICACIONES	5
2.2 MECANISMOS DE GELIFICACIÓN	6
2.3 TÉCNICAS DE ENCAPSULACIÓN CON ALGINATO	7
2.3.1 ENCAPSULACIÓN EN EMULSIÓN	8
2.3.2 ENCAPSULACIÓN POR EXTRUSIÓN	8
2.4 FORMA DE PREPARACIÓN	8
2.5 EMULSIONANTES	9
2.6 ESTABILIZANTES	9
2.7 ALGINATO	9
2.8 GOMA XANTANA	11
2.9 SALES DE CALCIO	11
2.9.1 CLORURO DE CALCIO	12
2.10 E955- SUCRALOSA	12
2.11 GUANÁBANA	12
2.11.1 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL.	13
2.11.2 CALIDAD DE LA GUANÁBANA	14
2.11.3 PAÍSES PRODUCTORES	14
2.11.4 PAÍSES CONSUMIDORES	14
2.11.5 PROPIEDADES CURATIVAS DE LA GUANÁBANA	14
	V

2.11.6	USOS DE LA GUANÁBANA	15
2.12	IMPORTANCIA DE LOS ANÁLISIS EN LOS ALIMENTOS	16
2.12.1	ANÁLISIS PROXIMAL	16
2.12.2	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	16
2.12.3	ANÁLISIS SENSORIAL	18

3. METODOLOGÍA **19**

3.1	ELABORACIÓN DE LAS ESFERIFICACIONES DE GUANÁBANA.	19
3.3	CARACTERIZACIÓN DE LA ESFERIFICACIÓN DE ALGINATO, GOMA XANTANA Y PULPA DE GUANÁBANA.	19
3.3.1	DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA ESFERA	19
3.3.2	DETERMINACIÓN DE MATERIA SECA PARCIAL	20
3.3.3	DETERMINACIÓN DE MATERIA SECA TOTAL	20
3.3.4	DETERMINACIÓN DE CENIZA	20
3.3.5	DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE HUMEDAD	21
3.3.6	DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD FÍSICA	21
3.3.7	DETERMINACIÓN DE DENSIDAD	21
3.3.8	DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA	21
3.3.9	DETERMINACIÓN DE LÍPIDOS	22
3.3.10	DETERMINACIÓN DE AZÚCARES TOTALES	22
3.3.11	DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA	22
3.3.12	DETERMINACIÓN DE VALOR CALÓRICO	23
3.3.13	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	23
3.3.14	ANÁLISIS SENSORIAL	24

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN **25**

4.1	DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA ESFERA.	25
4.2	DETERMINACIÓN DE MATERIA SECA PARCIAL	26
4.3	DETERMINACIÓN DE MATERIA SECA TOTAL.	27
4.4	DETERMINACIÓN DE CENIZA	27
4.5	DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD	28
4.6	DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD FÍSICA	28
4.7	DETERMINACIÓN DE DENSIDAD	29
4.8	DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA	30
4.9	DETERMINACIÓN DE LÍPIDOS	30
4.10	DETERMINACIÓN DE AZÚCARES TOTALES	30

4.11 DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA	31
4.12 DETERMINACIÓN DE VALOR CALÓRICO	31
4.13 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	32
4.14 ANÁLISIS DE EVALUACIÓN SENSORIAL	33
<u>5. CONCLUSIÓN</u>	<u>34</u>
<u>6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</u>	<u>35</u>
<u>7. ANEXOS</u>	<u>39</u>

LISTA DE CUADROS

CUADRO 1. CLASIFICACIÓN DE LAS ESFERIFICACIONES	6
CUADRO 2. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA GUANÁBANA.	13
CUADRO 3. RESULTADO DE MATERIA SECA PARCIAL DE LA ESFERIFICACIÓN DE GUANÁBANA	27
CUADRO 4. RESULTADO DE MATERIA SECA TOTAL DE LA ESFERIFICACIÓN DE GUANÁBANA.	27
CUADRO 5. RESULTADO DE CENIZA EN LA ESFERIFICACIÓN DE GUANÁBANA.	28
CUADRO 6. RESULTADO DE LA DENSIDAD DE LAS ESFERIFICACIONES DE GUANÁBANA REPRESENTADA EN G/ML.	29
CUADRO 7. RESULTADO DE PROTEÍNA TOTAL EN LAS ESFERIFICACIONES DE GUANÁBANA.	30
CUADRO 8. RESULTADO DEL LÍPIDOS EN LAS ESFERIFICACIONES DE FRESA.	30
CUADRO 9. RESULTADO DE AZÚCARES TOTALES EN LAS ESFERIFICACIONES DE GUANÁBANA G/KG.	31
CUADRO 10. RESULTADO DE FIBRA CRUDA EN LAS ESFERIFICACIONES DE GUANÁBANA.	31
CUADRO 11. RESULTADO DE VALOR CALÓRICO EN LAS ESFERIFICACIONES DE GUANÁBANA KCAL/100G.	32
CUADRO 12. RESULTADOS CONCENTRADOS DEL ANÁLISIS SENSORIAL MEDIANTE ANÁLISIS DE VARIANZA.	33

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. LARGO DE LAS ESFERIFICACIONES DE GUANÁBANA (CM).	25
FIGURA 2. ANCHO DE LAS ESFERIFICACIONES DE GUANÁBANA (CM).	25
FIGURA 3. PESO DE LAS ESFERIFICACIONES DE GUANÁBANA (G).	26
FIGURA 4. ESTABILIDAD EN LAS ESFERIFICACIONES EN RELACIÓN CON EL TIEMPO.	29
FIGURA 5. RESULTADO DE BACTERIAS MESÓFILAS AEROBIAS UFC/G EN ESFERIFICACIONES DE GUANÁBANA.	32
FIGURA 6. RESULTADO DE HONGOS Y LEVADURAS UFC/G EN ESFERIFICACIONES DE GUANÁBANA.	33

RESUMEN

La esferificación es una técnica derivada de la gastronomía molecular que consiste en una gelificación controlada de un líquido, sumergido en un recipiente que contiene una solución de cloruro de calcio, el líquido forma pequeñas esferas con el alimento dentro. En la gastronomía molecular varios ingredientes se sustituyen en los alimentos preparados tratando de proporcionar la misma respuesta química que los ingredientes originales, pero con nuevos sabores, texturas y propiedades funcionales que satisfagan a los consumidores. El objetivo de esta investigación fue obtener y caracterizar un alimento funcional con guanábana por esferificación con alginato y goma de xantana. El diseño experimental para la caracterización físico-química fue un diseño completamente al azar con tres repeticiones y para la evaluación del análisis sensorial, fue un bloque completamente al azar. Para la caracterización del nuevo producto se utilizaron los métodos AOAC y para el análisis sensorial se aplicó una prueba hedónica. Las variables fisicoquímicas analizadas fueron: materia seca total (77.6%), humedad (89.44%), proteína (0.90%), grasa (0.03%), cenizas (0.62%), fibra (1.11%), azúcares totales (0.07 g/kg) y valor calorífico (3.19 Kcal/g). La estabilidad del producto se estimó mediante un análisis visual de la pérdida de humedad a los 30, 60 y 90 minutos con una balanza analítica. Las esferificaciones de guanábana fueron analizadas microbiológicamente (bacterias mesófilas aerobias, hongos y levaduras) durante 5 días. El primer día en el recuento de las bacterias aerobias mesófilas una carga microbiana de 4.5×10^4 UFC/g se obtuvo en el quinto día diferencia significativas ($P > 0.05$) en la apariencia y textura general. El producto de esferificación de guanábana fue de 7.5×10^4 UFC/g. Para la presencia de hongos y levaduras hubo un desarrollo de 2.0×10^3 UFC/g el primer día y el quinto día fue de 7.0×10^3 UFC/g. Para la evaluación sensorial participaron 16 jueces entrenados y los atributos evaluados fueron: aspecto general, olor, sabor, textura y aceptación general. Se utilizó una prueba hedónica con una escala de cinco puntos. Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza y se realizó una prueba de Fisher de diferencia significativa para comparar medias a un nivel de significancia del 5%. Las características de este se pueden utilizar como un nuevo producto debido a su contenido nutricional y puede ser consumido por todo tipo de consumidores.

Palabras clave: esferificación, gastronomía molecular, pulpa de guanábana, alginato, evaluación sensorial.

1. INTRODUCCIÓN

En la gastronomía ha surgido una nueva tendencia de preparar alimentos de una manera más llamativa para al consumidor, algo innovador que con su apariencia llame la atención del consumidor y se puede llegar a percibir con los 5 sentidos.

Esta tendencia tiene un nombre y se conoce como gastronomía molecular de la cual surgen diferentes técnicas; en donde se han modificado metodologías clásicas mediante la aplicación de nuevas tecnologías. Empezaron a combinar la ciencia con la cocina en donde científicos comenzaron a adentrarse en cuestiones culinarias.

Actualmente nos encontramos en una época en que cada vez los niveles de competitividad son cada vez mayores. La ciencia y tecnología avanzan rápidamente para lograr la mejoría en la calidad de vida de los seres humanos en todos los ámbitos. Por fortuna, el mundo de la gastronomía no se queda atrás. Valiéndose de todos los avances científicos-técnicos y sus aplicaciones en la cocina, vemos como comienzan a desarrollarse nuevas técnicas de cocción o preparación de platillos (Escandell, 2015).

La esferificación es una técnica en la que se puede encapsular diferentes alimentos, es una de las vías con mayor viabilidad que se puede encargarse de ofrecer alimentos frescos y con un rico aporte nutrimental, resguardando las características sensoriales de los alimentos y compitiendo de igual forma con los alimentos más industrializados.

Esta técnica, se basa en la gelificación controlada de un líquido que, cuando se sumerge en un baño de cloruro de calcio, forma esferas, constituyendo una malla semirrígida formada por enlaces químicos responsables de que un líquido tome consistencia y forme esferas perfectas (Ramírez *et al.*, 2014).

Imeson (2010) resalta el efecto prebiótico de los alginatos de bajo peso molecular, los beneficios de su ingesta como fibra diaria para la reducción de los niveles de azúcar y colesterol en sangre, así como, la capacidad para prolongar la vida útil en productos. La viscosidad es la característica principal de las soluciones de alginato y junto a su reactividad frente a los cationes polivalentes, es la que genera características como espesante, estabilizante y gelificante.

Esta técnica de esferificación lo que se pretende es realizar un alimento que combinado con la pulpa de guanábana sea nutritivo, aporte energía y además de eso sea llamativo para el consumidor. La fruta de la guanábana la cual se utiliza en este estudio ya que hay investigaciones en donde se alude por tener diferentes propiedades curativas y por su aporte nutrimental.

1.1 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad hay muy poca información relacionada a la Gastronomía molecular principalmente de la técnica de esferificaciones, lo más importante es conocer lo que consumimos y que beneficios trae para la salud.

La SAGARPA (2016) señala que la guanábana crece en zonas tropicales, subtropicales y húmedas. Destaca que el área de distribución natural de este fruto abarca la región tropical del sur de México, Centroamérica, el norte de América del sur y las islas del Caribe. Afirma que en México se producen anualmente más de 16 mil toneladas de guanábana, siendo Nayarit, Colima y Michoacán los principales productores de esta fruta a la que se destinan más de dos mil hectáreas para cultivarla, y cuyo valor de producción supera los 102 millones de pesos. Actualmente, México exporta pulpa de guanábana a Estados Unidos, y productores de Nayarit comercializan su fruta en fresco a tiendas de autoservicio en el país.

Sin embargo los frutos del guanábano son muy perecederos, ya que en cuatro a cinco días después de la cosecha, a temperatura ambiente, muestran ablandamiento y alteraciones en el sabor y color externo e interno. La producción frutícola por árbol es baja con relación a otros frutales, por lo que el éxito comercial del guanábano depende de una adecuada selección de genotipos con mayor producción y con frutos de calidad. A pesar de que uno de los centros de origen de este frutal es el sur de México y parte de Guatemala, su mejoramiento genético y las plantaciones intensivas en el estado de Morelos, México, son casi nulos (Evangelista *et al.*, 2003).

Como consecuencia se ha reportado un 60% de pérdidas poscosecha debido a la naturaleza perecedera y a la fragilidad a daños físicos de este fruto. De manera que la exportación de guanábana se debe realizar el día de la cosecha y el transporte debe ser vía aérea a 13°C, lo cual resulta costoso (Tovar *et al.*, 2011).

