

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería en Ciencias de Alimentos



“Estudio Comparativo entre la funcionalidad de la goma tara con respecto a la goma guar en helado de agua y pan de molde”

Trabajo de graduación presentado por Ana Regina Bagur Estrada para optar al grado de
Licenciada en Ingeniería en Ciencias de los Alimentos

Guatemala

2012

“Estudio comparativo entre la funcionalidad de la goma tara con respecto a la goma guar en helado de agua y pan de molde”

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería en Ciencias de Alimentos



“Estudio comparativo entre la funcionalidad de la goma tara con respecto a la goma guar en helado de agua y pan de molde”

Trabajo de graduación presentado por Ana Regina Bagur Estrada para optar al grado de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de los Alimentos

Guatemala

2012

Vo. Bo. :

(f) Ana Silvia Colmenares de Ruiz

MSc. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

Tribunal Examinador:

(f) Ana Silvia Colmenares de Ruiz

MSc. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

(f) Patricia de Palomo

MSc. Patricia de Palomo

(f) Priscila Montufar

Inga. Priscila Montufar

Fecha de aprobación: Guatemala, 04 de Diciembre de 2012

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme dado salud y sabiduría para terminar mi carrera y por haberme acompañado y ser mi principal apoyo y guía a lo largo de estos cinco años.

A mis padres, por apoyarme incondicionalmente y por siempre guiarme a lo largo de mi vida. Les agradezco su esfuerzo durante estos cinco años que me ha permitido lograr esta meta en mi vida.

A mis hermanos, por apoyarme y aguantar mis momentos de estrés. A Quique Obiols por estar a mi lado, escucharme y apoyarme siempre.

A Licda. Ana Silvia Colmenares de Ruiz, por su apoyo brindado durante la realización de este trabajo de graduación, así como durante toda la carrera. Agradezco al Departamento de Ingeniería en Ciencias de Alimentos, especialmente a Ilianita por su atención y apoyo que me brindó durante la elaboración de esta investigación.

A Distribuidora del Caribe de Guatemala, por abrirme sus puertas para poderme desarrollar como profesional así como por ayudarme y brindarme la materia prima necesaria para este trabajo. Agradezco especialmente a Priscila Montúfar por apoyarme y guiarme en la realización de esta investigación.

A mis compañeros y amigos, por acompañarme y caminar juntos durante estos años, por su apoyo y ayuda incondicional. A mis catedráticos y a la Universidad del Valle de Guatemala, por haberme transmitido sus conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación.

CONTENIDO

LISTA DE GRÁFICAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABLAS	ix
RESUMEN.....	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	2
A. GOMAS EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS	2
B. PANIFICACIÓN	10
1. Atributos de calidad del pan.	11
2. Estabilizantes en panificación.....	12
C. HELADO.....	12
1. Atributos de calidad del helado.	14
2. Uso de gomas en elaboración de helado.....	16
III. ANTECEDENTES	17
A. PAN	17
B. HELADO	20
C. PROBLEMÁTICA ACTUAL DE LA GOMA GUAR.....	21
IV. JUSTIFICACIÓN.....	23
V. OBJETIVOS.....	25
VI. METODOLOGÍA.....	26
A. Preparación de productos finales	26
1. Preparación y evaluación de pan con goma tara y goma guar.....	26
2. Preparación y evaluación de helado de agua con goma tara y goma guar.....	29

3.	Análisis estadístico.	32
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
A.	PAN	33
1.	Formulación y elaboración del pan de molde.....	33
2.	Resultados de análisis fisicoquímicos del pan.....	33
3.	Evaluación de propiedades reológicas	38
4.	Resultados de evaluación sensorial del pan.	43
5.	Comparación de las gomas tara y goma guar como estabilizantes en el pan..	44
B.	HELADO	45
1.	Elaboración del helado.....	45
2.	Resultados de análisis fisicoquímicos y reológicos del helado..	46
3.	Análisis funcional del helado.....	47
4.	Resultados de evaluación sensorial del helado..	52
5.	Comparación de las gomas tara y goma guar como estabilizantes en el helado... 53	
VIII.	CONCLUSIONES	55
IX.	RECOMENDACIONES	56
X.	BIBLIOGRAFÍA.....	57
XI.	ANEXOS	62
A.	Boletas de evaluación sensorial	62
B.	Tablas de resultados de análisis sensorial.....	64
C.	Imágenes de las hogazas de pan.	67
D.	Imágenes del pan de molde final	69
E.	Imágenes del helado de agua.....	71
F.	Análisis de varianza.....	72

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Precio de la goma guar (\$USD/kg) vrs. año.....	22
Gráfica 2: Altura de la masa previa a horneado, después de horneo y al enfriarse.....	36
Gráfica 3: Pérdida de peso del pan durante su almacenamiento.	38
Gráfica 4: Comportamiento de la humedad interna del pan durante el tiempo.....	39
Gráfica 5: Dureza de la miga interior del pan.	40
Gráfica 6: Dureza de la corteza del pan.....	41
Gráfica 7: Comportamiento de la actividad de agua del pan durante el tiempo.....	42
Gráfica 8: Correlación de datos entre dureza de corteza y actividad de agua	43
Gráfica 9: Capacidad de batido de helados.	49
Gráfica 10: Porcentaje de derretimiento de los helados.	51
Gráfica 11: Penetración media de los helados durante su almacenamiento.	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estructura química de la goma guar.....	3
Figura 2: Estructura química de la goma tara.....	6
Figura 3: Diagrama de flujo de elaboración de pan de molde.....	11
Figura 4: Diagrama de flujo de elaboración de helado de agua.	14
Figura 5: Precio unitario de venta y costo de venta unitario de productos de panificación en Guatemala.	18
Figura 7: Imagen de la hogaza del pan de molde A (sin gomas) # 1.....	67
Figura 8 : Imagen de la hogaza del pan de molde A (sin gomas) # 2.....	67
Figura 9: Imagen de la hogaza del pan de molde B (goma guar 0.10%) # 1.....	67
Figura 10: Imagen de la hogaza del pan de molde B (goma guar 0.10%) # 2.....	67
Figura 11: Imagen de la hogaza del pan de molde C (goma tara 0.10%) # 1.....	68
Figura 12: Imagen de la hogaza del pan de molde C (goma tara 0.10%) # 2.....	68
Figura 13: Imagen de la hogaza del pan de molde D (goma tara 0.15%) # 1	68
Figura 14: Imagen de la hogaza del pan de molde D (goma tara 0.15%) # 2	68
Figura 15: Imagen de la hogaza del pan de molde E (goma tara 0.20%) # 1	69
Figura 16: Imagen de la hogaza del pan de molde E (goma tara 0.20%) # 1	69

Figura 17: Imagen pan de molde A (sin gomas)	69
Figura 18: Imagen pan de molde B (goma guar al 0.10%).....	70
Figura 19: Imagen pan de molde C (goma tara al 0.10%).....	70
Figura 20: Imagen pan de molde D (goma tara al 0.15%)	70
Figura 21: Imagen pan de molde E (goma tara al 0.20%).....	70
Figura 22: Imagen de helado de agua A (sin gomas)	71
Figura 23: Imagen de helado de agua B (goma guar 0.10%)	71
Figura 24: Imagen de helado de agua C (goma tara 0.10%)	71
Figura 25: Imagen de helado de agua D (goma tara 0.15%).....	71
Figura 26: Imagen de helado de agua E (goma tara 0.20%).....	72

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de características de calidad en helados.	14
Tabla 2: Formulaciones de pan de molde en gramos.	26
Tabla 3: Formulaciones de helados de agua en porcentajes (%).	30
Tabla 4: Densidad de la hogaza de pan en las distintas formulaciones con gomas.....	34
Tabla 5: Altura de la masa previa a horneado, después de horneo y al enfriarse.	35
Tabla 6: Agujeros negros en hogaza del pan de molde.	37
Tabla 7: Pérdida de peso del pan durante su almacenamiento	38
Tabla 8: Humedad del pan durante su almacenamieto.	39
Tabla 9: Dureza de la miga interior del pan.	40
Tabla 10. Dureza de la corteza del pan.....	42
Tabla 11: Actividad de agua del pan durante su almacenamiento.	42
Tabla 12: Costo de estabilizantes y total de un batch de helado de 100 Kg.....	45
Tabla 13: pH de las mezclas de helado.....	46
Tabla 14: Viscosidad de las mezclas de helado.....	47
Tabla 15: Tiempo de disolución de las gomas.	48
Tabla 16: Tiempo de caída de primera gota de los helados.....	51
Tabla 17. Costo de estabilizantes y total de un batch de helado de 100 Kg.....	54
Tabla 18: Resultados de análisis sensorial dúo-trío de pan de molde (1er. set).....	64
Tabla 19: Resultados de análisis sensorial dúo-trío de pan de molde. (2o. set)	64

Tabla 20: Resultados de análisis sensorial dúo-trío de pan de molde (3er. set).....	65
Tabla 21: Resultados de análisis sensorial dúo-trío de helado de agua (1er. set).....	65
Tabla 22: Resultados de análisis sensorial dúo-trío de helado de agua (2o. Set).....	65
Tabla 23: Resultados de Análisis sensorial dúo-trío de helado de agua (3er. Set).....	66
Tabla 24: Verificación de varianza de medición de volumen del pan de molde.....	72
Tabla 25: Verificación de varianza de medición de densidad del pan de molde.....	72
Tabla 26: Verificación de varianza de medición de volumen del pan de molde.....	73
Tabla 27: Verificación de varianza de medición de altura final del pan de molde.	73
Tabla 28: Verificación de varianza de medición de pérdida de peso final del pan de molde.	73
Tabla 29: Verificación de varianza de medición de humedad final del pan de molde.....	74
Tabla 30: Verificación de varianza de medición de agujeros negros final del pan de molde.	74
Tabla 31: Verificación de varianza de medición tiempo de disolución en el helado de agua.....	74
Tabla 32: Verificación de varianza de medición de pH en el helado de agua.....	75
Tabla 33: Verificación de varianza de medición de viscosidad en el helado de agua.....	75
Tabla 34: Verificación de varianza de medición de overrun en el helado de agua.	75
Tabla 35: Verificación de varianza de medición de tiempo de caída de la primera gota en el helado de agua.....	76
Tabla 36: Verificación de varianza de medición de firmeza en el helado de agua.	76
Tabla 37: Verificación de varianza de medición de viscosidad en el helado de agua.....	76

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo general evaluar la funcionalidad de la Goma Tara con respecto a la Goma Guar en pan de molde y helado de agua. Así como determinar la dosis de goma Tara con la cual se obtenga la funcionalidad deseada en cada aplicación. Para lograr lo anterior se evaluaron características fisicoquímicas, organolépticas y económicas de los productos obtenidos (pan de molde y helado a base de agua) por la adición de las gomas.

Se prepararon cinco distintos panes: (A) Control, (B) Goma Guar al 0.1%, (C) Goma tara al 0.1%, (D) Goma tara al 0.15%, (E) Goma tara al 0.2%. La formulación base fue la misma, solamente se modificó la goma a utilizar. Los panes elaborados fueron evaluados por las siguientes características: densidad, altura del pan, capacidad de resorteo de la masa, dureza de miga interior y corteza, pérdida de humedad, actividad de agua y de peso durante un tiempo de almacenamiento de 12 días y análisis sensorial Dúo Trío.

Por otro lado, se realizaron cinco distintos tipos de helado de agua: (A) Control (0%), (B) Goma guar al 0.10%, (C) Goma Tara al 0.10%, (D) Goma Tara al 0.15%, (E) Goma Tara al 0.20%. A estos helados se les realizó análisis de pH, viscosidad, punto y tasa de derretimiento, habilidad de batido o Overrun firmeza durante el almacenamiento (4 semanas) y análisis sensorial Dúo Trío. Las muestras tanto de helado como de pan, se compararon entre sí comprobando que existe una mejora significativa en todas las propiedades al incorporar hidrocoloides a las preparaciones.

Al agregar la goma tara en el pan de molde en concentraciones de 0.10% como de 0.15%, se obtuvo una mejora en todas las características evaluadas con respecto al pan con goma guar al 0.10%. Por lo que se recomienda utilizar una sustitución de uno por uno de goma guar por goma tara en la elaboración de pan de molde, teniendo una mejora tanto en sus propiedades fisicoquímicas como en las reológicas y sensoriales.

La dosis mínima recomendada para sustituir a la goma guar al 0.10% en helados de agua es de 0.15% de goma tara, ya que se obtuvieron características similares en ambos productos finales, presentando una mejora en las propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales.

Al incorporar la goma tara a la formulación de pan de molde se obtuvo una reducción de costos de un 5.8% en la formula final. Al incorporar a la formulación de helado de agua la disminución del costo final fue de 6.3%.

I. INTRODUCCIÓN

Los hidrocoloides son muy utilizados como ingredientes funcionales en la industria de alimentos debido a su capacidad de controlar la reología y textura en sistemas acuosos (Barcenás, 2003). Entre los hidrocoloides más utilizados en la industria son las gomas; estas son ampliamente utilizadas como estabilizadoras tanto en la industria de panadería como en la industria heladera.

La goma guar es un polímero comestible, se utiliza como agente espesante con agua. Esta se deriva de la semilla de la planta *Cyamopsis tetragonolobus*. Sus mayores productores son India y Pakistán (Alimentarios y Técnica). Debido a su aplicación en la industria petrolera, esta goma ha dejado de ser viable económicamente en la industria de alimentos. Los precios de la goma guar han aumentado en los últimos años, de US\$2.00/kg a US\$20.00/kg. Debido a que el precio y disponibilidad de esta goma han estado en constante variación, la industria de alimentos está alentando la sustitución de la goma guar por otro tipo de hidrocoloides.

La goma tara es un polisacárido, utilizado también como espesante en sistemas acuosos. Esta goma se deriva del endospermo molido de la semilla de tara, *Caesalpinia Spinosa* y es estructuralmente similar a la goma guar y al locust bean gum o goma de algarrobo (LBG), por lo que se puede utilizar como sustituto de ésta. Es originaria de Perú, ofreciendo ventajas económicas y funcionales en la industria de alimentos (Alnicosa, 2012). El precio actual de la goma Tara es de US\$8.00/kg, teniendo un historial estable en cuanto a su precio en el mercado.

Con este trabajo de graduación se evaluó la funcionalidad de la goma tara con respecto a la goma guar, para potencializar su sustitución en productos de panadería como en helados a base de agua. Para esto se evaluaron las características reológicas y físicas en los productos finales. Este estudio pretende disminuir costos en la producción de dichos productos finales así como de potencializar un nuevo producto en Distribuidora del Caribe de Guatemala.

II. MARCO TEÓRICO

A. GOMAS EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS

Las gomas se definen como polisacáridos, pueden ser hidrofílicas o hidrofóbicas, con propiedades coloidales. Lo que les brinda la capacidad de aumentar la viscosidad o formar geles al combinarse con un solvente. En la aplicación a alimentos, las gomas son polisacáridos o derivados de cadena larga, ramificados o no, y se obtienen a partir de plantas, por procesos microbiológicos o por procesos químicos, y que generalmente producen soluciones o mezclas viscosas al interactuar con el agua. (Pasquel, 2001)

Las gomas de origen vegetal son las más utilizadas dentro de la industria de los alimentos, algunas de ellas son: las galactomanas de las semillas de guar (*Cyamopsis tetragonolobus*) y locuste (*Ceratonia siliqua*), los exudados como la goma arábiga y el tragacanto, y las derivadas de algas como las carrageninas y alginatos. Las funciones más importantes que imparten las gomas en los alimentos son: poder emulsificante, estabilizante y espesante, también se utilizan como agentes gelificantes, formadoras de cuerpo, agentes de suspensión y como dispersores de gases en sólidos o líquidos. (Pasquel, 2001)

Las gomas se pueden utilizar como estabilizantes en alimentos brindando la ventaja de aumentar el tiempo de almacenamiento ya que reduce la tasa de deterioro dentro de un producto alimenticio durante su almacenamiento, transporte y manipulación (Pasquel, 2001). Los procesos que tienden a retardar, las gomas utilizadas como estabilizantes, son:

- Cristalización del agua o azúcar.
- Sedimentación de partículas en suspendidas.
- Floculación, coagulación o coalescencia de fracciones dispersas.
- Separación de productos agregados.
- Sinéresis en geles. (Pasquel, 2001)

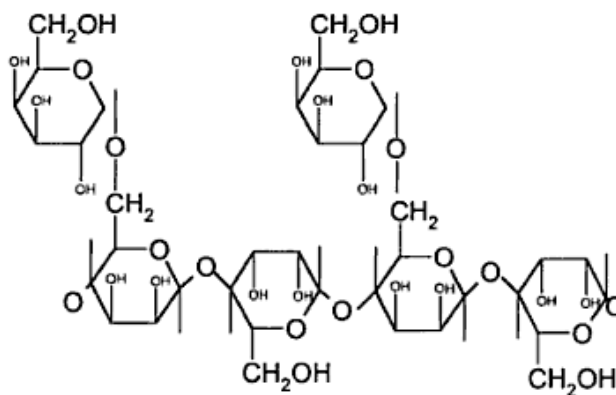
Estas son ampliamente utilizadas como estabilizadores tanto en la industria de panadería como en la industria heladera. Las gomas, en la industria de panificación, actúan como

mejoradores de pan ya que al retener agua retardan la frescura y evitan el endurecimiento del producto (Kohajdov, 2009). Por otro lado, en la industria heladera se aplican con el fin de incrementar la viscosidad e incrementar su volumen por medio de una mayor incorporación de aire. Además evita los defectos de textura, manteniendo la suavidad durante el almacenamiento y evitando la formación de cristales. También se ha encontrado que las gomas mejoran las propiedades de derretido de los helados. (Rincón, 2002).

1. GOMA GUAR. La goma guar se deriva de la semilla de la planta guar, *Cyamopsis tetragonolobus*, de la familia de las leguminosas. (Pasquel, 2001). Las semillas están compuestas por la cáscara (14-17%), el germen (43-47%) y el endospermo (35-42%). Se obtiene a partir de la separación del endospermo de la cáscara y el germen. En la manufactura comercial, la cáscara se separa por medio de remojo en agua y luego se remueve por medio de un proceso de molienda y tamizado en multietapas o por carbonización de la cáscara por tratamiento térmico. Posteriormente, se separa el germen por medio de molinos de trituración, martillo, y rodillos obteniendo el 80% de galactomano. Por último se disminuye el tamaño de la partícula para comercializarlo como goma guar. (Rodríguez, 2003).

La goma guar es un galactomano, compuesta estructuralmente por una cadena principal recta de unidades de D-manopiranosas con una unidad de D-galactopiranosas sobre cada unidad de manosa, como se muestra en la Imagen No.1. (Cabrero, 2002)

Figura 1: Estructura química de la goma guar.



