

**ENCÁPSULACIÓN DE COROZO POR EL MÉTODO DE GELACIÓN IÓNICA Y
EVALUACIÓN DE SU EFECTO EN EL DESARROLLO DE UN NUEVO PRODUCTO
(YOGURT)**



**CHRISTIAN CAMILO BERROCAL PENNA
JAIME ARTURO SEVERICHE GALARAGA**

DIRECTORES

MÓNICA SIMANCA SOTELO, Ph.D.

BEATRIZ ÁLVAREZ BADEL, M.Sc.

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
BERASTEGUI, NOVIEMBRE DE 2019**

El jurado calificador del trabajo no se hace responsable de las ideas emitidas por los autores (Artículo 46, del Acuerdo 006 mayo 29 de 1979 Consejo Directivo).

Nota de Aceptación

Ing. M.Sc. GABRIEL VÉLEZ HERNÁNDEZ

Ing. M.Sc. MARGARITA ROSA ARTEAGA MÁRQUEZ

Berástegui, noviembre de 2019

DEDICATORIA

Primero dar las gracias a cualquier teoría creacionista Dios, Big Bang entre otras, que nos trajo aquí. Este título es para todos esos familiares y amigos que siempre apoyaron incondicionalmente a su manera, con sabias palabras consejos. Esto es de ustedes esperando estar a la altura de las expectativas.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 ALIMENTOS FUNCIONALES	3
2.2. COROZO	4
2.2.1 Antioxidantes del corozo:	5
2.2.2 Factores químicos que determinan el color y la estabilidad de las antocianinas:	6
2.2.3 Efecto del pH y la acidez:.....	6
2.2.4 Obtención del jugo y efecto de la temperatura sobre los antioxidantes:	7
2.2.5 Efecto del oxígeno y el ácido ascórbico:	8
2.2.6 Otros factores:	8
2.3 ENCAPSULACIÓN	9
2.3.1 Técnicas de encapsulación:.....	10
2.3.2 Encapsulación de compuestos con actividad funcional:	10
2.4 YOGURT	11
2.5 ALGINATO	12
2.6 ALMIDÓN	13
3. MATERIALES Y METODOS	14
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	14
3.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	14
3.3 VARIABLES E INDICADORES	14
3.3.1 Variables Independientes.....	14
3.3.2 Variables Dependientes.....	14
3.4 MÉTODOS	15
3.4.1 Determinación de las condiciones para la obtención de cápsulas de corozo:.....	15
3.4.2 Elaboración de yogurt batido y adición de las cápsulas de corozo:	16
3.4.3 Evaluación fisicoquímica y sensorial del yogurt con cápsulas de corozo:	16
3.4.4 Evaluación de la apariencia de las cápsulas:	19
3.4.5 Análisis centesimal aproximado:.....	19
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
4.1 DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES PARA LA OBTENCIÓN DE CÁPSULAS DE COROZO	20

4.2 ELABORACIÓN DE YOGURT Y ADICIÓN DE LAS CÁPSULAS DE COROZO	26
4.3. EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL YOGURT CON CÁPSULAS DE COROZO	29
4.4. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL YOGURT CON CÁPSULAS DE COROZO	32
4.5 ANÁLISIS CENTESIMAL APROXIMADO	34
CONCLUSIONES	36
RECOMENDACIONES	37
BIBLIOGRAFÍA	38

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Métodos de encapsulación	10
Tabla 2. Composición química de la leche y el yogurt	11
Tabla 3. Análisis bromatológicos	19
Tabla 4. Altura de caída de la solución de gelificante para elaborar las cápsulas de corozo	21
Tabla 5. Cálculos para formulación de yogurt con 16% de sólidos	26
Tabla 6. Análisis de varianza de las características fisicoquímicas del yogurt con cápsulas de corozo	29
Tabla 7. Características fisicoquímicas del yogurt con cápsulas de corozo en la fecha uno	29
Tabla 8. Características fisicoquímicas del yogurt con cápsulas de corozo durante el almacenamiento*	30
Tabla 9. Análisis de varianza del pH (interacciones tratamientos-días de almacenamiento)	31
Tabla 10. Análisis de varianza de la acidez (interacciones tratamientos-días de almacenamiento)	31
Tabla 11. Análisis de varianza de las variables sensoriales (interacciones tratamientos-días de almacenamiento)	32
Tabla 12. Test de Tukey de los resultados de aceptación sensorial para los tratamientos	33
Tabla 13. Test de Tukey de los resultados de aceptación sensorial durante el almacenamiento ...	33
Tabla 14. Análisis bromatológicos del yogurt con cápsulas de corozo.	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura química de la antocianina y sustituyentes de las antocianinas	6
Figura 2. Estructura de las antocianinas a diferentes valores de pH	7
Figura 3. Proceso de elaboración de cápsulas de corozo	17
Figura 4. Elaboración de yogurt y adición de cápsulas.....	18
Figura 5. Montaje de la elaboración de cápsulas de corozo.....	20
Figura 6. Cápsulas de jugo de Corozo.....	22
Figura 7. Cápsulas de jugo de Corozo en la fecha 1	23
Figura 8. Cápsulas de jugo de Corozo en la fecha 2	23
Figura 9. Cápsulas de jugo de Corozo en la fecha 3	24
Figura 10. Cápsulas de jugo de Corozo en la fecha 4	25
Figura 11. Yogurt con cápsulas de jugo de Corozo	27
Figura 12. Apariencia del yogurt durante el almacenamiento	28

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue encapsular jugo de corozo (*Bactris guineensis*) por el método de gelación iónica y evaluar su efecto en un producto lácteo fermentado, a través de la determinación de las características fisicoquímicas, sensoriales y composición centesimal aproximada. Se elaboraron cápsulas de corozo con adición de 0, 2, 6 y 10% almidón de maíz, manteniendo constante la concentración de sólidos de corozo (3%), alginato (2%) y sólidos totales (15%); se elaboró yogurt y se le adicionaron las cápsulas de corozo, se envasó el producto en recipientes plásticos de un litro, los cuales se almacenaron en refrigeración. Se evaluaron las características fisicoquímicas de pH y acidez, y la aceptación sensorial por medio de una escala hedónica de nueve (9) puntos con la participación de 30 catadores consumidores, semanalmente. Al tratamiento seleccionado con base en las características fisicoquímicas y sensoriales, se le determinó la composición centesimal aproximada. Se registraron valores de $4,29 \pm 0,15$ para el pH y de $0,89 \pm 0,03\%$ de ácido láctico para la acidez. Los resultados de la prueba de aceptación sensorial mostraron que el tratamiento sin adición de almidón de maíz presentó mayor aceptación, y a su vez, la aceptación del producto resultó inversamente proporcional al porcentaje de adición de almidón de maíz. El contenido de agua para el tratamiento sin adición de almidón de maíz fue de $83,724 \pm 0,195\%$, la proteína de $8,4 \pm 0,15\%$, grasa de $2,2 \pm 0,153\%$, cenizas en $0,89 \pm 0,071\%$ y carbohidratos de $4,8 \pm 0,035\%$. Con base en las características fisicoquímicas y sensoriales se concluye que el yogurt con adición de cápsulas de corozo tuvo una vida útil entre 15 y 21 días.

Palabras clave: Gelación iónica, Corozo, producto lácteo, vida útil.

ABSTRACT

The purpose of the research was to encapsulate corozo juice (*Bactris guineensis*) by the ionic gelling method and to evaluate its effect on a fermented dairy product, characteristics and percentage composition. Through the determination of the physic-chemical and sensory characteristics and approximate centesimal composition. Corozo capsules were made with the addition of 0, 2, 6 and 10% corn starch, maintaining a constant concentration of corozo solids (3%), alginate (2%) and total solids (15%); the yoghurt was elaborated and the corozo capsules were added, the product was packed in plastic containers of one liter, which were stored in refrigeration. The physicochemical characteristics of pH and acidity and sensory acceptance were evaluated by using a hedonic scale of nine (9) points with the participation of 30 consumer tasters on a weekly basis. The treatment selected was based on physicochemical and sensory characteristics, and its approximate centesimal composition was determined. Values of $4,29 \pm 0,15$ for pH and $0,89 \pm 0,03$ % of lactic acid for acidity were reported. The results of the sensory acceptance test showed that the treatment without the addition of corn starch had greater acceptance, and in turn, the acceptance of the product was inversely proportional to the percentage of corn starch addition. The water content for treatment without addition of corn starch was $83,724 \pm 0,195$ %, the protein $8,4 \pm 0,15$ %, fat $2,2 \pm 0,153$ %, ash $0,89 \pm 0,071$ % and carbohydrates $4,8 \pm 0,035$ %. It is concluded on the basis of physic-chemical and sensory characteristics that yoghurt with the addition of corozo capsules had a useful lifespan between 15 and 21 days.

Keywords: Ionic gelation, Corozo, dairy product, useful lifespan.

1. INTRODUCCIÓN

El corozo es un fruto de consumo tradicional de la Región Caribe que se caracteriza por su sabor agri dulce frutal y llamativo color; como materia prima se ha usado en la elaboración de bebidas azucaradas y bebidas alcohólicas como el vino, así como aceites comestibles, polvos y colorantes, para la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica. El consumo de corozo tiene beneficios para la salud debido a su contenido de antioxidantes; sin embargo, la falta de iniciativas de aplicación tecnologías de transformación e innovación de esta materia prima, han limitado su aprovechamiento.

El desarrollo de productos con ingredientes funcionales con efectos fisiológicos beneficiosos para el organismo humano, representa un desafío importante para la industria de alimentos, que busca satisfacer las expectativas de consumidores con necesidades específicas; por lo que la propuesta de desarrollar un nuevo producto alimenticio consistente en un yogurt con adición de cápsulas de corozo obtenidas mediante gelación iónica, que permita aportar las vitaminas, minerales y antioxidantes naturales del fruto representan un aporte a la literatura científica en el área de innovación y conservación de alimentos, y se constituyen en referente teóricos para las necesidades de la industria.

En la investigación se determinaron las condiciones de encapsulación del corozo, la proporción de adición de las cápsulas de corozo al yogurt, así como las características fisicoquímicas, sensoriales y la composición centesimal aproximada del tratamiento con mayor aceptación.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ALIMENTOS FUNCIONALES

Los alimentos funcionales son aquellos que además de aportar los nutrientes básicos, otorgan beneficios adicionales en una o más funciones del organismo humano. En estos alimentos las propiedades saludables atribuidas deben ser comprobadas científicamente y consensuadas por expertos (Betoret et al. 2010; Szakály et al. 2012).

Un alimento puede convertirse en funcional cumpliendo alguna de las siguientes condiciones (Roberfroid 2002; Olagnero et al. 2007):

- Eliminando componentes perjudiciales presentes en el alimento.
- Incrementando la concentración de un componente presente de forma natural en el alimento hasta alcanzar niveles en que pueda inducir los beneficios esperados.
- Añadiendo un componente que no está presente de forma natural en el alimento cuyos efectos beneficiosos son reconocidos.
- Sustituyendo un componente, generalmente un macronutriente.
- Incrementando la biodisponibilidad o estabilidad de un componente que se sepa que es capaz de producir un efecto funcional o reducir un potencial riesgo de enfermedad del propio alimento.

El estudio de *Transparency Market Research (TMR)* denominado *Yogurt Market North America Scenario, Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast*, señaló que la proyección en el año 2019 de la tasa de crecimiento del mercado de yogurt sería del 8,2% en los países de

América del Norte. De acuerdo con el estudio, este crecimiento se debía a la necesidad de una alimentación saludable por parte de la población, de igual forma, debido a las características del yogurt, como son: su carácter probiótico, su aporte para prevenir la osteoporosis y la obesidad, entre otros beneficios (Portal Lechero, 2016).