La guanábana por su aporte nutrimental ha sido estudiada últimamente, ya que tiene diferentes propiedades curativas lo cual la hace muy interesante para utilizar en diversos alimentos uno de los países consumidores es Estados Unidos en donde se consume la fruta natural, en forma de pulpa, néctar y gelatina.

Actualmente la fruta se usa para consumir fresca como fruta entera o en ensalada de frutas, se utiliza como materia prima para preparar jugos, helados, postres y tortas caseras. Como fruta procesada se comercializa la pulpa de guanábana natural o congelada, concentrado, mermelada, néctar, jaleas y puré. La fruta es muy apreciada para bebidas, y los países productores exportan jugo en presentaciones industriales o en latas para consumo final. México exporta conservas de guanábana con **pepa**. Se utiliza también para mezclas con licores. En indonesia la fruta que no ésta madura se cocina

como vegetal y se usa en sopas y en Brasil porciones de guanábana con cascara se tuestan o fríen (FAO, sf).

Ya que la esferificación es una técnica culinaria moderna permite una nueva manera de presentar este alimento para atraer al consumidor.

El propósito de este trabajo es obtener una esferificación de guanábana que sea nutritivo para el consumidor, y resulte atractivo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

- Obtener y definir un alimento funcional con guanábana por esferificación básica con alginato y la goma xantana.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar una formulación con pulpa de guanábana, alginato y goma xantana que sea estable la esfera.
- Realizar una evaluación sensorial para saber el agrado hacia los consumidores.
- Evaluar las características bromatológicas de la esferificación de guanábana la de mayor agrado al consumidor.

1.3 HIPÓTESIS

- Obtener un producto que pueda ser utilizado como alimento funcional de acuerdo a su valor nutricional.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Gastronomía molecular

La implicación de científicos en cuestiones culinarias empezó hace largo tiempo, pero si tuviéramos que buscar la génesis al vocablo Gastronomía Molecular, tendríamos que remitirnos a Nicholas Kurti (1908-1998), físico y profesor emérito de la Universidad de Oxford, que fue miembro del The Royal Institution de Londres, organización que tuvo entre sus fundadores al físico estadounidense Benjamín Thompson, Conde Rumford, considerado como uno de los padres de la Termodinámica y una de las personalidades más estudiadas por Kurti.

En el año 1969, Nicholas Kurti sugirió el tema “La Física en la cocina”, realizando así merecido homenaje a Thomson, Conde Rumford, por las habilidades que éste poseía en la cocina y todo su trabajo investigativo y práctico en este sentido (en 1804 propuso la tortilla noruega, denominada también pastel de Alaska o tortilla sorpresa, como ejemplo del uso de una espuma a modo de aislante térmico). Kurti hizo varios experimentos y demostró cómo el cocinar se convirtió en un serio trabajo experimental en sus investigaciones; repitiendo constantemente las siguientes palabras: “Es sorprendente que se sepa medir la temperatura de la atmósfera del planeta Venus y que se ignore la temperatura en el interior de los soufflés”. A partir de esta fecha el destacado investigador desplegó una amplia actividad científica a las cuales denotaba como “experimentos físicos con alimentos” (Iruin, 2010).

Luego de que el químico francés Hervé This Benckhard, del College de France de París y Nicholas Kurti intercambiaron experiencias sobre sus trabajos, decidieron organizar conjuntamente con el Instituto Nacional de Investigación Agrónoma (INRA por sus siglas en francés) el Taller Internacional de Gastronomía Molecular y Física en Erice Sicilia, el cual se desarrolló de manera exitosa hasta el 2004 donde participaron científicos reconocidos y representantes de importantes organizaciones culinarias.

A partir del año 1988 Nicholas Kurti y Hervé This se convierten en los fundadores de una novedosa disciplina, la cual nombraron como Gastronomía Molecular, y según Escandell (2015) considera un calificativo que resulta ostentoso, y de manera general descifraba el interés que perseguían en utilizar la ciencia, no solo en los procesos culinarios, sino también en el propio acto de servir y consumir los alimentos. En sentido general, todas las definiciones dadas a esta nueva ciencia, concuerdan en que la Gastronomía Molecular se apropia de las Ciencias Básicas y Aplicadas para estudiar, no solo las estructuras químicas de los ingredientes, sino también para investigar esencialmente las transformaciones que sufren en la cocción y presentación de las diferentes preparaciones (Escandell, 2015).

Esta revolución basada en la ciencia dentro de la cocina ha hecho que se hallan modificado metodologías clásicas mediante la introducción de aspectos más propios de un laboratorio de química; precisión en la medición de masas, volúmenes, temperaturas y tiempos, control de parámetros de operación, búsqueda y utilización de nuevos productos e introducción de nuevas técnicas operativas. Todo ello, junto con la escrupulosa redacción de las recetas en forma de fichas técnicas exhaustivas, busca la reproducibilidad de las preparaciones culinarias y su difusión a la sociedad en forma exacta (Mans *et al.*, 2011).

La Gastronomía molecular está relacionada con los aspectos fisicoquímicos de la elaboración de los alimentos. Así también, comprende el entendimiento de los mecanismos a nivel molecular para balancear micro y macro estructuras, y mejorar el sabor de un platillo (Dorantes, 2008).

2.1.1 Esferificación

La esferificación consiste en la transformación de un alimento en esferas líquidas mediante la gelificación de la interfase entre dos sustancias, se obtiene una vesícula, o esfera, gelificada en la superficie y líquida por dentro. Comúnmente esta técnica se logra por la reacción de una sal de calcio con alginato de sodio (estando presentes ambos aditivos en dos distintas soluciones) dando como resultado alginato de calcio (Mans *et al.*, 2011).

2.1.2 Clasificación de las esferificaciones

Las esferificaciones en si se clasifican dependiendo del alimento que se quiera transformar y del producto que se quiera obtener esta técnica se clasifica en esferificación básica, esferificación inversa y encapsulación. En el siguiente cuadro se muestra la clasificación de las esferificaciones según el tipo de alimento y el producto final que se obtiene (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación de las esferificaciones

CLASIFICACIÓN	TIPO DE ALIMENTO	PROCESO	PRODUCTO FINAL
Esferificación básica	Líquidos acuosos no lácteos y no ácidos (pH superiores a 5)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alimento líquido + Alginato 2. Sal de calcio + Agua 3. Agregar gota a gota 1 en 2 4. Alginato de calcio 	Formación de esferas gelificadas en el interior
Esferificación inversa	Líquidos acuosos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alimento líquido + Sal de calcio 2. Alginato + Agua 3. Agregar gota a gota 1 en 2 4. Alginato de calcio 	Formación de esferas líquidas en el interior
Encapsulación	Líquidos grasos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alginato + Agua 2. Sal de calcio + Agua 3. Inyectar aceite en 1 4. Agregar gota a gota 3 en 2 5. Alginato de calcio 	Formación de esferas encapsulando la grasa

Fuente: Aguirre, 2016.

En el caso de la esferificación básica, el motivo por el cual no se puede utilizar un producto ácido es que a pH inferior a 5 el alginato es inestable y al medio ácido al entrar en contacto con el alginato de sodio forma ácido algínico por lo que no se daría la gelificación ni la formación de la membrana de alginato de calcio. En el caso de los productos lácteos sucede que se descontrola la reacción ya que estos por contener calcio, gelifican en el instante que pone en contacto con el alginato, por lo que no se formaría la esfera (Aguirre, 2016).

2.2 Mecanismos de gelificación

El proceso de formación del gel se inicia a partir de una solución de sal de alginato y una fuente de calcio externa o interna desde donde el ion calcio se difunde hasta alcanzar la cadena polimérica. Como consecuencia de esta unión se produce un reordenamiento estructural en el espacio resultando en un material sólido con características de gel.

La transición sol-gel se ve esencialmente controlada por la habilidad de introducir el ion vinculante entre las moléculas de alginato. También se ha observado que la cinética de gelificación y las propiedades del gel pueden depender del tipo de contraíón. De hecho, se ha encontrado que los alginatos de potasio presentan un proceso de transición sol-gel más rápido respecto a los alginatos de sodio preparados a bajas concentraciones de calcio, probablemente debido a la mayor afinidad del sodio respecto al alginato, comparada con la de potasio.

Lupo, (2012) describió que la gelificación iónica se ha llevado a cabo fundamentalmente por dos mecanismos: **la gelificación externa** que ocurre al introducir la solución de alginato en otra con presencia de iones de calcio. Así se produce la difusión del ion calcio desde dicha solución externa hacia la solución de alginato, de pH neutro. La formación del gel se inicia en la interfase y avanza hacia el interior a medida que la superficie se encuentra saturada de iones calcio, de manera que el contraíón proveniente de la sal de alginato es desplazado por el catión divalente solubilizado en agua. Éste interacciona con los bloques-G de diferentes moléculas poliméricas, enlazándolas entre sí. Aunque, la fuente de calcio más usada ha sido el CaCl_2 debido a su mayor porcentaje de calcio disponible y bajo coste, existen otras sales empleadas con menor frecuencia tales como el acetato monohidratado y el lactato de calcio.

La gelificación interna consiste en la liberación controlada del ion calcio desde una fuente interna de sal de calcio insoluble o parcialmente soluble dispersa previamente en la solución de alginato de sodio. La liberación del ion calcio puede ocurrir mediante dos mecanismos: si se tiene una sal de calcio insoluble a pH neutro pero soluble a pH ácido, se puede adicionar un ácido orgánico a una fase orgánica externa que está en contacto con la solución acuosa de alginato. De este modo, al difundirse los protones hasta la fase acuosa permiten la acidificación del medio, consiguiendo solubilizar los iones calcio.

La principal diferencia entre el mecanismo de gelificación externa e interna es la procedencia de la fuente calcio. Si lo que se pretende es el control de la transición sol-gel, en el proceso de gelificación externa los factores a manipular, son la concentración de calcio y composición del polímero, mientras que para el proceso de gelificación interna se deben considerar la solubilidad y concentración de la sal de calcio, concentración del agente secuestrante y del ácido orgánico empleado.

2.3 Técnicas de encapsulación con alginato

Lupo (2012), menciona que la encapsulación puede realizarse por diferentes técnicas, para seleccionar la adecuada es necesario conocer las propiedades físico-químicas del material soporte y la aplicación final deseada con el objeto de asegurar la biodisponibilidad de los compuestos, su funcionalidad e incluso su fácil incorporación en los alimentos sin la alteración de sus propiedades sensoriales. Al emplear el alginato

como matriz polimérica, las técnicas de encapsulación en aplicaciones alimentarias se reducen a: emulsión, extrusión y secado por atomización.

2.3.1 Encapsulación en emulsión

Consiste en la dispersión de un líquido en otro líquido inmiscible donde la fase dispersa contiene la solución de alginato que formará la matriz polimérica, así como el componente a encapsular. Permite la preparación de microcápsulas empleando dos mecanismos gelificación externa y gelificación interna. La gelificación externa en emulsión consiste en la dispersión de una solución acuosa de alginato componente activo a encapsular en una fase continua no acuosa, seguida de la adición de una fuente de calcio que al difundirse a la fase dispersa inicie la gelificación permitiendo la encapsulación, la emulsión se desestabiliza para la separación de las cápsulas formadas. En la gelificación interna la fuente de calcio se encuentra en la misma fase dispersa, pero en forma de sal o complejo insoluble o parcialmente soluble en cuyo caso se adiciona un agente secuestrante. La liberación del ion calcio ocurre con la adición de un ácido orgánico soluble en la fase continua que al difundirse hacia la fase dispersa disminuye el pH del medio solubilizando la sal de calcio y produciendo la gelificación (Lupo, 2012).

2.3.2 Encapsulación por extrusión

Consiste en la formación de gotas de la solución de alginato que contiene el componente a encapsular al hacer pasar dicha solución por un dispositivo extrusor de tamaño y velocidad de goteo controlado. Las gotas caen sobre un baño que contiene la fuente del ion divalente, quien induce la gelificación mediante el mecanismo de gelificación externa. Una de las limitaciones de esta técnica es el gran tamaño de las esferas comparado con el obtenido por emulsificación, la dificultad de producción a gran escala debido a que la formación de las esferas se logra una a una o de pocas en pocas lo cual trae como consecuencia largos tiempos de gelificación. Algunos aspectos que influyen en la forma esférica y su tamaño son la distancia de separación de la boquilla al baño, el efecto de la gravedad y la tensión superficial que induce la gelificación. Esta es una de las técnicas empleada tradicionalmente al permitir la producción con tamaños uniformes, empleando desde una simple jeringa hasta dispositivos extrusores más sofisticados (Lupo, 2012).