(Cabrero, 2002)

Tiene una elevada afinidad al agua, por lo que proporciona una altísima viscosidad en sistemas acuosos o lácticos, incluso en dosis bajas, presentando un comportamiento pseudoplástico. Se utiliza generalmente como agente espesante con viscosidad en función a la temperatura (Cabrero, 2002). Se puede usar en una amplia gama de productos, ya que es estable en un rango de pH de 3 a 11. Presenta la ventaja de ser soluble en frío, sin embargo no gelifica, y su principal uso es como formador de cuerpo, estabilizante y ligador de agua (Dziezak, 1991). Al calentarse, puede disminuir su viscosidad. Es poco sensible a efectos mecánicos y tiene buena resistencia a los ciclos de congelación- descongelación. Presenta muy buena estabilidad cuando los productos se almacenan en temperatura ambiente. (Cabrero, 2002). La goma guar de grado estándar tiene una viscosidad de aproximadamente 4500cP en una solución al 1% en agua (Laaman, 2011).

a. APLICACIONES. La goma guar se encuentra entre los polímeros hidrosolubles más importantes en la industria de alimentos, además se utiliza en la industria de aceites y gas, textiles, papel, explosivos y minería (Laaman, 2011). Dentro de las aplicaciones más importantes en alimentos se encuentran:

1) Queso procesado: La goma guar se aplica en varios tipos de queso con el fin de eliminar el efecto de sinéresis, por medio de la ligación de agua. Además mejora la textura, ya que la vuelve uniforme controlando la migración y distribución de humedad. En el queso suave, la goma guar mejora el rendimiento de la cuajada, impartiendo una textura suave y compacta. La dosis recomendada de goma guar en quesos es de 2.5 a 3.0% de la leche. (Alimentarios y Técnica, 2003)

2) Estabilización de helados: Se utiliza la goma guar como un agente estabilizante, debido a sus propiedades de hidratación y capacidad de ligar el agua. Se utiliza en helados que llevan un proceso por altas temperaturas en tiempo corto (HTST) donde las condiciones requieren 80° C durante 20 a 30 segundos. Esta imparte propiedades de cuerpo, textura, masticabilidad y resistencia al choque térmico (Alimentarios y Técnica, 2003). Otra funcionalidad de esta goma es que impide la formación de cristales de hielo formados durante su almacenamiento, también retarda la fusión del helado por mayor tiempo. Se utiliza en una dosis de 0.03 a 0.60%. (BRISTHAR LABORATORIOS, 2010)

3) Ligador de agua en embutidos: Es utilizada como agente ligador y lubricante en la fabricación de embutidos y derivados. La goma guar ofrece varias ventajas como la rápida absorción y ligación de agua libre en la preparación de productos con carne molida. También mejora la velocidad de rellenado de fundas en embutidos. Liga el agua libre eliminando la separación y migración en las operaciones de cocimiento y/o ahumado, permitiendo una viscosidad del producto cuando se enfría dándole firmeza al producto. En el producto final se obtiene una apariencia uniforme, este retiene la humedad por un mayor tiempo preservando la textura. Se recomienda una dosis al 1% sobre el agua libre del producto. (Alimentarios y Técnica, 2003)

4) Salsas y aderezos para ensaladas: Se utiliza la goma guar para brindarle a estos productos una alta viscosidad en baja concentración (Alimentarios y Técnica). Además brinda la estabilidad y apariencia necesaria de los aderezos y salsas. Dentro de sus ventajas se encuentra su compatibilidad con las emulsiones agries en una concentración 0.2 a 0.8% del peso total. (BRISTHAR LABORATORIOS, 2010)

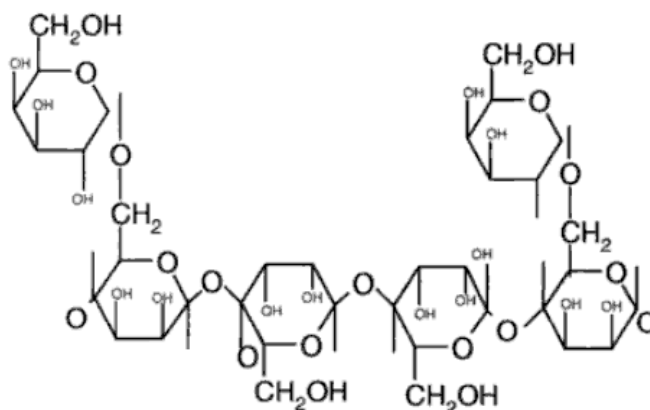
5) Productos de panificación y pastelería: En este tipos de productos se agrega la goma guar como un estabilizante. Produce un aumento en el rendimiento de las masas de distintos tipos de pan durante el amasado, además brinda mayor elasticidad, y produce una textura más suave, mayor vida de anaquel y mejores propiedades de manejo. En pasteles y masas de bizcocho, goma guar produce un producto más suave, facilita el desmoldado y rebanado. (Alimentarios y Técnica, 2003)

b. PRODUCTORES Y ORIGEN. Sus mayores productores son India y Pakistán, siendo India el primer productor mundial. La contribución mundial de la India es del 80% de la goma guar de todo el mundo. En India, los estados de Rajasthan y Haryana son los que contribuyen con el 85% de la producción total en India. Este país exporta acerca de US\$ 235 millones anualmente, estos datos se obtuvieron durante el 2005-06. Los países que tienen mayores importaciones goma guar son Estados Unidos, China y Alemania, consumiendo más del 60% de la goma exportada de India. Las exportaciones de esta goma han ido aumentando en los últimos años, esto se debe a su alto consumo en las industrias petroleras de Estados Unidos y China. (Shama, 2007)

2. GOMA TARA. La goma tara es un polisacárido comestible, utilizado como espesante con agua y como reactivo de adsorción y ligador de hidrógeno con superficies minerales y celulósica, al igual que la goma guar. La goma tara es un hidrocoloide derivado del endospermo molido de la semilla de Tara (*Cesalpinia spinosum*), de la familia de las leguminosas *Caesalpinaceae* leguminos. Las semillas están contenidas en vainas de 8 a 10 cm de longitud y contienen de cuatro a siete semillas de aproximadamente 6 a 7 mm de diámetro. El contenido de las semilla es de aproximadamente del 39.5 a 41% representa la cáscara, 25 a 27% endospermo, 25.5 a 27% el germen y 11% a 5% de humedad. (Barsuto, 2009)

La goma tara es un galactomano que contiene una cadena principal de manosa con cadenas laterales de galactosa en proporción 3:1 (Cabrero, 2002), como se muestra en la siguiente imagen:

Figura 2: Estructura química de la goma tara



(Cabrero, 2002)

Teniendo una estructura muy similar a la harina de semillas de carruba (LBG) y la goma de guar, ya que tienen una cadena lineal de unidad (1-4)-β-D-manopiranososa está unida por enlaces (1-6), a unidad de α-D-galactopiranososa. Su peso molecular es del orden de 106 Dalton. (SILVATEAM,2011)

El proceso de obtención de la goma tara comienza con el trillado de las semillas de tara, que se extraen de las vainas por la trilla, luego se tamizan con el fin de eliminar las impurezas y se remueve la cascara de la semilla por medio de proceso térmico, por último

se muele y tamiza obteniendo como producto final la goma tara (SILVATEAM, 2011). La goma de tara es un polisacárido hidrosoluble por lo que se utiliza principalmente en la industria alimenticia, en jugos, helados, salsas, panificación, comida para mascotas, compost, etc. Dentro de sus propiedades se encuentra la capacidad de formar geles viscosos a muy bajas concentraciones, esta puede llegar a ser de 5500 cps en una solución al 1%. La viscosidad de las soluciones de goma tara depende de la temperatura, tiempo, concentración, pH, velocidad de agitación y tamaño de la partícula del polvo. En agua fría la viscosidad máxima se logra en 1 a 4 horas. (Barsuto, 2009)

La goma tara es soluble en agua fría, sin embargo se puede reducir el tiempo necesario para alcanzar su potencial total de viscosidad por medio del calentamiento de la solución. Es soluble al 80% en agua a 25°C, alcanzando su total solubilidad a 98°C. Su solubilidad en alcohol es limitada y es insoluble en solventes orgánicos. Las soluciones de goma tara son un fluido no newtoniano pseudoplasticas, por lo que se fluidizan a mayores temperaturas. Tienen alta resistencia a la degradación por esfuerzo cortante, pero se degradan con el tiempo si se encuentran bajo esfuerzo constante. Además se caracteriza por evitar la formación de cristales de hielo durante la congelación y mantener una buena resistencia al choque térmico. Es estable a pH bajos y concentraciones elevadas de sal. (Cabrero, 2002)

Al ser estructuralmente similar a la goma guar y al locust bean gum o goma de algarrobo (LBG), se puede utilizar como sustituto de éstas. Esta goma presenta una estabilidad intermedia entre la goma Locust Bean (LGB) y la goma de guar, siendo muy resistente en ambientes ácidos. Además en solución al 1% la goma tara brinda una viscosidad muy similar a la goma guar, y tres veces mayor a las goma Locust Bean. En cuanto a su estabilidad a altas temperaturas, la goma tara resiste una mayor temperatura (145°C) que la goma guar. (Barsuto, 2009)

Algunos beneficios de la sustitución de la goma guar por la goma tara son los siguientes:

- El flujo de la goma tara tiene mayor suavidad y naturalidad.
- Actúa en sinergismo con la goma xanthan.
- El sabor que imparte la goma tara es insípido, al contrario de la goma guar que puede impartir cierto olor a tierra y hierbas.

- La goma de tara permite estabilidad para el congelamiento y el descongelamiento ya que previene la formación de cristales de hielo en los helados. (Barsuto, 2009)

a. **APLICACIONES.** La goma tara se utiliza en los productos alimenticios debido a la viscosidad que imparte, ya que espesa soluciones acuosas y controla la movilidad de materiales dispersados o disueltos. Dentro de sus aplicaciones más importantes se encuentran:

1) **Gelatinas y preparados a base de fruta:** La goma tara se utiliza en la elaboración de jaleas y confitería de frutas debido a su capacidad de gelatinizar y aumentar la viscosidad en productos ácidos. Con la adición de la goma tara en esta gama de productos se tiene una reducción de la sinéresis, mejora en la consistencia y las propiedades de corte y en productos que contienen fruta ayuda a tener una mejor suspensión de esta. (Silvateam, 2011)

2) **Productos de panadería:** La goma tara se utiliza como un mejorador de pan, debido a su capacidad de retención de agua y aumento de viscosidad en las masas. Mejora la retención de gas, y evita la pegajosidad de las masas, además que imparte suavidad y forma a la masa y facilitando su corte (Barsuto, 2009). Cuando se agrega la goma tara durante el amasado, se obtiene un mayor rendimiento y elasticidad de la masa, así como un aumento en la vida de anaquel. En el producto terminado ayuda a prolongar la frescura retrasando la retrogradación del almidón de la harina (Silvateam, 2011). En pasteles y masas de bizcocho, se aplica la goma tara con el fin de brindarle suavidad al pastel, así como facilitar el desmoldado y su corte, evitando que se desmenucen. Generalmente se recomienda una dosis de 0.1 a 0.15% del peso total de los ingredientes secos. (Barsuto, 2009)

3) **Productos a base de carne:** Las propiedades de retención de agua de la goma tara, tanto en agua fría como en agua caliente, se utilizan en la producción de embutidos y derivados como agente ligador y lubricante. La goma tara tiene la ventaja que disminuye la pérdida de peso durante el almacenamiento. En la elaboración de carne molida se utiliza debido a su rápida absorción y ligación de agua libre. En los embutidos ayuda a mejorar la velocidad de rellenado en las fundas, elimina la separación y migración de agua

libre durante la cocción y/o ahumado y proporciona firmeza al embutido cuando este se enfría. (Barsuto, 2009)

4) **Productos lácteos:** Se utiliza la goma tara por sus propiedades de fijador de agua, por lo que en lácteos se utiliza como espesante o modificador de la viscosidad. Se utiliza como estabilizador durante el tratamiento térmico de helados, más que todo en procesos donde se requiere de condiciones a altas temperaturas por tiempo corto (20 a 30 segundos); además proporciona un aumento en el volumen o overrun ya que mejora la distribución del aire (Barsuto, 2009). En helados absorbe el agua a muy bajas temperaturas por lo que minimiza el fenómeno de endurecimiento, como la formación de cristales, mejora la palatabilidad (Silvateam, 2011). Otra aplicación de la goma tara en lácteos es en la elaboración de quesos suaves, queso crema procesado debido a su alza en el rendimiento de sólidos de la cuajada. Produce una mejor textura en la cuajada. En productos como cremas y yogurt se utiliza como agente anti-sinérgico, mejorador de la textura y apariencia, y agente espesante. (Barsuto, 2009)

5) **Salsas y condimentos:** La propiedad espesante de la goma tara es utilizada en este tipo de productos ya que logra estabilizar y brinda la apariencia deseada en estos productos, siendo compatible con emulsiones muy agrias. La dosis de aplicación en este tipo de productos es de 0.2 a 0.8% del peso total. (Barsuto, 2009)

6) **Bebidas:** La goma tara se utiliza como un agente espesante en diferentes bebidas de frutas y dietéticas, brindando una viscosidad estable. Además se usa en jarabes de chocolate y mezclas de chocolate en polvo como un agente estabilizador. La dosis recomendada en este tipo de productos es de 0.2 a 0.8% de la goma tara. (Barsuto, 2009)

b. **PRODUCTORES Y ORIGEN.** El árbol de tara *C. Spinosa* es nativo de la cordillera de los Andes en la región de Bolivia, Perú y norte de Chile, también crece en Ecuador, Colombia, Venezuela y Cuba. También se ha introducido en Morocco y en el Este de África. (Wielinga, 2010)

La goma tara es producida en la mayoría por empresas Peruanas, las cuales abarcan el 85% del comercio de esta goma en el mundo. La Unión Europea la ha avalado como un aditivo alimenticio con el código E417 de acuerdo con el Food Chemicals Codex . Se

estima una disposición de 1500 a 2000 toneladas anuales para el uso en la industria de alimentos. (Imeson, 2010).

B. PANIFICACIÓN

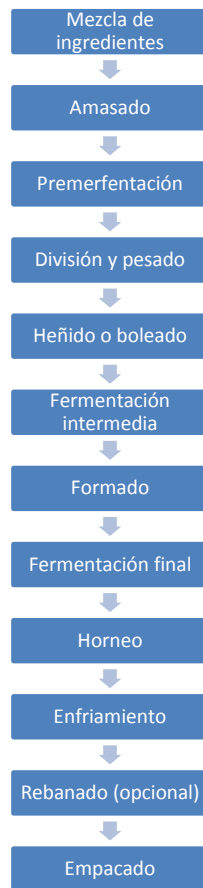
El pan está definido según la Reglamentación Técnico Sanitaria para la Fabricación, Circulación y Comercio del pan y panes especiales, como el producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida de la mezcla de harina, sal y agua potable, fermentada y luego horneada. El pan constituye la base de la alimentación desde hace 7000 u 8000 años, su forma ha ido cambiando durante los años, sin embargo su proceso de elaboración es muy similar en varias partes del mundo. (Cauvain, 2002)

En Guatemala el mercado panificador se caracteriza por ser tradicionalista, es decir no se introduce innovaciones considerables respecto a las recetas y el proceso de elaboración, además los insumos utilizados en la producción en su mayoría son proveídos por empresas que tienen varios años en el mercado y que son internacionales. (Loma-Ossorio, 2000). Muchas de las panaderías han empezado como simples negocios, las cuales han logrado crecer. (Toledo, 2008)

El proceso de elaboración del pan se basa en el horneado de una mezcla de harina o grano molido, agua, leche y otros ingredientes. El tipo de harina a utilizar puede ser de trigo, maíz, arroz, centeno, papa, etc.; se puede utilizar levadura o un agente químico leudante, dependiendo de los ingredientes a emplear en la mezcla (Pylar, 1992).

Existen tres sistemas generales de la elaboración del pan, estos se determinan por el tipo de levadura que se utiliza. Estos pueden ser por método directo, método mixto, y método esponja. Con las particularidades de cada proceso de elaboración y de cada tipo de pan, el proceso de elaboración consta de las siguientes etapas:

Figura 3: Diagrama de flujo de elaboración de pan de molde.



(Scott, 2004) (Mesas, 2002)

1. Atributos de calidad del pan. La calidad del pan es muy variable según el producto que se quiera realizar, ya que estos varían de forma, tamaño, textura, corteza, color, grado de firmeza, sabor y aroma y calidad sensorial. (Cauvain, 2002)

La calidad del pan se puede ver afectada por varios factores como las propiedades de la masa elaborada durante el proceso, lo cual depende de las materias primas utilizadas. En general, el producto final debe presentar un buen volumen, lo que se ve influenciado por la capacidad para producir gas. Además es importante la estabilidad de la masa, capacidad para la retención de gases, sabor y aroma. El pan debe presentar una miga suave y blanda, y corteza crocante. Además, estas características deben mantenerse durante el almacenamiento. (Trigopan, 2012)

El envejecimiento y endurecimiento del pan, es uno de los mayores problemas de calidad, este se debe a la retrogradación del almidón y la pérdida de retención de agua; para

disminuir estos inconvenientes es necesario modificar el almidón, teniendo cuidado de no producir una masa pegajosa o una miga demasiado rígida. Para obtener una buena miga y una corteza correcta, se debe lograr que parte del agua que se evapora de la superficie durante la cocción, quede retenida en la miga. (Trigopan, 2012)

2. Estabilizantes en panificación. Existen muchos tipos de aditivos que se pueden utilizar en la industria panadera. Los aditivos que afectan las principales características de la masa y el pan, se pueden clasificar en cinco grupos: oxidantes, emulsionantes, conservantes, enzimas, hidrocoloides y reguladores de acidez. Estos son utilizados tanto para mejorar la textura y apariencia del pan como para alargar su vida de anaquel. (Boatella, 2004)

a. Uso de gomas en panificación: Debido a su capacidad de absorber agua se han utilizado como retenedores de humedad con el fin de evitar el envejecimiento de los productos (Boatella, 2004). Al formar geles de gran viscosidad contribuyen a estabilizar la estructura de la masa, facilitando su manejo. Además mejoran la frescura del producto y extienden la vida de anaquel del pan almacenado ya que evita la retrogradación del almidón. (Hui, 2006)

Dentro de los hidrocoloides, los que se utilizan habitualmente en panificación son el agar agar, los carragenatos, los alginatos, goma guar, goma xantana y goma garrofín. (Boatella, 2004)

En formulaciones libres de gluten, la goma guar, tara y CMC han demostrado beneficios, mejorando la estabilidad de la masa. En el pan congelado y masas congeladas las gomas han demostrado el mejoramiento en la estabilidad de la masa. El uso de hidrocoloides en panificación debe ser en pequeñas cantidades (<1% en base seca) y se espera que incremente la retención de agua y disminuye la firmeza y retrogradación del almidón. (Hui, 2006)

C. HELADO

El helado se define, según el Reglamento Técnico de Costa Rica como: «Aquel producto edulcorado o no, obtenido bien sea a partir de una emulsión de grasas y proteínas con

adición de otros ingredientes permitidos; o bien a partir de una mezcla de agua y otros ingredientes permitidos, que ha sido pasteurizado y tratado por congelación, con o sin agitación, con o sin incorporación de aire, destinado al almacenamiento, venta y consumo, en estado de congelación parcial o total.» (RTCR, 2008)

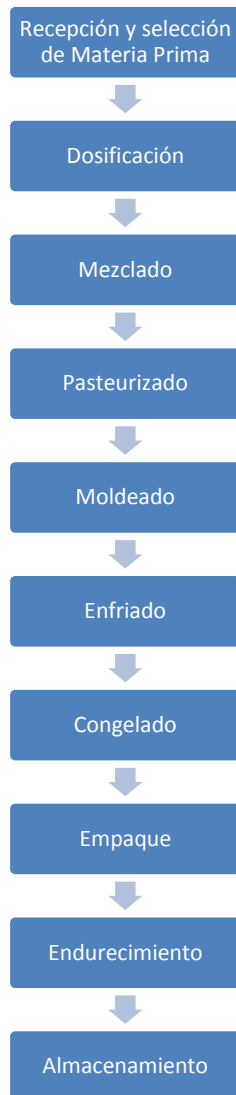
De acuerdo a los ingredientes empleados se distinguen varios tipos de helados:

- Helados a base de leche: Es el helado obtenido a partir de leche fluida, reconstituida o la mezcla de ambos, como base primaria, sin la adición de agua más que la estrictamente necesaria para la reconstitución de la leche y utilizando únicamente grasa de origen lácteo.(RTCR, 2008)
- Helados a base el agua: Es el helado obtenido a partir de agua potable como base primaria, sin la adición de leche u otros derivados lácteos. (RTCR, 2008)

Los ingredientes primordiales en los helados son la leche y derivados lácteos, agua, frutas frescas o desecadas, frutos secos, huevo y estimulantes y aromatizantes. Además, en pequeñas cantidades, llevan colorantes, antioxidantes, estabilizadores y emulgentes, siempre respetando las normas legales vigentes. (Oyuqui, 2011)

El proceso de elaboración del helado de agua se especifica con el siguiente diagrama de flujo:

Figura 4: Diagrama de flujo de elaboración de helado de agua.



1. Atributos de calidad del helado. El helado tiene varios atributos de calidad estos se clasifican según el tipo de características (organoléptico, nutritivo, sanitario y valor de empleo), como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1: Clasificación de características de calidad en helados.