Según el estudio en mención, en los Estados Unidos se esperaba que el mercado de yogurt alcanzara los USD\$11,7 miles de millones, impulsado por las ventas del yogurt griego. En Canadá sería el yogurt como postre el que impulse la demanda y en México el yogurt bebible y el helado de yogurt. En los países de América del Sur se esperaba un mayor desarrollo de algunas categorías de productos como yogurt griego, yogurt helado y yogurt convencional; de igual forma se espera que se recreen diversas variedades de sabores novedosas (Portal Lechero, 2016).

La industria de alimentos tiene hoy múltiples expectativas ante la oportunidad de desarrollar alimentos con características específicas, para nichos de mercados exigentes y dispuestos a pagar un poco más por alimentos diferenciados de los convencionales (Falguera et al. 2012; Szakály et al. 2012). Y una de las áreas de mayor interés en el desarrollo de estos alimentos, se fundamenta en la posibilidad de modular los sistemas redox y antioxidante del organismo, ya que dichos factores guardan relación con el desarrollo de enfermedades crónicas y en el proceso de envejecimiento (Betoret et al. 2010).

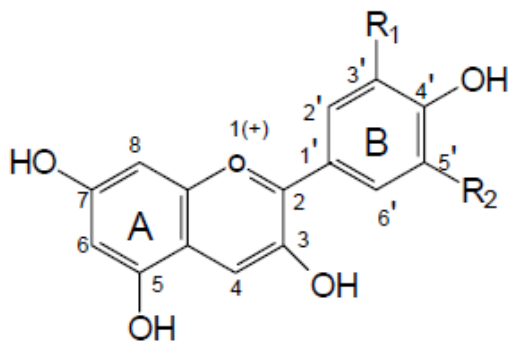
2.2. COROZO

El corozo chiquito (*Bactris guineensis*) es una palma cespitosa, forma agrupaciones de hasta 100 tallos, tiene espinas en las brácteas pedunculares, hojas y tallos; su fruto es de color rojo a violeta y el interior tiene una semilla de color negro, rodeada por una pulpa fibrosa de sabor ácido y una capa delgada que en la madurez se consume directamente. Este fruto se emplea para la elaboración

de diferentes productos entre los cuales se puede destacar el jugo de corozo el cual es una bebida refrescante, con propiedad antioxidante y tradicional en la región Caribe. Para esta preparación se emplean frutos maduros, los cuales se ponen a hervir en agua y se le agrega azúcar, posteriormente se deja enfriar. También es común que los frutos se consuman crudos, en forma de bolis, postres y vino (Bernal y Galeano 2013).

2.2.1 Antioxidantes del corozo: El color del corozo se debe a la presencia de antocianinas, las cuales fueron aisladas e identificadas por cromatografía de contracorriente y HPLC (high-pressure liquid chromatography) preparativo, donde los compuestos cianidina-3-rutinósido y cianidina-3-glucósido son los componentes principales (87,9 %) y otros pigmentos en pequeñas cantidades (Osorio et al. 2010).

Las antocianinas son glucósidos de antocianidinas, pertenecientes a la familia de los flavonoides, compuestos por dos anillos aromáticos A y B unidos por una cadena de 3 carbonos; variaciones estructurales del anillo B resultan en seis antocianidinas conocidas. Las antocianinas tienen un alto potencial antioxidante, relacionado con diferentes propiedades farmacológicas en la prevención de algunas enfermedades causadas por las especies reactivas de oxígeno (EROS), como la leucemia, la diabetes y el cáncer de colon, entre otros (Del Pozo et al. 2006). Forman parte del grupo de mayor importancia entre los antioxidantes, son pigmentos solubles en agua, se encuentran mayormente en flores, frutas y verduras, y son responsables del color rosa, rojo, azul, malva y violeta. En la Figura 1 se aprecia la estructura química de la antocianina (Cárdenas 2017).



Aglicona	Substitución		λ max (nm) espectro visible
	R1	R2	
Pelargonidina	H	H	494 (naranja)
Cianidina	OH	H	506 (naranja-rojo)
Delfinidina	OH	OH	508 (azul-rojo)
Peonidina	OCH3	H	506 (naranja-rojo)
Petunidina	OCH3	OH	508 (azul-rojo)
Malvidina	OCH3	OCH3	510 (azul-rojo)

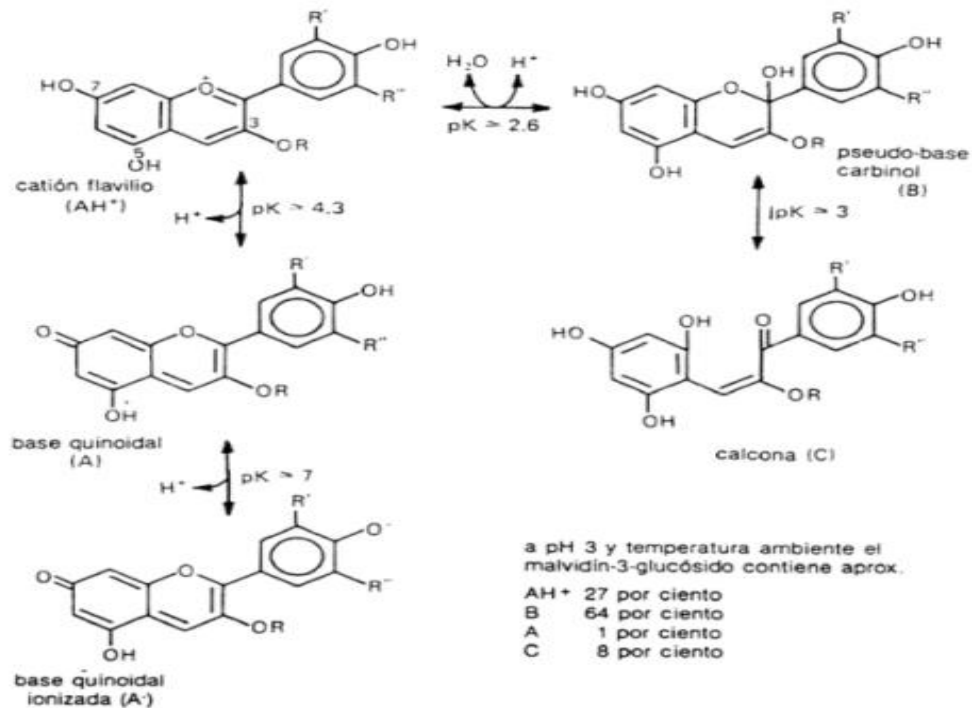
Fuente: Cárdenas 2017; Durst y Wrolstad, 2001

Figura 1. Estructura química de la antocianina y sustituyentes de las antocianinas

2.2.2 Factores químicos que determinan el color y la estabilidad de las antocianinas: Muy a pesar de las ventajas que pueden aportar estos antioxidantes como posibles colorantes alimentarios, presentan inconvenientes al momento de integrarse en matrices alimentarias, productos de cosmética y farmacéutica, debido a su baja estabilidad en el procesamiento y almacenamiento (Wrolstad 2000; Cevallos-Casals y Cisneros Zeballos, 2004). Factores como su estructura química, pH, temperatura, presencia de oxígeno y ácido ascórbico, concentración y actividad de agua de la matriz, determinan la estabilidad del pigmento.

2.2.3 Efecto del pH y la acidez: El pH tiene efecto en la estructura y estabilidad de las antocianinas (Figura 2); la acidez tiene un efecto protector sobre la molécula. En soluciones acuosas con valores de pH inferiores a dos, básicamente la totalidad del pigmento se encuentra en su forma más estable o de ión oxonio o catión flavilio (AH^+) de color rojo intenso. A valores de pH superiores ocurre una pérdida del protón y adición de agua en la posición 2, dando lugar a un equilibrio entre la

pseudobase carbinol o hemicetal (B) y la forma chalcona (C), o de cadena abierta. Tanto el hemicetal como la chalcona, son formas incoloras y bastante inestables. A valores de pH superiores a 7 se presentan las formas quinoidales (A, A-) de color púrpura que se degradan rápidamente por oxidación con el aire (Hutchings, 1999).



Fuente: Coultate (1984)

Figura 2. Estructura de las antocianinas a diferentes valores de pH

2.2.4 Obtención del jugo y efecto de la temperatura sobre los antioxidantes: Incrementos de temperatura resultan en pérdida del azúcar glicosilante en la posición 3 de la molécula y apertura de anillo con la consecuente producción de chalconas incoloras (Timberlake, 1980).

Las bebidas de corozo, preparadas usando una proporción de 1 a 3 (fruta: agua), pueden soportar calentamientos hasta ebullición durante un período de una hora sin que ocurran cambios estructurales significativos en las antocianinas, los cuales afectarían directamente la actividad

antioxidante; a 101 °C se obtiene una bebida de corozo, con unas propiedades nutraceuticas que la avalan potencialmente como un suplemento antioxidante (Arrázola 1998).

La bebida de corozo tiene de 11°Brix de sólidos solubles, pH de 3, y es rica en minerales como potasio (423 mg/L) y en menor cantidad se encuentran calcio (24 mg/L), fósforo (19 mg/L), sodio (20 mg/L), y magnesio (25 mg/L); tiene un alto contenido de antocianinas y fenoles totales, de 146,82 mg cianidina-3-glucósido/L y 1 113,8 mg ácido gálico/L, respectivamente (Acuña 2009); valores similares también han sido reportados para algunos jugos de cerezas (Zulueta et al. 2009), uvas y agraz o arándanos (Coisson et al. 2005).

2.2.5 Efecto del oxígeno y el ácido ascórbico: El efecto degradativo del oxígeno y el ácido ascórbico está relacionado con la estabilidad de las antocianinas. Sondheimer y Kertesz (1953), reportaron que las condiciones que favorecen la oxidación aeróbica del ácido ascórbico en jugo de fresa y en sistemas modelo que contenían pelargonidina-3-glucósido proveniente de la fresa, causaban grandes pérdidas de antocianinas, pero cuando el oxígeno era excluido del sistema no se observaba deterioro del color. De igual manera, Markakis et al., (1957), reportaron un efecto sinérgico entre el ácido ascórbico y el oxígeno sobre la degradación de la pelargonidina-3-glucósido en solución. En investigaciones más recientes, Garzón y Wrolstad (2002), confirmaron la aceleración de la destrucción de antocianinas de fresa cuando el ácido ascórbico está presente tanto en sistemas naturales como en sistemas modelo. El efecto del ácido ascórbico sobre la estabilidad de las antocianinas ha sido explicado por Jurd (1972) y Poesi-Langston y Wrolstad (1981), como una posible reacción de condensación entre el ácido y los pigmentos.

2.2.6 Otros factores: La concentración del pigmento y la actividad de agua de la matriz afectan la estabilidad del color. Garzón y Wrolstad (2002), compararon la estabilidad de la antocianina de fresa (pelargonidina-3-glucósido) con la antocianina de la cáscara de rábano (pelargonidina-3-

soforósido 5-glucósido acilada con ácidos aromáticos y alifáticos) y encontraron que dicha estabilidad era independiente de la estructura, a una misma concentración de pigmento. Hoshino et al. (1982) y Atanosova et al. (2002), demostraron que cuando la concentración de antocianinas alcanza valores altos, se presentan fenómenos de autoasociación entre dos cationes flavilio, dos formas hemiacetal, dos bases quinoidales, e inclusive, entre una base quinoidal y un catión flavilio y protegiendo la molécula de antocianina. Por otro lado, incrementos en la actividad de agua del medio causan degradación de las antocianinas probablemente debido a una mayor interacción entre el agua y el catión flavilio para formar la pseudobase inestable (Garzón y Wrolstad, 2001; Olaya et al., 2008).