2.4 Forma de preparación

La elaboración de la esferificación consiste en disolver alginato de sodio en el zumo que se desea preparar, por una parte, mientras se elabora una disolución de cloruro de calcio en agua, por otra y se vierte el alginato sobre la solución de calcio. Los alginatos forman un complejo insoluble con el calcio, a manera de una malla semirrígida constituida por

enlaces químicos, en el cual, los iones calcio se sitúan como puentes entre los grupos carboxilo del ácido gulurónico del alginato, obteniéndose geles estables en el tiempo y resistentes a la temperatura. Durante la gelificación se generan esferas de diferentes tamaños constituidas por una membrana gelatinosa en la parte externa que encierra en su interior el mismo producto pero en estado líquido.

2.5 Emulsionantes

Son moléculas anfifílicas, de bajo o alto peso molecular que tienden a migrar y adsorberse rápidamente en la interfase aceite-agua, favoreciendo la formación de gotas con un menor consumo de energía, y por tanto la formación de la emulsión, al reducir la tensión interfacial (Muñoz *et al.*, 2007).

2.6 Estabilizantes

Son compuestos químicos normalmente de naturaleza macromolecular que hidratados en la fase acuosa confieren a una emulsión O/W una estabilidad física durante un tiempo prolongado. La estabilización de la emulsión se consigue restringiendo la movilidad de las gotas de la fase dispersa, gracias al aumento de viscosidad y, en ocasiones de la viscoelasticidad, de la fase continua.

Los estabilizantes contribuyen a la estabilidad de la emulsión favoreciendo principalmente las interacciones estéricas entre las gotas, si bien también pueden ser significativas las electrostáticas.

Como ejemplos de estabilizantes se pueden citar: polímeros sintéticos hidrófilos y polisacáridos: goma xantana, galactomanos y almidones, etc.

Los polímeros usados para estabilizar emulsiones alimentarias O/W son mayoritariamente hidrocoloides de naturaleza polisacáridica (gomas alimentarias). Se pueden clasificar en naturales (carragenatos, goma de garrofín, pectinas, goma xantana y gelana, y almidones obtenidos a partir de cereales), semisintéticos (almidones modificados y propilenglicol alginato) y sintéticos (polímeros de tipo polioxietilados (Muñoz *et al.*, 2007).

2.7 Alginato

El principal agente gelificador de las esferificaciones han sido los alginatos. El ácido algínico y los alginatos son productos ampliamente extendidos en la industria alimentaria; se emplean a modo de gelificantes, espesantes o estabilizantes. Su rapidez en la gelificación, el hecho de no necesitar calor ni cambios bruscos de temperatura y su

fácil disolución los convierten en un gran recurso para la industria alimentaria (Mans *et al.*, 2011).

Los alginatos son los polisacáridos más abundantes presentes en las algas marinas. Comprenden hasta 40% de su peso seco. Son los componentes estructurales de la pared celular de las algas, cuya función principal es dar rigidez, elasticidad, flexibilidad y capacidad de enlazar agua. Los alginatos son extraídos principalmente de tres especies de algas marrones. Éstas incluyen *Laminaria hyperborea*, *Ascophyllum nodosum* y *Macrocystis pyrifera*. En su estado natural, los alginatos se presentan como una mezcla de sales de los cationes que comúnmente se localizan en el agua de mar, principalmente Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+ (Avendaño *et al.*, 2013).

Aguayo *et al.* (2013) menciona que a nivel bacteriano una de las principales productoras de alginatos es *Azotobacter vinelandii*. La función de los alginatos dentro de esta bacteria consiste en la formación de una capa protectora que preserva condiciones anaerobias en el interior de la célula, lo cual resulta indispensable para la fijación del nitrógeno (proceso mediante el cual la célula se mantiene con vida), además de protegerla de la toxicidad de ciertos metales pesados.

Las propiedades por las cuales los alginatos son útiles en las labores gastronómicas son la capacidad viscosificante y gelificante. Además son compuestos biodegradables, sobre todo por microorganismos del suelo terrestre.

Son sus propiedades gelificantes y espesantes que han resultado muy atractivas en el mercado. Estas propiedades están determinadas por su masa molecular. Entre mayor sea la masa, mayores son las capacidades viscosificantes. La masa molecular de los alginatos de alga varía entre 48 y 186 Da, los de la bacteria *A.vinelandii* pueden llegar hasta los 4000 Da.

Existen antecedentes sobre el uso de alginatos extraídos del alga *Macrocystis pyrifera* como agentes inmovilizantes de bacterias y micro algas para el tratamiento de aguas residuales. También puede tener aplicaciones médicas directas, por ejemplo en el tratamiento de pacientes diabéticos tratados con insulina (la cual se inmoviliza) (Aguayo *et al.*, 2014).

La aplicación de los alginatos se basa en cuatro propiedades principales. La primera concierne a su habilidad como espesantes al ser disueltos en agua, generando un aumento en la viscosidad de la solución en la que se disuelven. La segunda a su capacidad de retener agua. La tercera se debe a su habilidad de formar un gel a partir de una serie de reacciones químicas de intercambio iónico que dan lugar a la formación de enlaces entre las cadenas adyacentes del polímero del alginato; particularmente se realiza un intercambio de iones sodio por cationes divalentes o trivalentes. La cuarta se basa en la propiedad de formar películas.

En cuanto a la capacidad gelificante de los alginatos, la cual se usa ampliamente, se sabe que la formación del gel se inicia a partir de una solución de sal de alginato y una fuente de calcio externa o interna, desde donde el ion calcio se difunde hasta alcanzar la cadena polimérica. Como consecuencia de esta unión se produce un reordenamiento estructural en el espacio, resultando en un material sólido con las características de un gel. El grado de gelificación depende de la hidratación del alginato, la concentración del ion calcio y la proporción de ácido gulurónico (Avendaño *et al.*, 2013).

2.8 Goma xantana

La goma xantana es un polisacárido que se obtiene por la fermentación de carbohidratos por la bacteria *Xanthomas Campestris*, generalmente se presenta a manera de polvo color crema, el cual puede disolverse con mucha facilidad en agua caliente o fría. Produce soluciones de viscosidad relativamente alta a concentraciones bajas, es estable en un amplio rango de acidez y resiste muy bien los procesos de congelación y descongelación.

Esta se agrega a los alimentos para controlar la reología del producto final. El polímero produce un gran efecto sobre propiedades como la textura, liberación de aroma y apariencia. De esta manera contribuye a la aceptabilidad del producto para su consumo (QuimiNet, 2011).

Es uno de los principales polímeros utilizados en la industria alimentaria gracias a su excelente solubilidad y estabilidad bajo condiciones ácidas o alcalinas, su estabilidad en presencia de sales y su resistencia a las enzimas.

Por su grado de elasticidad la xantana resulta especialmente indicada para la obtención de texturas para disfágicos. Estas personas tienen problemas de deglución debidos a la edad avanzada o como consecuencia de determinados tipos de cáncer (Mans *et. al.*, 2011).

2.9 Sales de calcio

Las sales de calcio son productos de síntesis útiles para la elaboración de una diversidad de productos de consumo. En gastronomía molecular se utilizan para hacer esferificaciones; ya sea como lactato de calcio, gluconolactato de calcio, cloruro de calcio. El lactato de calcio es una sal cálcica del ácido láctico, el gluconolactato de calcio está conformado por la mezcla de sal de gluconato cálcico y sal de lactato cálcico y el cloruro de calcio (CaCl_2) es un compuesto químico inorgánico mineral (Aguirre, 2016).

2.9.1 Cloruro de calcio

Es un sólido higroscópico granular blanco de grado alimenticio es muy utilizado en la industria gastronómica. Interviene junto con el alginato sódico y otras sustancias en este proceso de esferificación básica.

Se utiliza en la elaboración de queso. El cloruro de calcio tiene como función darle mayor firmeza mecánica a la cuajada; es también utilizado en la industria de conservas como un espesante.

En la pasteurización de la leche ya que durante su proceso, se produce descalcificación parcial de las caseínas (Industria del álcali S.A de C.V, 2013).

2.10 E955- Sucralosa

Edulcorante sintético bajo en calorías. Se obtiene del azúcar común (sacarosa) tratado con cloro. Es hasta 600 veces más dulce que el azúcar común. Es el único edulcorante artificial bajo en calorías derivado del azúcar. Se comercializa bajo las marcas Splenda, Sucralin, Sucrasin, Roxxel, Sucaryl, SucraPlus, Candys y Crukren (Aditivos alimentarios, s.f).

El endulzante de marca SPLENDA®, se elabora a partir de un proceso patentado que comienza con azúcar y da como resultado un endulzante sin carbohidratos ni calorías. El resultado es un endulzante muy estable que sabe a azúcar, pero sin sus calorías. Después de ingerirlo este pasa por el cuerpo sin transformarse en energía, de modo que el cuerpo no lo reconoce como un carbohidrato. Es único entre los endulzantes sin calorías, con beneficios bien definidos. Tiene un claro sabor a azúcar, sin el dejo amargo de algunos endulzantes sin calorías, como la sacarina y el acesulfamo K¹²⁻¹⁴, y a diferencia del aspartamo es resistente al calor (Splenda Brand FAQs, s.f).

2.11 Guanábana

La Guanábana pertenece a la familia de las *Annonáceas*, y se caracterizan por ser plantas leñosas de hojas enteras, sin estípulas, de flores hermafroditas y frutos por lo general en baya, frecuentemente reunidas formando frutos colectivos de los que forma parte el eje floral carnoso.

Tipo de planta: árbol o arbusto perennifolio/caducifolio, de 3 a 8 m (hasta 10m) de altura.

Hojas oblongo-elípticas a oblongo-ovadas, de 6 a 12 cm de largo por 2.5 a 5.0 cm ancho, glabras.

Flores solitarias a lo largo del tallo, sépalos 3, ovados, de menos de 5 mm de largo; pétalos 6, los 3 exteriores son ovados, libres, gruesos, de 2 a 3 cm de largo, los 3 interiores, delgados y pequeños.

Fruto: La Guanábana es parecida a la Chirimoya, pues son de la misma familia, pero son de mayor tamaño, llegando a pesar entre 0.25 y 5.0 kilos.

La cáscara es de color verde oscuro brillante, que se vuelve verde mate cuando está madura, y está cubierta de espinas.

La pulpa es blanda, generalmente de color blanco puede ser ligeramente amarillenta, de una textura carnosa y jugosa con un sabor marcadamente ácido.

El fruto alberga en su interior numerosas semillas de color negro que se desprenden fácilmente.

La Guanábana cuando pierde su color brillante y adquiere un tono mate se reconoce que está en su temporada de cosecha, esto sucede cuando ha alcanzado su madurez fisiológica, por lo tanto se procura una constante vigilancia para comenzar la cosecha de la fruta. Se recomienda este grado de maduración porque su estructura fisiológica puede soportar mejor el manipuleo y transporte que cuando se cosecha la fruta completamente madura, ésta se aplasta permitiendo el ingreso de patógenos y una rápida descomposición (Márquez, 2009).

2.11.1 Composición nutricional.

En el cuadro 2 se puede observar los diferentes compuestos que se encuentran en la guanábana y en las proporciones en que se encuentran.

Cuadro 2. Composición nutricional de la guanábana.

Composición Nutricional			
Agua	83.2%	Fósforo	21mg/100 g
Proteínas	1.0%	Hierro	0.5 mg/100 g
Grasa	0.2%	Sodio	8 mg/100 g
Carbohidratos	15.1%	Potasio	293 mg/100 g
Fibras	0.6%	Tiamina	0.08 mg/100 g
Ceniza	0.5%	Riboflavina	0.1mg/100 g
Calorías	59/100 g	Niacina	1.3 mg/100 g
Calcio	14 mg/100 g	Ácido ascórbico	24 mg/100 g

Fuente: Álvarez, 1999.

2.11.2 Calidad de la guanábana

Los índices químicos de madurez más utilizados son:

- Grados Brix: 17.65
- Acidez: 0.858% (ácido cítrico)
- pH: 4

Los requisitos mínimos de calidad que debe reunir el producto son: estar entero, sano (sin rajaduras, plagas ni enfermedades), limpio (sin materiales extraños), con un color típico de la especie y variedad, de aspecto fresco, estar exento de humedad exterior anormal, exento de olores y sabores extraño y no se deben exceder los límites máximos permitidos internacionalmente (Codex Alimentarius) para los niveles de plaguicidas (FAO, s.f).