Grupo de características	Características de calidad
Valor organoléptico (calidad sensorial)	Aspecto (forma y color) Sabor, incluyendo el olor Consistencia (textura)

Continuación Tabla 1:

Grupo de características	Características de calidad
Valor nutritivo (calidad fisiológica-nutritiva)	Contenido de nutrientes Digestibilidad Utilidad Adecuación dietética
Valor sanitario (calidad higiénica)	Tasa de gérmenes, infestación microbiana Sustancias tóxicas y residuos indeseables Cuerpos extraños
Valor de empleo (valor de utilidad, valor de uso)	Envasado Capacidad de depósito, conservabilidad Capacidad de porcionado Vistosidad (atractivo)

(Timm, 1989)

De los grupos de características anteriormente citadas, los atributos más importantes el valor organoléptico, ya que se trata de cualidades que él mismo consumidor las puede comprobar y calificar. (Timm, 1989)

La textura del helado es uno de los aspectos más importantes a tomar en cuenta en para definir la calidad del helado. Este aspecto se puede evaluar visualmente como sensorialmente al consumirlo. Se considera que la textura se encuentra en su punto óptimo cuando: se obtiene una estructura uniforme, ligera y suave, lo que está determinado por la disposición y dimensión de las partículas que lo componen. (Mantello,2007)

Los factores que permiten una textura más suave y agradables son:

- La composición de la mezcla
- El método de elaboración.
- Los ingredientes usados.

- La forma de congelación y la rapidez de endurecimiento.
- Las condiciones de almacenamiento. (Mantello,2007)

2. Uso de gomas en elaboración de helado. Los hidrocoloides se utilizan como agentes estabilizantes en el helado. Se usan con el fin de aumentar la viscosidad de la mezcla, retrasando la separación de la emulsión en una fase rica en grasa y el agua y favoreciendo así la estabilidad de la emulsión. También mejoran la incorporación de aire y la distribución de las células de aire, formando una espuma con el aire y mejorando la capacidad de batido de la mezcla. Otra ventaja es la mejora en el cuerpo y textura así como la estabilidad durante el almacenamiento, demorando el crecimiento de los cristales de hielo. Otra propiedad muy importante que imparten los hidrocoloides es la mejora las propiedades de fusión y derretido. (Pottí, 2007)

Durante el almacenamiento, son estables a cambios estructurales durante el “choque térmico”. (Goff, 1997). Las gomas de mayor uso en la elaboración de helados son goma de algarrobo (LBG), goma guar, carboximetil celulosa (CMC) y goma xantana.(Narres, 2010)

III. ANTECEDENTES

La industria agro-alimentaria constituye uno de los pilares de la economía guatemalteca, aportando casi una cuarta parte del PIB. La importancia social de este sector se manifiesta en que emplea a un 41.8% de la Población Económicamente Activa. Siendo Guatemala el mercado agroalimentario más amplio de Centroamérica. El procesamiento de alimentos y bebidas en Guatemala es uno de los sectores industriales más importantes, ya que proporciona el 42,3% del total de la producción industrial, empleando al 36.7% de la mano de obra. (Loma-Ossorio, 2000).

A. PAN

1. Industria panadera en Guatemala. El mercado del pan en Guatemala se encuentra en la etapa de desarrollo. En la industria panadera guatemalteca existen muchos segmentos, desde pan popular hasta una alta repostería de clase mundial. (Hasse, 2009)

La industria de la panadería, bollería y galletería en Guatemala difieren en sus métodos de producción. El producto de panadería que más se consume en Guatemala es el pan francés, seguido por el pan dulce, con cubierta de manteca y azúcar. (Loma-Ossorio, 2000)

En los últimos años, el mercado panadero no ha tenido el crecimiento significativo, debido a la pérdida de poder adquisitivo y la sustitución de otros alimentos. Los precios internacionales del trigo, ingrediente principal del pan, no han sido estables en los últimos años, debido al aumento de la demanda en países como China y a los cambios climáticos en los diferentes países productores de trigo. En Guatemala, durante el 2006 a 2008, el quintal de harina de trigo registraba un costo promedio a mayoristas de Q159.25 y aumentó 34.5 por ciento para llegar a Q214.25, según la Unidad de Políticas e Información Estratégica (UPIE) del Ministerio de Agricultura (Maga). (Hasse, 2009). Por lo tanto el pan, empezó a reflejar un alza en la tendencia de precios empezando en el 2008 con un precio de Q0.25. Actualmente su precio varía entre Q0.30 y Q0.35 por unidad (INE, 2011). El área de mayor concentración de comercialización en Guatemala es el Área Metropolitana Ampliada de Guatemala, ya que es ahí donde se concentra el más del 22% de la población. (Hasse, 2009)

Actualmente, existen diversas opciones para el consumidor cuando se refiere al pan. Según la Unión de Panificadores S.A. el consumo promedio per cápita de pan en el país es de 60 kilos al año, o 6 panes de 1oz al día por persona. El gobierno mantiene un precio tope en el pan popular de 35 centavos por una pieza de pan de 1oz, lo cual mantiene al mercado contraído y con producto de baja calidad. A continuación se muestra una figura donde se muestran los precios y costos de venta unitarios de los distintos panes comercializados en Guatemala durante el año 2008. (Hasse, 2009)

Figura 5: Precio unitario de venta y costo de venta unitario de productos de panificación en Guatemala.

PRODUCTO	Precio de Venta Unitario (PVU)	Costo de Venta Unitario (CVU)
Francés mediano	Q1.75	Q0.73
Champurrada	Q1.15	Q0.78
Herrajes	Q1.15	Q0.78
Pan dulce	Q2.25	Q1.23
Cubiletes y batidos	Q2.25	Q1.23
Bolillos	Q1.75	Q0.73
Pirujo o baguette	Q1.75	Q0.73
Pan Sándwich de leche	Q10.00	Q8.00
Pan Sándwich integral	Q10.00	Q8.00
Pan de masa hojaldrada	Q7.00	Q3.80
Variedad de rellenos	Q7.00	Q3.50

(Hasse, 2009)

2. Uso de hidrocoloides como mejoradores de pan. Actualmente el uso de aditivos se ha popularizado en la industria panadera. Estos se usan con el objetivo de mejorar las propiedades de manejo, mejorar la calidad del pan fresco y extender la vida de anaquel del pan almacenado. Los polímeros más conocidos en esta industria son los alilginatos, carrageninas, goma guar, goma arábica, metilcelulosa y carboximetil celulosa. Existen varios estudios donde se muestra el potencial del uso de hidrocoloides en panificación, mejorando la estabilidad de la masa (Kohajdová, 2008). Zlatica Kohajdová y

Jolana Karovicová realizaron un estudio donde se examinó el efecto de hidrocoloides seleccionados (goma guar, goma arábica, goma xantán, y carboximetil celulosa) en la calidad de productos horneados y su uso potencial para el retraso de endurecimiento a temperatura ambiente. Con este estudio se pudo obtener un aumento general en la capacidad de retención de agua en un rango de 60.5 a 68.3%, comparado al control que fue de 59%. La capacidad de aumento de agua de la goma guar fue de 63.3%. Por otro lado, la goma guar presentó el mayor retraso de endurecimiento del pan, además de que mejoró la suavidad del pan (Kohajdová, 2008).

En otro estudio realizado en Argentina, se analizó el efecto de un emulsionante y goma guar en el desempeño micro estructural, reológico y de horneado en el pan con masa congelada y sin congelar. Se obtuvieron resultados positivos en las propiedades del pan horneado con la masa sin congelar, al adicionar goma guar. Sin embargo ninguno de los aditivos agregados pudo evitar el daño en las propiedades reológicas de la masa congelada. (Ribotta, 2003)

Rodge, realizó un estudio del efecto de la incorporación de la goma guar en las propiedades de la masa y características fisicoquímicas y sensoriales del pan blanco. Se incorporó goma guar en diferentes porcentajes de 0.25% a 1.0%, comparándolos con un control. Se obtuvo un aumento de la absorción de agua de 61.2 a 64.5%, y se disminuyó el tiempo de desarrollo de la masa de 6.20 minutos a 5.60 minutos, además se mejoró el rendimiento del gluten y se incrementó la estabilidad y elasticidad de la masa. Se obtuvieron las mejores características sensoriales y fisicoquímicas con un nivel de 1% de goma guar en la masa. (Rodge, 2012)

Palivoda, sugiere que las gomas se pueden utilizar como mejoradores de la masa durante la fermentación. Además mejora el rendimiento en harinas de baja calidad, aumenta la elasticidad de la masa durante la fermentación, aumentando el volumen de la masa. Al incrementar el nivel de la goma a un 0.5% esta aumenta el volumen de la masa de 5.2% a 10.4% si se utiliza harina de buena calidad, y en harinas de baja calidad aumenta el volumen de 3.4% a 8.5%. La goma tara tiene una mejor actuación que la goma guar para aumentar el volumen de la masa, mejorando la calidad de esa. (Palivoda, 2011)

B. HELADO

1. Industria Heladera en Guatemala. La producción heladera en Guatemala se divide en tres distintos tipos de helados: Industriales, artesanales y suaves (Ortiz, 2009). Actualmente, existen varias marcas de helados en el mercado guatemalteco. La oferta de helados es muy variada en cuanto al sabor y precio. Las empresas con mayor consumo de helado son las empresas Sarita y Pops. El nivel actual de consumo per cápita de helado en el país es de 1.5 litros de helados al año. Según un estudio de mercado de la firma Prodatos, especializada en estudios de mercados, estimó en el 2006 el gasto semanal en helados es de Q6.3 millones. (Hernández, 2006)

Además se estima una demanda de 100 millones de helados individuales anuales, según un estudio realizado por Gauss en el año 2003. Se determinó que el 56.2% de los consumidores de helados prefiere comprar con vendedores de carretilla, mientras que 48.2% por ciento prefiere realizar su compra en tiendas (Mazza, 2003). El promedio de dinero destinado a la compra de estos productos es de Q4.00. Este mismo estudio determinó que el área donde se tiene un mayor consumo de helados es en la región central del país, seguido por el norte y el suroccidente. Los helados de mayor preferencia en el mercado son los helados de hielo, hielo, cono, cornucopia y en menor escala los de nieve. Estas preferencias cambian dependiendo de la región. (Mazza, 2003)

2. Uso de hidrocoloides como estabilizante de helado. Los helados se obtienen a partir de una emulsión de grasa y proteína, mediante una mezcla de agua que con la adición de otros ingredientes se congelan con la incorporación de aire o sin él. Uno de los estabilizantes utilizados en helados son las gomas, las cuales según estudios, aumentan la viscosidad de la fase acuosa mejorando la emulsión. Además evitan los defectos en la textura, controlan la suavidad del helado durante el almacenamiento impidiendo la formación de cristales de hielo, brindan cuerpo y cremosidad al producto final. Por otro lado las gomas mejoran las propiedades de derretido del helado. (Rincón, 2002)

En un estudio de tesis, realizado en Colombia, se evaluó el efecto del uso de una mezcla de estabilizantes y emulsificantes en una formulación de helado cremoso con grasa vegetal sobre las características de la mezcla base y el producto final. Utilizando como

estabilizante una mezcla de goma guar, goma algarrobo, carboximetil celulosa y monoglicéridos. La dosis a utilizar de la goma guar fue de 0.09%, obteniendo un aumento en la viscosidad y disminución del tiempo de derretimiento en un 15%. (Rincón, 2002)

Otro estudio de tesis realizado en Colombia, determinó el efecto de la goma guar y goma algarrobo en las propiedades relacionadas con la calidad de los helados cremosos. En las evaluaciones se observó un aumento en la viscosidad en el helado que contenía una mezcla de dichas gomas al 50%. Además se evidenció un efecto significativo en la disminución del porcentaje de derretimiento y aumento del tiempo de caída de la primera gota del helado, aumentando de 18 minutos (control) a 22.2 min con la mezcla del estabilizante en un porcentaje de 0.5%. (Rigey, 2009).

Meisen, realizó un estudio sobre los efectos de los estabilizadores en la calidad del helado suave. Evaluó la acción de distintas gomas (guar, CMC y alilginato de sodio) sin la adición de emulsificantes. En este estudio se tuvo un mejor efecto sobre la incorporación de aire en el helado y la resistencia a fundirse con la adición de la goma guar, seguido por el CMC en porcentajes de 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% y 1%. La goma guar obtuvo una mayor viscosidad en la mezcla para helados teniendo un aumento del 20% en la viscosidad con respecto al CMC a una dosis de 1%. El aumento de la viscosidad también es un factor que ayuda a la mayor incorporación de aire en el helado ya que no deja salir a las burbujas de aire al exterior. La goma con mejor incorporación de aire fue la goma guar, aumentando un 10% del volumen del helado. En cuanto a la dureza, que es un indicador del proceso formación de cristales durante el almacenamiento, se observó una tendencia decreciente al aumentar el porcentaje de gomas. Se observó una mejora en el tiempo de derretimiento a partir de una dosis de 0.4%. (Meisen, 2006)

C. PROBLEMÁTICA ACTUAL DE LA GOMA GUAR

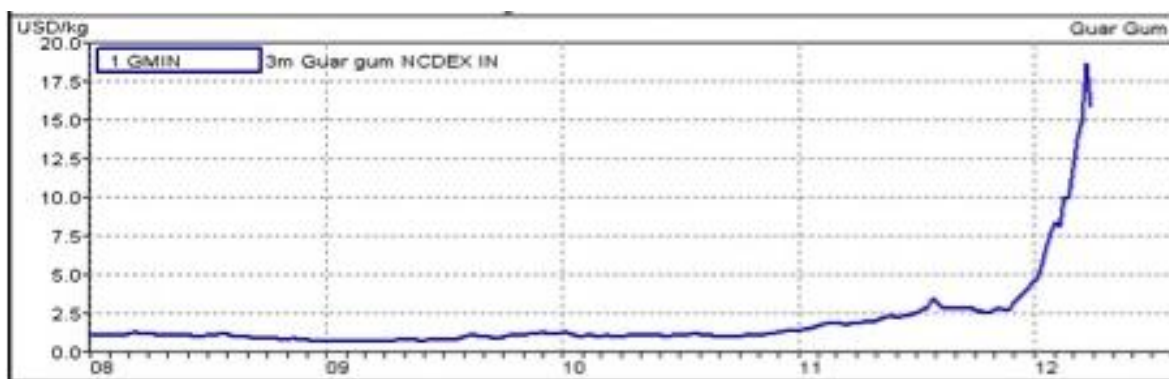
India exporta acerca del 75-80% de la goma guar producida anualmente. Después de India, Pakistán es el principal competidor en exportaciones. El patrón de consumo de la goma guar es influenciado por las demandas de la industria petrolera de Estados Unidos y del Medio Oriente. El uso de la goma guar va en aumento, tanto en industria petrolera como en la industria de alimentos, farmacéutica y cosmética. (NCDEX, 2012)

La industria petrolera siempre ha utilizado la goma guar, sin embargo, su uso incrementó a partir del 2010 cuando la demanda del aceite crudo aumentó y se empezaron a utilizar nuevas tecnologías que permiten el uso de goma guar en la perforación horizontal y formación del petróleo. (Peksa, 2012)

En los últimos dos años, el mercado de la goma guar se ha elevado. La demanda ha aumentado significativamente, aumentando los precios. En el 2011, la producción de las semillas de guar fue de 1.5 millones de toneladas métricas; en el 2012, se espera una disminución de 0.25 millones de toneladas métricas. Esto se debe al agotamiento de las tierras de siembra. La industria petrolera adquiere la mayoría de la goma guar sin importarle el precio, por lo que la disponibilidad de esta goma está disminuyendo para las demás industrias. (Peksa, 2012)

A continuación se muestra la tendencia de los precios de la goma guar en los últimos años:

Gráfica 1: Precio de la goma guar (\$USD/kg) vrs. año.



(Peksa, 2012)

Los precios de la goma guar han aumentado en un 500% desde noviembre de 2011. Otra problemática es el alza de costos de exportaciones de esta goma, ya que es mayor que la cantidad de goma guar producida en India. (Subramani, 2012)

El precio actual de la goma guar se encuentra aproximadamente en \$20/kg, a lo que la industria de alimentos debe estar dispuesta a pagar, sin exceptuar la problemática de la disponibilidad. A esto se deben los estudios realizados por el remplazo de la goma guar tanto en aplicaciones alimentarias como industriales. Muchos usuarios de la goma guar han optado por disminuir la dosis hasta eliminarla completamente. (Seisun, 2012).

IV. JUSTIFICACIÓN

La goma guar es un polisacárido utilizado como agente espesante en sistemas acuosos. Sus mayores productores son India y Pakistán (Alimentarios y Técnica). Esta goma antiguamente estaba a disposición de la industria de alimentos a precios rentables, sin embargo, en los últimos años ha aumentado la demanda del hidrocoloide por parte de la industria petrolera. Esta alta demanda ha causado inestabilidad en los precios y menor disponibilidad. Anteriormente los precios de la goma guar se encontraba por US\$ 2.00/kg a lo que actualmente se encuentran alrededor de US\$ 20.00/kg (IMR, 2011). Una solución al alza de los precios de la goma guar es la sustitución de la goma guar por otro tipo de hidrocoloides.

La goma tara tiene el mismo origen de la goma guar, semillas de leguminosas, por lo que tiene una estructura muy similar y el comportamiento de dichas gomitas es muy parecido. La goma tara es un producto nuevo en el mercado de la industria de alimentos ya que recientemente fue aceptada como segura para su utilización. Sin embargo presenta una mayor disponibilidad así como de accesibilidad ya que su precio se encuentra alrededor de US\$6.00/kg y se ha mantenido estable durante los últimos años. Lo que representa una opción viable para la sustitución de la goma guar.

Uno de los aditivos con mayor venta en la industria panadera y heladera es la goma guar. La cual ha tenido un alza en su precio y baja disponibilidad, como ya se mencionó anteriormente. Con este trabajo de graduación se desea evaluar a la goma tara como un sustituto de la goma guar en dichas aplicaciones. Con el fin de tener una mejor funcionalidad del producto, y a la vez la reducción de costos y mayor disponibilidad de la materia prima. Por otro lado, se espera que a partir de este estudio se pueda potencializar el uso de la goma tara ya que es una materia prima relativamente nueva.

Para ello se realizaron los productos, tanto el pan de molde como el helado de agua, a los que se les agregara como estabilizante goma guar y goma tara, respectivamente. Estos se compararon entre sí y contra un control, el cual no contenía estabilizante. Se determinó la dosis adecuada de aplicación de la goma tara para que tenga su mayor aporte en las

características de cada producto. Por último, se buscará determinar las mejoras o desmejoras que pueda presentar esta goma en comparación de la goma guar en el pan de molde como helados de agua.

V. OBJETIVOS

A. General

1. Evaluar la funcionalidad de la goma tara y compararla con la goma guar en pan de molde y helado de agua.

B. Específicos

1. Evaluar la dosis adecuada de la goma tara para hacer recomendaciones sobre su aplicación.
2. Evaluar las siguientes características de los productos obtenidos (pan de molde y helado a base de agua) por la adición de las gomas:
 - a. Características fisicoquímicas
 - b. Características organolépticas
 - c. Costo

VI. METODOLOGÍA

A. Preparación de productos finales

1. Preparación y evaluación de pan con goma tara y goma guar

a. Formulación de la dosis requerida de goma guar y tres distintas dosis de goma tara. Se inició el trabajo a partir de una formulación base, la cual se utilizó debido a que es la recomendada y aceptable para el mercado objetivo. El diseño del experimento incluyó una formulación base sin gomas, la formulación base con el nivel recomendado de goma guar, y tres niveles a evaluar de goma tara. Dichas formulaciones se trabajaron en duplicado. Estas se presentan a continuación.

Tabla 2: Formulaciones de pan de molde en gramos.

