



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **Efecto de la Gomar Guar sobre las propiedades de calidad de pandebono elaborado a partir de masa congelada y refrigerada**

**Francisco Javier Zapata López**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos  
Medellín, Colombia  
2017



# **Efecto de la Gomar Guar sobre las propiedades de calidad de pandebono elaborado a partir de masa congelada y refrigerada**

**Francisco Javier Zapata López**

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos**

Director (a):

Doctor Eduardo Rodríguez Sandoval

Línea de Investigación:

Líquidos, geles y reestructurados

Grupo de Investigación:

Grupo de alimentos funcionales - GFA

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos

Medellín, Colombia

2017



*A mi familia y a todas las personas que han contribuido a mi formación profesional, personal y espiritual.*



## **Agradecimientos**

A Dios, a mis padres, a mi familia y a mi novia por su apoyo incondicional. Al Doctor Eduardo Rodríguez Sandoval por ser una guía en el desarrollo de este proyecto. A la estudiante colaboradora Leidy Estefanía Zapata Pavas por su disposición y valioso aporte en la obtención de resultados y a la empresa Dismapan por aportar los recursos económicos y físicos para esta investigación.



## Resumen

Con la finalidad de evaluar distintas alternativas de conservación de la masa de pandebono a bajas temperaturas mediante el uso de hidrocoloides, específicamente la Gomar Guar por sus ventajas en la preservación de alimentos congelados, se determinaron algunas características de calidad al producto, como altura, la pérdida de peso, el volumen específico, el color de la miga, la actividad de agua, la humedad tanto de miga como de corteza, un análisis de imagen de la miga y un análisis de perfil de textura. Las muestras a partir de masas congeladas con 3.5% de Gomar Guar y refrigeradas con 4.5% de Gomar Guar fueron las más cercanas al control, tomando como parámetro fundamental de selección la dureza, volumen específico y número de poros. Adicionalmente, en las pruebas de horneado se demostró que estos pandebonos tuvieron la apariencia más uniforme y el tono de color más intenso. De allí que estos se seleccionaran para la prueba sensorial. Los cambios en la textura fueron notorios a nivel sensorial por los consumidores; no obstante, éstos no mostraron reacciones desfavorables a los mismos. Entre otros, el color de la corteza, el cual no fue evaluado durante las pruebas de calidad, en las pruebas sensoriales mostró una mejoría con la adición de la Gomar Guar. Se resalta la importancia del hidrocoloide, en este caso, de la Gomar Guar, en la obtención de un producto de calidad; sin embargo, puede influir en la generación de una sensación gomosa percibida por los consumidores.

**Palabras clave:** Pandebono, Congelación, Refrigeración, Hidrocoloides, Gomar Guar.

## Abstract

In order to evaluate different alternatives for preservation of gluten free cheese bread dough at low temperatures through the use of hydrocolloids, specifically guar gum due to its advantages in the preservation of frozen foods, some product quality characteristics were determined, such as height, loss weight, specific volume, crumb color, water activity, both crumb and crust moisture content, a crumb image analysis and a texture profile analysis. Samples from frozen dough with 3.5% guar gum and refrigerated dough with 4.5% guar gum were the closest to the control, taking as a fundamental parameter of selection the hardness, specific volume and number of pores. Additionally, in the baking tests it was shown that these gluten free cheese breads had the most uniform appearance and the most intense color tone. Hence these were selected for the sensory test. The textural changes were notorious at the sensorial level by the consumers; however, these did not show unfavorable reactions to them. Among others, the crust color, which was not evaluated during quality tests, on sensory tests showed an improvement with the addition of guar gum. The importance of the hydrocolloid, in this case the guar gum, in the production of a quality product is emphasized; however, it may influence the generation of a gummy sensation perceived by consumers.