2.11.3 Países productores

La guanábana (*Annona muricata L.*) se produce en el Caribe (principalmente en Bermuda, Bahamas, Cuba, República Dominicana, St. Vincent, Granada, Puerto Rico); en Centroamérica (sur de México y Costa Rica); en Suramérica (Colombia, Brasil, Ecuador, Venezuela); en el sur este de China, Vietnam, Australia, Nueva Zelanda, África occidental, islas del Pacífico; en Estados Unidos existen pequeños cultivos comerciales en Florida y en general en el cinturón ecuatorial (Márquez, 2009).

2.11.4 Países consumidores

Esta fruta es sumamente apreciada en Estados Unidos, en vista de la magnitud de las importaciones tanto de fruta natural como de elaborados en forma de pulpa, néctar y gelatina. EL principal proveedor de guanábana a los Estados Unidos ha sido México que en los últimos cuatro años ha abastecido un promedio de 32 000 TM por año. Otros consumidores importantes son: Taiwán, Israel, Tailandia, Chile, Nueva Zelanda, España, Singapur, Canadá, Italia, Malasia, Costa Rica, Holanda, Granada, India, Jamaica (FAO, s.f).

2.11.5 Propiedades Curativas de la guanábana

Annona muricata L. ha sido ampliamente estudiado en las últimas décadas debido a su potencial terapéutico. Los usos medicinales de la familia *Annonacea* fueron reportados hace mucho tiempo, y desde entonces, esta especie ha atraído la atención debido a su bioactividad y toxicidad (Coria *et al.*, 2016).

Una de las propiedades más difundidas recientemente se encuentra en el tratamiento del cáncer ya que es una fruta con una alta concentración de acetogeninas, compuestos

bioactivo que tiene propiedades antitumorales. De hecho, un estudio practicado en la Universidad de Purdue (EEUU), demostró que las acetogeninas pueden inhibir el crecimiento de células cancerígenas y también inhibir el crecimiento de las células de tumores. De todos modos, esto no confirma que la planta sea anticancerígena en sí, aunque hay indicios de que así puede llegar a ser.

2.11.6 Usos de la guanábana

A. Fruta fresca

Se consume como fruta entera o ensalada de frutas. Se utiliza como materia prima para preparar jugos, helados, postres y tortas caseras (FAO, s.f).

B. Fruta procesada

Se comercializa pulpa de guanábana natural o congelada, concentrado, mermelada, néctar, jaleas y puré. La fruta es muy apreciada para bebidas, y los países productores exportan jugo en presentaciones industriales o en latas para consumo final. En Guatemala se preparan jugos carbonatados envasados en botellas. México exporta conservas de guanábana con pepa. La pulpa de guanábana se envasa en fundas plásticas selladas, en tambores metálicos y envases de cartón. Esta fruta exótica se consume principalmente en jugo, además se preparan helados, batidos y una variedad de dulces y postres. Es un buen ingrediente para ensaladas de frutas y vegetales además de variados platos gourmet. Se le utiliza también para mezclas con licores. En indonesia la fruta que no ésta madura se cocina como vegetal y se usa en sopas y en Brasil porciones de guanábana con cáscara se tuestan o fríen (FAO, s.f).

C. Medicinales

Las hojas, la corteza, el fruto y la semilla de *A.muricata* han sido objeto de innumerables usos medicinales. La preparación más utilizada en medicina tradicional es la decocción de corteza, raíz, semilla u hoja y las aplicaciones son variadas. En Indonesia, las islas del Caribe y los países del Pacífico Sur, las hojas se utilizan en el baño para tratar enfermedades de la piel, mientras que en Mauricio, Nueva Guinea y Ecuador, la aplicación de las hojas es local en el lugar del dolor. La ingestión de decocción de hojas se utiliza como analgésico en Brasil, Martinica, México y Nicaragua, mientras que en varios países como el Caribe, Cuba y México se utiliza para tratar el malestar asociado con resfriados, gripe y asma. Los nativos de Malasia utilizaron hojas de *A.muricata* para

tratar la malaria es muy importante en los países tropicales como Camerún, Togo y Vietnam.

La fruta no sólo se aprecia como alimento, sino que el jugo se utiliza como galactagogo para tratar la diarrea, las enfermedades del corazón y del hígado y contra los parásitos intestinales en América del Sur. Últimamente, los usos medicinales de las hojas de *A.muricata* incluyeron tratamientos para la hipertensión, la diabetes y el cáncer. Algunos pacientes utilizaron decocciones o cápsulas de *A.muricata* para el cáncer y tratamientos farmacológicos.

Las frutas, semillas, hojas y raíces verdes también se usan como biopesticidas, bioinsecticidas e insecticidas tópicos (Coria *et al.*, 2016).

2.12 Importancia de los análisis en los alimentos

La calidad de un producto se realiza mediante análisis en los alimentos ya que en ellos se determina si está en buenas condiciones o en condiciones deficientes, condiciones de salubridad. Realizando diferentes tipos de análisis dependiendo del alimento así se determina la calidad y también la composición del producto (Instituto de integración y desarrollo nacional “Musoq Wayra”, 2011).

2.12.1 Análisis proximal

Disciplina que se ocupa del desarrollo, uso y estudio de los procedimientos analíticos para evaluar las características de alimentos y de sus componentes. Existen un número considerable de técnicas analíticas para determinar una propiedad particular del alimento. De ahí que es necesario seleccionar la más apropiada para la aplicación específica. La técnica seleccionada dependerá de la propiedad que sea medida, del tipo de alimento a analizar y la razón de llevar a cabo el análisis (Carbajal *et al.*, 2012).

2.12.2 Análisis Microbiológico

La importancia de realizar un análisis microbiológico a los alimentos es porque pueden estar contaminados y ser un riesgo para la salud del consumidor. Es por eso indispensable que las empresas productoras y distribuidoras de alimentos realicen análisis microbiológicos a la mercancía.

El análisis microbiológico no mejora la calidad del alimento, sino que permite valorar la carga microbiana, señalando los posibles puntos de riesgo de contaminación o multiplicación microbiana (QuimiNet, 2011).

A. Aerobios mesófilos

En el recuento de microorganismo aerobios mesófilos se estima la flora total, pero sin especificar tipos de gérmenes.

Esta determinación refleja la calidad sanitaria de los productos analizados indicando, además de las condiciones higiénicas de la materia prima, la forma como fueron manipulados durante su elaboración.

Tiene un valor limitado como indicador de la presencia de patógenos o sus toxinas. Un recuento total de aerobios mesófilos bajo no asegura que un alimento esté exento de patógenos o sus toxinas; tampoco un recuento total alto significa, inevitablemente, presencia de flora patógena.

Excepto en productos que se elaboran por fermentación, altos recuentos microbianos se consideran poco aconsejables para la mayor parte de los alimentos.

Su significado es diverso:

- Materia prima excesivamente contaminada.
- Deficientes métodos de manipulación durante la elaboración de los productos.
- La posibilidad, por tratarse de microorganismos mesófilos de que entre ellos pueda haber patógenos, dado que esta flora suele ser mesófila.
- Altos recuentos suelen ser signo de inmediata alteración del producto. Tasas superiores a 10^6 – 10^7 gérmenes por gramo suelen ser ya inicio de descomposición.

En general, el recuento de la flora aerobio mesófila es una prueba para conocer las condiciones de salubridad de algunos alimentos (Pascual *et al.*, 2000).

B. Mohos y Levaduras

Se da el nombre de moho a ciertos hongos multicelulares filamentosos, dotados de un micelio verdadero, microscópicos, y cuyo crecimiento en los alimentos se conoce fácilmente por su aspecto aterciopelado o algodonoso. Por esta concepción, es inseguro establecer el límite entre los mohos y ciertos microorganismos encuadrados en las especies esporógenas y productoras de micelio de las levaduras.

Las levaduras son hongos que crecen generalmente en forma de agregados sueltos de células independientes, que pueden ser globosas, ovoides, piriformes, alargadas o casi cilíndricas. Cuando crecen sobre medios sólidos, forman colonias de aspecto característico que recuerdan a las colonias bacterianas. En casi todas las especies de interés industrial, el modo habitual de reproducción sexual por medio de ascosporas y a diferencia de los mohos, las levaduras no pueden identificarse solamente por sus

caracteres morfológicos; se precisa la ayuda de pruebas bioquímicas para la identificación específica (Pascual *et al.*, 2000).

2.12.3 Análisis sensorial

Involucra el desarrollo y uso de principios y métodos para medir respuestas humanas a productos e ingredientes. En la evaluación sensorial un común denominador es la tarea que realiza el humano, como evaluador, por lo que esta disciplina tiene una relación cercana con las ciencias conductuales y sociales, así como con el aprendizaje, lo cognitivo, la psicofísica, la fisiología, la psicometría y la sensometría, por mencionar algunas (Hernández, 2007).

3. METODOLOGÍA

El presente trabajo se realizó en el laboratorio 1 del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos y en el laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

3.1 Elaboración de las esferificaciones de guanábana.

Se inició con el lavado y desinfectado de la guanábana; posteriormente se retiró la cascara del fruto también quitando las semillas del mismo y así obteniendo solo la pulpa de la guanábana. Esta se trituro con un extractor (Nutri buller).

Después se continuó con la realización de dos formulaciones para obtener las esferificaciones a la primera formulación A se le agrego un 65% de agua, 33% de pulpa, 0.7% splenda, 0.8% alginato y se le agregó un 0.5% goma xantana para generar espesor y así prevenir la salida del líquido a través de la membrana.

A la segunda formulación B se le agrego lo mismo, con la diferencia de que se le añadió 0.05 ml de esencia de limón para poder incrementar el sabor de la guanábana.

A continuación se preparó una solución de cloruro de calcio al 8% p/v en 1000 ml de agua potable. Enseguida con la ayuda de una cuchara se introdujo una pequeña cantidad de la formulación en solución de cloruro de calcio, al ser gota a gota no hubo un tiempo determinado al momento de sacarlas; aproximadamente fue de entre 3 y 5 minutos. Posteriormente al sacarlas se colocaban en un recipiente que contenía 1lt de agua potable para eliminar restos de partículas de calcio que no se disolvieran bien.

Al realizar la evaluación sensorial con estas dos muestras no había diferencia significativa en olor y se optó por solo realizar el análisis proximal a la primera formulación.

3.3 CARACTERIZACIÓN DE LA ESFERIFICACIÓN DE ALGINATO, GOMA XANTANA Y PULPA DE GUANÁBANA.

3.3.1 Determinación del tamaño de la esfera

Se determinó el grosor promedio de las esferas utilizando un vernier; midiendo el largo y ancho de un total de 20 esferas.

3.3.2 Determinación de materia seca parcial

El método más utilizado para determinar materia seca parcial es el de la eliminación de agua libre por medio del calor de circulación seguida por determinación del peso del residuo, esta técnica se basa en someter a los insumos a temperaturas entre 55 – 60 °C la temperatura se regula para efectuar un secado máximo y para evitar un mínimo de pérdidas de sustancias volátiles y otras que se descomponen. Para esto se colocó 473.8 gramos de muestra fresca en una charola de aluminio y se dejó en un horno (Flamineta marca Premiere) a 65° C durante 14 horas (AOAC, 1985).

$$\%MSP = \frac{\text{Peso de muestra seca}}{\text{Peso de muestra húmeda}} \times 100$$

3.3.3 Determinación de materia seca total

La materia seca total está constituida por una porción susceptible de quemarse ya que está constituida por sustancias que contienen carbono o materia orgánica y que constituyen a dar energía al alimento, la otra porción incombustible se encuentra formada por sustancias que no pueden quemarse y que los residuos que forman son cenizas cuando se someten a calcinación.

La muestra ya completamente seca se trituro en un mortero posteriormente se colocaron 2 g de esta muestra en un crisol a peso constante y este se metió en una estufa (Marca Thelco Modelo 27) a 100 °C durante 12 horas (AOAC, 1985).