Ingredientes	Tratamientos									
	A (Sin goma)		B (Goma guar 0.10%)		C (Goma Tara 0.10%)		D (Goma Tara 0.15%)		E (Goma Tara 0.20%)	
	Esponja	Re- Fresco	Esponja	Re- Fresco	Esponja	Re- fresco	Esponja	Re- fresco	Esponja	Re. fresco
Harina (g)	650	350	650	350	650	350	650	350	650	350
Agua (g)	400	240	400	240	400	240	400	240	400	240
Lavadura (g)	20		20		20		20		20	
Alimento para levadura (g)	0.5		0.5		0.5		0.5		0.5	
Azúcar (g)		60		60		60		60		60
Manteca (g)		35		35		35		35		35
Lecitina de soya (g)		3.0		3.0		3.0		3.0		3.0
Propionato de calcio (g)		2.0		2.0		2.0		2.0		2.0
Goma (g)		0		1.0		1.0		1.5		2.0

b. Procedimiento de preparación. La preparación del pan de molde se basó en dos etapas, la preparación de la esponja y del refresco. Se siguió el procedimiento detallado por Serna, 2003, presentado a continuación:

1. Preparación de esponja:
 - a. Pesar los ingredientes y amasar por aproximadamente 3 minutos.
 - b. Dejar en reposo por 2.5 horas a 28°C.
2. Mezclar los ingredientes del refresco con la esponja.
3. Amasar hasta desarrollar el gluten (2 a 2.5 minutos).
4. Dejar en reposo por 1 hora de 28 a 30°C en cuarto de fermentación.
5. Estirar la masa, formar un enrollado.
6. Tapar la masa con un paño y dejar fermentar por 15 minutos.
7. Volver a estirar la masa y formar un enrollado, para darle la forma de rectángulo y colocarlo en un molde previamente engrasado.
8. Dejar fermentar por 30 minutos.
9. Calentar previamente el horno a 200°C.
10. Hornear masa durante 25 minutos a 200°C. (Serna, 2003)

c. Evaluaciones

1) Evaluación de propiedades físicas

a.) *Peso, Volumen y Densidad.* Se realizó siguiendo el Método 10-05 de la AACCC. (Galindo, 2011)

b.) *Medición de altura.* Esta se determinó según el procedimiento establecido por Serna, 2003. Éste se detalla a continuación:

- Penetrar con un palillo de madera en la parte central del pan hasta el fondo, en las siguientes etapas:
 - Masa final antes de entrar al horno
 - Pan luego de salir del horno
 - Pan frío
- Marcar con una línea la altura del pan.
- Medir con una regla la altura del pan. (Serna, 2003)

c.) *Análisis de miga del pan.* Se determinó la cantidad de áreas oscuras (posos del pan) en una copia de una rodaja de pan. Esta medición se realizó en 1 cm² de la copia. Se comparó la formación de agujeros, coloración interior, color de corteza, contraste de áreas oscuras y claras de la corteza, deformaciones, roturas en corteza. (Quaglia, 1991)

d. Evaluación de propiedades funcionales y reológicas

1) Peso neto del pan. Se determinó el peso neto de una rodaja de pan durante 1, 4, 8, y 12 días después de su elaboración. Se utilizó una balanza analítica marca KILO TECH modelo KPC 461-3K . Se siguió el procedimiento establecido por Serna, 2003.

2) Porcentaje de humedad (1, 4, 8 y 12 días). Se determinó el porcentaje de humedad durante 1, 4, 8, y 12 días después de su elaboración. Esta medición se realizó con la balanza de humedad marca RADWAG modelo MAC 50/1.

3) Actividad de agua (1, 4, 8 y 12 días). Se determinó la actividad de agua del durante 1, 4, 8, y 12 días después de su elaboración. Esta medición se realizó con la balanza de actividad de agua marca Aqualab modelo Serie 3.

4) Análisis de dureza de la miga. Esta medición se realizó con un penetrómetro en una rodaja de pan de 1 pulgada de ancho. Se aplicó un peso determinado, contabilizando la distancia penetrada por dicho peso. Se realizó durante 1, 4, 8 y 12 días después de la elaboración del pan.

5) Dureza de la costra del pan. Esta medición se realizó con un penetrómetro de marca sobre la corteza del pan. Se aplicó un peso determinado, contabilizando la distancia penetrada por dicho peso. Se realizó durante 1, 4, 8 y 12 días después de la elaboración del pan. (Barcenás, 2003)

e. Análisis sensorial (Prueba dúo- trío). Se trabajó una prueba dúo-trío con un panel entrenado de 9 personas, determinando si los panelistas detectan o no si existe diferencia entre un producto de referencia con goma guar a una concentración de 0.10% y

cada muestra con goma tara a concentraciones de 0.10, 0.15 y 0.2%, respectivamente. La boleta de evaluación se muestra en anexos.

Para la evaluación se sirvieron muestras de 4g de pan de molde. A cada panelista se le entregaron tres muestras, una de referencia marcada con la letra R y que correspondía a la formulación con goma guar. Las otras dos muestras fueron codificadas con números aleatorios de dos dígitos, entre ellas había una idéntica a la de la referencia y la otra diferente (ver anexo). Los panelistas seleccionaron aquella que por sus características sensoriales, fuera igual a la de la referencia, indicando las razones que los llevaron a tomar su decisión. Las tres muestras se presentaron al mismo tiempo ya que la evaluación no provocaba fatiga.

2. Preparación y evaluación de helado a base de agua con goma tara y goma guar

a. Formulación de la dosis requerida de goma guar y tres distintas dosis de goma tara. Se inició el trabajo a partir de una formulación base, la cual se utilizó debido a que es la recomendada y aceptable para el mercado objetivo. El diseño del experimento incluyó una formulación base sin gomas, la formulación base con el nivel recomendado de goma guar, y tres niveles a evaluar de goma tara. Dichas formulaciones se trabajaron en duplicado. Estas se presentan a continuación.

Tabla 3: Formulaciones de helados de agua en porcentajes (%).

Ingredientes	Tratamientos				
	<i>A</i> (Sin goma)	<i>B</i> (Goma guar 0.10%)	<i>C</i> (Goma Tara 0.10%)	<i>D</i> (Goma Tara 0.15%)	<i>E</i> (Goma Tara 0.30%)
Agua	54.16	54.16	54.16	54.16	54.16
Glucosa	15	15	15	15	15
Fructosa 42%	10	10	10	10	10
Azúcar	15	15	15	15	15
Ácido cítrico	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Ácido málico	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Sorbato de Potasio	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Benzoato de sodio	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Rojo # 2	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
Rosado # 3	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Sabor en polvo de Fresa	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Sabor en polvo de Ponche de frutas	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Goma	0	0.10	0.10	0.15	0.20

b. Procedimiento de elaboración del helado. Se siguió el siguiente procedimiento:

1. Pesar todos los ingredientes por aparte.
2. Mezclar el azúcar con la goma.
3. Calentar el agua, con la glucosa y fructosa en un recipiente a 45 °C.
4. Agregar la mezcla de azúcar con goma al agua poco a poco, hasta que se disuelva completamente.
5. Agregar los demás ingredientes, previamente mezclados y disolver.
6. Congelar y batir en la maquina heladera marca Cussinart por 45 minutos.
7. Envasar y almacenar a una temperatura de -13°C.

c. Evaluaciones

1) Evaluación de propiedades fisicoquímicas.

a.) *pH*. Se utilizó un potenciómetro marca HANNA Instruments modelo HI255, utilizando el método del CAA, Tomo II, 13.10.

b.) *Viscosidad*. Se tomó con un Viscosímetro de Brookfield modelo LVTII, la medida se tomó a 250 mL de la mezcla de helado a temperatura ambiente. Se utilizó la aguja No. 4 con una velocidad de 20 rpm. La viscosidad aparente se calculó de acuerdo al manual del Viscosímetro de Brookfield.

2) Evaluación de propiedades funcionales y reológicas

a.) *Tiempo de disolución de la goma*. Se comparó el tiempo de disolución de las gomas en el jarabe de helado. Se determinó con la premezcla de la goma en estudio con el azúcar de la formulación. El tiempo se tomó con un crónometro, desde que esta se adicionaba a la mezcla hasta que no se presentaran grumos.

b.) *Habilidad de batido (Overrun)*. Se midió la habilidad de batido de cada muestra de helado por la comparación entre el volumen inicial de la mezcla de helado y el volumen final del helado ya congelado. Este se calculó por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de aireación} = \left(\frac{\text{Volumen del helado procesado} - \text{volumen de la mezcla}}{\text{volumen de la mezcla}} \right) * 100$$

(Villacís, 2010)

c.) *Tiempo de caída de primera gota y tasa de derretimiento*. Se determinó de acuerdo al estudio realizado por Villacís. (Villacís, 2010) Para esto se determinó cuantitativamente la cantidad de masa de helado que se derrite durante 40 minutos a exposición a temperatura ambiente, de una bola de helado de 50g. Reportando el tiempo de caída de la primera gota, así como la velocidad de derretimiento (mL/seg.). (Villacís, 2010)

d.) *Evaluación de la firmeza del helado durante el tiempo (1, 2, 3 y 4 semanas)*. Se determinó como la distancia penetrada por un peso específico

con un penetrometro marca. Esta medición se realizó al helado en las semanas después de su elaboración 1,2, 3 y 4 semanas.

e.) *Análisis sensorial (Prueba Dúo- Trío).* Se trabajó una prueba dúo-trío con un panel entrenado de 9 personas, determinando si los panelistas detectan o no si existe diferencia entre un producto de referencia con goma guar a una concentración de 0.15% y cada muestra con goma tara a concentraciones de 0.10, 0.15 y 0.2%, respectivamente. La boleta de evaluación se muestra en anexos.

Para la evaluación se sirvieron muestras de 10g de helado. A cada panelista se le entregaron tres muestras, una de referencia marcada con la letra R y que correspondía a la formulación con goma guar. Las otras dos muestras fueron codificadas con números aleatorios de dos dígitos, entre ellas había una idéntica a la de la referencia y la otra diferente (ver anexo). Los panelistas seleccionaron aquella que por sus características sensoriales, fuera igual a la de la referencia, indicando las razones que los llevaron a tomar su decisión. Las tres muestras se presentaron al mismo tiempo ya que la evaluación no provocaba fatiga

3. Análisis estadístico. Se realizó por medio de un análisis de varianza de comparación de varias variables. Para esto se utilizó el programa Statgraphics Centurion XVI Versión 16.1.17 (32 bits). Los resultados de cada comparación se muestran en anexos.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El objetivo principal de este trabajo de graduación era evaluar la funcionalidad de la goma tara con respecto a la goma guar en pan de molde y helado de agua. Para esto se realizaron dichos productos, con diferentes formulaciones, variando el contenido de la goma tara y comparándola con un control (sin gomas) y un producto con goma guar a la dosis recomendada para cada aplicación.

A. PAN

1. Formulación y elaboración del pan de molde. La formulación del pan de molde se basó en un proceso industrial. Se realizaron cinco distintas formulaciones donde solamente se varió el contenido del hidrocólide con el fin de evaluar su funcionalidad en el pan. Se trabajó con una muestra control (A), sin gomas. Por otro lado se preparó una muestra de referencia (B), la cual contenía 0.10% de goma guar. Las muestras con goma tara a evaluar y comparar con la muestra de referencia fueron tres, la primera (C) con un 0.10% de goma tara, la segunda (D) con 0.15% de goma tara y la tercera (E) con 0.20% de goma tara. Además se tuvo en cuenta la apariencia y capacidad de manipulación de las masas al prepararlas.

2. Resultados de análisis fisicoquímicos del pan. El análisis de las propiedades físicas del pan permite determinar si todas las formulaciones cumplen con las mismas características y observar si existen cambios en la producción de cada pan. También se pudo determinar el efecto de los hidrocólidos en el pan a las distintas concentraciones así como comparar cuál de las formulaciones iguales y mejores características fisicoquímicas y sensoriales comparadas con la muestra de referencia con goma guar. A continuación se presentan los resultados y análisis de dicho estudio fisicoquímico.

a. Análisis de densidad del pan. El efecto de los hidrocólidos en las masas y en el producto final se puede ver reflejado en el análisis de densidad del pan. Esta característica puede afectar a la su calidad ya que determina la capacidad de aireamiento de

la masa así como la esponjosidad de estos. En la tabla No. 4 se pueden observar los resultados obtenidos.

Tabla 4: Densidad de la hogaza de pan en las distintas formulaciones con gomas.

<i>PAN (Tratamiento)</i>	<i>DENSIDAD MEDIA</i> <i>± DESVIACIÓN ESTÁNDAR</i> <i>(g/cm³)</i>
A (Control)	0.34 ± 0.06
B (0.10% goma guar)	0.31 ± 0.02
C (0.10% goma tara)	0.23 ± 0.01
D (0.15% goma tara)	0.16 ± 0.01
E (0.20% goma tara)	0.11 ± 0.01

El pan que se formula es un pan comercial tipo popular por lo que un aumento en el rendimiento es importante. Con estos resultados se puede ver que la densidad de los panes con hidocoloides es menor que el pan control, teniendo un efecto positivo en la adición de estos.

El aumento en el volumen se debe al aumento en la extensibilidad de la masas por lo que ésta en el proceso de horneado tiene una mayor capacidad de retención de gases producidos, aumentando así su rendimiento.

Con los resultados de la Tabla No. 4 se puede ver que el pan que tiene una mayor suavidad, la cual está relacionada inversamente con la densidad, es el pan E. Dicho pan contiene una concentración de 0.2% de goma tara, seguido con el D con 0.15% de goma tara. En cuanto, al pan como goma guar (B) se puede ver que tiene una densidad mayor a los panes con goma tara. En cuanto al análisis estadístico, no se encontró alguna diferencia significativa ($P > 0.05$) entre el pan con goma guar y los panes con goma tara.

b. Análisis de altura final del pan. La medición de la altura del pan se tomó como un control del proceso, así como para evaluar la retención de aire y elasticidad de la masa por medio del resorteo de la masa. El resorteo de la masa se puede determinar por medio de la altura que disminuye el pan al ser enfriado. En la Tabla No. 5 se puede ver que el pan que logró alcanzar una mayor altura durante la fermentación, después del horneado y al enfriar fue el D seguido por el pan E. Estos dos contenían goma tara en una

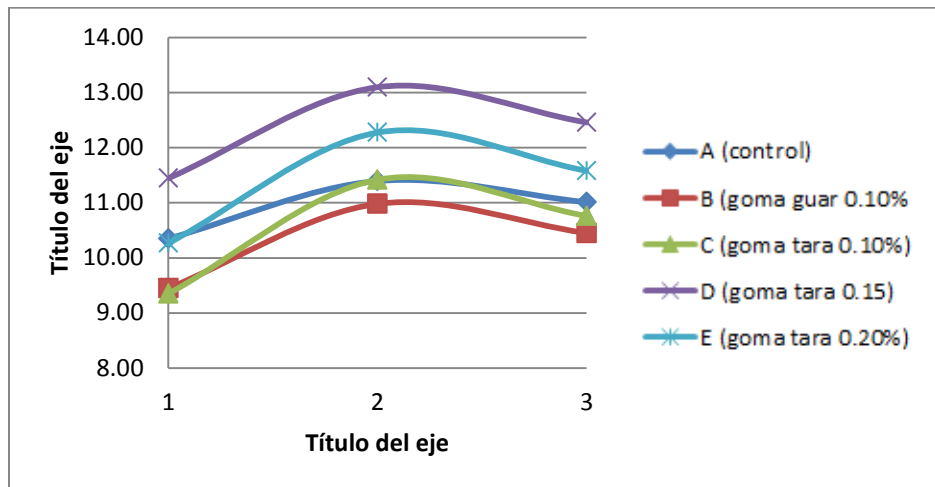
concentración de 0.15% y 0.10% respectivamente. Por otro lado, se puede ver que los panes que contenían goma guar (B) y goma tara (C) a la misma concentración tienen una altura muy parecida en todas las etapas. En cuanto al análisis estadístico, no se encontró alguna diferencia significativa ($P > 0.05$) entre el pan con goma guar y los panes con goma tara.

Tabla 5: Altura de la masa previa a horneado, después de horneado y al enfriarse.

<i>PAN (Tratamiento)</i>	<i>MEDICIÓN*</i>	<i>ALTURA MEDIA ± DESVIACIÓN ESTANDAR (cm)*</i>
A (Control)	<i>1</i>	9.4 ± 0.21
	<i>2</i>	10.40 ± 0.49
	<i>3</i>	10.01 ± 0.21
B (0.10% goma guar)	<i>1</i>	9.45 ± 0.64
	<i>2</i>	10.98 ± 0.42
	<i>3</i>	10.45 ± 0.04
C (0.10% goma tara)	<i>1</i>	9.35 ± 0.21
	<i>2</i>	11.42 ± 0.79
	<i>3</i>	10.76 ± 0.85
D (0.15% goma tara)	<i>1</i>	11.5 ± 1.05
	<i>2</i>	13.10 ± 0.23
	<i>3</i>	12.46 ± 0.40
E (0.20% goma tara)	<i>1</i>	10.3 ± 0.07
	<i>2</i>	12.27 ± 1.36
	<i>3</i>	11.58 ± 1.91

*La altura se tomó en tres puntos: 1(antes de horneado), 2 (después de horneado) y 3 (frío).

Gráfica 2: Altura de la masa previa a horneado, después de horneado y al enfriarse.



*La medida corresponde al tiempo en que se tomó la altura estos son: 1 (antes de horneado), 2 (después de horneado) y 3 (frío).

Al evaluar la capacidad de resorteo se tiene que el pan que tiene una mayor capacidad de resorteo es el pan que pierde menos altura al enfriarse. Se puede ver que el pan que tuvo una mayor capacidad de resorteo es el pan sin gomas. Seguido por el pan con goma guar al 0.10%, y teniendo una mayor pérdida de altura en los panes con goma tara. Sin embargo, es notable mediante la Gráfica No.2, que aunque se tenga una menor capacidad de resorteo con los panes con goma tara D y E, estos tienen una mayor altura, esto se debe a su capacidad de flexibilidad para poder retener el aire producido durante el horneado y la fermentación. Por otro lado, se debe comparar que al aplicar la misma concentración (0.10%) de goma tara y goma guar, respectivamente, se tiene una mayor altura en el pan con goma guar, como es el caso del pan C al compararlo con el pan B. Sin embargo, esta diferencia no es significativa ($P > 0.05$). Con esta evaluación se puede ver que el pan con goma tara adicionada en una concentración de 0.15% tiene una mejor funcionalidad en cuanto a aumentar la altura del pan contra el pan ya que todas las muestras tuvieron el mismo peso. Sin embargo, en esta prueba es probable que se haya producido error en la preparación de la masa, debido a la temperatura y tiempos de fermentación así como el proceso de amasado ya que estos pudieron ser variados al no tener un proceso automatizado donde no se tuviera intervención manual.

c. Análisis de miga del pan. Se realizó un análisis de la miga de pan, por medio de un análisis de miga. Con este análisis se cuantificaron la cantidad de agujeros negros en un área de 1 cm² de una rodaja de cada pan. Al determinar los agujeros grandes en esta área se puede determinar si existe algún defecto en la masa de pan. Estos agujeros se ven afectados por la expansión de la masa durante el horneado, por lo que también se ven afectados por la flexibilidad y extensibilidad de ésta. El tamaño de la miga también es un aspecto muy importante a analizar. Con los resultados de la Tabla No. 6, se puede ver que el aspecto de la miga mejora al adicionar hidrocoloides a la masa, ya que la cantidad de agujeros grandes por centímetro cuadrado disminuye en una cantidad significativa. Es importante aclarar que para este análisis, se tomó como agujeros negros los poros que tuvieran una coloración negra.

Tabla 6: Agujeros negros en hogaza del pan de molde.