**Keywords: Gluten free cheese bread, Freezing, Chilling, Hydrocolloids, Guar Gum.**

# Contenido

<b>1. Antecedentes.....</b>	<b>3</b>
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.1.1 Descripción del problema .....	3
1.1.2 Formulación del problema .....	5
1.1.3 Hipótesis.....	5
1.2 Marco teórico .....	5
1.2.1 Almidón .....	5
1.2.2 Retrogradación del almidón .....	7
1.2.3 Retrogradación de la amilosa .....	8
1.2.4 Retrogradación de la amilopectina.....	8
1.2.5 Almidón de yuca agrio .....	9
1.2.6 Queso costeño .....	11
1.2.7 Pandebono .....	13
1.2.8 Hidrocoloides para alimentos.....	14
1.2.9 Gomar Guar.....	15
1.2.10 Goma Xantana .....	16
1.2.11 Goma CMC.....	17
1.2.12 Congelación para productos de hidrocoloides .....	18
<b>2. Justificación .....</b>	<b>19</b>
<b>3. Objetivos.....</b>	<b>21</b>
3.1 Objetivo general .....	21
3.2 Objetivos específicos .....	21
<b>4. Materiales y métodos .....</b>	<b>23</b>
4.1 Materiales .....	23
4.2 Elaboración del pandebono.....	23
4.3 Características de calidad y texturales del pandebono.....	24
4.4 Análisis de imágenes .....	25
4.5 Análisis sensorial.....	25
4.5.1 Prueba de Aceptación.....	25
4.5.2 Prueba triangular .....	26
4.5.3 Análisis estadístico .....	26
<b>5. Resultados y discusión .....</b>	<b>27</b>
5.1 Características de calidad .....	27
5.2 Características de color.....	31
5.3 Propiedades texturales.....	33
5.4 Análisis sensorial.....	35
5.5 Prueba de Aceptación .....	36

5.6 Prueba Triangular .....	39
<b>6. Conclusiones .....</b>	<b>41</b>
<b>7. Recomendaciones .....</b>	<b>42</b>

## Lista de figuras

<b>Figura 1-1:</b> "Amilosa" .....	6
<b>Figura 1-2:</b> "Amilopectina" .....	7
<b>Figura 1-3:</b> "Diagrama del proceso general de extracción de almidón de yuca" .....	10
<b>Figura 1-4:</b> "Proceso para la fabricación del queso costeño" .....	12
<b>Figura 5-1:</b> "Corte transversal de pandebonos" .....	31
<b>Figura 5-2:</b> "Fotografías de pandebonos" .....	36
<b>Figura 5-3:</b> "Resultados para la prueba de aceptación" .....	37

## Lista de tablas

<b>Tabla 1-1:</b> Características físico-químicas del almidón de yuca agrio.....	10
<b>Tabla 1-2:</b> Características físico-químicas del queso costeño. ....	12
<b>Tabla 1-3:</b> Propiedades físicas y texturales de pandebono formulado con quesos costeño .....	13
<b>Tabla 5-1:</b> Características de calidad de pandebono control y muestras con tratamiento de congelación y refrigeración y adición de Gomar Guar* .....	27
<b>Tabla 5-2:</b> Características de color de pandebono control y muestras con tratamiento de congelación y refrigeración y adición de Gomar Guar* .....	31
<b>Tabla 5-3:</b> Propiedades texturales de pandebono control y muestras con tratamiento de congelación y refrigeración y adición de Gomar Guar* .....	34

# Introducción

El pandebono es un producto alimenticio libre de gluten a base de almidón agrio de yuca, queso, harina de maíz, leche, grasa vegetal, fécula de maíz y azúcar, que forman una masa suave y consistente, a partir de la cual se forman bolas que son llevadas a un horno hasta que obtienen una apariencia esponjosa y un color dorado (Aristizábal & Sánchez, 2007). En Colombia, es habitual el uso de queso costeño, un queso fresco y de sabor moderadamente salado, esencial en la formulación, puesto que es responsable de las propiedades texturales y sensoriales de este tipo de productos (López-Tenorio, Rodríguez-Sandoval, & Sepúlveda-Valencia, 2012). Si bien la formulación puede variar de una región a otra, en general, el producto se caracteriza por una textura esponjosa, con baja densidad y rápido endurecimiento (López-Tenorio, Rodríguez-Sandoval, & Sepúlveda-Valencia, 2012), que conduce a reducir su vida útil en términos de frescura, con lo cual resulta fundamental el uso de aditivos alimentarios como hidrocoloides a fin de incrementar la vida útil del producto y por tanto, mejorar la calidad del mismo (López-Tenorio, Rodríguez-Sandoval, & Sepúlveda-Valencia, 2015).

Igualmente, debido a la creciente necesidad de disponer de productos como los pandebonos de forma permanente y sin las limitaciones de preparar masas frescas, se ha puesto en consideración el uso de masas refrigeradas o congeladas previamente porcionadas y listas para hornear. No obstante, es importante tener en cuenta las limitaciones que dichos procesos de conservación pueden tener sobre el producto final, incluyendo cambios sobre las características sensoriales (sabor, textura, aspecto, entre otras) originados tanto por la formación de cristales de hielo como por el efecto de la reagrupación de solutos en volúmenes limitados (Agoulon, 2012). Destacando además que las reacciones físico-químicas que ocurren en los productos refrigerados o congelados conducen a una pérdida progresiva e irreversible de la calidad, con lo cual, transcurrido cierto tiempo, el producto puede dejar de ser consumible (Umaña Cerros,

2011), de allí que resulte fundamental garantizar similitud entre los productos conservados con relación a los elaborados a partir de masas frescas.