2.3 ENCAPSULACIÓN

La encapsulación es una de las técnicas más usadas en el desarrollo de alimentos funcionales y nutraceuticos. Esta tecnología ha tenido un crecimiento importante aumentando cada vez el número de patentes y la publicación de artículos científicos, derivados de la investigación básica y aplicada (Gouin 2004; Boh y Sumiga 2008).

La encapsulación es una metodología mediante la cual se logra confinar compuestos activos dentro de una matriz polimérica; esta técnica crea un microambiente en la cápsula capaz de controlar las interacciones entre el interior y el exterior (Borgogna et al. 2010). Entre los propósitos de aplicar una técnica de encapsulación en la industria de alimentos se tienen (Champagne et al. 2007; Onwulata 2011):

- Proteger el compuesto activo de la degradación producida por el ambiente.
- Modificar las características físicas del material original y hacer más fácil su manipulación.

- Liberación controlada del compuesto activo desde la matriz encapsulante bajo condiciones específicas.
- Enmascarar sabores desagradables.
- Separar componentes con el fin de que éstos no reaccionen.

La encapsulación es considerada una alternativa importante a la solución de problemas que pueden surgir ya sea por inestabilidad física o química del ingrediente activo, o por incompatibilidad entre el ingrediente activo y la matriz del alimento. Además, permite enmascarar sabores desagradables, asegurar la dosis y la biodisponibilidad de un nutriente, y mejorar a su vez la relación costo/beneficio para el fabricante (Champagne et al. 2007; Onwulata 2011).

2.3.1 Técnicas de encapsulación: Las técnicas de encapsulación han sido utilizadas para la protección de una gran variedad de ingredientes en la industria de alimentos; existen diversos métodos para la producción de encapsulados los cuales pueden ser clasificados en dos grupos: métodos físicos y físico-químicos (Tabla 1).

Tabla 1. Métodos de encapsulación

Métodos físicos	Métodos físico-químicos
Secado en spray	Liposomas
Enfriamiento por spray	Coacervación
Recubrimiento por lecho fluidizado	Gelación iónica
Extrusión	Complejos de inclusión
Co-cristalización	

Fuente: Deladino et al. 2007

2.3.2 Encapsulación de compuestos con actividad funcional: El aumento en la demanda de alimentos saludables ha provocado el desarrollo de nuevos aditivos e ingredientes alimentarios; sin embargo, el reto es asegurar que estos ingredientes permanezcan efectivos durante la elaboración y el almacenamiento del producto (Onwulata 2011).

El desequilibrio entre la generación de especies oxidantes (radicales libres y otras especies reactivas) y la acción de los sistemas de defensa antioxidante del organismo, es una de las causas más importantes en la generación de enfermedades (Moure et al. 2001; Zhang y Kosaraju 2007). Por esta razón, el desarrollo de alimentos funcionales que contribuyan a contrarrestar la agresión oxidativa y sus efectos adversos, es uno de los desafíos más ambiciosos de esta industria.

Tanto el alginato como el almidón son polímeros de origen natural cuya aplicación está ampliamente distribuida en la industria alimentaria, han sido empleados como matriz encapsulante de diferentes compuestos, obteniendo resultados satisfactorios (Deladino et al. 2007). La utilización de los polifenoles encapsulados en lugar de compuestos libres puede superar los inconvenientes de su inestabilidad, disminuir el gusto desagradable, así como mejorar la biodisponibilidad y la vida útil del compuesto (Fang y Bhandari 2010; Munin y Levy 2011).

2.4 YOGURT

Este producto se obtiene mediante la fermentación bacteriana de la leche, utilizando microorganismos como *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*, teniendo como resultado reducción del pH y la coagulación (OMS 2011; Tamime y Robinson, 1991). La composición de macronutrientes en leche entera y yogurt se indican en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición química de la leche y el yogurt

COMPUESTO (Unidades/100 g)	Calorías	Proteínas (g)	Grasa (g)	Carbohidratos (g)	Calcio (mg)	Fosforo (mg)	Sodio (mg)	Potasio (mg)
Leche Entera	67,5	3,5	3,8	4,75	119	94	50	152
Yogurt Entero	72	3,9	3,4	4,9	145	114	47	186
Yogurt de frutas	98	5	1,25	18,6	176	153	-	254

Fuente: Tamime y Robinson (1991)

2.5 ALGINATO

Los alginatos son compuestos hidrocoloides que tienen afinidad con el agua, en donde el arreglo secuencial de la cadena polimérica y su estructura están relacionados con su origen, por lo que su conformación estructural se ve influenciado tanto por el medio ambiental como por su genética. La geometría y composición específica de los alginatos le proporcionan diferentes propiedades a este polímero; en consecuencia, es de gran importancia conocer el peso molecular promedio y la distribución de monómeros a lo largo de su cadena, ya que estos son parámetros estrechamente relacionados con la funcionalidad del compuesto, representada en las características de solubilidad, viscosidad, estabilidad y la formación de geles.

El componente alginato se puede encontrar en la pared celular de las algas pardas (Phaeophyceae); sus propiedades varían dependiendo de la especie, por lo que la selección para la cosecha es basada en la disponibilidad de la especie con las propiedades de alginato que contiene (McHuge 1987). Estos compuestos forman un complejo de sales de bario, magnésica, de estroncio, cálcicas y ácido algínico en diferentes proporciones; y son utilizados industrialmente por su acción espesante, capacidad de retención de agua, propiedades gelificantes y estabilizantes. La producción de alginato anual es aproximadamente de unas 38000 toneladas (Draget 2000).

El alginato tiene la capacidad de encapsular compuestos, tanto hidrofílicos como hidrofóbicos, líquidos, sólidos o sensibles a la temperatura (Champagne y Fustier 2007; Gouin 2004); muchos de los compuestos que se encapsulan con alginato son extractos de células microbianas, fármacos, antioxidantes naturales, entre otros (Chan et al. 2011). Una desventaja del uso de cápsulas de alginato son las pérdidas del material activo durante su manipulación, preparación o posterior agregación a una preparación, debido a la porosidad de su estructura (Gouin 2004).

2.6 ALMIDÓN

El almidón es uno de los ingredientes con mayor uso en la industria de alimentos debido a sus propiedades como excipiente, fácil disponibilidad, bajo costo y su cualidad biodegradable y no tóxica (Smigielska et al. 2005; Villivalam et al. 2000).

En los sistemas de encapsulación, el almidón ha sido usado como polímero encapsulante, así como también como material de relleno inerte (Wandrey et al. 2010). Según estudios, con el agregado de almidón se ha observado aumento en la resistencia mecánica, la conservación de la forma y tamaño de las cápsulas y mayor estabilidad del material encapsulante durante el almacenamiento (Chan et al. 2011; Rassis et al. 2002). Sin embargo, no se conocen estudios en la literatura sobre el uso del almidón como vehículo de compuestos activos que mejoren la funcionalidad del sistema encapsulado.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue de tipo experimental.

3.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El estudio se realizó en la Planta Piloto de Lácteos, los Laboratorios de Biotecnología, Análisis de Alimentos y Análisis Sensorial, pertenecientes al Departamento de Ingeniería de Alimentos, de la Universidad de Córdoba, localizados en la sede Berástegui, municipio de Ciénaga de Oro ubicado a 25 kilómetros de la ciudad de Montería.

3.3 VARIABLES E INDICADORES

3.3.1 Variables Independientes

Formulaciones de yogurt adicionado con cápsulas de corozo (elaboradas con las siguientes concentraciones de almidón: 0, 2, 6 y 10%).

3.3.2 Variables Dependientes

- Evaluación apariencia de las cápsulas.
- Prueba sensorial de aceptación
- Análisis fisicoquímicos: pH y Acidez.
- Análisis químico composicional aproximado.

3.4 MÉTODOS

Las materias primas que se utilizaron en la elaboración del producto fueron: leche entera y corozo de productores locales, sacarosa, inóculo para yogurt, almidón de maíz de marca comercial, alginato grado U.S.P. y cloruro de calcio (CaCl_2) 0,05 M. Las materias primas fueron adquiridas en el comercio local de la ciudad de Cereté. El universo estuvo constituido por 4 Kg de las diferentes formulaciones.

A continuación, se detalla el procedimiento para la obtención del extracto de corozo y preparación de las cápsulas con adición de almidón.

3.4.1 Determinación de las condiciones para la obtención de cápsulas de corozo: Se maceraron los frutos seleccionados con una relación fruta-agua de 1:1, reuniendo una muestra aproximada 4Kg; luego se calentó la mezcla hasta los 90°C y se midieron los sólidos solubles al jugo extraído hasta llegar a 3°Brix; los frutos fueron exprimidos y descartados. El jugo obtenido se pasteurizó a 87°C por 5 segundos y finalmente se enfrió y se almacenó en refrigeración a una temperatura de $5\pm 2^\circ\text{C}$ hasta su uso (Paltrinieri y Figuerola 1993).

Para la preparación de las cápsulas se calentó el jugo obtenido en estufa hasta que alcanzó una temperatura de 50°C, luego se le adicionó 2% (p/v) de alginato, mezclando rápidamente para evitar la formación de grumos en la solución; el contenido se dividió en cuatro proporciones a las cuales se les adicionó 2, 6 y 10% (p/v) de almidón, y se usó un blanco sin almidón para la evaluación de las cápsulas. La mezcla de extracto de corozo y almidón se llevó a una bomba peristáltica con accesorio para dosificación, y se adicionó en una solución gobernante de CaCl_2 0,05 M durante 6 minutos; posteriormente las cápsulas que se formaron se lavaron con agua destilada para detener el proceso de gelificación.

3.4.2 Elaboración de yogurt batido y adición de las cápsulas de corozo: El yogurt se elaboró teniendo en cuenta la Guía de elaboración de productos lácteos propuesta por (Arteaga 2013) para el yogurt batido con ligeras modificaciones en la formulación, uso de leche en polvo descremada para el aumento de sólidos sin azúcar para entrar dentro de la clasificación de yogurt entero sin dulce establecido dentro de la resolución 2310 de 1986 .Con la ayuda de una hoja de cálculo de Excel se registraron y ajustaron las proporciones de las materias primas a adicionar al yogurt con 16% de sólidos

Para la elaboración del yogurt inicialmente se realizó el acondicionamiento del inóculo, siguiendo las instrucciones del fabricante indicadas en la etiqueta del cultivo, posteriormente se almacenó en refrigeración hasta el momento de la incubación. La leche entera se recibió y se midieron las pruebas fisicoquímicas de acidez de 0.13 a 0.17 y pH 6.5 a 6.8; se continuó con la metodología expuesta en la Figura 3. El envasado del producto se realizó en recipientes plásticos de tapa rosca de 1L, a los que se le adicionaron las cápsulas de los diferentes tratamientos con una proporción del 20% del volumen total; este volumen se definió teniendo como referencia la proporción de los topping o adiciones (cereales, chocolates, entre otros) de yogures comerciales, que están en el rango de 17 a 23%.

3.4.3 Evaluación fisicoquímica y sensorial del yogurt con cápsulas de corozo: Cada semana durante 21 días se evaluó por triplicado las características fisicoquímicas de pH, a través de la técnica potenciométrica A.O.A.C. 943.02/90 y acidez mediante la técnica A.O.A.C. 942.15.