Esta se calculó por diferencia de pesos para la cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Materia seca total} = \frac{(\text{peso del crisol con mta. seca} - \text{peso del crisol solo})}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

3.3.4 Determinación de ceniza

Esta determinación se empleó para saber lo que queda de la combustión total de la esferificación para esto se pesó 2 g de la muestra deshidratada y se colocó en una capsula de porcelana puesta a peso constante posteriormente la muestra se carbonizó en una estufa a mecha directa. Una vez carbonizada la muestra se pasó a una mufla (Thermo scientific marca Thermolyne) a 600°C por 3 h. La cápsula de porcelana se pasó a una estufa (Marca Thelco Modelo 27) a 110°C para su enfriamiento, y luego se colocó en un desecador hasta enfriarse a temperatura ambiente. Finalmente, se pesó y se obtuvo el porcentaje de cenizas dividiendo el peso de éstas entre el peso de la muestra inicial, multiplicado por 100 (AOAC, 1985).

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{\text{peso de crisol} + \text{ceniza} - \text{peso del crisol solo}}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

3.3.5 Determinación del porcentaje humedad

La determinación del porcentaje de humedad se calculó obteniendo el porcentaje de la materia seca total siguiendo la siguiente fórmula:

$$\%H = 100 - \%MSP$$

3.3.6 Determinación de la estabilidad física

Se estimó la estabilidad mediante el análisis de la pérdida de humedad de las esferas utilizando una balanza analítica (Uhaus modelo Scoutp) se usaron 10 gramos de muestra fresca y se revisó a los 30, 60 y 90 minutos. Al pasar el tiempo, se observó su forma y se presionó levemente las esferas para comprobar si mantenían líquido en su interior.

3.3.7 Determinación de densidad

Se utilizó un método indirecto. Inicialmente se pesaron las esferas en una balanza analítica para encontrar su masa.

Para obtener su volumen se sumergió completamente las esferas, y con cuidado, en una probeta que tiene un volumen exacto de agua (V0); luego se leyó el volumen final (Vf), el volumen del sólido correspondido a la diferencia (Vf-V0). La densidad de las esferas se calculó dividiendo la masa sobre el volumen.

3.3.8 Determinación de proteína

Se pesó 1 g de muestra seca y se realizó una digestión de la muestra con 30 ml de ácido sulfúrico concentrado en presencia de 5 g de selenio como catalizador. El matraz Kjeldhal se dejó enfriar y después se agregó 300 ml de agua destilada y 50 ml de ácido bórico agregando también 5 gotas de indicador mixto. La solución ácido se alcalinizó con 110 ml de una solución de hidróxido de sodio al 45% y 6 granallas de zinc. La solución fue llevada al aparato de destilación kjeldhal; se recogieron 300 ml de la solución y se tituló con una solución de ácido sulfúrico al 0.10526315 N (AOAC, 1985).

$$\%N = \frac{(\text{ml de } \text{ác. sulfúrico gastados} - \text{ml de } \text{ác. sulfúrico gastados en el blanco}) \times N \text{ del } \text{ác.} \times 0.014}{\text{gramos de la muestra}} \times 100$$

Para la determinación total de proteína cruda se utiliza la siguiente fórmula:

$$\% PC = \%N \times 6.25$$

Debido a que las determinaciones se realizaron en base seca se utilizó la siguiente fórmula para representar los datos a base húmeda.

$$\text{Proteína en base húmeda} = \frac{\%P \times \%MSP}{\%H}$$

3.3.9 Determinación de lípidos

Para determinar el contenido de extracto etéreo se pesó 4 g de muestra deshidratada en tubos de celulosa, los cuales se depositaron en el equipo de extracción aparato Soxhlet. Se utilizaron 250 ml de hexano, para la extracción de lípidos por reflujo durante 6 h, los matraces se llevaron a peso constante en una estufa a 40°C durante 12 h. El porcentaje de grasa se obtuvo por la diferencia en peso del matraz antes y después de la extracción dividido entre la cantidad de muestra por 100 (AOAC, 1985).

$$\%E.E = \frac{\text{peso de matraz + grasa} - \text{peso de matraz vacío}}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

Para la determinación en base húmeda se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Grasa en base húmeda} = \frac{\%E.E \times \%MSP}{\%H}$$

3.3.10 Determinación de azúcares totales

Debido a que los carbohidratos son particularmente sensible a ácidos fuertes y altas temperaturas en esta técnica se sometieron para ser expuestos aplicando a las esferificaciones parcialmente secas.

Se tomó una muestra de 1 mililitro en un tubo de ensaye añadiéndole 2 mililitros de fenol-sulfúrico por las paredes del tubo en baño de hielo para evitar quemar las muestras. Se sometieron en baño de ebullición por 5 minutos y posteriormente se atempero cada muestra durante 10 minutos. La absorbancia se leyó en un espectrofotómetro (Marca Varían, N° serie AA_125) a 480 nm. El resultado fue reportado como mg/ml realizando una curva de calibración en base a glucosa 1ml al 1% p/v (AOAC, 1985).

3.3.11 Determinación de fibra cruda

Se utilizaron 2 g de muestra y el contenido de fibra fue determinada por una digestión secuencial con un digestor (Labconco) utilizando 100 ml de H₂SO₄ al 0.255 N y después con NaOH al 0.313 N. El residuo insoluble se obtuvo por filtración posteriormente fue secado en una estufa (Flamineta Marca Premiere) y pesado. Allí se obtuvo el peso de la fibra junto al de los minerales. Y luego este se incinero en una mufla (Thermo scientific marca Thermolyne), quedando así solo el residuo de las cenizas constituido por minerales. Por diferencia entre el primer peso (antes de la incineración) y el de las cenizas se obtuvo el de la fibra cruda (AOAC, 1985).

$$\%F.C = \frac{\text{peso del crisol + muestra seca} - \text{peso de crisol solo + ceniza}}{\text{gramos de muestra desengrasada}} \times 100$$

Para la determinación a base húmeda se implementó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ F. C en base húmeda} = \frac{\% \text{F. C} \times \% \text{MSP}}{\% \text{H}}$$

3.3.12 Determinación de valor calórico

El fundamento de este método es medir la cantidad de calor en términos de calorías de los hidratos de carbono, proteínas y lípidos.

Se determinó el contenido calórico por medio de un calorímetro con bomba de oxígeno tipo adiabático que consta de una cámara aislada en la que se lleva a cabo la combustión del alimento, en una atmósfera rica en oxígeno, el calor se mide como la diferencia de temperaturas antes y después de realizar la combustión. Se utilizó 1 g de muestra seca y 10 cm de alambre de fusión de níquel – cromo con un calor de combustión de 1400 cal/g; y 2.3 cal/cm. Se utilizaron 35 atm de presión de oxígeno.

Se tituló con carbonato de sodio 0.0725 N y se utilizó una solución indicadora de anaranjado analítico estándar para calorimetría con un valor de 6318 cal/g.

Se aplicó la siguiente fórmula para obtener el contenido calórico.

$$\frac{\text{Cal}}{\text{g}} = \frac{(\Delta T^{\circ}\text{C})(\text{EHB}) - (\text{cm de a. f.}) \left(2.3 \frac{\text{cal}}{\text{cm}}\right) - \text{ml de Na}_2\text{CO}_3}{\text{gramos de muestra}}$$

Donde:

ΔT = diferencia en °F entre la temperatura final e inicial

E.H.B. = calibración de la bomba con ácido benzoico

m= g de muestra (0 g de ácido benzoico usado en la prueba)

e1 = corrección por calor de combustible del alambre de fusión en calorías: para carbonato de sodio 0.0725 es considerando como cal/ml

e2= corrección por calor de formación de ácido nítrico en calorías. Para carbonato de sodio 0.07225 es considerando como 1 cal / ml

3.3.13 Análisis microbiológico

Se prepararon los medios de cultivo PDA (hongos y levaduras) y cuenta estándar (mesófilos aerobios), se esterilizó el material a utilizar como, tubos, frascos, puntillas de plástico, y cada uno de los medios (PDA y Cuenta estándar), el ácido tartárico y el agua peptonada (estos últimos por separado). Una vez esterilizados los medios se vaciaron en cajas Petri y se dejaron enfriar, se marcaron las cajas de acuerdo al medio e identificando las diluciones.

3.3.14 Análisis sensorial

Se elaboraron dos formulaciones la primera con alginato, goma xantana y pulpa de guanábana; la segunda contenía alginato, goma xantana, pulpa de guanábana y esencia de limón.

Participaron 16 jueces entrenados, con edades entre 20 y 23 años a los cuales se les proporciono las dos formulaciones y se les aplicó una prueba hedónica con una escala de cinco puntos utilizando dos escalas la verbal y la de textura; y los atributos evaluados fueron: aspecto general, el olor, el sabor, la textura y la aceptación global. Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza y se realizó una prueba de Fisher para comparar las diferencias significativas y se compararon las medias con un nivel de significancia del 5%.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Determinación del tamaño de la esfera.

Dentro de los parámetros para la determinación de tamaño se consideró el largo, ancho y peso de las esferas. Utilizando un total de 20 esferas. Dado que las esferas se encontraban de forma irregular debido al método utilizado en su elaboración, hay una cierta variación en cuanto al largo de estas en la figura 1 se muestra las comparaciones del largo de las muestras donde la media fue de 1.24 cm con una desviación estándar de 0.19.

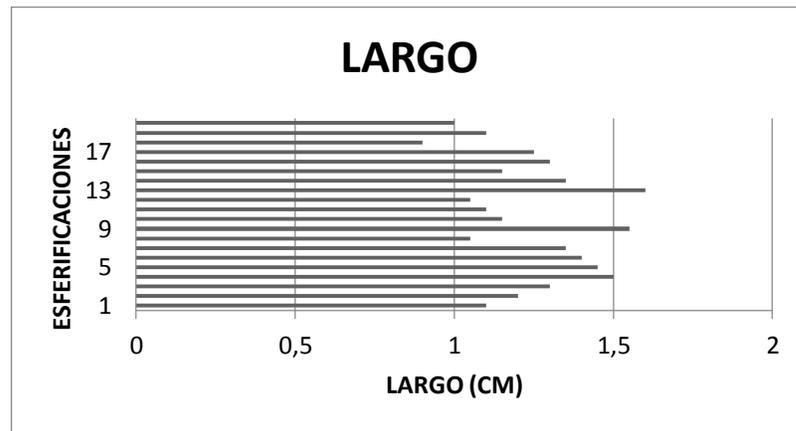


Figura 1. Largo de las esferificaciones de guanábana (cm).

El parámetro de anchura también presento variación debido a que la técnica utilizada no es recomendable para realizar esferas uniformes. En la figura 2 se muestra el ancho de las muestras en esta medición la media fue de 0.88cm con una desviación estándar de 0.09.

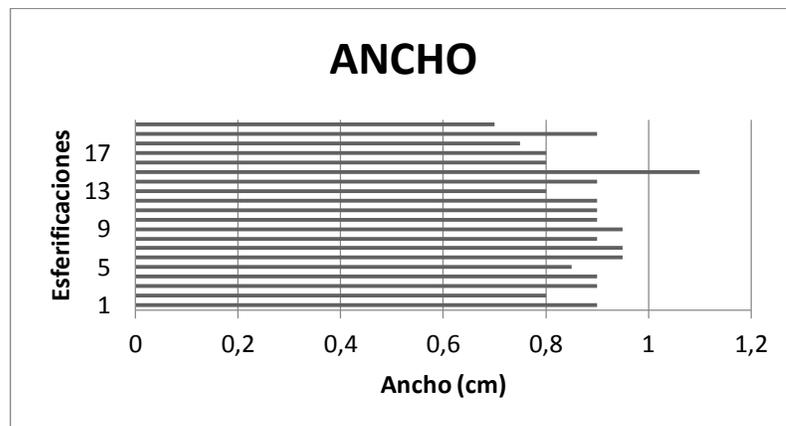


Figura 2. Ancho de las esferificaciones de guanábana (cm).

El peso de las esferas es parte de la caracterización de las esferas elaboradas en donde también fueron utilizadas 20 esferas para su determinación, debido a que en la técnica de elaboración no se pesó la cantidad de la formulación al momento de dejarla caer en el cloruro de calcio para la formación de la esfera hubo cierta variación que se muestra en la figura 3 donde se observa que la media en cuanto al peso fue de 0.45g y la desviación estándar fue de 0.05.