Dado el papel significativo de los hidrocoloides en el incremento de la vida útil de los alimentos, resulta conveniente considerar el uso de estos en masas destinadas a la elaboración de pandebono. Cabe destacar que, entre los hidrocoloides, las gomas se caracterizan por ser polisacáridos solubles en agua con funcionalidad gelificante, espesante, estabilizante, espumante, emulsionante e inhibidora de la sinéresis durante la congelación (Rosell, Collar, & Haros, 2007). La Gomar Guar, de uso extendido como espesante de alimentos, está formada por manosa y galactosa en una proporción 2:1, con alto contenido en fibra dietética y con un 3-6% de proteína (Vázquez Chávez, González Sánchez, & Mojica Ramírez, 2016). Esta goma se caracteriza por su efectividad en la retención de agua, lo cual retarda el endurecimiento y puede prolongar la vida útil de productos frescos o disminuir la pérdida de calidad sensorial en productos conservados a bajas temperaturas (Venkateswara Rao, Indrani, & Shurpalekar, 1985).

Considerando la influencia de los hidrocoloides en la calidad de los productos libres de gluten, especialmente en aspectos asociados a la vida útil de éstos (Rodríguez Sandoval, Cortes Rodríguez, & Manjarrés Pinzón, 2015), además de factores como la formulación o parámetros del proceso que involucran la elaboración, conservación, almacenamiento y utilización de la masa (Leray, Oliete, Mezaize, & Chevallier, 2010), es importante estudiar la adición de Gomar Guar en la formulación de masas de pandebonos destinadas a congelarse o refrigerarse. Así, este trabajo se elabora con el propósito de determinar el efecto de la Gomar Guar en la calidad de pandebonos elaborados a partir de masas conservadas a bajas temperaturas, aplicando congelación y refrigeración. Además, se efectuaron pruebas sensoriales para establecer la diferencia entre una muestra control elaborados a partir de masa fresca sin adición de hidrocoloide y los tratamientos con Gomar Guar que tuvieron las características de calidad más apropiadas.

# **1. Antecedentes**

## **1.1 Planteamiento del problema**

### **1.1.1 Descripción del problema**

Analizando los cambios en la vida de los individuos y las empresas de nuestra sociedad, actualmente se identifica una necesidad de optimizar los procesos industriales y facilitar la preparación de los alimentos para el consumidor final. Por esto, se identifica una oportunidad en el sector de panificación para obtener eficiencia en los procesos y a su vez, conservar las características esenciales del producto terminado.

El pandebono es un producto típico colombiano, que se obtiene al mezclar almidones de yuca nativos, harina de maíz precocido con queso, posteriormente es moldeado y horneado a una temperatura de 240°C. Un defecto de este producto es que después de unas horas de preparado se pone duro, seco y un poco ácido. Una de las posibles causas de este comportamiento puede ser la retrogradación del almidón presente en el producto; sin embargo, la interacción del almidón con la caseína de la leche y el queso, y con los demás ingredientes adicionados también pueden influir en este defecto de calidad. Cuando el producto está recién preparado, las cadenas ramificadas de amilopectina se despliegan y se extienden dentro de los límites del agua disponible. Estas cadenas gradualmente se agregan y se alinean durante el almacenamiento por diversos tipos de uniones intramoleculares causando un aumento de la rigidez de la estructura interna de los gránulos de almidón hinchados que trae como consecuencia el endurecimiento de la miga, siendo una posible causa de los cambios texturales. Se considera que el fenómeno de retrogradación en el almidón depende de la temperatura y la capacidad de absorción de agua, lo que determinara los efectos en los pasos de nucleación y crecimiento de cristales; estableciendo una relación entre las propiedades de aplicación y algunas características estructurales y químicas (Angeloni, y otros, 2009).

Se demostró que un almidón de yuca agrio es significativamente diferente a unos almidones de yuca nativo con referencia a la baja expansión de los últimos, con respecto al pH, el factor de ácido, poder de hinchamiento, volumen específico, y el grado de polimerización (viscosidad intrínseca). Estas variables podrían estar relacionados con la alta calidad del almidón de yuca agrio para generar expansión y maximizar su uso en productos horneados (Angeloni, y otros, 2009).