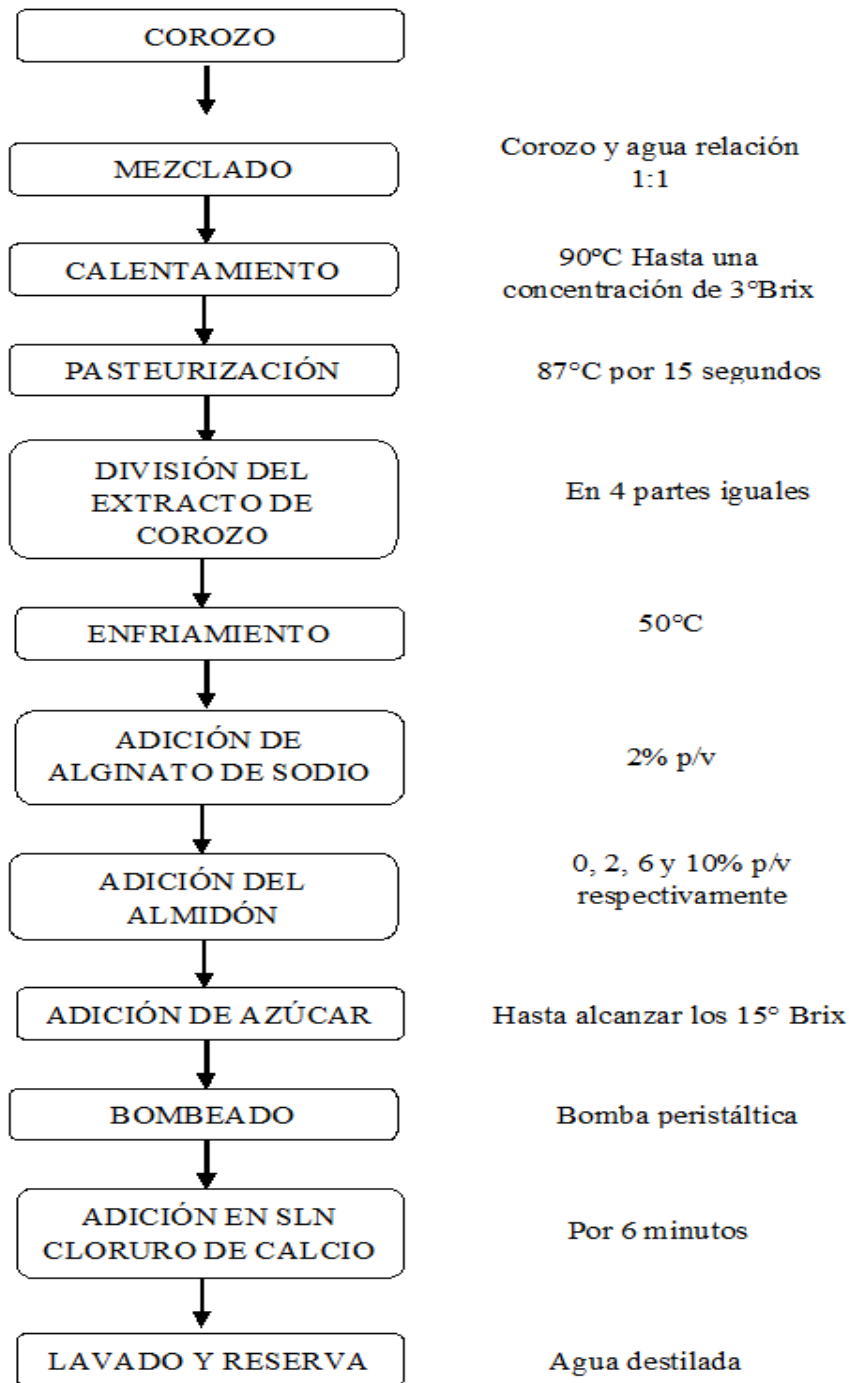


Figura 3. Proceso de elaboración de cápsulas de corozo

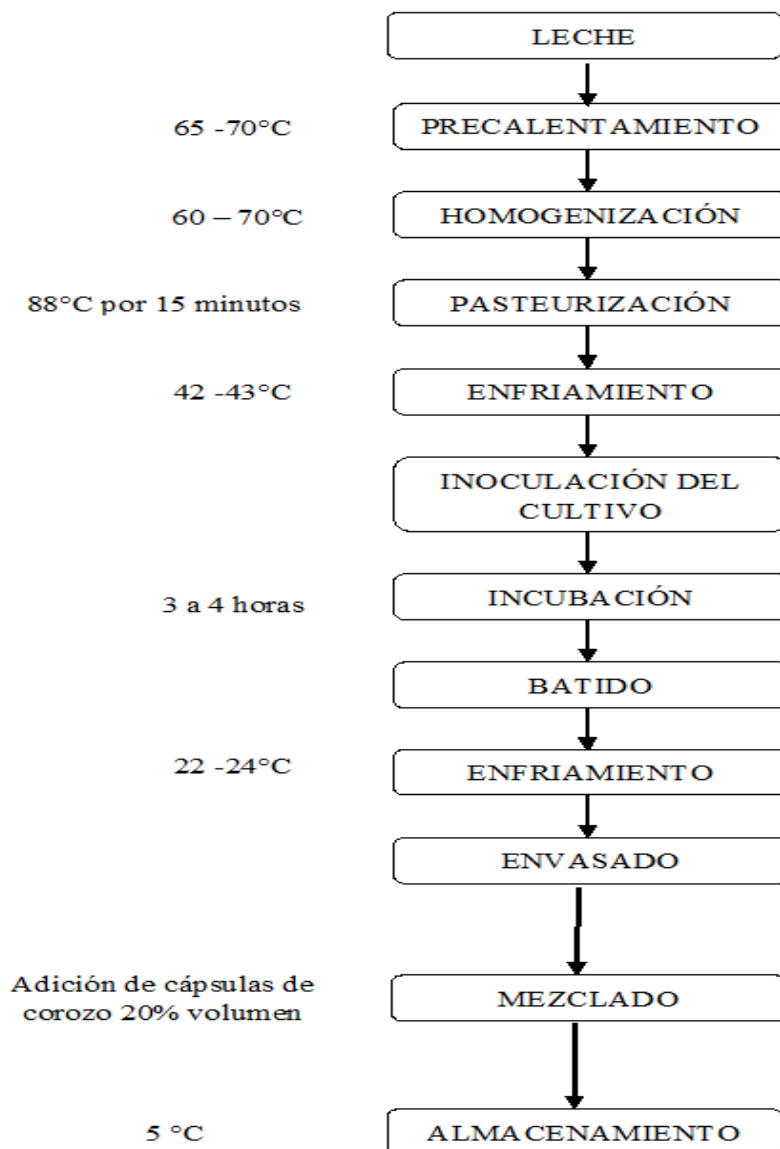


Figura 4. Elaboración de yogurt y adición de cápsulas

Se evaluó sensorialmente la aceptación de los tratamientos de yogurt con cápsulas de corozo, a través una escala hedónica de 9 puntos (Chambers y Wolf 1996), donde el valor de 1 representa me disgusta extremadamente y el 9 me gusta extremadamente, con un grupo de 30 catadores consumidores del producto. La evaluación sensorial de las muestras de yogurt se realizó a las 24 horas de almacenamiento, y se presentó a los catadores de manera monádica secuencial, utilizando muestras de 30 ml de yogurt, presentadas en vasos desechables transparentes, a una temperatura de $5 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y codificadas con 3 dígitos al azar.

3.4.4 Evaluación de la apariencia de las cápsulas: Una vez obtenidas las cápsulas se realizó un registro fotográfico individual del producto. Así mismo, se observaron las características de las cápsulas del yogurt cada 7 días durante 21 días, teniendo en cuenta cambios forma, apariencia y grosor.

3.4.5 Análisis centesimal aproximado: A la formulación que obtuvo mayor preferencia en la prueba sensorial se le determinó la composición centesimal aproximada, con los análisis relacionados en la Tabla 3. El contenido de carbohidratos se obtuvo por diferencia de porcentajes respecto a la composición total.

Tabla 3. Análisis bromatológicos

Análisis	Métodos
Proteína	Sorensen-Walker No oficial (Casado, 1991)
Grasa	Gerber 33.2.27. A (A.O.A.C,2000.18)
Cenizas	942.15/90 (A.O.A.C,1990)
Humedad	6.032 (A.O.A.C,1984)

3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DCA) bajo un arreglo factorial representado por cuatro (4) tratamientos, tres (3) días de muestreo y tres (3) repeticiones, para un total de 36 unidades experimentales; los datos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparación mediante el test de Tukey ($p \leq 0,05$).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES PARA LA OBTENCIÓN DE CÁPSULAS DE COROZO

En la elaboración de las cápsulas de corozo se dispuso del montaje indicado en la Figura 4, en la cual se observa un recipiente contenedor de la solución gelificante, una bomba peristáltica y un recipiente gelificador. En el recipiente gelificante se dispuso del jugo de corozo con los diferentes tratamientos, y en el recipiente gelificador se encontraban la solución de CaCl_2 (0,05 M) para la esferificación del jugo de corozo.



Figura 5. Montaje de la elaboración de cápsulas de corozo

El tiempo de encapsulación fue de seis minutos en todas las concentraciones; por precaución se retiraron manualmente las cápsulas obtenidas, debido a la poca resistencia mecánica que estas presentaban en los primeros cuatro minutos, observándose la liberación del contenido de jugo de corozo al acumularse varias cápsulas en el recipiente gelificador, principalmente en los tratamientos con concentraciones de almidón inferiores a 6%. Las capsulas se lavaron con agua destilada por dos minutos para detener el proceso de gelificación y así mantener el contenido líquido al interior de las mismas.

El proceso de encapsulación es influenciado por la altura de caída de la gota del líquido gelificante en la solución gelificadora, en los ensayos previos el proceso se realizó a diferentes alturas, debido a que la esferificación no se realizaba de forma completa en todas las formulaciones a una misma altura de caída de las gotas de la solución gelificante. La forma de las esferas depende de variables como: la densidad, viscosidad, diámetro de la manguera dosificadora distancia y caída de la gota (Chan et al. 2011). En la Tabla 4 se relaciona el valor en centímetros de la altura de caída de las gotas de la solución de gelificante para elaborar las cápsulas de corozo de cada tratamiento.

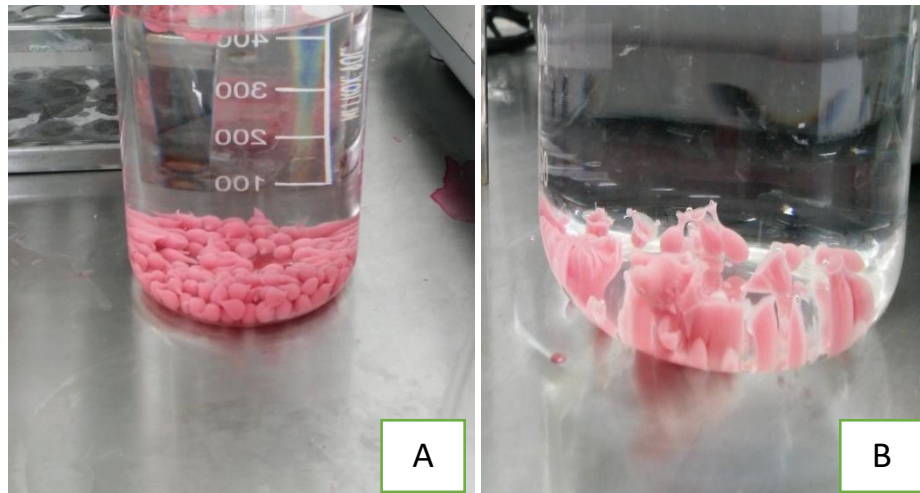
Tabla 4. Altura de caída de la solución de gelificante para elaborar las cápsulas de corozo

Contenido de almidón de maíz (%)	Altura (cm)
0	4
2	4
6	4
10	1

En la elaboración de las cápsulas el diámetro de la manguera dosificadora se mantuvo constante (10 mm) y a medida que se incrementaba la cantidad de sólidos en la solución, la velocidad y caída de la gota debía ser mínima 1 cm/s aproximadamente; las cápsulas con 0, 2 y 6 % de almidón se elaboraron con una altura de 4 cm; mientras que las cápsulas con 10 % de almidón requirieron disminuir la altura hasta 1 cm, ya que alturas superiores no permitían que la gota superara la tensión superficial de la solución de cloruro de calcio.