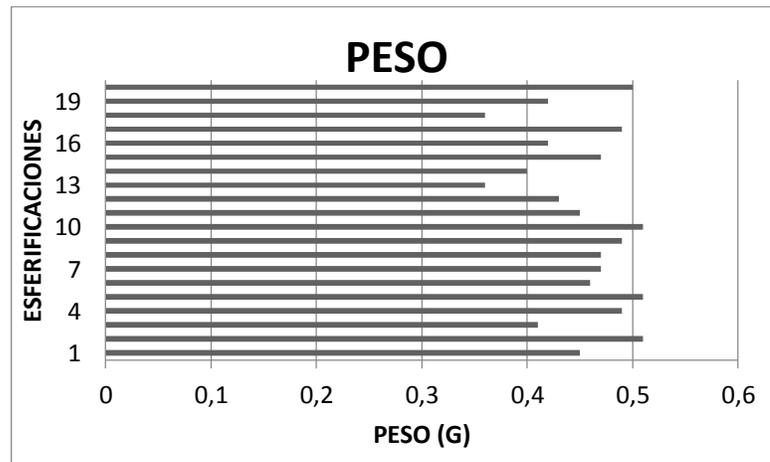


Figura 3. Peso de las esferificaciones de guanábana (g).

En el método de goteo por extrusión utilizado por Boon –Beng *et al.* (2013) la solución de alginato se extruye a través de un capilar y se deja que se separe de la boquilla en forma de gotita bajo la influencia de la fuerza gravitatoria o de la fuerza externa. Y mencionan que la producción de perlas como ellos las llaman, para que tuvieran el tamaño deseado y forma esférica a menudo requería algunos intentos de ensayo y error relativo a la formulación líquida y configuración experimental, por ejemplo, viscosidad de la solución o tensión superficial, tamaño de la punta, distancia de recogida, etc.

En las esferificaciones de guanábana lo que afectó para tener un mismo tamaño en todas fue la distancia de caída y a esto se debe su forma irregular ya que el método que se utilizó no es recomendable para una producción en masa.

Se recomienda el uso de pipetas Pasteur para obtener esferas de forma homogénea y utilizar el método por extrusión.

4.2 Determinación de materia seca parcial

En el cuadro 3 se muestra la cantidad de muestra que se utilizó para poder determinar este análisis de materia seca parcial. El porcentaje total es alto ya que es un alimento el cual contiene un alto porcentaje de agua; es importante conocer la cantidad de agua que

pueden contener los alimentos ya que es un factor muy importante para su conservación. Ya que este alimento presenta una alta cantidad de agua se realizó este análisis para eliminar la mayor cantidad de agua posible.

Cuadro 3. Resultado de materia seca parcial de la esferificación de guanábana

PESO DE CHAROLA (g)	MUESTRA FRESCA + CHAROLA (g)	MUESTRA SECA + CHAROLA (g)
30.8	504.6	53.3
MATERIA SECA PARCIAL = 10.56 %		

4.3 Determinación de materia seca total.

Se realizaron tres repeticiones y se dispuso a realizar el siguiente cuadro (Cuadro 4) con los siguientes resultados:

Cuadro 4. Resultado de materia seca total de la esferificación de guanábana.

Variable	N	Media	D.E.	CV	Mín	Máx	Mediana
M.S.T	3	77.6	0.29	0.37	77.26	77.77	77.75

Se puede observar que el promedio de la materia seca total en las tres repeticiones realizadas es de 77.6% este porcentaje no es más que la muestra a la que se le ha extraído el agua por acción del calor.

Este valor es de suma importancia para conocer el porcentaje de humedad total que tenemos en nuestra muestra.

4.4 Determinación de ceniza

Los resultados que se obtuvieron en esta determinación se muestran en el cuadro 5 se puede observar que el porcentaje de ceniza promedio en las tres repeticiones que se realizaron fue de 0.62% que es el total de minerales que se encuentran dentro de las esferificaciones.

Comparando con los resultados de Aguirre (2016) con su esferificación del jugo de fresa obtuvo un total de 1.30% de ceniza un porcentaje más alto a diferencia de los resultados obtenidos en las esferificaciones de guanábana.

Comparando con los resultados del porcentaje de la guanábana cimarrona que obtiene Arrazola *et al.* (2013) es de 0.722% un 0.10% más que la esferificación de guanábana.

Cuadro 5. Resultado de ceniza en la esferificación de guanábana.

Variable	N	Media	D.E.	CV	Mín.	Máx.	Mediana
Ceniza	3	0.62	1.80E-03	0.29	0.62	0.62	0.62

4.5 Determinación del porcentaje de humedad

Esta determinación claramente sirve para verificar cuanta capacidad de retención de agua tiene el alimento; en este análisis el resultado fue de 89.44%. Analizando con los resultados de Aguirre (2016), en su esferificación obtiene un total de 80.39% hay una diferencia más alta de 9.05. Comparado con la fresa en forma natural reporta un total de 90.95% y la guanábana en forma natural es menor, ya que contiene un 81.05% humedad según Arrazola *et al.* (2013).

Esto nos muestra que la fresa contiene un porcentaje de humedad más alto que la guanábana. En diferencia con las esferificaciones las de guanábana tienen un mayor porcentaje de humedad.

4.6 Determinación de la estabilidad física

Esta determinación se utilizó la apreciación a visual de la pérdida de humedad se puede apreciar en la figura 4 una línea en donde se puede observar que la estabilidad optima de las esferas se encontraban entre los minutos 60 y 90 ya que en este tiempo las esferas se mostraban aun con una cierta capacidad de líquido en su interior y visualmente en el tiempo 80 minutos aún se podían apreciar en buen aspecto. Rivera (2013) registra una estabilidad promedio en las esferas de alginato de 7236 segundos lo que equivale a 2 horas esto es una mayor estabilidad que las esferificaciones de guanábana, esto debido al tiempo de gelificación, ya que no se pudo cuantificar exactamente el tiempo por el método que se utilizó que no se podía hacer todas las esferas al mismo tiempo y sacarlas todas a la vez del baño de cloruro de calcio.

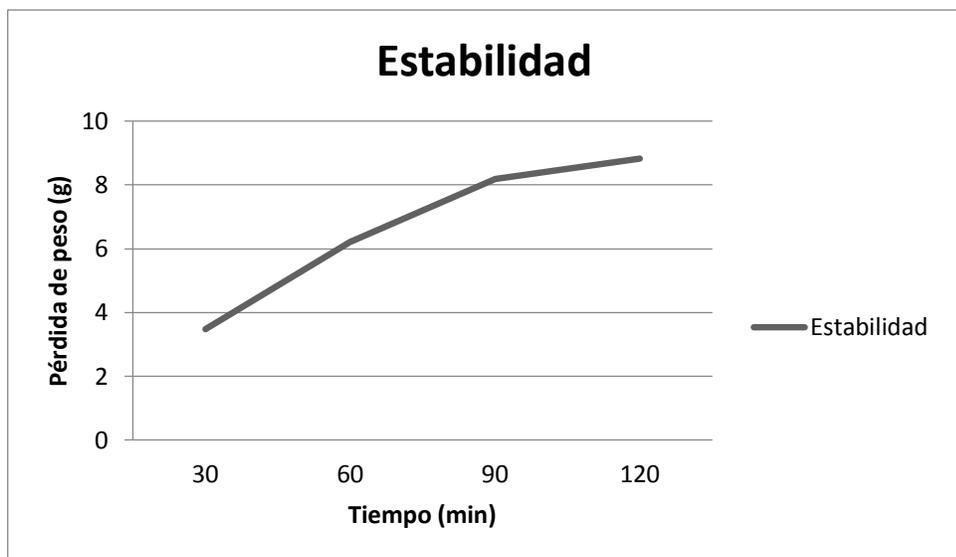


Figura 4. Estabilidad en las esferificaciones en relación con el tiempo.

4.7 Determinación de densidad

Ya que la densidad es la magnitud escalar referida a la cantidad de masa en un determinado volumen de una sustancia el resultado de acuerdo a la mediana en la esferificación fue de 0.48 g/cm^3 obtuvimos una desviación un poco alta de 0.29. En el cuadro 6 se llega a notar una gran diferencia entre el dato mínimo que es de 0.44 g/cm^3 y el dato máximo que es de 0.96 g/cm^3 . Según Rivera (2013) la densidad en las esferificaciones de alginato fue de 0.88 g/ml y menciona que la densidad de las esferas varió por el tiempo de gelificación.

Otro factor importante puede ser por la masa de las esferificaciones ya que fue diferente; por el tamaño tan variado en el que salían las esferas ya que la distancia de la caída no era la misma y el total de cantidad que se tomaba para hacer las esferas variaba ya que no se tenía un control en el total de la muestra que se tomaba para realizar las esferificaciones.

Cuadro 6. Resultado de la densidad de las esferificaciones de guanábana representada en g/ml.

Variable	N	Media	D.E.	CV	Mín.	Máx.	Mediana
Densidad	3	0.62	0.29	46.88	0.44	0.96	0.48

4.8 Determinación de proteína

Según la literatura la cantidad de proteína en la guanábana es de 1g por cada 100 g de pulpa de guanábana. El cuadro 7 se muestran los resultados del % de proteína total la esferificación obtiene una mediana de 0.89% un porcentaje relativamente alto comparado con los datos de la esferificación de fresa donde obtiene un 0.37% de proteína; y comparados con la fruta de la guanábana al natural este es un poco bajo.

Cuadro 7. Resultado de proteína total en las esferificaciones de guanábana.

Variable	N	Media	D.E.	CV	Mín.	Máx.	Mediana
Proteína	3	0.90	0.02	1.85	0.88	0.91	0.89

4.9 Determinación de lípidos

En ésta determinación se obtuvo una media total de las 3 repeticiones que se hicieron de la muestra con un 0.03% de lípidos que se muestra en el cuadro 8 con una desviación estándar de 0.01; en la fruta al natural esta tiene 1 g de grasa por cada 100 g de pulpa de la guanábana según García (2010).

En la esferificación de fresa de Aguirre (2016) obtuvo un total de 0.05% de lípidos en su muestra. Un porcentaje más alto al nuestro ya que a comparación con la fruta de la fresa al natural reporta 0.3% de lípidos un valor más bajo al de la fruta de la guanábana al natural.

Cuadro 8. Resultado de lípidos en las esferificaciones de fresa.

Variable	N	Media	D.E.	CV	Mín.	Máx.	Mediana
Lípidos	3	0.03	0.01	19.5	0.03	0.04	0.03

4.10 Determinación de azúcares totales

Para determinar este análisis se realizó una curva de sacarosa que se puede observar en la sección de anexos, para así obtener la ecuación de la pendiente y con esta sacar los resultados con las absorbancias obtenidas en la muestra de esferificaciones de guanábana. En el cuadro 9 se muestra las medidas resumen de las tres repeticiones, que se realizaron, los resultados se presentan en g/kg.

Ramírez y Pacheco (2011) determinan el total de azúcares totales en la pulpa de guanábana con un total de 52.04 g/100g (base seca) obteniendo una mayor cantidad que la esferificación realizada; esto probablemente puede ser debido a la guanábana ya que la que se utilizó en este estudio no se sabe exactamente la procedencia y puede variar según la región.

Barahona (2013) obtienen un total de 67.9 g/kg de azúcares totales en la pulpa de guanábana este valor es mucho más alto debido a que la pulpa al natural es muy rica en azúcares.

Uno de los aspectos importantes para que las esferificaciones de guanábana obtuvieran un menor valor de azúcares fue por la cantidad de agua utilizada en su preparación y fue endulzada con sucralosa un edulcorante que no aporta calorías.

Cuadro 9. Resultado de azúcares totales en las esferificaciones de guanábana g/kg.

Variable	N	Media	D.E.	CV	Mín.	Máx.	Mediana
Azúcares totales	3	0.07	0.01	8.04	0.06	0.08	0.07

4.11 Determinación de fibra cruda

El porcentaje de fibra cruda tuvo una desviación estándar de 0.18 en las tres repeticiones con una mediana de 1.15% comparando con la fruta normal es de 8.55% mayor a las esferificaciones. En el cuadro 10 también se observa que la desviación estándar es alta ya que se muestra que el dato mínimo es de 0.91% y el máximo de 1.27% hay una gran diferencia esto puede ser debido algún error en el proceso de este análisis como el peso de las muestras.

Cuadro 10. Resultado de fibra cruda en las esferificaciones de guanábana.