<i>PAN</i>	<i>MEDIA DE AGUJEROS NEGROS ± DESVIACIÓN ESTÁNDAR (/cm²)</i>
A (Control)	29.0 ±0.41
B (0.10% goma guar)	8.50 ±0.71
C (0.10% goma tara)	10.5 ±0.71
D (0.15% goma tara)	6.21±0.77
E (0.20% goma tara)	8.25±0.35

Se observó que la cantidad de agujeros negros es menor en el pan D, seguido del pan E. En cuanto al pan de referencia con goma guar al 0.10%, se puede ver que se encuentra entre la cantidad de agujeros negros del pan D y E. Entre los panes con hidrocoloides que tuvieron una mayor cantidad de agujeros es el pan C, que contiene una concentración de 0.10% de goma tara. Al evaluar cualitativamente las rodajas de cada pan (Ver anexos), se puede observar que el pan control (A), tiene una mayor cantidad de agujeros grandes y menor uniformidad de miga. En cambio, la miga del pan con goma guar al 0.10% (B), tiene una mayor uniformidad de miga y menor cantidad de poros. Por otro lado, entre los panes con goma tara se puede ver que existe una mejora en la miga con la formulación D, seguida por la E y por último por la C. Se puede ver que la el perfil de miga del pan con una concentración de 0.15% de goma tara (D), es muy parecido al de la goma guar. En cuanto

al análisis estadístico, no se encontró alguna diferencia significativa ($P>0.05$) entre el pan con goma guar y los panes con goma tara.

3. Evaluación de propiedades reológicas

a. Evaluación de humedad, dureza y actividad de agua en el pan. Uno de los análisis más importantes de este estudio es el comportamiento de los panes durante el tiempo de su vida de anaquel. Dichos análisis se ven estrechamente relacionados con la pérdida de humedad y actividad del agua del pan. Estos análisis también se realizaron para evaluar la funcionalidad e la adición de gomas al pan para retardar su envejecimiento por medio de la pérdida de humedad, así como para comparar la funcionalidad de la goma tara contra la de la goma guar. Para evaluar estas características se evaluaron tres aspectos importantes: La pérdida de peso del pan, el cambio de la humedad interna del pan, y el cambio de la actividad de agua interna del pan.

Gráfica 3: Pérdida de peso del pan durante su almacenamiento.

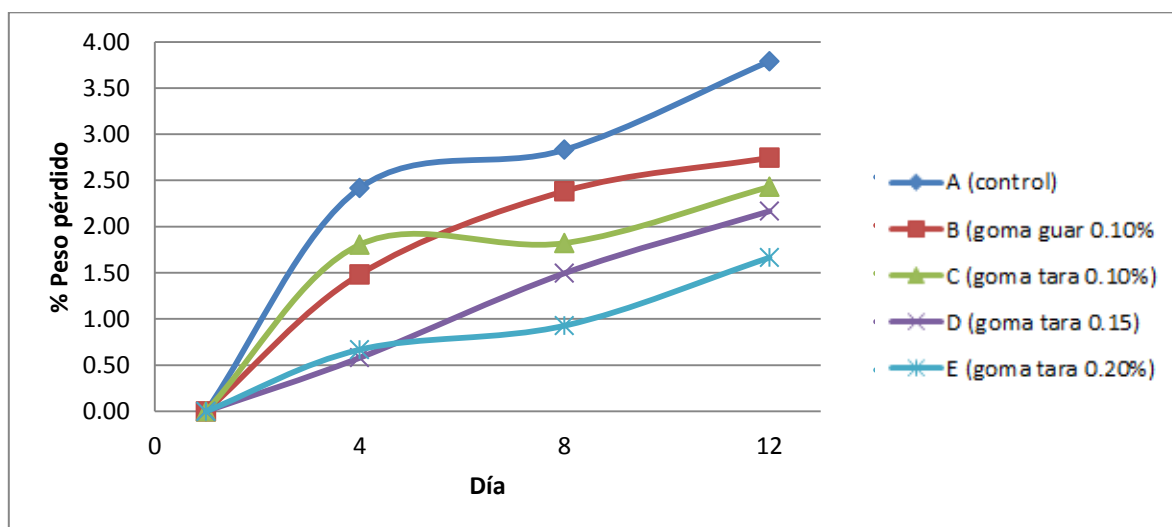


Tabla 7: Pérdida de peso del pan durante su almacenamiento

DÍA	PAN (tratamiento)				
	A (control)	B (goma guar 0.10%)	C (goma tara 0.10%)	D (goma tara 0.15%)	E (goma tara 0.20%)
1	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
4	2.42%	1.48%	1.80%	1.41%	1.21%
8	2.83%	2.38%	1.82%	2.32%	1.54%
12	3.79%	2.75%	2.43%	3.63%	4.62%

En cuanto a la pérdida de peso, se puede observar en la Gráfica No. 3 y en la Tabla No. 7, que los panes con las 5 formulaciones tienden a aumentar la pérdida de peso durante su almacenamiento, y esta aumenta en los últimos días de su vida de anaquel. La pérdida de peso se relaciona directamente con la pérdida de agua y endurecimiento del pan. Por medio de este ensayo se puede ver que el pan que tiende a retener menos su peso, es el pan control, seguido por el pan con goma guar. Se puede ver que la velocidad de la pérdida de peso aumenta conforme el tiempo. Se puede ver que los panes con goma tara tienen una mejor retención de peso que el pan con goma guar, sin embargo no existe una diferencia significativa entre la pérdida de peso entre el pan con goma guar y los tres diferentes panes con goma tara ($P>0.05$).

Gráfica 4: Comportamiento de la humedad interna del pan durante el tiempo.

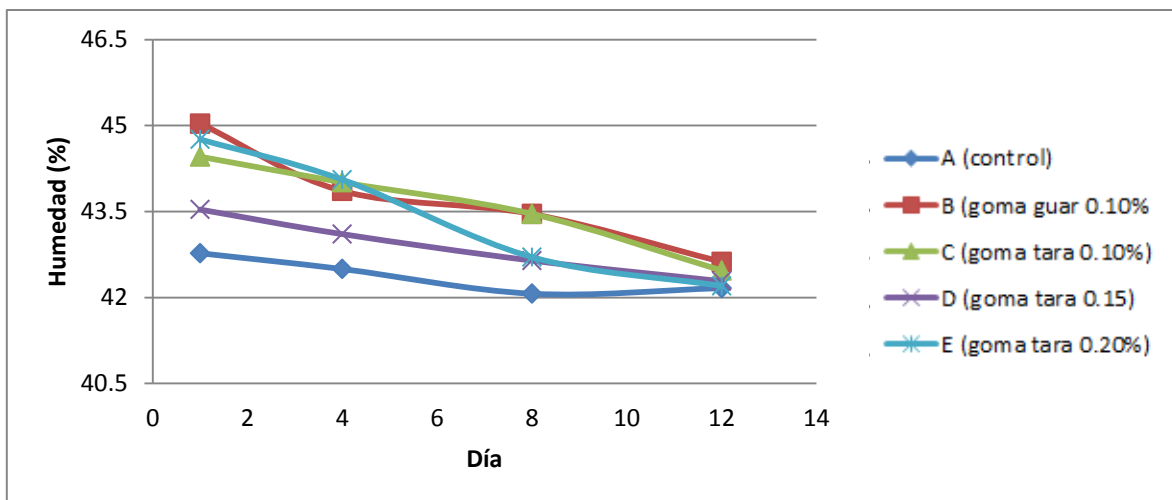


Tabla 8: Humedad del pan durante su almacenamiento.

DÍA	PAN (tratamiento)				
	A (control)	B (goma guar 0.10%)	C (goma tara 0.10%)	D (goma tara 0.15%)	E (goma tara 0.20%)
1	42.7726%	45.0335%	44.4567%	43.5346%	44.7586%
4	42.4967%	43.8583%	44.0099%	43.1060%	44.0556%
8	42.0668%	43.4571%	43.4588%	42.6441%	42.7046%
12	42.1639%	42.6223%	42.4715%	42.2845%	42.2017%

En cuanto al análisis de la humedad, se puede ver en la Gráfica No. 4 y en la Tabla No. 8 que todos los panes tienden a perder el mismo contenido de humedad en 12 días, sin embargo la velocidad de esta pérdida es diferente. Primero, se debe analizar la humedad

inicial del pan se puede ver que esta es mayor en el pan que tiene el mayor contenido de goma guar (B), seguido por el pan E (goma tara al 0.20%), luego el pan C (goma tara al 0.10%), seguido por el pan D (goma tara al 0.15%) y por último el control. Se puede ver que hay una diferencia significativa ($P < 0.05$) en el contenido de humedad de los panes con hidrocoloides respecto al control, así como con los panes con goma tara y goma guar a la misma concentración. Se tuvo una mayor humedad y por ende menor dureza con el pan. Por otro lado, se puede ver que durante el tiempo el comportamiento varía entre los tres panes. Se puede ver que el pan con goma tara que tiene un comportamiento al de la goma guar es el pan C (goma tara al 0.1%), ambos tienen una mayor estabilidad en cuanto a la pérdida de humedad durante el día 4 y 8. Es importante resaltar que el pan que luego de los 12 días de almacenamiento obtuvo una mayor humedad es el pan con goma guar al 0.10%. Sin embargo, no existe una diferencia significativa ($P > 0.05$) entre la humedad de los 5 distintos panes en el último día de almacenamiento.

Gráfica 5: Dureza de la miga interior del pan.

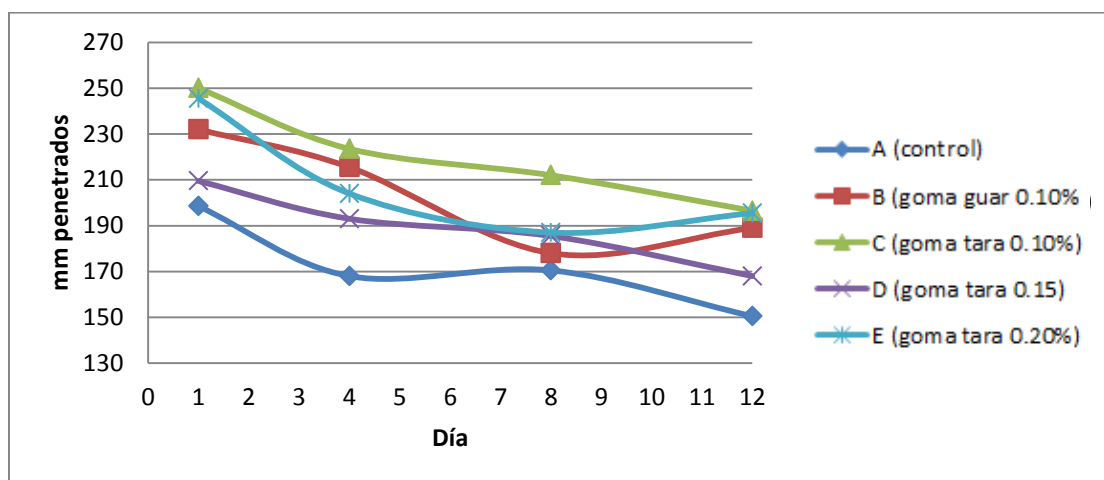


Tabla 9: Dureza de la miga interior del pan.

DÍA	PAN (Tratamiento)				
	A (control)	B (goma guar 0.10%)	C (goma tara 0.10%)	D (goma tara 0.15%)	E (goma tara 0.20%)
1	198.5 mm.	232 mm.	250 mm.	209.5 mm.	245.5 mm.
4	168 mm.	215.5 mm.	223.5 mm.	193 mm.	204 mm.
8	170.5 mm.	178 mm.	212 mm.	185.5 mm.	187 mm.
12	150.5 mm.	189 mm.	196.5 mm.	168 mm.	195.5 mm.

Con respecto a la dureza de los panes se puede ver que aumentó conforme avanzó el tiempo durante su almacenamiento en la Gráfica No.5 y Tabla No.9. La dureza se determinó por medio del penetrometro que indica cuantos milímetros pudo penetrar un peso específico. En este caso se puede ver que el pan que presenta una menor dureza es el pan con goma tara al 0.10%, seguido por el pan con goma tara al 0.20%. Al comparar con el pan que contenía goma guar, los panes anteriormente mencionados, son los que presentan características superiores de suavidad. Este aspecto es muy importante, ya que es uno de los factores más importantes para tomar en cuenta en cuanto a la calidad del pan de molde ya que se desea que tengo una mayor suavidad por más tiempo ya que es un pan industrial que no será consumido el mismo día de su preparación. En cuanto al análisis estadístico no se encontró una diferencia significativa ($P>0.05$) entre el pan de referencia con goma guar y las tres distintas formulaciones con goma tara.

Aparte del análisis de la dureza de la miga interior, también es importante evaluar la dureza de la corteza (Gráfica No. 6 y Tabla No. 10). Se pudo observar que en la mayoría de panes se tiene una disminución en su dureza en los primeros cuatro días, luego esta tiende a descender. Estas variaciones se pueden deber a la migración de agua del interior de la miga del pan hacia el exterior que por ende deben pasar por la corteza del pan. Sin embargo, se puede ver que los panes que tienen una menor dureza en su corteza durante el tiempo es el pan B, seguido por el pan D y C. No se encontró una diferencia significativa ($P>0.05$) entre el pan de referencia con goma guar y los panes con las tres distintas formulaciones con goma tara.

Gráfica 6: Dureza de la corteza del pan.

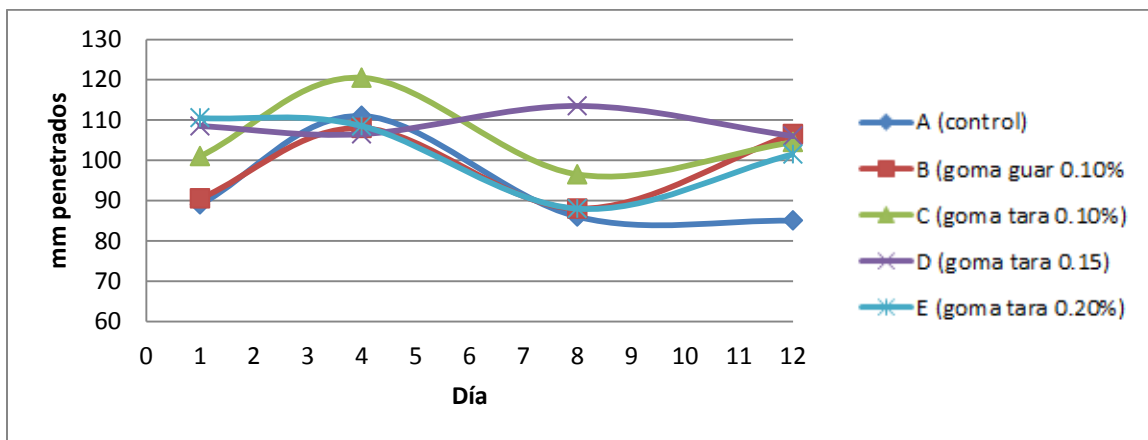


Tabla 10. Dureza de la corteza del pan.

DÍA	PAN (Tratamiento)				
	A (control)	B (goma guar 0.10%)	C (goma tara 0.10%)	D (goma tara 0.15%)	E (goma tara 0.20%)
1	89 mm.	90.5 mm.	101 mm.	108.5 mm.	110.5 mm.
4	111 mm.	108 mm.	120.5 mm.	106.5 mm.	108.5 mm.
8	86 mm.	88 mm.	96.5 mm.	113.5 mm.	88 mm.
12	85 mm.	106.5 mm.	104.5 mm.	106 mm.	101.5 mm.

Gráfica 7: Comportamiento de la actividad de agua del pan durante el tiempo.

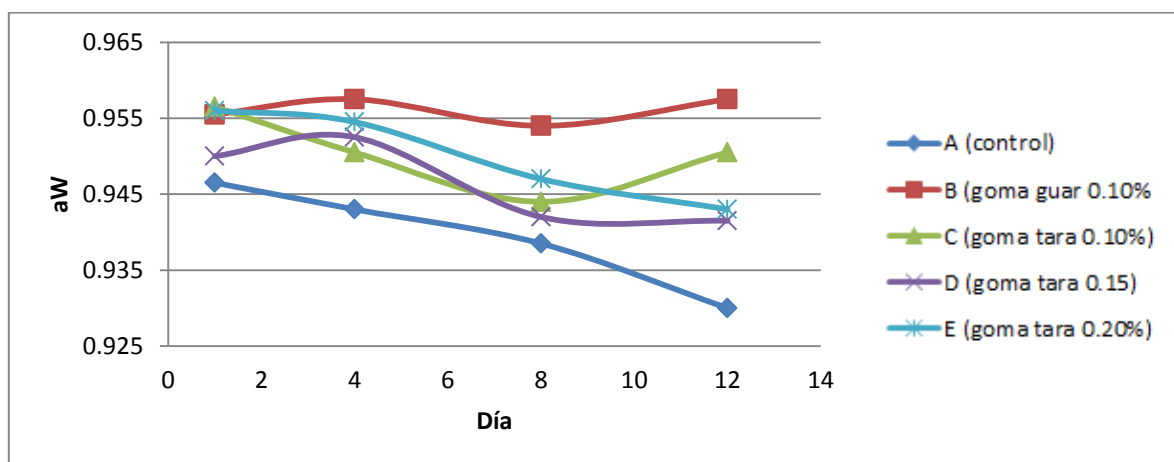


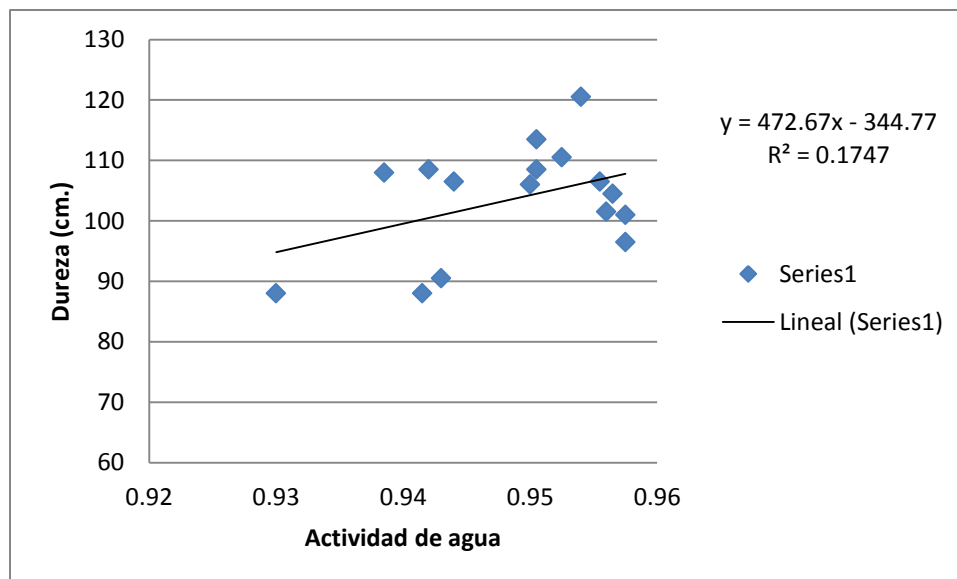
Tabla 11: Actividad de agua del pan durante su almacenamiento.

DÍA	PAN (Tratamiento)				
	A (control)	B (goma guar 0.10%)	C (goma tara 0.10%)	D (goma tara 0.15%)	E (goma tara 0.20%)
1	0.9465	0.9555	0.9565	0.95	0.956
4	0.943	0.9575	0.9505	0.9525	0.9545
8	0.9385	0.954	0.944	0.942	0.947
12	0.93	0.9575	0.9505	0.9415	0.943

La migración de agua hacia el exterior e interior del pan se debe a la relación que hay entre la humedad relativa del ambiente con la actividad de agua de la miga interior del pan. Estos datos se pueden observar en la Gráfica No. 7 y Tabla No. 11 donde se tiene la

actividad de agua de las cinco diferentes formulaciones durante el tiempo de almacenamiento. Se puede observar que la actividad de agua no tiene una tendencia decreciente en todos los panes, sino al contrario, en el pan B, C y D tiende a aumentar en tanto en el día 4 como en el día 12. Esto puede indicar que hubo una migración de humedad del ambiente hacia el pan, lo cual se puede deber por aberturas en el empaque. Sin embargo, este mismo dato coincide con la disminución de la dureza de la corteza en los mismos panes en el mismo tiempo. Al realizar el análisis de correlación de datos, en la Gráfica No.8, se puede ver que tiene un factor de correlación de 0.1774 lo que indica que existe una relación directa entre el la dureza de la corteza del pan y la actividad de agua de este.