En la figura 5 se presentan las cápsulas obtenidas en el laboratorio a partir de alginato, de manera general los tratamientos con mayor porcentaje de materia seca resultaban en esferas irregulares, más aplanadas, ovaladas y con cola, y en los tratamientos con menor porcentaje de sólidos se obtenían cápsulas regulares y esféricas. Resultados similares obtuvo Rueda (2017), en donde con

alturas menores o iguales a 3 cm de la jeringa se formaron esferas en forma de lágrimas, y con alturas mayores obtuvo formas irregulares, perladas, ovaladas y esféricas.

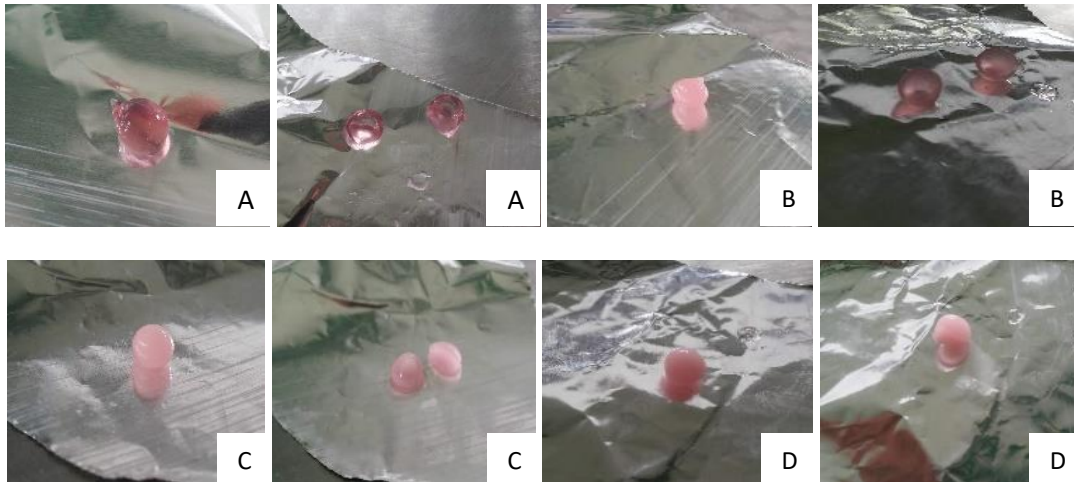


(A) formas regulares (B) formas irregulares

Figura 6. Cápsulas de jugo de Corozo

La forma de las cápsulas obtenidas en el laboratorio se puede relacionar con la viscosidad de la solución gelificante y el proceso de extrusión por la manguera, en el cual el aumento de los sólidos dificultaba el control del goteo para la formación de la cápsula; situación similar se presentó en el trabajo de López et al. (2012), pero contrario a lo obtenido en el experimento de Calero et al. (2008), en donde la esfericidad de la cápsulas se tornaba ovalada conforme se aumentaban los sólidos, mientras que para soluciones de bajos contenidos de almidón mantenía su esfericidad.

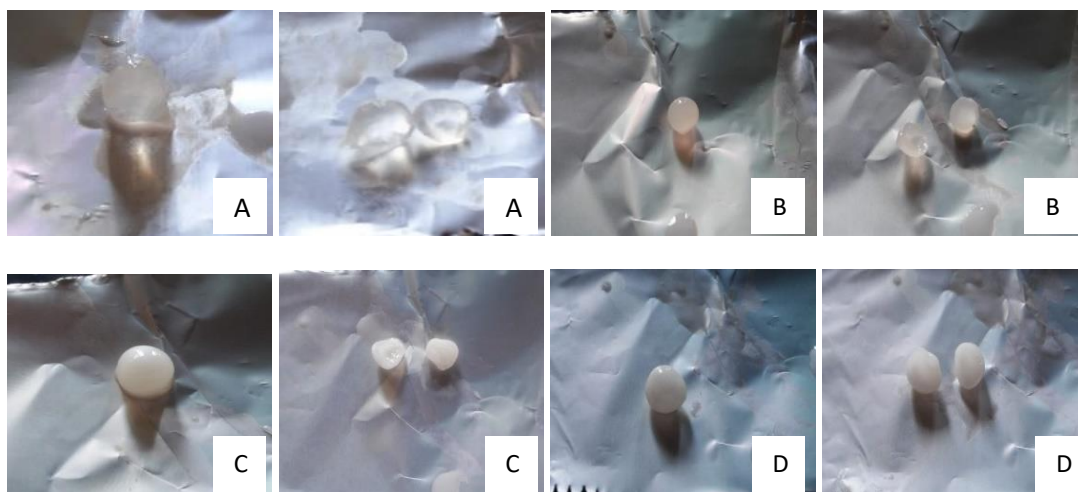
En las Figuras 6, 7, 8 y 9 se observa la forma y el color de las cápsulas durante el almacenamiento; después de la primera semana se apreció una disminución del color y pérdida del contenido de jugo en las esferas, lo cual ocasionó un cambio de la coloración general del producto.



Porcentaje de Almidón: (A) 0%, (B) 2%, (C) 6% y (D) 10%. Capsula: izquierda sin corte y derecha con corte

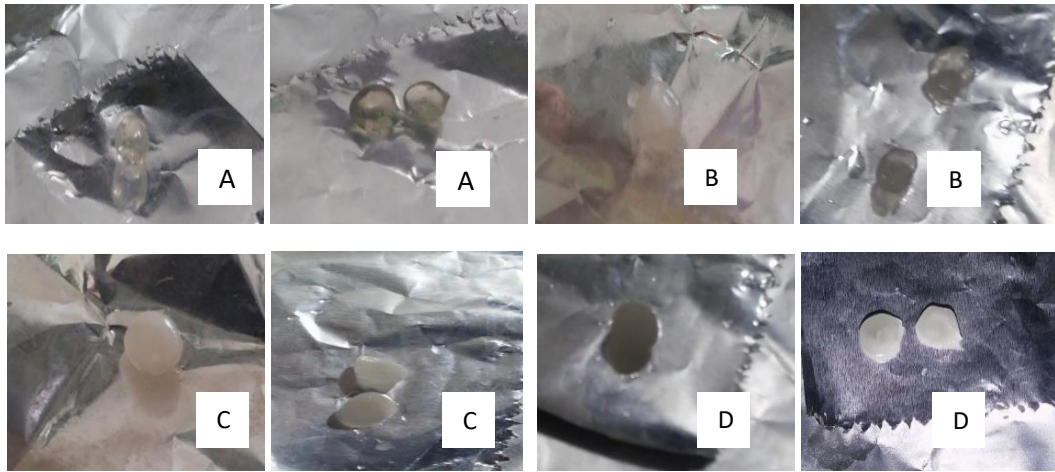
Figura 7. Cápsulas de jugo de Corozo en la fecha 1

Las cápsulas recién elaboradas presentaban una delgada capa que contenía el jugo de corozo, y al transcurrir la primera semana se observó una apariencia gelatinosa de la capa que contenía el jugo de corozo, la cual se relaciona directamente con la dureza de la cápsula; a medida que transcurría el tiempo de almacenamiento, el contenido encapsulado se perdía y la cápsula se desvanecía. Se pueden relacionar los cambios en las cápsulas por las condiciones de pH y acidez presentadas en el producto que alteran la estabilidad de las mismas.



Porcentaje de Almidón: (A) 0%, (B) 2%, (C) 6% y (D) 10%. Capsula: izquierda sin corte y derecha con corte

Figura 8. Cápsulas de jugo de Corozo en la fecha 2



Porcentaje de Almidón: (A) 0%, (B) 2%, (C) 6% y (D) 10%. Capsula: izquierda sin corte y derecha con corte

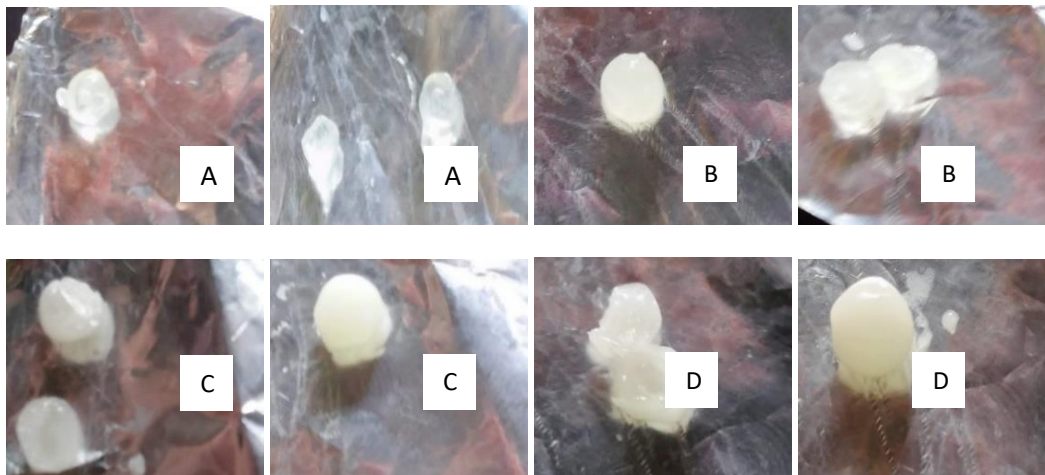
Figura 9. Cápsulas de jugo de Corozo en la fecha 3

Los mecanismos de gelificación iónica se llevan a cabo fundamentalmente por dos procesos: la gelificación externa y la interna; el proceso de gelificación externa ocurre con la difusión del ion calcio hacia la solución de alginato de pH neutro. La formación del gel se inicia en la interfaz y avanza hacia el interior a medida que la superficie se encuentra saturada de iones calcio, de manera que el ion sodio proveniente de la sal de alginato es desplazado por el catión solubilizado en agua. Este catión solubilizado interacciona con los bloques G (ácido gulurónico) 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, existen otras sales empleadas con menor frecuencia, tales como acetato monohidratado de calcio y el lactato de calcio (Helgerud et al., 2010).

El proceso de gelificación interna consiste en la liberación controlada del ion calcio desde una fuente interna de sal de calcio insoluble o parcialmente soluble, dispersa en la solución de alginato de sodio. La liberación del ion calcio puede ocurrir si se tiene una sal de calcio insoluble a pH neutro pero soluble a pH ácido, por lo que es necesario adicionar un ácido orgánico, que al difundirse hasta la sal permita la acidificación del medio consiguiendo solubilizar los iones calcio.

En este caso, las sales de calcio más empleadas son el carbonato de calcio y el fosfato tricálcico y en casos más específicos el fosfato dicálcico el citrato tricálcico (Lupo et al., 2012).

Con el fin de obtener una mayor retención del jugo, la combinación de estos dos conceptos para su posterior aplicación en futuras investigaciones de encapsulado. Se comprobó una de las técnicas la gelificación exterior a través de CaCl_2 y al cabo de una semana esta completamente gelificada para el ensayo realizado, no obstante, el jugo no se encontraba dentro de las esferas mientras que el almidón si observándose esferas con tonos color blanco y su intensidad varia progresivamente a la concentración. Se espera que con la adición del ácido para la gelificación interna mejore las condiciones y forme catión flavilio (AH^+) mejorando apariencia y estabilidad.