Variable	N	Media	D.E.	CV	Mín.	Máx.	Mediana
Fibra cruda	3	1.11	0.18	16.69	0.91	1.27	1.15

4.12 Determinación de valor calórico

En el siguiente cuadro 11 se muestran los resultados del valor calórico obtenido en las esferificaciones, comparando con Aguirre (2016) obtenemos una cantidad menor ya que en las esferificaciones de fresa se obtiene un total de 73.49 Kcal/100g esto debido a que en esta se utilizan una mayor cantidad de ingredientes y en mayor proporción, utiliza un 10% de fructuosa, azúcar al 7% y menores cantidades de colorante rojo 40, ácido cítrico, ácido ascórbico, benzoato de sodio, sorbato de potasio, citrato de sodio, hierro aminoquelado y la goma xantana.

Barahona (2013) obtiene en la guanábana en natural un total de 59.74 Kcal/100g que es bajo por tratarse de una fruta que presenta un mayor porcentaje de humedad.

En la esferificación de guanábana solo se obtiene un 3.28 Kcal/100g que se aprecia el resultado en el cuadro número 11. Esto es debido a que se utiliza un menor porcentaje de ingredientes que las esferificaciones de fresa, y también lleva un alto porcentaje de agua.

Cuadro 11. Resultado de valor calórico en las esferificaciones de guanábana Kcal/100g.

Variable	N	Media	D.E.	CV	Mín.	Máx.	Mediana
Valor calórico	3	3.19	0.16	4.87	3.01	3.28	3.28

4.13 Análisis microbiológico

En la figura 5 se muestra el crecimiento de bacterias mesófilas aerobias al primer día de 4.5×10^4 UFC/g y en el quinto día hubo un crecimiento de 7.5×10^4 UFC/g. Ya que no existe normas donde se establezca un límite para la carga microbiana en esferificaciones; se comparó con una norma sanitaria (Ministerio de salud y protección social, 2013) que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano elaborada en Perú donde se menciona una sección de alimentos preparados sin tratamiento térmico (ensaladas crudas, mayonesas, salsas de papa huancaína, ocopa, aderezos, postres, jugos, yogurt de fabricación casera, otros); en donde le dan un límite mínimo de aerobios mesófilos de 10^5 y un límite máximo de 10^6 UFC/g. Donde podemos comparar con los resultados obtenidos en la esferificación de guanábana y vemos que los datos se encuentran dentro de estos límites.

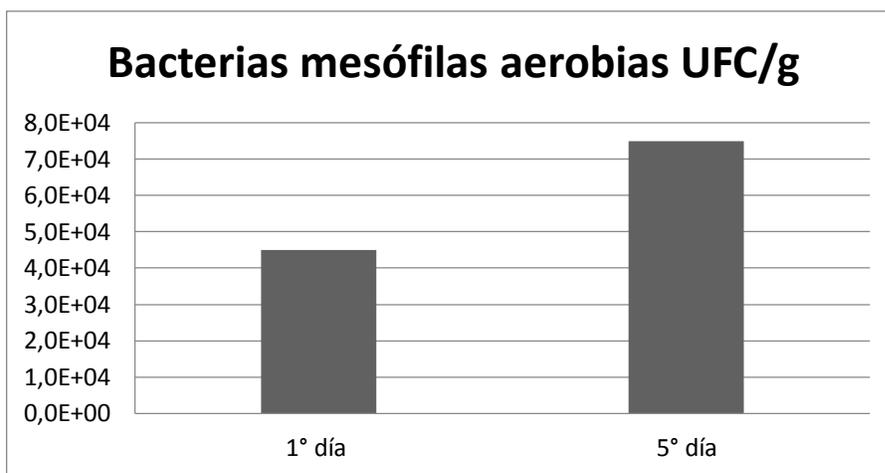


Figura 5. Resultado de bacterias mesófilas aerobias UFC/g en esferificaciones de guanábana.

En la figura 6 se muestra el crecimiento de hongos y levaduras también tuvo una diferencia significativa en su primer día de 2.0×10^3 UFC/g con el quinto día de 7.0×10^3 UFC/g. Debido a que no hay una norma en específico para este producto no se puede verificar los límites permisibles en hongos y levaduras. En el caso de la pulpa de la fruta según el Ministerio de salud y protección social de Colombia (2013) los requisitos microbiológicos para la pulpa de fruta sin tratamiento térmico congelado o no, debe tener un índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad de 1000 en el

recuento de mohos y levaduras UFC/g y un índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad de 3000 UFC/g.

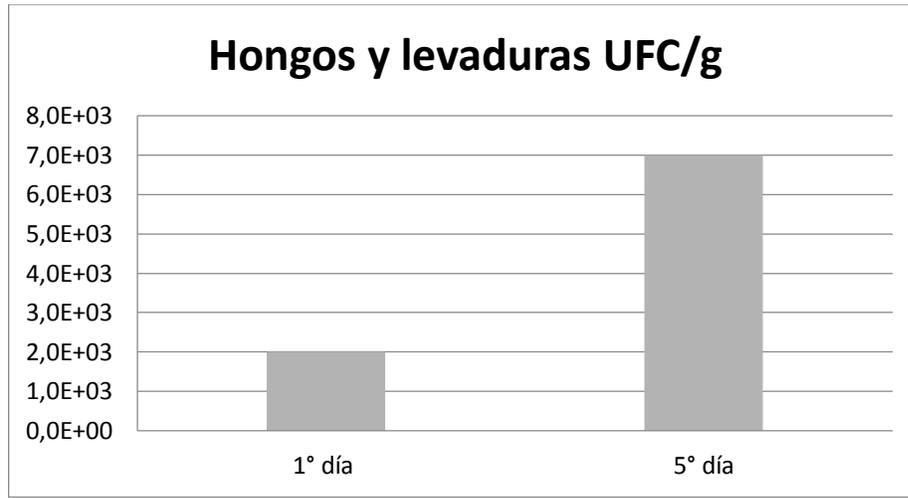


Figura 6. Resultado de hongos y levaduras UFC/g en esferificaciones de guanábana.

4.14 Análisis de evaluación sensorial

Los resultados de este análisis se concentraron en el siguiente cuadro (Cuadro 12) en donde se muestra que en apariencia global y textura hay una diferencia significativa. Y en los demás atributos no son significativamente diferentes; a pesar de que en observaciones de los jueces predominaban los comentarios de que se llegaba a notar el olor a limón en la formulación B donde se agregó esencia de limón. Sin embargo las medias más altas se encuentran para la formulación A a la cual se le hizo todo el análisis bromatológico.

Cuadro 12. Resultados concentrados del análisis sensorial mediante análisis de varianza.

ATRIBUTOS	MUESTRA	MEDIAS
Apariencia global	Formulación A	4.13 a
	Formulación B	3.5 b
Olor	Formulación A	4.13 a
	Formulación B	3.81 a
Sabor	Formulación A	3.19 a
	Formulación B	3.13 a
Textura	Formulación A	3.25 a
	Formulación B	2.13 b
Aceptación global	Formulación A	3.44 a
	Formulación B	3.38 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

5. CONCLUSIÓN

Se concluye que se logró la esferificación utilizando como ingrediente principal la guanábana según la clasificación de las esferificaciones por Aguirre (2016) se utilizó una esferificación básica que consiste en el alimento líquido más el alginato con goma xantana introducido en una solución de cloruro de calcio. Obteniendo un nuevo producto innovador para la gastronomía molecular y otras aplicaciones.

Se deduce que la mejor formulación fue la A, en la cual todos los ingredientes fueron estables para la formación de la esfera. La formulación que obtuvo mejor aceptación fue la A la cual no incluía el aceite de limón.

Debido a las características bromatológicas de la formulación A se puede consumir por todo tipo de consumidores debido a su contenido nutricional ya que aporta un 0.90% de proteínas, un 0.07 g/kg de azúcares totales, un 0.03% de lípidos, un porcentaje bajo de carbohidratos de 3.28 Kcal/100g y 1.11% de fibra soluble, además de las propiedades medicinales que se le atribuyen.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aditivos alimentarios. (s.f). *Sucralosa aditivos alimentarios*. Consulta: 7 marzo 2017. Disponible en: <http://www.aditivos-alimentarios.com/2014/01/e955-edulcorante-sucralosa.html>
- Aguayo, R; Contreras, M; Hernández, B; & Vázquez, D. (2014). *Gelificación de Alginatos XXV Congreso de Investigación CUAM-ACMor*. Consulta: 16 junio 2016. Disponible en: <http://www.acmor.org.mx/cuamweb/reportesxxv.html#>
- Aguirre, A. (2016, Marzo.). *Esferificación inversa de bebida nutricional sabor fresa, desarrollada para el beneficio de la niñez intermedia y determinación de su tiempo de vida útil en condiciones adecuadas*. Guatemala de la Asunción.: Universidad Rafael Landívar.
- Alvarez, C; Ortiz, M; Simó, L; & Mañon, D. (1999, Mayo). *Estudio de seis plantas medicinales dominicanas*. Acta médica dominica, Vol. 21, pág. 92. Consulta: 7 marzo 2017. Disponible en: <https://www.bvs.org.do/revistas/amd/1999/21/03/AMD-1999-21-03-086-093.pdf>
- AOAC. (1985). Official Methods of Analysis. 16th ed. Assoc. Off. Anal. Chem; Arlington, VA.
- Arrazola, G; Barrera, J; & Villalba, M. (2013, Agosto 31). *Determinación física y bromatológica de la guanábana cimarrona (Annona glabra L.) del departamento de Córdoba*. ORINOQUIA Universidad de los Llanos, 17, pp.159-166.
- Avendaño, G; López, A; & Palou, E. (2013). *Propiedades del alginato y aplicaciones en alimentos*. Temas selectos de Ingeniería de Alimentos, 7-1, pp. 87-96.
- Barahona, V. (2013). Evaluación de la actividad antioxidante y valor nutracéutico de las hojas y frutos de la guanábana (*Annona muricata*). Riobamba, Ecuador.: Escuela superior politécnica de Chimborazo.
- Boon-Beng, L; Pogaku, R; & Eng-Seng, C. (2013, Julio 05). *Size and shape of calcium alginate beads produced by extrusion dripping*. Chemical Engineering Technology, N°10, pp. 1627-1642.
- Carbajal, G; & Ramírez, J. (2012). Análisis proximal de alimentos. Chimbote, Perú; Universidad Nacional del Santa.
- Coria, A; Montalvo, E; Yahia, E; & Obledo E. (2016, January 09). *Annona muricata: A comprehensive review on its traditional medicinal uses, phytochemicals, pharmacological activities, mechanisms of action and toxicity*. Arabian Journal of Chemistry, Vol. 2-10, pp. 1-30. ScienceDirect. Viewed: 04 July 2006 2016.

Available from: http://ac.els-cdn.com/S1878535216000058/1-s2.0-S1878535216000058-main.pdf?_tid=b4d3363e-3085-11e7-a415-00000aab0f02&acdnat=1493873828_1b0b217b4217d0c156945a889ab8ca50.

- Dorantes, L. (Enero 31, 2008). Los componentes de la gastronomía molecular: sabor, ciencia y arte. Simposio gastronomía molecular. Diciembre 1, 2016, de V Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica
- Escandell, J. (2015, Junio 15). Gastronomía molecular: de la empiría a la innovación científica. *Revista de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias.*, Vol. 1, 1-8.
- Evangelista, S., Cruz, J., Pérez, s., Mercado, E., & Dávila, G. (2002, Agosto 29). Producción y calidad frutícola de guanábanos (*Annona muricata L.*) provenientes de semilla de Jiutepec, Morelos, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 9, pp. 69-79.
- FAO. (s.f). Fichas técnicas. Productos frescos de frutas. Consulta: 20 Marzo 2017. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-au173s.pdf>
- García, M. (2010, Enero-Junio). La guanábana (*Annona muricata L.*). Propiedades y usos. *Revista CitriFrut*, Vol. 27, N°1., pp.69-70.
- Hernández, A. (2007). *Antecedentes de la evaluación sensorial*. Evaluación sensorial de productos agroalimentarios (p. 1). Texcoco, Edo. de México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Imeson, A. (2010). Food stabilizers, thickeners and gelling agents. United Kingdom: Wiley-Blackwel
- Industria del álcali S.A de C.V. (Junio 25, 2013). *Ficha técnica cloruro de calcio granular. Insumos y tecnología para la industria alimentaria*. Consulta: 14 octubre 2016. Disponible en: <http://www.cimpaltda.com/modulo/quimicos/cloruro%20de%20calcio%20granular.pdf>
- Instituto de integración y desarrollo nacional “Musoq Wayra”. (Abril 26, 2009). Importancia de los análisis de los alimentos. Consulta: 18 Marzo 2017. Disponible en: <http://musoqwaira.blogspot.mx/2009/04/importancia-de-los-analisis-de-los.html>
- Iruin, J. (2010, Diciembre). *Gastronomía molecular*. Dossier científico. Universidad del País Vasco., 166, pp. 6-10.
- Lupo, B; González, A; & Maestro, A. (2012, Julio 03.). Microencapsulación con alginato en alimentos. Técnicas y aplicaciones. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3 (1), pp. 130-151.