Gráfica 8: Correlación de datos entre dureza de corteza y actividad de agua



4. Resultados de evaluación sensorial del pan. Para evaluar si existía una diferencia sensorial entre las formulaciones con goma tara y la muestra con goma guar, se corrió un una prueba dúo. Con esta prueba se indica si los panelistas detectaron o no si existía alguna diferencia sensorial entre la muestra de referencia (pan con goma guar al 0.10%) y la muestra a prueba (panes con goma tara al 0.10%, 0.15% y 0.20, respectivamente). Dicha evaluación se realizó con un panel semi entrenado de 9 personas, a las cuales se les presentaron por cada set tres muestras de pan de molde, teniendo una de referencia y otras dos donde una era igual a la de referencia y la otra la formulación a

evaluar. Se les pidió a los panelistas seleccionar que muestra era igual a la de referencia, indicando las razones por las cuales tomaron su decisión.

Con las Tablas No. 18, 19 y 20 (Anexos), se puede observar el número de aciertos que tuvo cada panelista, así como los comentarios realizados. Al analizar estos datos estadísticamente con por medio de la tabla de significancia para Test Pareada ($p=1/2$), se pudo ver que ninguna de las tres muestras con goma tara presentó una diferencia significativa con respecto a la goma guar ya que para tener una diferencia significativa con un nivel de probabilidad de 5% se debían de tener 8 aciertos. En este caso, se tuvo 4 aciertos en la prueba entre el pan con goma guar al 0.10% contra el pan con goma tara al 0.10%, 5 aciertos entre el pan con goma guar al 0.10% contra el pan con goma tara al 0.15% y 4 aciertos entre el pan con goma guar al 0.10% contra el pan con goma tara al 0.20%. Entre los comentarios en la prueba No. 1, destacaron los comentarios acerca de la esponjosidad y dureza de las muestras señalando a la muestra con goma tara al 0.10% como la menos dura y más esponjosa. Con la prueba No.2, los comentarios con mayor prevalencia fueron acerca de del sabor residual entre la muestra de referencia y el pan con goma guar al 0.15%. Otro comentario muy común fue acerca de la esponjosidad, señalando como más esponjosa a la muestra con goma tara al 0.15%. Por último, en la prueba No. 3 la mayoría de comentarios fueron acerca de la misma diferencia en el sabor residual que presentaban las muestras de referencia con la muestra con goma guar.

5. Comparación de las gomas tara y goma guar como estabilizantes en el pan. Con los distintos análisis que se le realizaron a los panes con las formulaciones se puede ver que el uso de hidrocoloides tiene un efecto positivo en el pan de molde, ya que como se observó aumentan las características de calidad de estos tanto como la altura, densidad, distribución de la miga, pérdida de humedad y actividad de agua. Se pudo observar que los panes con goma tara tanto a una concentración de 0.10% como de 0.15%, tuvieron una mejora en dichas características con respecto al pan con goma guar al 0.10%. siendo superior, en la mayoría de los casos el pan con goma tara al 0.15%. Sin embargo, como el estudio tenía entre sus objetivos encontrar dosis de la goma tara con la cual se presentarían las mismas o mejores funcionalidades en el pan de molde que con la goma guar a una dosis de 0.10% se puede recomendar el uso de la misma proporción de goma tara en el pan. Teniendo una mejora tanto en sus propiedades fisicoquímicas como en las reológicas,

además de mejorar el sabor de esta ya que no se presentará el sabor residual que se presenta con la goma guar. Por otro lado, es de mucha importancia mencionar la disminución de costos de la producción del pan ya que al tener una variación de los precios y disponibilidad de la goma guar se tendrá una disminución del costo de la goma en un 64%, lo que repercute en el costo del producto final disminuyéndolo en un 6% como se muestra en la Tabla No.12.

Tabla 12: Costo de estabilizantes y total de un batch de helado de 100 Kg.

	PAN CON GOMA GUAR 0.10%	PAN CON GOMA TARA 0.10%
COSTO GOMAS	Q 18.00	Q 6.40
COSTO TOTAL	Q 197.30	Q 185.70

Aunque el precio de la goma guar haya disminuido durante el presente año, se tiene como expectativa que este volverá a subir en los próximos meses. Por lo que es de mucha importancia tener alternativas a la goma guar, como en este caso se presenta la goma tara.

B. HELADO

1. Elaboración del helado. Se seleccionó una formulación para helado de agua previamente desarrollada en Distribuidora del Caribe de Guatemala, S.A. Para evaluar las gomas en el helado, se procedió a realizar cuatro variaciones de la fórmula original y se comparó contra ésta. Se trabajó una muestra control (A), la cual se utilizó para evaluar el efecto de los hidrocoloides en la elaboración de helado a base de agua.

Por otro lado, se preparó un helado con una concentración de 0.10% de goma guar (B) la cual se utilizó como referencia. Para evaluar la goma tara contra las muestras anteriores se prepararon tres distintos helados con diferentes concentraciones de goma tara. Las concentraciones utilizadas fueron 0.10% (C), 0.15% (D), y 0.20% (E). La selección de la concentración de las gomas se realizó basándose en la literatura citada anteriormente. Además también se tuvo en cuenta la apariencia y viscosidad de los helados al prepararlos.

La muestra de referencia (B), se reformuló ya que inicialmente se preparó con una concentración de 0.15% de goma guar. Sin embargo, al evaluar las propiedades reológicas

esta muestra presentó una alta viscosidad así como pegajosidad y con una apariencia filante la cual no es la deseada en este tipo de helados. Debido a esto, se procedió a reformular la muestra de referencia disminuyendo la dosis de goma guar a 0.10%, teniendo una mejor apariencia.

Para asegurar que el nivel de acidez, sabor y color de los helados fuera homogéneo se preparó una premezcla de los saborizantes, acidulantes, preservantes y colorantes del helado.

2. Resultados de análisis fisicoquímicos y reológicos del helado. Se determinaron varias mediciones fisicoquímicas de los helados para evaluar tanto su proceso así como para comparar los efectos de los hidrocoloides agregados en cada diferente formulación y poder determinar con la dosificación adecuada de goma tara con la cual se obtienen iguales o mejores características que con la goma guar a una concentración de 0.10%. Las variables que se determinaron fueron el pH y la viscosidad de la mezcla de helado previo a ser procesado en el congelador.

En cuanto, a los valores de pH de las mezclas de helado se puede observar en la Tabla No. 13 que se encuentran en un rango de 4.04 a 4.21. Siendo muy homogéneo en todas las mezclas de helado, sin presentar alguna diferencia significativa ($P > 0.05$) entre el pH de la mezcla de helado sin hidrocoloides (A) y las que los contienen (B, C, D, E). La determinación del pH, además de verificar una estandarización en el proceso nos permite asegurarnos que las gomas agregadas en cada helado se encontraban en un rango óptimo de acidez para ejercer sus propiedades en la mezcla. Los datos obtenidos son congruentes ya que se trata de gomas neutras.

Tabla 13: pH de las mezclas de helado.

HELADO (tratamiento)	pH MEDIO \pm DESVIACIÓN ESTÁNDAR
A (control)	4.04 \pm 0.007
B (goma guar 0.10%)	4.21 \pm 0.064
C (goma tara 0.10%)	4.16 \pm 0.028
D (goma tara 0.15)	4.15 \pm 0.021
E (goma tara 0.20%)	4.16 \pm 0.057

La determinación de las viscosidades de las mezclas es una medición clave que ayuda a explicar el comportamiento de cada helado al ser congelado. Además se pueden observar las diferencias físicas que se presentan al variar la presencia de la goma guar en el helado con la de la goma tara a diversas concentraciones. Al analizar los datos estadísticamente, se puede ver que existe una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre las viscosidades de las mezclas con hidrocoloides que con la muestra control (A). El incremento de la viscosidad es dependiente de la concentración del hidrocoloides que contenga la mezcla, esta aumenta si la concentración es mayor.

Tabla 14: Viscosidad de las mezclas de helado.

HELADO (tratamiento)	VISCOSIDAD \pm DESVIACIÓN ESTÁNDAR (cps)
A (control)	11.25 \pm 0.35
B (goma guar 0.10%)	49.3 \pm 0.145
C (goma tara 0.10%)	30.5 \pm 0.283
D (goma tara 0.15)	48.0 \pm 0.141
E (goma tara 0.20%)	153.2 \pm 0.173

En el caso de la mezcla de helado con goma guar al 0.10%, presenta una mayor viscosidad que la mezcla con goma tara a la misma concentración. La mezcla con goma tara al 0.15% tiene una viscosidad muy parecida a la muestra con goma guar, teniendo una leve diferencia entre sus viscosidades sin presentar alguna diferencia significativa ($P > 0.05$) entre ellas. Por último, la mezcla con 0.20% de goma tara tiene un mayor aumento en su viscosidad siendo la mezcla con mayor resistencia a fluir. Esta característica se ve directamente relacionada con la capacidad de retención de agua de las moléculas de los hidrocoloides, con lo que se puede ver que la goma guar tiene una mayor retención de agua y capacidad de aumentar la viscosidad de la mezcla que la goma tara a la misma concentración; dicha relación se debe a la solubilidad de dichas gomas a temperatura ambiente ya que la goma guar es 100% soluble a temperatura ambiente mientras que la goma tara tiene una solubilidad a la misma temperatura de 80%.

3. Análisis funcional del helado. Se evaluaron cinco distintos parámetros de los helados ya procesados con el fin de evaluar el comportamiento de las gomas utilizadas en cada mezcla así como para compararlas entre ellas y definir la similitud que pueda existir

entre la muestra de referencia (B) y los helados con goma tara (C, D y E). Para esto se procedió a analizar las propiedades de disolución de las gomas, así como la resistencia al derretimiento de cada helado y su comportamiento durante un período de cuatro semanas.

a. Tiempo de disolución de las gomas. En este análisis se evaluó el tiempo que se tomó cada goma a las concentraciones utilizadas en disolverse en el agua, para esto se tomó el tiempo desde que esta se agregó a la mezcla hasta que no se presentaran grumos. Para estandarizar el proceso de agitación, se utilizó una estufa magnética con agitador a una velocidad determinada. La goma guar a una concentración de 0.10% fue la que tomó menos tiempo en disolverse (2.48 min) seguido por la mezcla C, D y E, tal como se muestra en la Tabla No. 15.

Tabla 15: Tiempo de disolución de las gomas.

HELADO (tratamiento)	TIEMPO ± DESVIACIÓN ESTÁNDAR (min.)
A (control)	N/A
B (goma guar 0.10%)	2.48 ± 0.024
C (goma tara 0.10%)	2.66 ± 0.035
D (goma tara 0.15)	2.76 ± 0.012
E (goma tara 0.20%)	2.89 ± 0.012

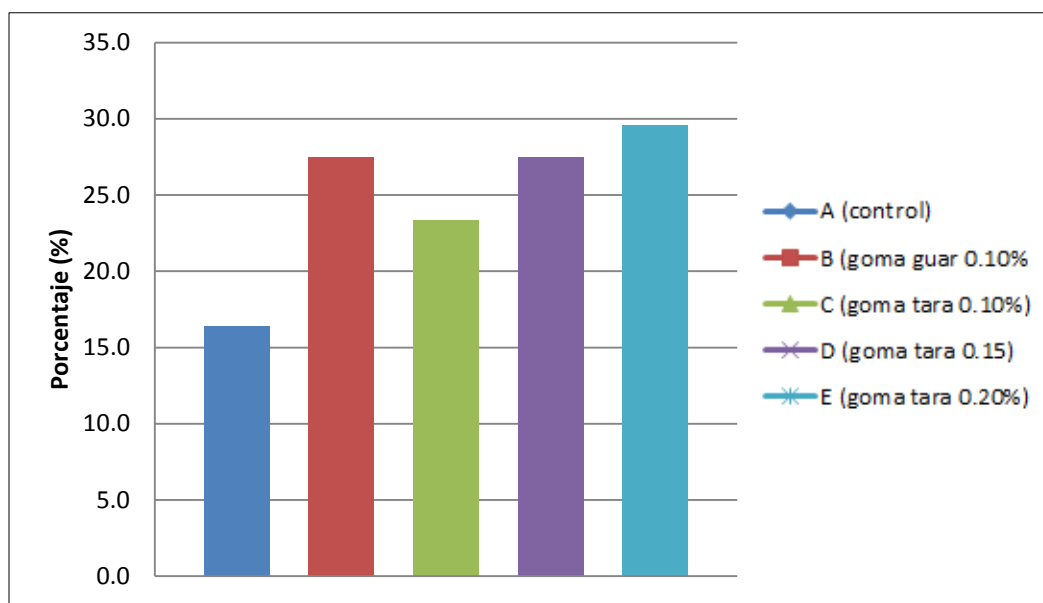
Como se puede observar en la tabla anterior, el tiempo de disolución de la goma tara aumenta conforme la concentración de esta es mayor. Por lo que se puede comprobar que existe una relación directa entre estas dos variables (concentración y tiempo). El aumento en el tiempo de disolución de la goma tara contra el de la goma guar, puede presentar una desventaja en cuanto al proceso de la elaboración de los helados industrialmente ya que se requerirá de un mayor tiempo de mezclado lo que puede inferir tanto en costos como en tiempo de proceso. Sin embargo, en este caso no se presenta una diferencia significativa ($P > 0.05$) entre dichos tiempos por lo que dichos cambios en el proceso no son necesarios.

b. Habilidad de batido (“Overrun”). Otra variable a determinar en los helados formulados, fue la capacidad de batido o de incorporación de aire a la mezcla. Aunque el helado no presentará proteínas, las cuales son las más implicadas en este proceso, se contaba con la presencia de hidrocoloides. A los cuales se les atribuye la

capacidad de aumentar la retención de aire en la mezcla por lo que aumentan el rendimiento de cada helado.

En la Gráfica No. 9, se pueden observar el “overrun” presentado en cada helado, este determina el porcentaje de aire incorporado a la mezcla final. Se puede ver que este valor aumentó en las muestras que contenían hidrocoloides con respecto al control. Con lo que se puede afirmar que el uso de hidrocoloides en este tipo de helados ayuda a aumentar su capacidad de batido, lo que infiere tanto en su rendimiento como en su textura final. El mayor “overrun” se obtuvo en la muestra E (29.58%), seguido por la B (27.50%) y D (27.50%), C (23.33%) y por último la A (16.4%). Se puede ver que la muestra con goma guar presentó un mayor porcentaje de incorporación de aire que el de la goma tara a la misma concentración, éste sólo llega a ser mayor al doblar su concentración a 0.2%. Se puede ver que al sustituir la goma guar puede disminuir el rendimiento como la apariencia final del producto ya que presenta un menor overrun, sin embargo no existe una diferencia significativa ($P > 0.05$) entre la muestra con goma guar y las que contenían goma tara. Por lo que esta diferencia no afectara en una manera significativa al producto final. Además se puede adecuar el proceso de preparación como lo puede ser aumentar el batido del helado o la velocidad de este para aumentar dicha capacidad. Por otro lado, es importante recalcar que esta propiedad no puede llegar a ser muy alta debido a la falta de grasa y proteína que se tiene por lo que la capacidad de aireación disminuye.

Gráfica 9: Capacidad de batido de helados.



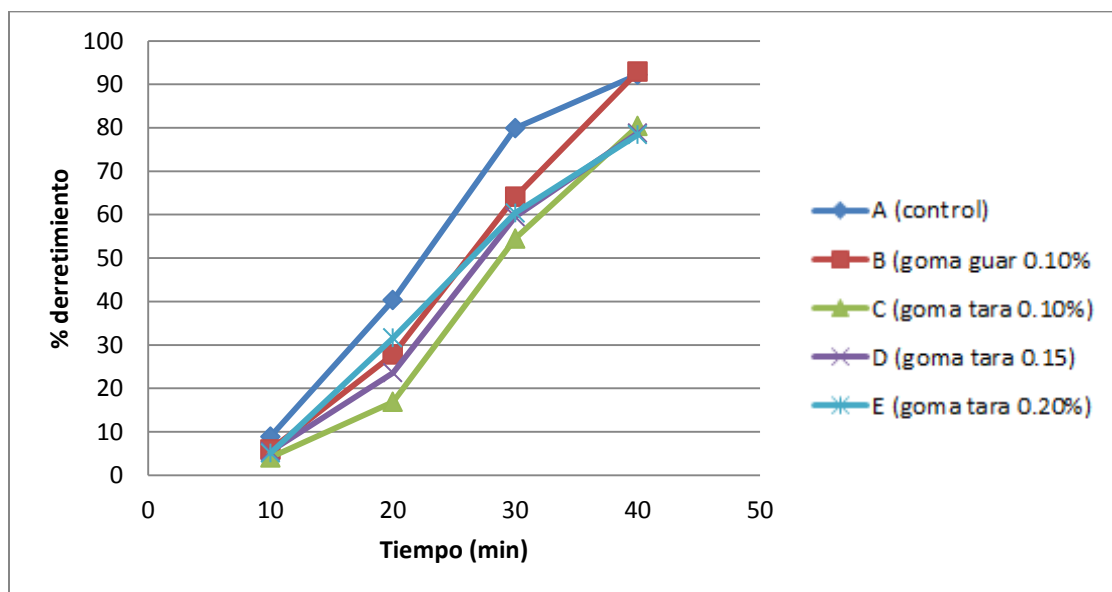
c. Tiempo de caída de primera gota y porcentaje de derretimiento. Se determinó cuantitativamente la cantidad de helado derretida durante 40 minutos al exponerlo a temperatura ambiente (28°C). Con esta medición se determinó el tiempo de caída de la primera gota de helado, así como la tasa de derretimiento. Dichos datos se muestran en la Tabla No. 16 y en la Gráfica No. 9. El tiempo de caída se ve directamente relacionado al tipo y concentración de estabilizante utilizado en la mezcla, así como al porcentaje de derretimiento y su capacidad de batido. Con los tratamientos realizados en los helados se puede ver que si existe una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el tiempo de derretimiento entre el helado control (A), que con los que contienen hidrocoloides. Se presentó la mayor diferencia entre el helado A y el helado E ya que este contenía una mayor concentración de goma Tara. Por otro lado, se obtuvo una mejora en el tiempo de caída de la primera gota de helado con los helados que contenían goma tara, al compararlos con el helado con goma guar. Con respecto al análisis estadístico, no se detectó alguna diferencia significativa ($P > 0.05$) entre la muestra de referencia con goma guar y las tres distintas muestras con goma tara.

El porcentaje de derretimiento medio se determinó en un rango de 0 a 40 minutos, donde se obtuvo la mayor tasa en el helado control (A) (8.9-92.2%), seguido por el helado B (5.9-92.9%), luego el helado C (4.1-80.4%), D (5.5-78.8%) y por último el helado E (5.1-78.8%). En la Gráfica No. 10 se demuestra el comportamiento del derretimiento de cada helado durante el rango de tiempo evaluado así como en las distintas concentraciones y tipos de hidrocoloides utilizados. En esta gráfica es importante recalcar que el comportamiento de las muestras con goma tara es muy similar entre ellas, así como que el porcentaje final de derretimiento es menor en la muestra E, seguido de la D y C, respectivamente. Estos datos concuerdan con los del tiempo de caída de primera gota, con lo que se puede deducir que a mayor concentración de goma tara en la muestra de helado menor será el porcentaje de derretimiento durante el tiempo. Al comparar las muestras de goma tara (C, D y E) con la de goma guar (B) se observa una mejora en las primeras tres ya que retardan el porcentaje de derretimiento del helado hasta en la misma concentración.

Tabla 16: Tiempo de caída de primera gota de los helados.