Porcentaje de Almidón: (A) 0%, (B) 2%, (C) 6% y (D) 10%. Capsula: izquierda sin corte y derecha con corte

Figura 10. Cápsulas de jugo de Corozo en la fecha 4

Otra explicación a los cambios en la consistencia de las cápsulas es la naturaleza del alginato; varios estudios han demostrado que las cápsulas a base de alginato de sodio tienen la desventaja de ser muy porosas e inestables a condiciones osmóticas, esto disminuye la eficiencia de retención de la carga encapsulada (Araya 2012). La eficiencia por lo tanto está ligada a la permeabilidad de las cápsulas, en este caso al adicionar el almidón ayudó a la formación de una matriz menos

permeable y porosa, ya que actuó como relleno al combinar con el alginato, además de mantener las características morfológicas (López 2012).

Los resultados pueden ser afectados por las condiciones de bajo pH ($4,6 \pm 0,3$) durante la formación del gel de alginato, ya que este puede degradarse y no lograr una buena cohesividad entre las moléculas del biopolímero. Por ende, al formar un gel adecuado ayuda a la adhesión entre el biopolímero y el material a cubrir (Pedroza 2002); lo que influyó directamente en la forma de las cápsulas, además de presentar el fenómeno de migración hacia el exterior de las mismas en el ensayo realizado en el laboratorio.

4.2 ELABORACIÓN DE YOGURT Y ADICIÓN DE LAS CÁPSULAS DE COROZO

Con el propósito de mantener la distribución uniforme de las cápsulas en la matriz del yogurt, fue necesario aumentar su densidad incrementando el contenido de sólidos hasta un valor de 16% (Tabla 5); para ello se realizó un balance de materia para determinar las proporciones de adición de ingredientes en la elaboración del yogurt; logrando de esta manera, una distribución homogénea de las cápsulas como se observa en la Tabla 5.

Tabla 5. Cálculos para formulación de yogurt con 16% de sólidos

CONTENIDO (%) *							
	Agua	Solidos Totales	Proteína	Grasa	CHO	Minerales	Total
Leche Entera	88	12,02	3,2	3,4	4,7	0,7	100
Leche Polvo Descremada	6,5	34	2,5	49	8	6,5	100
CÁLCULOS PARA EL YOGURT							
Características				Materia Prima	Proporción (g)		
Sólidos (%)	16			Leche Entera	1000		
Inóculo (%)	0,5			Leche Polvo Descremada	22		

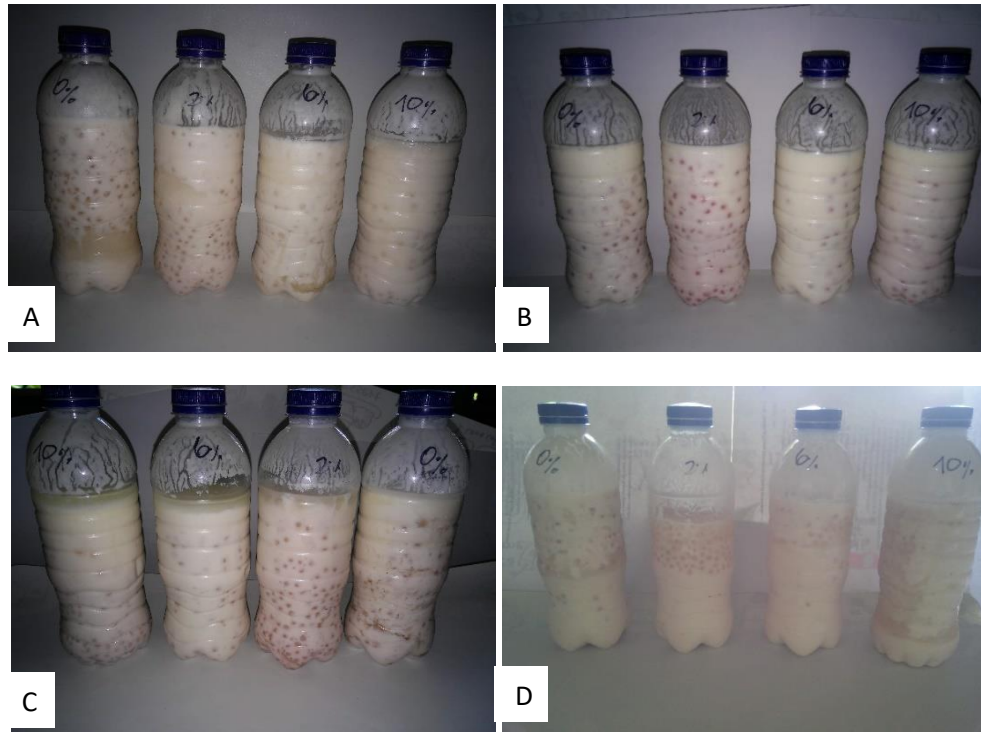
Wattiaux M, 2014 and Think U.S. Dairy Export Council 2017



Figura 11. Yogurt con cápsulas de jugo de Corozo

Debido a que no se utilizaron estabilizantes en la formulación, el producto presentó sinéresis, debido a la diferencia de densidad entre los componentes grasos y acuosos. Se adicionó leche en polvo descremada cuya función es aportar sólidos solubles, sin afectar el porcentaje de grasa del 2,1%. Según Baquerizo (2011) el contenido de grasa y estabilizante está directamente relacionado con la formación de gel en yogurt, encontrando que contenidos de grasa de 0,5% y estabilizante 0,15% provocan separación del suero y formación de grumos, con un contenido de grasa del 3% de grasa y de estabilizante de 0,3% se presenta textura grumosa en menor medida, mientras que con un contenido de grasa del 3% en grasa y estabilizante 0,15% se obtienen características deseadas.

Los cambios del yogurt se relacionan con las variaciones de las cápsulas en el tiempo; las cápsulas recién elaboradas no presentaron variaciones indeseables, pero con el transcurrir del tiempo el yogurt presentó cambios apreciables en la coloración, por lo que se presume que guarda relación con el incremento de los sólidos del yogurt y la disminución en los presentes en las cápsulas. Pese a este fenómeno las cápsulas se observaron distribuidas de manera uniforme en el yogurt a través del tiempo como se observa en la Figura 11.



(A) Fecha 1, (B) Fecha 2, (C) Fecha 3, (D) Fecha 4. Tratamientos 0, 2, 6, 10% de almidón (izquierda a derecha)

Figura 12. Apariencia del yogurt durante el almacenamiento

Durante los días de almacenamiento se observaron cambios indeseables en el producto, tales como, abundante producción de gas, sinéresis y olores no característicos de yogurt; a partir del día 14 (fecha 3) se apreció presencia de espuma en el producto, debido a la producción de gas. Estos cambios se pueden explicar por la acidificación del producto, la cual generó la desnaturalización de las proteínas y por tanto modificación en la densidad y dispersión de las cápsulas las cuales se desplazaron a la superficie como se aprecia en Figura 11-D. Los resultados obtenidos pueden explicarse con la investigación de Baquerizo (2011), en donde los niveles de grasa y estabilizantes no son los adecuados, lo que ocasiona la desestabilización y precipitación de la proteína, generando un mayor grado de sinéresis, acidificación del producto y alteración del mismo.

4.3. EVALUACIÓN FISICOQUÍMICA DEL YOGURT CON CÁPSULAS DE COROZO

En la Tabla 6 se muestra el análisis de varianza de las características fisicoquímicas de los tratamientos de yogurt con cápsulas de corozo.

Tabla 6. Análisis de varianza de las características fisicoquímicas del yogurt con cápsulas de corozo

Fuente de Variación	G.L.	Acidez	pH
Tratamiento	3	0,037**	0,208**
Día	2	0,453**	0,887**
Rep x Día	6	0,001	0,065*
Tratamiento x Día	6	0,015**	0,179**
Error	18	0,001	0,024
Total	35		
C.V.		3,753	3,623
\bar{X}		0,887	4,294

Se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre los tratamientos para las variables de pH y acidez entre tratamientos evaluados y durante los días de almacenamiento. Las formulaciones de yogurt con cápsulas de corozo no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p \leq 0,05$) en la característica fisicoquímica en la fecha uno (Tabla 7), debido a que recién elaboradas el alginato de las cápsulas actúa como barrera y evita la liberación acelerada del contenido de jugo de corozo.

Tabla 7. Características fisicoquímicas del yogurt con cápsulas de corozo en la fecha uno

Tratamiento	Acidez(g/100 g)	pH
1	0,805a	4,207a
2	0,905a	4,488a
3	0,960a	4,146a
4	0,875a	4,339a

* Promedio de 3 repeticiones \pm desviación estándar.

** Medias en la misma columna con letras diferentes difieren por el test de Tukey ($p \leq 0,05$).

El incremento de la acidez es similar al resultado obtenido por González (2006) con yogurt zamorano, y disminución del pH es comparable con la obtenida por Zapata et al. (2015) con yogurt saborizado con mortiño.

En la Tabla 8 se presentan las características fisicoquímicas del yogurt en el tiempo de estudio. El descenso del pH se explica por la acidificación del producto y posiblemente la fermentación del jugo de corozo debido a la flora microbiana del yogurt. Entre los días 0 y 7 se presentan cambios significativos de estas variables debido al incremento en la actividad bacteriana del producto. Para el día 14 el aumento de acidificación es mínima debido a la limitación de nutrientes para los microorganismos fermentadores; este comportamiento es frecuente en productos lácteos fermentados. Respecto a la normativa mientras el yogurt este en el rango de 0.7 a 1.5 % acidez será apto para consumo y por tanto cumple con la resolución 2310 de 1986.

Tabla 8. Características fisicoquímicas del yogurt con cápsulas de corozo durante el almacenamiento*

Día	Acidez (g/100 g)	pH
0	0,705a	4,608a
7	0,863b	4,163b
14	1,091c	4,114b

* Promedio de 3 repeticiones \pm desviación estándar.

** Medias en la misma columna con letras diferentes difieren por el test de Tukey ($p \leq 0,05$).

El aumento de los valores de acidez durante los días de almacenamiento se puede relacionar también con la adición de leche en polvo descremada, que además de elevar la proteína láctea podría conllevar a elevar la acidez por el aumento de lactosa; de igual forma, la migración del jugo encapsulado con acidez más alta y pH más bajo que la matriz; permitiendo alcanzar el punto isoeléctrico de la proteína y su desestabilización.

En la Tabla 9 y 10 se relaciona el análisis de varianza de las interacciones entre los tratamientos y los días de medición para la variable pH y acidez respectivamente; indicando diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, y su interacción con los días.

Tabla 9. Análisis de varianza del pH (interacciones tratamientos-días de almacenamiento)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	3	0,6230	0,2077	6,046	0,00323 **
Día	2	1,7750	0,8875	25,836	1,04e-06 ***
Tratamiento: día	6	1,0753	0,1792	5,217	0,00146 **
Residuals	24	0,8244	0,0343		

Tabla 10. Análisis de varianza de la acidez (interacciones tratamientos-días de almacenamiento)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	3	0,1127	0,0376	35,14	6,07e-09 ***
Día	2	0,9053	0,4526	423,53	1,04e-06 ***
Tratamiento: día	6	0,0897	0,0149	13,98	0,00146 **
Residuals	24	0,0256	0,0011		

Durante la realización del experimento, el principal defecto del producto fue la migración del extracto de corozo hacia el exterior de la cápsula en la mayoría de las muestras; este fenómeno puede deberse a la diferencia de gradientes de concentración de jugo de corozo entre las cápsulas y la matriz en que estaban inmersas, lo cual se explica por la primera ley de Fick, además del pH y acidez que presentaba la matriz del mismo. Se recomienda ensayar con otras matrices poliméricas alternas al almidón de maíz que generen más estabilidad a las cápsulas en el tiempo; y por consiguiente se desarrollaría una nueva línea de productos.