- Mans, C & Castells, P. (Octubre 2011). *La nueva cocina científica*. Investigación y Ciencia. Consulta: 21 Marzo 2016 Disponible en: <http://www.angel.qui.ub.es/mans/Documents/Textos/201110%20IyC%20La%20nueva%20cocina%20cientifica.pdf>
- Márquez, C. (2009) Caracterización fisiológica, físico-química, reológica, nutraceútica, estructural y sensorial de la guanábana (*Annona muricata L.* cv. Elita). Universidad Nacional de Colombia SEDE Medellín Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Ministerio de salud República del Perú. (Agosto 27, 2008). Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Consulta: 27 Marzo 2017. Disponible: http://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/alimentos/RM591MINSANORMA.pdf.
- Ministerio de salud y protección social. (Octubre 2, 2013). Reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir las frutas y las bebidas con adición de jugo (zumo) o pulpa de fruta o concentrados de fruta, clarificados o no, o la mezcla de éstos que se procesen, empaquen, transporten, importen y comercialicen en el territorio nacional. República de Colombia. Consulta: 27 Marzo 2017. Disponible: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%203929%20de%202013.pdf
- Muñoz, J; Alfaro, M; & Zapata, I. (2007 Marzo). Avances en la formulación de emulsiones. *ResearchGate*, 58 (1), 64-73.
- Pascual, M; & Calderón, V. (2000). *Microbiología alimentaria Metodología y analítica para alimentos y bebidas*. Madrid España. Díaz de Santos, S.A.
- QuimiNet. (Noviembre 08, 2011). La goma xantana como espesante en la industria alimentaria. *QuimiNet.com*. Consulta: 03 Septiembre 2016. Disponible en: <https://www.quiminet.com/articulos/la-goma-xantana-como-espesante-en-la-industria-alimenticia-2636386.htm>
- QuimiNet. (Julio 11, 2011). Importancia de realizar un análisis microbiológico en los alimentos. *QuimiNet*. Consulta: 08 Marzo 2017. Disponible en: <https://www.quiminet.com/articulos/la-importancia-de-realizar-un-analisis-microbiologico-en-los-alimentos-63049.htm>
- Ramírez, A; & Pacheco, E. (2011, Enero). Composición química y compuestos bioactivos presentes en pulpas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia*, Vol. 36, pág. 71-75

- Ramírez, C., Jerónimo, L., Manzano, M., & Hernández, L. (Julio 4, 2014). Encapsulamiento alimentario a base de alginato sódico y cloruro cálcico para evitar la oxidación del mango. Consulta: 01 Marzo 2016. Disponible en: http://www.academia.edu/7751821/_firus_frut_nutritivamente_divertido_encapsulamiento_alimentario_a_base_de_alginato_sodico_y_cloruro_calcico_para_evitar_la_oxidacion_del_mango
- Rivera, E. (2013). *Evaluación de la capacidad de esferificación de quitosano como sustituto de alginato en la elaboración del falso caviar*. Trabajo de investigación para optar por el grado de Químico de Alimentos. Carrera de Química de Alimentos. Quito: UCE. 94p.
- SAGARPA. (Noviembre 13, 2016). *Guanábana: exótica, deliciosa y saludable*. Consulta: 6 mayo 2017. Disponible en: <http://www.gob.mx/sagarpa/articulos/guanabana-exotica-deliciosa-y-saludable#acciones>
- Splenda Brand FAQs. (s.f). *Splenda sucralosa*. De Splenda en español. Consulta: 7 marzo 2017. Disponible en: <https://www.splendaenespanol.com/faq/no-calorie-sweetener#is-there-a-daily-limit-to-how-much-splenda-brand-sweetener-sucralose-i-can-use>.
- Tovar, B., Mata, M., García, H., & Montalvo E. (2011, Febrero 24). Efecto de emulsiones de cera y 1-metilciclopropeno en la conservación poscosecha de guanábana. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17., Especial 1, pp.53-61.

7. ANEXOS

ANEXOS DE ESTABILIDAD:

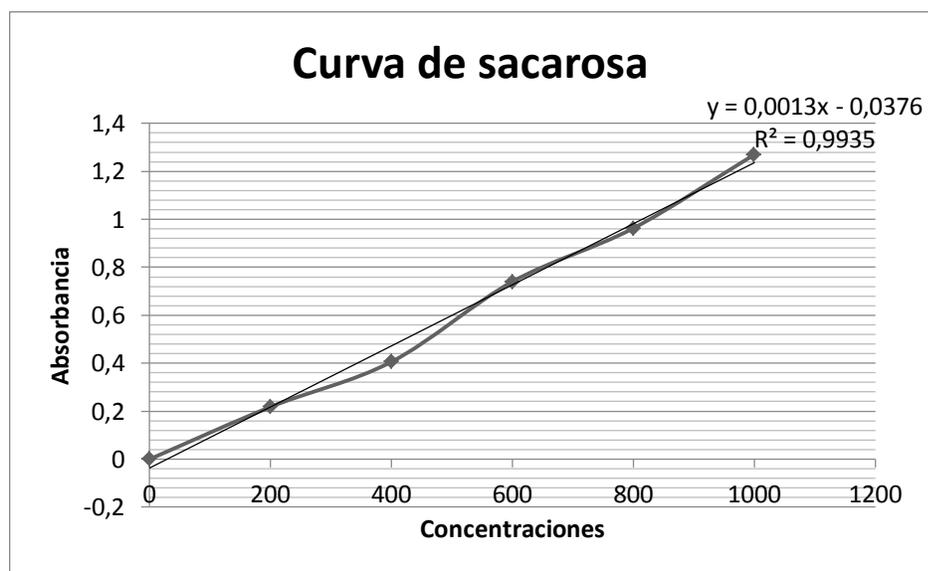
	Tiempo			
Cajas	30	60	90	120
1	3.35	5.97	7.97	8.64
2	3.59	6.47	8.41	9.02
Mediana	3.47	6.22	8.19	8.83
desv std	0.12	0.25	0.22	0.19

Peso de las esferificaciones de guanábana

Tiempo	Estabilidad Promedio	
30	3.47	Pérdida de diferencia
60	6.22	2.75
90	8.19	1.97
120	8.83	0.64

Perdida de diferencia en los diferentes tiempos para la determinación de estabilidad.

ANEXOS DE AZÚCARES TOTALES:



Curva del blanco de sacarosa

ANEXOS DE SENSORIAL:

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Apariencia global	32	0.17	0.14	19.01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3.13	1	3.13	5.95	0.0208
Muestra	3.13	1	3.13	5.95	0.0208
Error	15.75	30	0.53		
Total	18.88	31			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.52318

Error: 0.5250 gl: 30

Muestra	Medias	n	E.E.
---------	--------	---	------

523.00	4.13	16	0.18 A
--------	------	----	--------

690.00	3.50	16	0.18 B
--------	------	----	--------

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Cuadro de medición de medias de la apariencia global.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Olor	32	0.04	0.01	20.67

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.78	1	0.78	1.16	0.2898
Muestra	0.78	1	0.78	1.16	0.2898
Error	20.19	30	0.67		
Total	20.97	31			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.59231

Error: 0.6729 gl: 30

Muestra	Medias	n	E.E.
---------	--------	---	------

690.00	4.13	16	0.21 A
--------	------	----	--------

523.00	3.81	16	0.21 A
--------	------	----	--------

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Cuadro de medición de medias de olor

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sabor	32	1.3E-03	0.00	28.45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.03	1	0.03	0.04	0.8453
Muestra	0.03	1	0.03	0.04	0.8453
Error	24.19	30	0.81		
Total	24.22	31			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.64834

Error: 0.8063 gl: 30

Muestra	Medias	n	E.E.	
690.00	3.19	16	0.22	A
523.00	3.13	16	0.22	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Cuadro de medición de medias del sabor

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Textura	31	0.18	0.15	45.84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9.65	1	9.65	6.26	0.0183
Muestra	9.65	1	9.65	6.26	0.0183
Error	44.73	29	1.54		
Total	54.39	30			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.91292

Error: 1.5425 gl: 29

Muestra	Medias	n	E.E.	
523.00	3.25	16	0.31	A
690.00	2.13	15	0.32	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Cuadro de medición de medias de la textura.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Aceptación Global	32	1.6E-03	0.00	23.78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.03	1	0.03	0.05	0.8287
Muestra	0.03	1	0.03	0.05	0.8287
Error	19.69	30	0.66		
Total	19.72	31			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.58493

Error: 0.6563 gl: 30

Muestra Medias n E.E.

523.00 3.44 16 0.20 A

690.00 3.38 16 0.20 A

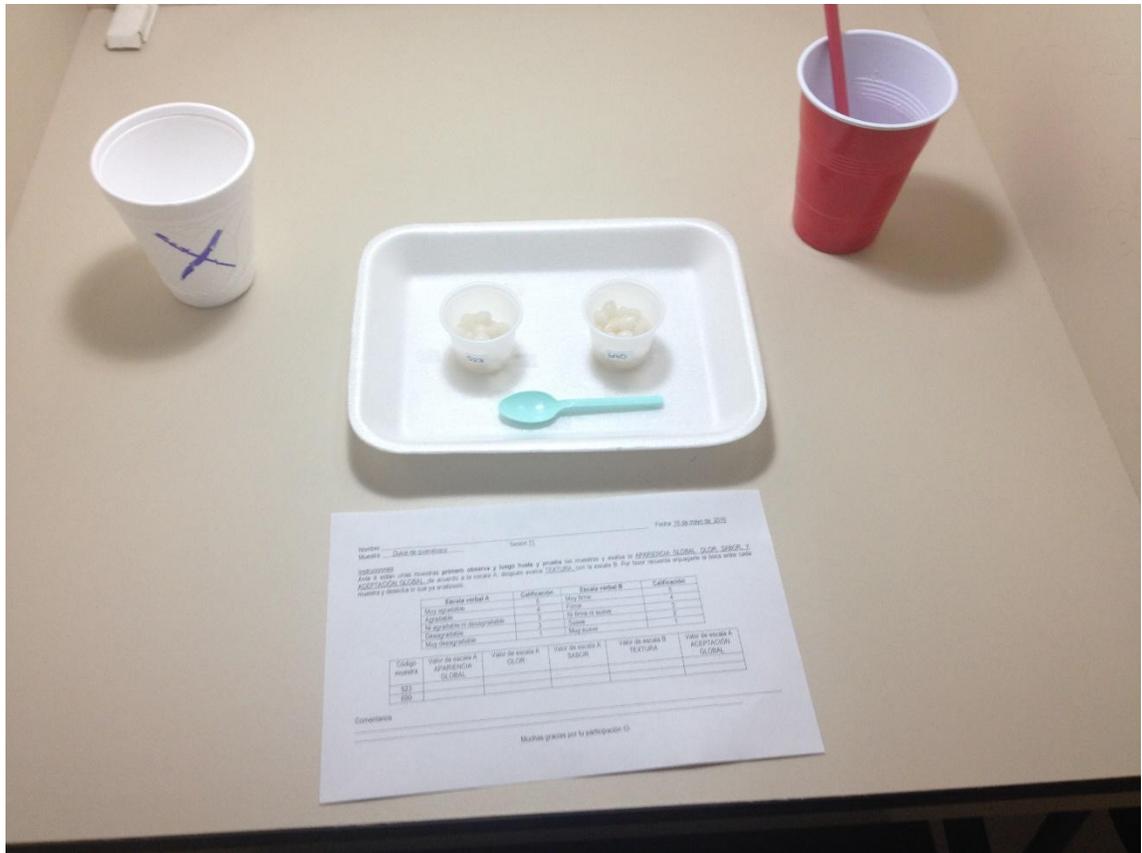
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Cuadro de medición de medias de la aceptación global

ANEXOS DE IMÁGENES:



Esferificaciones de guanábana.



Muestras listas para la evaluación sensorial