HELADO (tratamiento)	TIEMPO ± DESVIACIÓN ESTÁNDAR (min.)
A (control)	7.21 ±0.530
B (goma guar 0.10%)	7.70 ±0.424
C (goma tara 0.10%)	9.25 ±0.212
D (goma tara 0.15)	10.2 ±0.094
E (goma tara 0.20%)	10.4 ±0.436

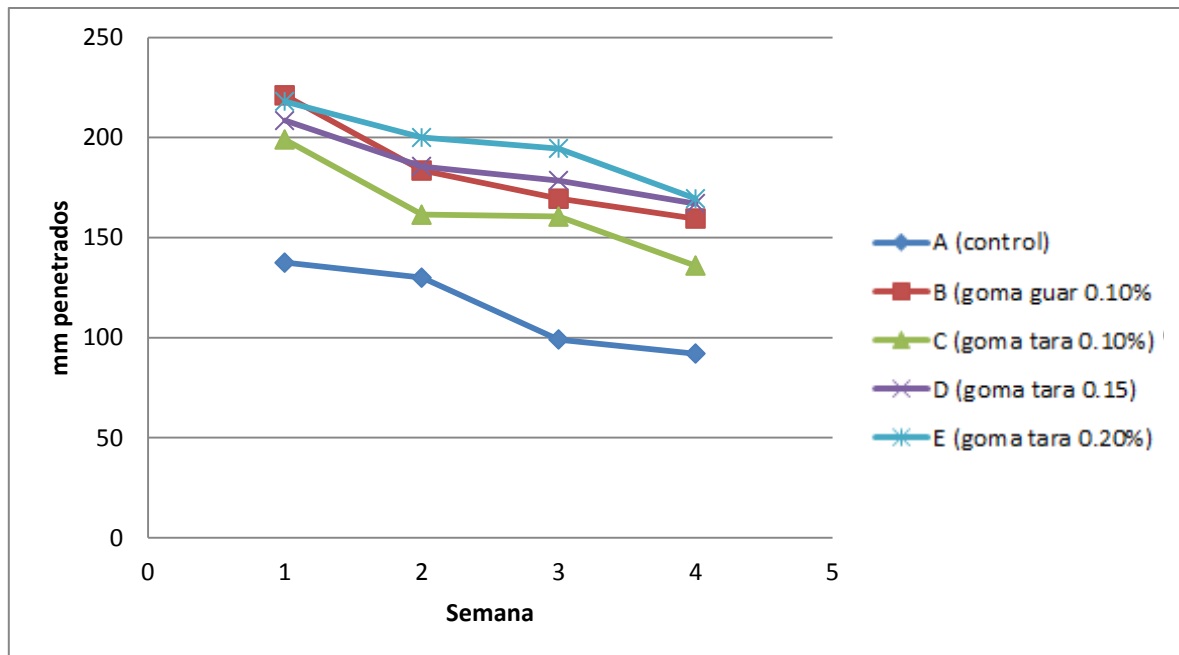
Gráfica 10: Porcentaje de derretimiento de los helados.



d. Evaluación de la firmeza del helado durante el tiempo (1,2, 3 y 4 semanas). Por último, se realizó un análisis de firmeza del helado durante su almacenamiento. Este se midió a partir de los milímetros penetrados de una masa específica en el helado. Los resultados obtenidos en ésta evaluación se presentan en la Gráfica No.11. Dicha gráfica presenta el comportamiento del helado conforme el tiempo de almacenamiento. Se puede ver que en los cinco distintos helados existe una tendencia a disminuir los milímetros penetrados, lo que se interpreta como un incremento en la firmeza y dureza del helado a causa del crecimiento de cristales en el helado. Además, existe una diferencia significativa entre la muestra que no contiene ningún hidrocoloide (A) y las demás muestras. Los helados con hidrocoloides, en general, tienen un comportamiento muy similar, teniendo un mejor comportamiento en el helado E, seguido del B, D y C. El helado con goma tara que tiene un comportamiento muy similar al de la goma guar es el helado que contiene una

concentración de 0.15%. Con respecto al análisis estadístico, no se detectó alguna diferencia significativa ($P>0.05$) entre la muestra de referencia con goma guar y las tres distintas muestras con goma tara.

Gráfica 11: Penetración media de los helados durante su almacenamiento.



4. Resultados de evaluación sensorial del helado. Se realizó una prueba sensorial de diferenciación dúo-trío, con la que se pretendía detectar si un grupo de panelistas lograba diferenciar entre la muestra de referencia, que contenían goma guar al 0.10%, y cada muestra con goma tara a sus diferentes concentraciones (0.10%, 0.15% y 0.20%). Esta evaluación se realizó con un panel entrenado de nueve personas, presentándoles tres diferentes sets. En cada uno se presentaron tres muestras de helado a una temperatura de $4-8^{\circ}\text{C}$, teniendo una muestra de referencia y otras dos donde una era igual a la de referencia y la otra la formulación a evaluar. Se les pidió a los panelistas seleccionar que muestra era igual a la de referencia, indicando las razones por las cuales tomaron su decisión.

Los resultados de esta prueba se pueden observar en anexos en las tablas No. 21,22 y 23 se puede ver que no existen diferencias significativas entre la muestra de referencia y las muestras con goma tara, en sus tres distintas concentraciones (0.10%, 0.15% y 0.20%). Estas pruebas fueron analizadas por medio de la tabla de significancia para Test Pareada ($p=1/2$), con un nivel de probabilidad de 5% asignando la diferencia significativa a las pruebas que presentaran a partir de 8 aciertos. Sin embargo, es importante resaltar que en el

primer set de muestras se tuvo 7 aciertos, al igual que en el segundo set de muestras. En el tercer set de muestras es donde se presentó una mayor dificultad de diferenciar las muestras. Dentro de los comentarios realizados durante la prueba, el comentario con mayor frecuencia fue la diferencia de las muestras en cuanto a su viscosidad y sabor. Se tuvo que en el primer y segundo set que contenían helado con goma tara al 0.10% y al 0.15%, respectivamente, los comentarios con mayor repetición fue la diferencia en la consistencia y chiclosidad de las muestras. La consistencia del helado se ve directamente relacionada con la viscosidad de la muestra así como con la dureza, es por esto que se puede comprobar que si existía diferencia entre dichas muestras ya que la viscosidad es mayor.

En cuanto al segundo y tercer set de muestras, se tuvo una mayor frecuencia de comentarios acerca de la consistencia y su pegajosidad de las muestras. También se pudo observar que existen varios comentarios acerca de la diferencia del sabor en las muestras, sintiendo un sabor más fuerte en las muestras con goma guar. Esto se debe también a las distintas redes que forman los hidrocoloides, además al aumentar la viscosidad de la mezcla se tiene una mayor permanencia de la mezcla en la boca por lo que el sabor se tiende a percibir más fuerte.

5. Comparación de las gomas tara y goma guar como estabilizantes en el helado. Al comparar la goma tara y goma guar a la misma concentración (0.10%), se pudo ver que el punto de derretimiento, la suavidad, y velocidad de derretimiento es menor en la muestra con goma guar. Esto se debe a la distinta solubilidad en frío de las gomas, siendo un 20% menor en la goma tara por lo que al no tener un proceso térmico esta goma tendrá un menor rendimiento en la formulación.

Por otro lado, al comparar la formulación D (goma tara al 0.15%) contra la muestra B (goma guar al 0.10%) obtuvieron características similares en ambos productos finales, presentando una mejora en las propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales. Se puede resaltar una mejora en la tasa de derretimiento del helado, el punto de derretimiento de este así como en su habilidad de batido. Otra característica muy importante es la sensorial, ya que con la goma tara no se presenta la chiclosidad que se tiene en el helado con goma guar. Esto se debe a los distintos enlaces químicos que forma cada tipo de goma, lo cual puede presentar una mejora en la aceptación del helado por parte de los

consumidores. Otro punto importante a recalcar es la mejora del costo de dicha materia prima, ya que aunque se utilice en una mayor concentración la goma tara esta sigue presentando una mejora en el costo en un 46%. Esto repercute en el costo total del producto final, disminuyéndolo en un 6%.

Tabla 17. Costo de estabilizantes y total de un batch de helado de 100 Kg.

	HELADO CON GOMA GUAR 0.10%	HELADO CON GOMA TARA 0.15%
COSTO GOMAS	Q 18.00	Q 9.60
COSTO TOTAL	Q 128.44	Q 120.04

Por último, se tiene que el helado con goma tara al 0.20% tiene las mejores características en todos los análisis realizados, sin embargo para esta investigación no se recomendará ya que lo que se busca es encontrar la dosis mínima con la cual se pudieran obtener las mismas o mejores características de los helados.

VIII. CONCLUSIONES

1. La goma tara es un buen sustituto de la goma guar y ejerce un efecto positivo sobre el pan de molde.
2. En panificación, la goma guar se puede sustituir por la goma tara en las mismas proporciones teniendo una mejora en sus propiedades fisicoquímicas, reológicas, y sensoriales.
3. La dosis recomendada de goma tara en el pan de molde como un sustituto de goma guar es de 0.10%. Presentando una disminución de costos de hidrocoloides del pan en un 64.4%.
4. En la elaboración de helados agua se comprobó que existe una mejora significativa en todas las propiedades evaluadas (viscosidad, punto de derretimiento, velocidad de derretimiento y dureza) al incorporar goma tara ya que ayudan a estabilizar la mezcla.
5. La dosis recomendada a aplicar de goma tara como sustituto de la goma guar al 0.10% en el helado de agua es de 0.15%. Obteniendo una mejora del costo de dicha materia prima en un 46.7%.

IX. RECOMENDACIONES

1. Realizar un análisis de firmeza y elasticidad de la masa del pan con hidrocoloides ya que esta medición es importante a la hora de incorporar un estabilizante a la masa del pan.
2. Realizar un análisis de textura con un equipo especializado como lo es un texturómetro. Estas mediciones se recomiendan con el fin de asegurar la capacidad de la goma tara de sustituir a la goma guar en una misma proporción.
3. Realizar diversas mezclas de hidrocoloides con la goma tara, con el fin de tener un sinergismo entre gomas y poder actuar como un mejor sustituto a la goma guar.
4. Elaborar un portafolio completo de la aplicación de la goma tara en otros productos donde se utilice la goma guar ya que puede significar una mejora en el precio del producto final, así como en sus características fisicoquímicas como sensoriales.
5. Enviar a los proveedores de la goma tara los resultados de esta investigación.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. Alimentarios y técnica. *La goma Guar y su uso en Alimentos*. México. Obtenido de: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/GomaGuar_1839.pdf
2. Bárcenas, M. , Benedito, C., Rosell, C. 2003. *Use of hydrocolloids as bread improvers in interrupted baking process with frozen storage*. Universidad de las Americas. Puebla, México.
3. Barsuto, L. 2009. *Goma de Tara. Alnicosa del Perú*. Perú. Obtenido de: <http://taninos.tripod.com/goma.htm>
4. Boatella, J. 2004. *Química y bioquímica de los alimentos II*. Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona. España.
5. Bristhar Laboratorios C.A. 2010. *Goma Guar: estabilizante natural*. Caracas, Venezuela. Obtenido de: <http://www.bristhar.com.ve/guar.html>
6. Carrión-Lazo, M., Quispe, S., Matos, A. 2011. *Goma de tara (Caesalpiniaspinosa): descripción y aplicaciones*. Universidad Peruana Unión. Perú. Obtenido de: <http://papiros.upeu.edu.pe/bitstream/handle/123456789/186/CIn39Articulo.pdf?sequence=1>
7. Cauvin, Stanley; L. Young. 2002. *Fabricación de Pan*. Editorial Acribia, S.A. España. Pág. 200-203
8. Club Darwin. 2011. *Los precios de la goma guar se mantendrán al alza*. Obtenido de: <http://www.clubdarwin.net/seccion/ingredientes/los-precios-de-la-goma-guar-se-mantendran-al-alza>
9. Corrales, A., Henderson, M., Morales, I. 2007. *Sobrevivencia de microorganismos probióticos Lactobacillus Acidophilus y bifidobacterium lactis en helado batido*. Revista Chilena de Nutrición, junio, año/vol.34, Número 002. Chile. Obtenido de: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/469/46934208.pdf>
10. Hernández, Herberth. 2006. «*Negocio frío que se calienta en verano*». Prensa Libre [Guatemala]. 25 de abril. Disponible en: http://www.prensalibre.com/economia/Negocio-frio-calienta-verano_0_128388269.html

11. Hui, Y. 2006. *BAKERY PRODUCTS Science and Tecnology*. Blackwell Publishing. EEUU.
12. Imeson, A. 2010. *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*. Blackwell Publishing Ltd. Inglaterra.
13. Kohajdová, Z. , Karovičová, J., Schmidt, S. 2009. *Significance of Emulsifiers and Hydrocolloids in Bakery Industry*. Institute of Biotechnology and Food Science, Faculty of Chemical and Food Technology, Slovak University of Technology. Bratislava, Slovak Republic. Obtenido de: http://www.acs.chtf.stuba.sk/papers/acs_0035.pdf
14. Lainez, J. 2006. *Tesis elaboración de pan tipo baguette*. México. Págs. 39-43.
15. Loma-Ossorio, Enrique. 2000. Estudio de la Industria Agroalimentaria en Guatemala. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Guatemala. Disponible en pdf en:
16. Madrid, A., Cenzano, I., 2003. *Helados: Elaboración, Analisis, y control de calidad*. Mundi-Prensa Libros.España
17. Martinez, J. 2002. *Evaluacion de una mezcla de estabilizantes y emulsificantes en la elaboración de un helado cremoso con grasa vegetal sobre las características de la mezcla base y del producto final*. Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1084/1/EVALUACIONMEZCLA.pdf>
18. Maza, Mariana. 2003. «*Helados, un negocio que sube de temperatura*». Prensa Libre [Guatemala]. 20 de octubre. Disponible en: http://www.prensalibre.com/economia/Helados-negocio-subtemperatura_0_76793810.html
19. Meisen, Lui; HE, Wei-ping, Chen, Shengli. 2006. «*Study on effects of Stabilizes on Soft Ice cream Quality*». CNKI Food Science Journal. 27 (5): 124-128.
20. Mesas, J. 2002. *El pan y su proceso de elaboración*. Escuela Politecnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela. España. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/724/72430508.pdf>
21. Narrres, L., Shailaja, U. 2006. *Mezcla de Estabilizantes y su importancia en la Industria del Helado*. New Zealand Food Magazine. Nueva Zelanda. Obtenido de: http://www.alimentariaonline.com/media/MLC036_hela.pdf

22. Ortiz, Mayra. 2009. «*Estudio de pre-factibilidad para una planta productora de helado apto para personas diabéticas*». Tesis Universidad Rafael Landívar. 122 págs.
23. Othón, Sergio. 2003. *Manufactura y control de calidad de Productos basados en cereales*. AGT Editor, S.A. México.
24. Oyuki, D. 2011. *Tecnología de los helados*. Instituto tecnológico Superior de Calkiní. México. Obtenido de:
http://www.itescam.edu.mx/principal/webalumnos/sylabus/asignatura.php?clave_asig=IAF0002&carrera=IIAL-2000-001&id_d=11
25. Palivoda, Svetlana; U. Vera; G. Tatjana. 2011. *Research of gums influence to the quality of bread made from flour of poor technological properties*. ISEKI_FOOD Conferences, International ISEKI_FOOD Conference. Italia. Disponible en:
http://www.isekiconferences.com/ocs/index.php/iseki_food/ISEKIFood2011/paper/view/334
26. Pasquel, A. 2001. *GOMAS: Una aproximación a la industria de alimentos*. *Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias UNAP*. Revista Amazónica de Investigación Alimentaria v.1, No. 1. P.1-8. Obtenido de:
<http://www.unapiquitos.edu.pe/links/facultades/alimentarias/v1/1.pdf>
27. Peksa, Nick. 2012. «*Guar gum Up Nearly 20x: Another Sticky commodity Situation*». Spend Matters. [EEUU]. 9 de abril. Disponible en:
<http://www.spendmatters.com/index.cfm/2012/4/9/Guar-Gum-Another-Sticky-Commodity-Situation#more>
28. Pottí, D. 2007. *Materias Primas: Estabilizantes usados en helados*. Mundo Helado. España. Obtenido de:
<http://www.mundohelado.com/materiasprimas/estabilizantes/estabilizantes-usadosenhelados.htm>
29. Pyler E. 1992. *Baking Science and technology*. 3ra ed. Londres. Sosland Publishing Company. Pag. 396.
30. Quaglia, Giovanni. 1991. *Ciencia y tecnología de la panificación*. 2da edición. España. Editorial Acribia. S. A. Págs. 223-237, 283-293. 297-306, 381-396, 441-443.

31. Rige y, L. 2009. *Selección y evaluación de un estabilizante integrado de gomas sobre las propiedades de calidad y reológicas en mezcla para helado*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. Obtenido de:
<http://www.bdigital.unal.edu.co/2094/1/3620377.2009.pdf>
32. Rincon, F. 2002. *Comportamiento de una mezcla de gomas de Acacia Glomerosa, Enterolobium Cyclocarpum e Hymenaea Corbaril en la Preparación de helados y agua*. Ciencia y Tecnología alimentaria, diciembre Vol 3, numero 005. México. Pp. 277-282. Obtenido de: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/724/72430503.pdf>
33. Rodge, AB, et. al. 2012. «*Effect of Hydrocolloid (guar gum) Incorporation on the Quality Characteristics of Bread*». Journal of Food Processing and Technoly. 3 (2): 136-141.
34. RTCR. 2008. *RTCR 413:2008 Helados y Mezclas para Helados*. Gobierno de Costa Rica. Obtenido de:
<http://www.reglatec.go.cr/propuestas/RtHeladosconsultaOMC.pdf>
35. Scott, J., Hui, Y. 2004. *Food processing: principles and applications*. Blackwell Publishing. EEUU. Disponible en:
36. Seisun, Dennis. 2012. «*Guar update: Still crazy but maybe de top has been reached*». IMR International Hydrocolloid Information Center. [EEUU].23 de marzo.
37. Serna, S.2003. *Manufactura y control de calidad de productos basados en cereales*. AGT Editor. México.
38. Sharma, B., et. Al.2007. *Guar Gum. Science Tech Entreprenur, Lucid Colloids*. India. Obtenido de: <http://www.lucidgroup.com/knowledge-center/guar-gum.pdf>
39. SILVATEAM. 2011. *Goma de Tara*. Perú. Obtenido de:
<http://es.silvateam.com/Productos-y-Servicios/Food-Ingredients/Goma-de-tara>
40. Subramani, M.R. 2012. «*Guar seed, gum prices crash as FMC bars fresh positions*». The Hindu Business Line. [India]. 22 de marzo. Disponible en:
http://www.thehindubusinessline.com/markets/commodities/article3058918.ece?ref=wl_markets
41. Timm, Fritz. 1989. *Fabricación de los helados*. Editorial Acribia. Zaragoza. España.

42. Toledo, Juan Pablo. 2008. *Elaboración de un plan de mercadeo para levadura seca*. Ecuador. Universidad Andina Simón Bolívar. Pags. 14-17. 24, 30-34, 60-65.
43. Trigopan. 2012. *Requisitos para la calidad total. Trigo pan*. Argentina. Obtenido de: <http://www.trigopan.com.ar/Default.asp>
44. Villacís, E. 2010. *Formulación de helados aptos para diabéticos*. Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria. Universidad Politécnica Nacional. Perú.

XI. ANEXOS

A. Boletas de evaluación sensorial

BOLETA DE PRUEBA DÚO-TRÍO PRUEBA DE DIFERENCIACIÓN HELADO NIEVE DE FRESA

En esta sesión se realizarán tres pruebas sensoriales las cuales serán reportadas en esta misma boleta. En cada prueba recibirá un set de tres muestras de helado. En cada prueba, sírvase a degustar primero la muestra que aparece marcada con una R, enjuaguese la boca y luego deguste las dos muestras codificadas iniciando con la que tiene a su izquierda,. Indique cuál de las muestras codificadas es igual a la muestra R. En caso de duda, deberá decidirse por una muestra. En la casilla de comentarios puede escribir las razones por las cuales tomó su desición.