En la investigación se no se alcanzó la vida útil que normalmente se estipula para un yogurt, aunque los valores de acidez establecidos por la Resolución 2310 del 1986 (1,5% de ácido láctico) no se alcanzaron, era evidente el deterioro del producto a los 21 días. En la investigación de Arrieta y Sotomayor (2016) se elaboró yogurt adicionado con 1% de Té verde, alcanzando una vida útil de 29 días almacenado en refrigeración.

4.4. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL YOGURT CON CÁPSULAS DE COROZO

La Tabla 11 muestra la ANOVA del análisis sensorial, donde presentan diferencias altamente significativas los tratamientos, los días y la interacción de estos; posteriormente se analizaron las medias a través de la prueba de Tukey.

Tabla 11. Análisis de varianza de las variables sensoriales (interacciones tratamientos-días de almacenamiento)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tto	3	854,2	284,72	199,228	<2e-16 ***
Día	2	327,9	163,93	114,705	<2e-16 ***
Rep	1	0,8	0,80	0,560	0,455
Tto:Día	6	174,3	29,05	20,325	<2e-16 ***
Tto: Rep	3	4,9	1,63	1,138	0,333
Día: Rep	2	1,5	0,73	0,510	0,601
Tto: Día: Rep	6	7,6	1,27	0,890	0,502
Residuals	696	994,7	1,43		

La Tabla 12 muestra el promedio de calificación de la aceptación general de los tratamientos durante el tiempo de evaluación, en donde se puede observar que todas las formulaciones están por debajo de los 6 puntos mínimos en la escala hedónica, puntuación que significa “me gusta ligeramente”; estas puntuaciones se pueden relacionar con los bajos niveles de azúcar del producto.

Se observa en la Tabla 12 que los tratamientos 1 y 2 son estadísticamente iguales, los tratamientos 2, 3 y 4 no presentan diferencias estadísticamente significativas, y el tratamiento 1 presentó diferencias estadísticas con los tratamientos 3 y 4. Se observa además que la aceptación sensorial del yogurt fue descendiendo conforme los tratamientos aumentaban la concentración de almidón de maíz.

Tabla 12. Test de Tukey de los resultados de aceptación sensorial para los tratamientos

Tukey agrupamiento	Media	Número de observaciones	Tratamiento (% de almidón de maíz)
A	5,044	180	0
AB	3,100	180	2
B	2,839	180	6
B	2,094	180	10

* Promedio de 3 repeticiones \pm desviación estándar.

** Medias en la misma columna con letras diferentes difieren por el test de Tukey ($p \leq 0,05$).

En la Tabla 13 se observa la disminución de la aceptación con el paso de los días de almacenamiento. Sensorialmente el producto sólo tuvo aceptación recién elaborado.

Tabla 13. Test de Tukey de los resultados de aceptación sensorial durante el almacenamiento

Tukey agrupamiento	Media	Número de observaciones	Día
A	4,146	240	0
B	3,158	240	7
C	2,504	240	14

* Promedio de 3 repeticiones \pm desviación estándar.

** Medias en la misma columna con letras diferentes difieren por el test de Tukey ($p \leq 0,05$).

Uno de los comentarios de los catadores en la valoración de los tratamientos con cápsulas con 6 y 10 % en almidón de maíz fue un notorio sabor de harina lo que explica las puntuaciones inferiores obtenidas. Sensorialmente el tratamiento sin adición de almidón de maíz presentó mayor aceptación debido a su concentración de azúcar, dado que era mayor que los demás tratamientos.

El contenido de azúcar de un producto es un factor que influye directamente en la aceptación por parte de los consumidores, el cual busca equilibrio entre los sabores ácidos y dulces en bebidas lácteas fermentadas. Según Nielsen Company (2014) el yogurt es el principal snack consumido por los colombianos; por lo tanto, el mercado nacional ha mostrado su aceptación a las diferentes propuestas en innovación sobre productos lácteos con componentes funcionales.

4.5 ANÁLISIS CENTESIMAL APROXIMADO

En la Tabla 14 se muestran los resultados obtenidos del análisis bromatológico del yogurt con cápsulas de jugo de corozo. Se observó que la adición de leche en polvo descremada además de elevar la proteína láctea conlleva a un mayor incremento de la acidez por el aumento de la lactosa, que es el principal carbohidrato responsable de la producción de ácido láctico; esto ocasionó un tipo de acidificación no controlada que provocó defectos como la sinéresis durante la fermentación y almacenamiento (Lee y Lucey 2004).

Tabla 14. Análisis bromatológicos del yogurt con cápsulas de corozo.

Registro	Agua	Proteína	Grasa	CHOS	Cenizas
Media	83,724	8,400	2,159	4,813	0,892
Desviación	0,195	0,001	0,153	0,035	0,071

Por otra parte, la adición de leche en polvo descremada se relaciona con el aumento de los sólidos totales, se obtuvieron contenidos de proteína de 8,4% y carbohidratos (CHOS) de 4,8%; Tolosa et al. (2006), reportaron valores de 6,3% y 6,0% para proteína y lactosa respectivamente, para un yogurt elaborado con adición de 15% de sólidos; y valores de 8,2% de proteína y 9% proteína y lactosa respectivamente para un yogurt elaborado con adición de 20% sólidos. Por otra parte, el contenido de carbohidratos de 4,8% es ligeramente superior al reportado por NutriWhite (2015) de

4,5%. Entre los factores que inciden en el contenido de sólidos totales de la leche, se tiene la variedad de la especie del ganado lechero y la zona de producción; por otra parte, la Resolución 2310 establece un contenido mínimo de 7% en sólidos no grasos para el yogurt; por lo que se da cumpliendo del parámetro de calidad.

El extracto graso del yogurt (2,2%) fue ligeramente superior al reportado por Tolosa y et.al (2006) de 1,96%. El contenido graso es un factor de gran importancia sensorial, debido a que influye en la cremosidad del producto, además de aportar olores característicos generados por los ácidos grasos presentes en la grasa. Según la Resolución 2310 el yogurt entero debe contener mínimo 2,5 % de grasa y el yogurt descremado 1,5%; una razón que explicaría los valores inferiores en el contenido graso podría ser debido a la adición de un 20% de cápsulas de corozo, las cuales no aportan materia grasa. Por otra parte, el contenido de cenizas presentó valores de $0,892\% \pm 0,071$ como se puede apreciar en la Tabla 14, resultados similares a los obtenidos por Tolosa et. al, (2006) para yogurt con adición de proteína láctea y por ultrafiltración en concentraciones de 11,5 y 15%.

El análisis proximal realizado mostró que el bajo contenido de carbohidratos relacionados con azúcares presenta cierta relación con la poca aceptación del producto, en comparación a las comerciales en el mercado que presentan hasta 14% de azúcares. Sin embargo, los resultados bromatológicos mostraron que se elaboró un yogurt con contenidos similares en grasa a otros autores, pero ligeramente superiores en contenido proteico. El yogurt desarrollado usando la técnica de gelación iónica para encapsular jugo de corozo y su adición al mismo, tiene un valor composicional nutricional que cumple con los criterios de calidad de la Resolución 2310 de 1986.

CONCLUSIONES

Se elaboraron cápsulas de jugo de corozo con 2 % de alginato y adición de almidón de maíz al 2 %, 6% y 10 %, encontrando características aceptables de esfericidad, pero incapaces de retener el jugo de corozo eficientemente en el tiempo de estudio.

Se elaboró yogurt con adición de cápsulas de corozo (20% p/v) de apariencia agradable, y cumpliendo con los requisitos de la normativa vigente colombiana.

Sensorialmente el yogurt elaborado con cápsulas de jugo de Corozo no tuvo aceptación sensorial; el tratamiento con mayores puntuaciones fue el yogurt elaborado con cápsulas sin adición de almidón de maíz.

Se realizó la composición centesimal aproximada del yogurt con cápsulas de corozo con mayor aceptación por catadores consumidores y cumple con los criterios de calidad de la Resolución 2310 de 1986.

RECOMENDACIONES

Para la elaboración del jugo se recomienda enriquecer usando la cáscara del fruto ya sea en presentación de té o en polvo para alcanzar mayores concentraciones de sólidos propios de la fruta debido al costo y tiempo requerido para la concentración del contenido del mismo.

Se recomienda el ensayo con otras matrices poliméricas y evaluar su estabilidad en el tiempo, retención del jugo y la medición de sus rendimientos a través de métodos indirectos como espectrofotometría.

Dentro de las sugerencias esta explorar el uso de esta técnica con otros frutos de la región de carácter ácido y ligeramente ácidos que posean antioxidantes más estables o en compañía de aditivos como ácido cítrico, málico entre otros; que permita un abanico de colores además de la estabilidad de algunos a pH más bajos ofrecidos por las características propias de cada antioxidante de dichas frutas.

Usar como matriz alimentaria de gobierno suero dulce para el desarrollo de una línea de nuevos productos aplicando la técnica de encapsulación de jugo de frutas.

Usar otras fuentes de calcio como lactato cálcico entre otros que quizá brinde un efecto de mayor aceptabilidad por parte del público y una mejor experiencia sensorial.

BIBLIOGRAFÍA

Acuña, H. 2009. Evaluación del comportamiento de tres enzimas comerciales en la fermentación y clarificación de mosto del fruto de corozo *Bactris minor* para obtener vino de fruta. Tesis para optar título de Ingeniero de Alimentos, Universidad de L Salle, Facultad de Ingeniería, Bogotá, p223.

A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist. EUA.

A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist. EUA.

A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist. EUA.

Araya EA. 2012. Encapsulación de una molécula modelo de bajo peso molecular en microcápsulas de Alginato de calcio. PhD diss [Tesis]. Facultad de Ciencias Escuela de Biología Marina. Universidad Austral de Chile. Valdivia-Chile.

Arrázola, G. 1998. Elaboración de vino de corozo. *Acta Alimentaria*, 2, 256 – 263.

Arrieta J. y Sotomayor R. 2016. Evaluación de las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de un yogurt elaborado con té verde (*Camellia sinensis*)

Arteaga M. 2013. Guías de prácticas de procesos lácteos. Facultad de ingenierías. Departamento de ingeniería de alimentos. Universidad de córdoba, Berástegui – Córdoba, 56 pp.

Atanosova, H. Fulcrand, C. Le Guernevé, O. Dangles. Cheynier V. (2002). First evidence of acetaldehyde-induced anthocyanin polymerisation: *Polyphenol Communications* 2002: 417-418.

Baquerizo Johana. 2011. Estudio viscosimétrico de yogurt natural con dos niveles de grasa y estabilizante. Tesis Ingeniería en industrias pecuarias Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Los Ríos

Bernal R, y Galeano G. Palmas de Colombia. **2013.** Cosechar sin destruir - Aprovechamiento sostenible de palmas colombianas. Facultad de Ciencias-Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 244 pp.

Betoret, E., Betoret, N., Vidal, D., y Fito, P. 2010. Functional foods development: Trends and technologies. Trends in Food Science & Technology, 22(9), 498-508.

Boh, B., y Sumiga, B. 2008. Microencapsulation technology and its applications in building construction materials. RMZ – Materials and Geoenvironment, 55(3), 329-344.

Borgogna, M., Bellich, B., Zorzin, L., Lapasin, R., y Cesàro, A. 2010. Food microencapsulation of bioactive compounds: Rheological and thermal characterization of non-conventional gelling system. Food Chemistry, 122(2), 416-423.

Calero J, Sánchez YF, Torrez R, Hernann E, López K. 2008.Elaboración y caracterización de microcápsulas gastrorresistentes de Diclofenac obtenidas por Gelificación Iónica. Universitas (León). Revista Científica de la UNAN-León., 2(1), 27- 30.

Cárdenas, W. (2017). Tamizaje fitoquímico, polifenoles totales, antocianinas y capacidad antioxidante, del hongo comestible (*Auricularia aurícula*) (**Tesis de pregrado**). **Nacional agraria de la selva, Tingo María, Perú.**

Casado Cimiano, P. 1991: Guía para el análisis químico de la leche y derivados lácteos; Ediciones Ayala, España.

Cevallos-Casals B y Cisneros-Zeballos L. (2004). Stability of Anthocyaninbased Aqueous Extract of Andean Purple Corn and Red Fleshed Sweet Potato Compared to Synthetic and Natural Colorants. *Food Chem.*; 86:69-77.

Champagne, C. P., y Fustier, P. 2007. Microencapsulation for the improved delivery of bioactive compounds into foods. *Current Opinion in Biotechnology*, 18(2), 184-190.

Chan, E.-S., Lim, T.-K., Voo, W.-P., Pogaku, R., Tey, B. T., y Zhang, Z. 2011. Effect of formulation of alginate beads on their mechanical behavior and stiffness. *Particuology*, 9(3), 228-234.

Chambers, E. y Wolf, M.1996. Sensory testing methods. West Conshohocken, PA: ASTM. p73.

Coisson JD, Travaglia AF, Piana AG, Capasso AM, Arlorio BM. 2005. Euterpe oleracea juice as a functional pigment for yogurt. *Food Research International*, 38, 893-7.

Coultate T. (1984). FOOD: The chemistry of its components. Burlington House, London: The Royal Society of Chemistry. p. 113.

Deladino, L., Navarro, A., y Martino, M. N. 2007. Encápsulation of active compounds: Ionic gelation and cocrystallization as case studies. In C. E. Lupano (Ed.), *Functional Properties of Food Components*, (pp. 125-157).

Del Pozo-Insfran D, Percival SS, Talcott ST. 2006. Açai (Euterpe oleracea Mart.) polyphenolics in their glycoside and aglycone forms induces apoptosis of HL-60 leukemia cells. *J Agric Food Chem*, 54(4):1222-9.

Draget, K.I. 2000. Handbook of hydrocolloids. Cambridge, England: Woodhead Publishing

Limited - Boca Raton, FL, USA: CRC Press LLC. Chapter 22: Alginates, 379-395.

Durst Ry Wrolstad R. (2001). Separation and Characterization of Anthocyanins by HPLC. In: Handbook of Food Analytical Chemistry. New Jersey: John Wiley & Sons. p. 33-45.

Falguera, V., Aliguer, N., y Falguera, M. 2012.An integrated approach to current trends in food consumption: Moving toward functional and organic products? Food Control, 26(2), 274-281.

Fang, Z., y Bhandari, B. 2010. Encapsulation of polyphenols: a review. Trends in Food Science & Technology, 21(10), 510-523.

Garzón G, Wrolstad R. (2001). The Stability of Pelargonidin-based Anthocyanins at Varying Water Activity. Food Chem. 75:185-96.

Garzón G y Wrolstad R. (2002). Comparison of the Stability of Pelargonidin-based Anthocyanins in Strawberry Juice and Concentrate. J Food Sci. 67(4):1288-1299.

González, A. (2006). Establecimiento de una curva de acidificación del yogur Zamorano (Bachelor's thesis, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2012).

Gouin, S. 2004. Microencapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends. Trends in Food Science & Technology, 15(7-8), 330-347.

Helgerud, T., Olav, G., Therese, F., Peder, O. A. y Larsen, C. K, 2010. Alginates. En : Food stabilizers. Thickeners and gelling agents. Reino Unido: Wiley Blackwell, p. 50-72.

Hoshino T, Matsumoto U, Goto T, Harada N. (1982). Evidence for the self-association of anthocyanins in neutral aqueous solution. Tetrahedron Lett. 23:433

Hutchings J. (1999). Food Color and Appearance. 2nd ed. Gaithersburg, Md.: Aspen Publishers, Inc.

Jurd L. (1972). Some advances in the chemistry of anthocyanin-type pigments. In: Chichester CO, Editor. The Chemistry of Plant Pigments. New York: Academic Press. p. 123-142.

Lee, W. y Lucey, J. 2004. Structure and physical properties of yogurt gels: effect of inoculation rate and incubation temperature. J. Dairy Sci. 87:3153 – 3164.

López A. 2012. Desarrollo de sistemas de encapsulación compuestos para la protección de extractos antioxidantes de Yerba mate [Tesis]. Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA) La Plata, Buenos Aires. Recuperado el 23 de septiembre del 2016 Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/24904/Documento_completo_%.pdf.

Lupo P. B., González A.C. y Maestro G. A. 2012. Microencapsulación con alginato en alimentos. Técnicas y aplicaciones. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 3 (1): 130-151.

Markakis P., Livingston G, Fellers, R. (1957). Quantitative Aspects of Strawberry Pigment Degradation. Food Res.22:117-130.

McHuge, D.J. 1987. Production, properties and uses of alginates. Production and Utilization of Products from Commercial Seaweeds. FAO. Fisheries Technical Paper. Chapter 2, 288, 58-115.

Moure, A., Cruz, J. M., Franco, D., Domínguez, J. M., Sineiro, J., Domínguez, H., José Núñez, M., y Parajó, J. C. 2001. Natural antioxidants from residual sources. Food Chemistry, 72(2), 145-171.

Munin, A., y Lévy, E. 2011. Encapsulation of Natural Polyphenolic Compounds; a Review. *Pharmaceutics*, 3(4), 793-829.

Nielsen Company, 2014. Recuperado de <https://www.nielsen.com/co/es/insights/news/2014/snacks-colombianos.html>

NutriWhite, 2015. Recuperado de <https://www.nutriwhitesalud.com/articulo/554/listado-de-porcentaje-de-lactosa-en-los-alimentos>

Olagnero, G., Genevois, C., Irei, V., Marcenado, J., y Bendersky, S. 2007. Alimentos funcionales: Conceptos, Definiciones y Marco Legal Global. *Diaeta*, 25(119), 33-41.

Olaya C, Castaño M, Garzón G. (2008). Effect of Temperature and Water Activity on the Stability of Microencapsulated Anthocyanins Extracted from Andes Berry (*Rubus glaucus*) and Tamarillo (*Solanum betaceum*). Observations not published.

Organización Mundial de la Salud. 2011. Leche y productos lácteos. 2 edición, Roma, 265 p.

Onwulata, C. I. 2011. Encapsulation of New Active Ingredients. *Annual Review of Food Science and Technology*, 3(1), 183-202.

Osorio C, Acevedo B, Hillebrand S, Carriazo J, Winterhalter P, Morales AL. 2010. Microencapsulation by spray-drying of anthocyanin pigments from Corozo (*Bactris guineensis*) fruit. *J Agric Food Chem*, 58(11):6977-85.

Paltrinieri, G; Figuerola, F. 1993. Procesamiento de Frutas y Hortalizas Mediante Métodos artesanales y de pequeña Escala. Manual Técnico. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Santiago. Pág. 113.

Pedroza, R. 2002. Alimentos microencapsulados: Particularidades de los procesos para microencapsulación de alimentos para larvas de especies acuícolas. Avances en nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de septiembre del 2002. Cancún México.

Poei-langston M, Wrolstad R. (1981). Color Degradation in an Ascorbic Acid- Anthocyanin-Flavanol Model System. *J. Food Sci.* 46(4):1218-1222, 1236.

Portal Lechero (2016). El mercado de yogur al 2019. Obtenido de: <http://www.portalechero.com/innovaportal/v/9891/1/innova.front/el-mercado-de-yogur-al-2019.html>

Rassis, D. K., Saguy, I. S., y Nussinovitch, A. 2002. Collapse, shrinkage and structural changes in dried alginate gels containing fillers. *Food Hydrocolloids*, 16(2), 139-151.

Resolución 02310. Por la cual se reglamenta parcialmente el Título V de la ley de 1979, en lo referente a procesamiento, composición, requisitos, transporte y comercialización de derivados lácteos. República de Colombia

Roberfroid, M. B. 2002. Global view on functional foods: European perspectives. *British Journal of Nutrition*, 88(2), 133-138.

Rueda, D. 2017. Establecimiento de protocolo de encapsulado de embriones somáticos de zanahoria (*Daucus carota* L.) y meristemas axiliares de camote (*Ipomoea batatas* L.) Zamorano, Honduras pp25.

Smigielska, H., Lewandowicz, G., Goslar, J., y Hoffmann, S. K. 2005. Binding of the trace elements: Cu (II) and Fe (III) to the native and modified nutritive potato starches studied by

electron paramagnetic resonance. *Acta Phisica Pol*, 108(2), 303-331.

Sondheimer E, Kertesz Z. (1953). Participation of Ascorbic Acid in the Destruction of Anthocyanin in Strawberry Juice and Model Systems. *Food Res.*18:475.

Szakály, Z., Sente, V., Kövér, G., Polereczki, Z., y Szigeti, O. 2012. The influence of lifestyle on health behavior and preference for functional foods. *Appetite*, 58(1), 406-413.

Tamine, A. y Robinson, R. 1991. *Yogur Ciencia y Tecnología*. Editorial Acribia. Zaragoza - España.

Thinkusadairy, 2017. Disponible en <https://www.thinkusadairy.org/es/inicio/productos-lacteos-estadounidenses/leches-en-polvo/categorias-de-leche-en-polvo/leche-deshidratada-sin-grasa-y-leche-descremada-en-polvo>

Timberlake C. (1980). Anthocyanins-Occurrence, Extraction and Chemistry. *Food Chem.*; 5(1)69-0.

Tolosa, S., J., B., & Cadenas, A., 2006. Producción de Yogur Utilizando Membranas Cerámicas para Incrementar el Porcentaje de Sólidos de la Leche. *Revista Ciencia e Ingeniería* No 5 Artículo 2, 4-9

Villivalam, V. D., Illum, L., y Iqbal, K. 2000. Starch capsules: an alternative system for oral drug delivery. *Pharmaceutical Science & Technology Today*, 3(2), 64-69.

Wandrey, C., Bartkowiak, A., y Harding, S. E. 2010. *Materials for Encapsulation* In N.

Wattiaux M, 2014. Composición de la leche y valor nutricional. Universidad de Wisconsin-Madison. http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de_19.es.pdf

Wrolstad R. (2000). Anthocyanins. In: Lauro GJ, Francis FJ, editors. Natural Food Colorants. New York, N.Y.: Marcel Dekker, Inc. p. 237-252.

Zapata, I. C., Sepúlveda-Valencia, U., & Rojano, B. A. (2015). Efecto del Tiempo de Almacenamiento sobre las Propiedades Fisicoquímicas, Probióticas y Antioxidantes de Yogurt Saborizado con Mortiño (*Vaccinium meridionale* Sw). Información tecnológica, 26(2), 17-28.

Zhang, L., y Kosaraju, S. L. 2007. Biopolymeric delivery system for controlled release of polyphenolic antioxidants. European Polymer Journal, 43(7), 2956–2966.

Zulueta A, Esteve MJ Y Frígola A. 2009. ORAC and TEAC assays comparison to measure the antioxidant capacity of food products. Food Chem, 114, 310-6.