PRIMER SET DE MUESTRAS

ESTÁNDAR	CÓDIGO	CÓDIGO	MUESTRA IGUAL AL ESTÁNDAR
_____	_____	_____	_____

COMENTARIOS

SEGUNDO SET DE MUESTRAS

ESTÁNDAR	CÓDIGO	CÓDIGO	MUESTRA IGUAL AL ESTÁNDAR
_____	_____	_____	_____

COMENTARIOS

TERCER SET DE MUESTRAS

ESTÁNDAR	CÓDIGO	CÓDIGO	MUESTRA IGUAL AL ESTÁNDAR
_____	_____	_____	_____

COMENTARIOS

**BOLETA DE PRUEBA DÚO-TRÍO
PRUEBA DE DIFERENCIACIÓN DE PAN**

En esta sesión se realizarán tres pruebas sensoriales las cuales serán reportadas en esta misma boleta. En cada prueba recibirá un set de tres muestras de helado. En cada prueba, sírvase a degustar primero la muestra que aparece marcada con una R, enjuaguese la boca y luego deguste las dos muestras codificadas iniciando con la que tiene a su izquierda,. Indique cuál de las muestras codificadas es igual a la muestra R. En caso de duda, deberá decidirse por una muestra. En la casilla de comentarios puede escribir las razones por las cuales tomó su decisión.

PRIMER SET DE MUESTRAS

ESTÁNDAR	CÓDIGO	CÓDIGO	MUESTRA IGUAL AL ESTÁNDAR
_____	_____	_____	_____

COMENTARIOS

SEGUNDO SET DE MUESTRAS

ESTÁNDAR	CÓDIGO	CÓDIGO	MUESTRA IGUAL AL ESTÁNDAR
_____	_____	_____	_____

COMENTARIOS

TERCER SET DE MUESTRAS

ESTÁNDAR	CÓDIGO	CÓDIGO	MUESTRA IGUAL AL ESTÁNDAR
_____	_____	_____	_____

COMENTARIOS

B. Tablas de resultados de análisis sensorial

Tabla 18: Resultados de análisis sensorial dúo-trío de pan de molde (1er. set)

Panelista	Aciertos	Comentarios
1	1	La otra muestra se pega mucho en los dientes
2	0	Tiene un aroma y sabor menos fuerte.
3	1	--
4	0	La parecida a referencia está un poco dura.
5	1	La parecida a referencia es menos esponjosa.
6	0	Menos amarga.
7	1	..
8	0	Menos acidez.
9	0	Se siente más fresca.
TOTAL DE ACIERTOS	4	

Tabla 19: Resultados de análisis sensorial dúo-trío de pan de molde. (2o. set)

Panelista	Aciertos	Comentarios
1	0	La 33 y R son más porosas que la 08, y la 33 y R tiene un sabor amargo.
2	1	La muestra igual al estándar a la R es leve ácida, y más esponjosa.
3	0	Sentí la 10 parecida porque R y 10 dejan un sabor residual.
4	1	--
5	1	Menos esponjoso, tarda más tiempo en regresar a la forma.
6	0	30 muy amarga y ácida al final.
7	0	--
8	1	Tiene sabor a harina.
9	1	La otra se siente más fresca.
TOTAL DE ACIERTOS	5	

Tabla 20: Resultados de análisis sensorial dúo-trío de pan de molde (3er. set)

Panelista	Aciertos	Comentarios
1	1	La 15 es más chiclosa que las otras.
2	1	La muestra igual es menos ácida y la diferente tiene sabor ácido y más esponjoso.
3	1	R y 23 tienen un sabor residual.
4	0	Muestra 02 es rígida.
5	0	Partes más tiesas, muy difícil de determinar.
6	0	54 muy ácida al inicio.
7	0	--
8	1	Mismo sabor.
9	0	Es la más fresca.
TOTAL DE ACIERTOS	4	

Tabla 21: Resultados de análisis sensorial dúo-trío de helado de agua (1er. set)

Panelista	Aciertos	Comentarios
1	0	Se siente gaseosa la referencia y la que se le parece, la otra es muy chiclosa.
2	1	La otra es más dulce.
3	0	Es más chiclosa y dulce.
4	1	Son iguales en consistencia como en sabor.
5	1	Chiclosa pegajosa, no me gusta que sea chiclosa.
6	1	Es más cremosa, la otra es como una nieve.
7	1	Me gusta más la otra, las otras son muy chiclosas.
8	1	Se tiene una consistencia diferente y menos sabor.
9	1	Su consistencia es diferente.
TOTAL DE ACIERTOS	7	

Tabla 22: Resultados de análisis sensorial dúo-trío de helado de agua (2o. Set)

Panelista	Aciertos	Comentarios
1	1	Son más chiclosas y dulces, la otra se siente más gaseosa.
2	1	La consistencia es más chiclosa en la R y 63.
3	1	Igual de chiclosas.
4	1	Es igual en consistencia como en dulzor, la otra es muy ácida.
5	0	Son menos chiclosas.
6	0	Son más cremosas
7	1	Me gusta más la otra, las otras son chiclosas
8	1	Se tiene una consistencia diferente y menos sabor.
9	1	La 48 tiene diferente viscosidad y se siente menos el sabor.
TOTAL DE ACIERTOS	7	

Tabla 23: Resultados de Análisis sensorial dúo-trío de helado de agua (3er. Set)

Panelista	Aciertos	Comentarios
1	1	La consistencia de la R y 9 es más chiclosa y su sabor es más fuerte. La consistencia de la 42 es quebradiza, menos dulce y sabor deja sensación gaseosa.
2	1	Muestra más chiclosa la de referencia y 96.
3	0	Chiclosas las 2.
4	1	Tienen la misma consistencia.
5	0	La textura es diferente, se siente más el sabor y es ligosa.
6	0	Tiene más consistencia a nieve, y es más granulosa.
7	1	Son muy chiclosas.
8	1	Su textura es menos chiclosa y tiene un sabor más fuerte.
9	0	La consistencia de la 67 está muy líquida y el sabor es menos perceptible.
TOTAL DE ACIERTOS	5	

C. Imágenes de las hogazas de pan.

Figura 6: Imagen de la hogaza del pan de molde A (sin gomas) # 1



Figura 7 : Imagen de la hogaza del pan de molde A (sin gomas) # 2



Figura 8: Imagen de la hogaza del pan de molde B (goma guar 0.10%) # 1



Figura 9: Imagen de la hogaza del pan de molde B (goma guar 0.10%) # 2

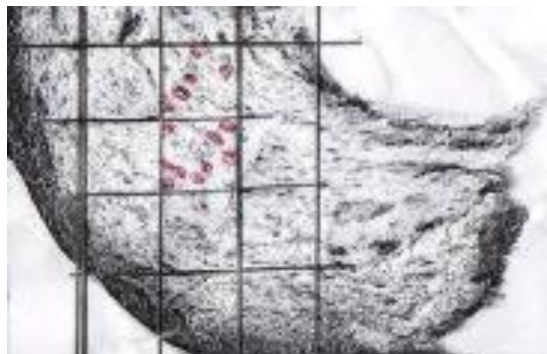


Figura 10: Imagen de la hogaza del pan de molde C (goma tara 0.10%) # 1

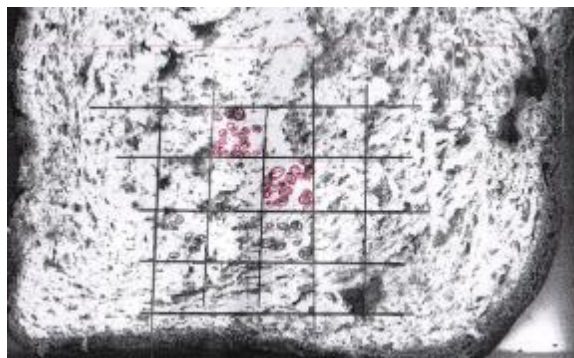


Figura 11: Imagen de la hogaza del pan de molde C (goma tara 0.10%) # 2



Figura 12: Imagen de la hogaza del pan de molde D (goma tara 0.15%) # 1

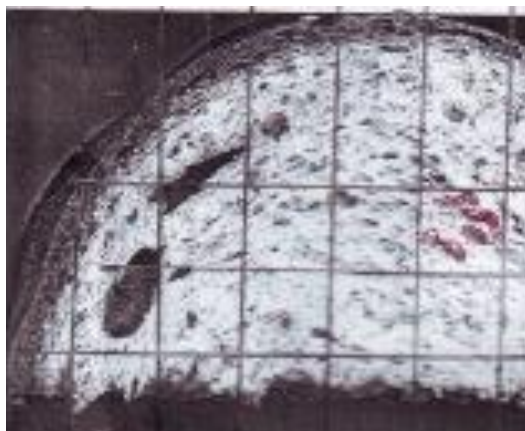


Figura 13: Imagen de la hogaza del pan de molde D (goma tara 0.15%) # 2

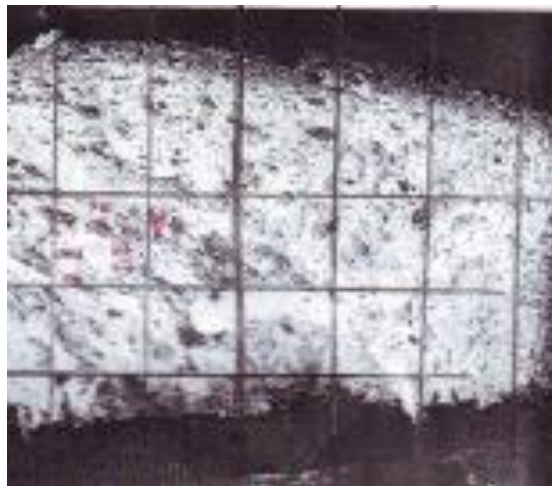


Figura 14: Imagen de la hogaza del pan de molde E (goma tara 0.20%) # 1



Figura 15: Imagen de la hogaza del pan de molde E (goma tara 0.20%) # 1



D. Imágenes del pan de molde final

Figura 16: Imagen pan de molde A (sin gommas)



Figura 17: Imagen pan de molde B (goma guar al 0.10%)

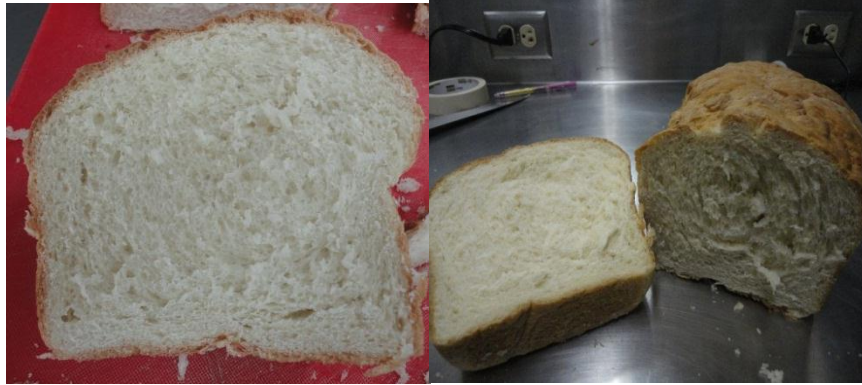


Figura 18: Imagen pan de molde C (goma tara al 0.10%)



Figura 19: Imagen pan de molde D (goma tara al 0.15%)



Figura 20: Imagen pan de molde E (goma tara al 0.20%)



E. Imágenes del helado de agua

Figura 21: Imagen de helado de agua A (sin gomas)



Figura 22: Imagen de helado de agua B (goma guar 0.10%)



Figura 23: Imagen de helado de agua C (goma tara 0.10%)



Figura 24: Imagen de helado de agua D (goma tara 0.15%)



Figura 25: Imagen de helado de agua E (goma tara 0.20%)



F. ANÁLISIS DE VARIANZA

Tabla 24: Verificación de varianza de medición de volumen del pan de molde.

Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
A / B	139.922	93.2815	2.25	0.7487
A / C	139.922	0	1.#INF	0.0000
A / D	139.922	46.6408	9.0	0.4097
A / E	139.922	93.2815	2.25	0.7487
B / C	93.2815	0	1.#INF	0.0000
B / D	93.2815	46.6408	4.0	0.5903
B / E	93.2815	93.2815	1.0	1.0000
C / D	0	46.6408	0	0.0000
C / E	0	93.2815	0	0.0000
D / E	46.6408	93.2815	0.25	0.5903

Tabla 25: Verificación de varianza de medición de densidad del pan de molde.

Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
A / B	0.06343	0.12318	0.26515	0.6054
A / C	0.06343	0.01047	36.7334	0.2082
A / D	0.06343	0.01414	20.1152	0.2793
A / E	0.06343	0.01372	21.3787	0.2712
B / C	0.12318	0.01047	138.539	0.1079
B / D	0.12318	0.01414	75.8641	0.1455
B / E	0.12318	0.01372	80.6293	0.1412
C / D	0.01047	0.01414	0.5476	0.8111
C / E	0.01047	0.01372	0.582	0.8298
D / E	0.01414	0.01372	1.06281	0.9806

Tabla 26: Verificación de varianza de medición de volumen del pan de molde.

Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
A / B	0.21213	0.04243	25	0.2513
A / C	0.21213	0.84853	0.0625	0.3119
A / D	0.21213	0.40406	0.27563	0.6155
A / E	0.21213	1.9141	0.01228	0.1405
B / C	0.04243	0.84853	0.0025	0.0636
B / D	0.04243	0.40406	0.01103	0.1332
B / E	0.04243	1.9141	0.00049	0.0282
C / D	0.84853	0.40406	4.41	0.5659
C / E	0.84853	1.9141	0.19652	0.5313
D / E	0.40406	1.9141	0.04456	0.2649

Tabla 27: Verificación de varianza de medición de altura final del pan de molde.

Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
A / B	0.80722	0.05768	195.873	0.0908
A / C	0.80722	0.52988	2.32073	0.7396
A / D	0.80722	0.6364	1.60889	0.85
A / E	0.80722	0.70711	1.3032	0.9159
B / C	0.05768	0.52988	0.01185	0.138
B / D	0.05768	0.6364	0.00821	0.1151
B / E	0.05768	0.70711	0.00665	0.1036
C / D	0.52988	0.6364	0.69327	0.884
C / E	0.52988	0.70711	0.56155	0.8188
D / E	0.6364	0.70711	0.81	0.933

Tabla 28: Verificación de varianza de medición de pérdida de peso final del pan de molde.

Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
A / B	0.80722	0.05768	195.873	0.0908
A / C	0.80722	0.52988	2.32073	0.7396
A / D	0.80722	0.6364	1.60889	0.85
A / E	0.80722	0.70711	1.3032	0.9159
B / C	0.05768	0.52988	0.01185	0.138
B / D	0.05768	0.6364	0.00821	0.1151
B / E	0.05768	0.70711	0.00665	0.1036
C / D	0.52988	0.6364	0.69327	0.884
C / E	0.52988	0.70711	0.56155	0.8188
D / E	0.6364	0.70711	0.81	0.933

Tabla 29: Verificación de varianza de medición de humedad final del pan de molde.

Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
A / B	0.86797	0.0857	102.574	0.1253
A / C	0.86797	0.41931	4.28483	0.573
A / D	0.86797	2.98208	0.08472	0.3606
A / E	0.86797	4.20601	0.04259	0.2591
B / C	0.0857	0.41931	0.04177	0.2567
B / D	0.0857	2.98208	0.00083	0.0366
B / E	0.0857	4.20601	0.00042	0.0259
C / D	0.41931	2.98208	0.01977	0.1779
C / E	0.41931	4.20601	0.00994	0.1265
D / E	2.98208	4.20601	0.50269	0.7853

Tabla 30: Verificación de varianza de medición de agujeros negros final del pan de molde.

Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
A / B	1.41421	0.70711	4	0.5903
A / C	1.41421	0.70711	4	0.5903
A / D	1.41421	0.70711	4	0.5903
A / E	1.41421	0.70711	4	0.5903
B / C	0.70711	0.70711	1	1
B / D	0.70711	0.70711	1	1
B / E	0.70711	0.70711	1	1
C / D	0.70711	0.70711	1	1
C / E	0.70711	0.70711	1	1
D / E	0.70711	0.70711	1	1

Tabla 31: Verificación de varianza de medición tiempo de disolución en el helado de agua.

Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
A / B	0.00	0.021213	0	0
A / C	0.00	0.035355	0	0
A / D	0.00	0.014142	0	0
A / E	0	0.014142	0	0
B / C	0.0	0.035355	0.36	0.6881
B / D	0.0	0.014142	2.25	0.7487
B / E	0.0	0.014142	2.25	0.7487
C / D	0.0	0.014142	6.25	0.4845
C / E	0.0	0.014142	6.25	0.4845
D / E	0.014142	0.014142	1	1

Tabla 32: Verificación de varianza de medición de pH en el helado de agua.

Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
A / B	0.007071	0.06364	0.012346	0.1409
A / C	0.007071	0.028284	0.0625	0.3119
A / D	0.007071	0.021213	0.111111	0.4097
A / E	0.007071	0.056569	0.015625	0.1583
B / C	0.06364	0.028284	5.0625	0.5325
B / D	0.06364	0.021213	9	0.4097
B / E	0.06364	0.056569	1.26562	0.9252
C / D	0.028284	0.021213	1.77778	0.8193
C / E	0.028284	0.056569	0.25	0.5903
D / E	0.021213	0.056569	0.140625	0.4568

Tabla 33: Verificación de varianza de medición de viscosidad en el helado de agua.

Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
A / B	3.34932	11.6548	0.08259	0.00000
A / C	3.34932	5.03831	0.44192	0.01240
A / D	3.34932	4.05096	0.68359	0.23930
A / E	3.34932	15.9144	0.04429	0.00000
B / C	11.6548	5.03831	5.35101	0.00000
B / D	11.6548	4.05096	8.27734	0.00000
B / E	11.6548	15.9144	0.53632	0.05510
C / D	5.03831	4.05096	1.54687	0.17760
C / E	5.03831	15.9144	0.10023	0.00000
D / E	4.05096	15.9144	0.06479	0.00000

Tabla 34: Verificación de varianza de medición de overrun en el helado de agua.

Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
A / B	0.19799	3.53553	0.00314	0.0712
A / C	0.19799	2.35467	0.00707	0.1068
A / D	0.19799	1.1738	0.02845	0.2128
A / E	0.19799	0.5869	0.11381	0.4143
B / C	3.53553	2.35467	2.25451	0.7481
B / D	3.53553	1.1738	9.07243	0.4081
B / E	3.53553	0.5869	36.2897	0.2094
C / D	2.35467	1.1738	4.02413	0.5888
C / E	2.35467	0.5869	16.0965	0.311
D / E	1.1738	0.5869	4	0.5903

Tabla 35: Verificación de varianza de medición de tiempo de caída de la primera gota en el helado de agua.

Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
A / B	0.56569	0.42426	1.77778	0.8193
A / C	0.56569	0.21213	7.11111	0.4568
A / D	0.56569	0.07071	64	0.1583
A / E	0.56569	0.42426	1.77778	0.8193
B / C	0.42426	0.21213	4	0.5903
B / D	0.42426	0.07071	36	0.2103
B / E	0.42426	0.42426	1	1
C / D	0.21213	0.07071	9	0.4097
C / E	0.21213	0.42426	0.25	0.5903
D / E	0.07071	0.42426	0.02778	0.2103

Tabla 36: Verificación de varianza de medición de firmeza en el helado de agua.

Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
A / B	39.598	7.07107	31.36	0.225
A / C	39.598	74.9887	0.27884	0.6186
A / D	39.598	14.1421	7.84	0.4368
A / E	39.598	10.6066	13.9378	0.3332
B / C	7.07107	74.9887	0.00889	0.1197
B / D	7.07107	14.1421	0.25	0.5903
B / E	7.07107	10.6066	0.44444	0.7487
C / D	74.9887	14.1421	28.1165	0.2373
C / E	74.9887	10.6066	49.9849	0.1789
D / E	14.1421	10.6066	1.77778	0.8193

Tabla 37: Verificación de varianza de medición de viscosidad en el helado de agua.

Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
A / B	3.34932	11.6548	0.08259	0.00000
A / C	3.34932	5.03831	0.44192	0.01240
A / D	3.34932	4.05096	0.68359	0.23930
A / E	3.34932	15.9144	0.04429	0.00000
B / C	11.6548	5.03831	5.35101	0.00000
B / D	11.6548	4.05096	8.27734	0.00000
B / E	11.6548	15.9144	0.53632	0.05510
C / D	5.03831	4.05096	1.54687	0.17760
C / E	5.03831	15.9144	0.10023	0.00000
D / E	4.05096	15.9144	0.06479	0.00000