Este tipo de cambios o defectos del almidón sobre los productos terminados elaborados con esta materia prima, podrían ser reducidos con el uso de alternativas tecnológicas y métodos de conservación, el efecto de la congelación en las características físicas y químicas de los productos panificados fue anteriormente estudiado, obteniendo como resultados que la congelación causó un aumento en la resistencia a la compresión, es decir, una mayor firmeza de los panes (más duro), también mostraron un aumento de la humedad hasta la mitad del período de congelación y luego disminuyó la cantidad de cenizas, lípidos y el pH se redujo por la congelación, al contrario de lo sucedido con la acidez titulable (Ortolan, y otros, 2015). Se identifica la necesidad del uso de hidrocoloides como la Gomar Guar, HPMC o CMC, para poder garantizar la conservación de las propiedades texturales y fisicoquímicas del pandebono y a su vez, evitar los efectos de retrogradación de las moléculas de amilopectina, Aunque, se debe tener mucho cuidado ya que un estudio en el cual se analizó el efecto de la harina de trigo extruido y almidón de yuca pre gelatinizado en los parámetros del proceso y de calidad de tipo pan francés elaborado a partir de masas congeladas con harina de trigo extruido o almidón de yuca pregelatinizado, las cuales después de descongelarse y fermentarse presentaron mayor aumento de volumen, pero después de la cocción, presentaron menor volumen cuando se compararon con el pan control (Ortolan, y otros, 2015). A pesar que se han realizado investigaciones en masas congeladas de trigo, no se ha encontrado estudios sobre pandebonos elaborados con masas congeladas y refrigeradas aplicando hidrocoloides.

### **1.1.2 Formulación del problema**

¿Cuál debe de ser el método de conservación a baja temperatura -congelación o refrigeración- de la masa de pandebono con adición de hidrocoloide que permita lograr un mayor tiempo de vida útil, manteniendo sus propiedades sensoriales y texturales?

### **1.1.3 Hipótesis**

Adicionando hidrocoloides en la masa de pandebono y posteriormente conservar a bajas temperaturas aumenta su tiempo de vida útil, manteniendo sus características sensoriales y texturales.

## **1.2 Marco teórico**

### **1.2.1 Almidón**

El almidón es un polisacárido que se obtiene a partir de cereales, leguminosas y raíces feculentas (Peña, Arroyo, Gómez, & Tapia, 2004). Es considerado el carbohidrato más abundante en la naturaleza, el cual es sintetizado durante la fotosíntesis y almacenado en los amiloplastos de las células vegetales. El almidón se encuentra en forma microscópica y semicristalinas las cuales reciben el nombre de gránulos.

Los gránulos de almidón tienen diferentes tamaños y formas dependiendo de la fuente biológica de donde provengan, estos están formados por dos biopolímeros: 25% de amilosa y 75% de amilopectina constituidos por unidades de glucosa (Villada, Acosta, & Velasco, 2008).

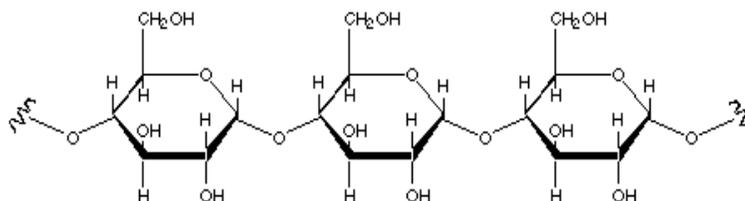
- Amilosa

La amilosa generalmente es el menor componente en el almidón; es un polímero lineal que tiene exclusivamente enlaces alfa (1-4), tiene un extremo reductor y otro no reductor. Su peso molecular varía de unos miles hasta 500,000 D.

Los enlaces glucosídicos de la amilosa se agregan de modo irregular formando un espiral helicoidal. A partir de esto por medio de la hidrólisis la amilosa genera (+)-maltosa como único disacárido y D-(+)-glucosa como único monosacárido (Melo & Cuamatzi, 2006).

La amilosa presenta un radio hidrodinámico de 7-22 nm. La amilosa tiende a enrollarse en una hélice sencilla hacia la izquierda y también puede formar estructuras más rígidas como doble hélice que también se enrollan hacia la izquierda. En una sola hélice el hidrógeno se encuentra unido a los átomos de oxígeno 2 y 6 de la superficie exterior de la hélice, es decir con los oxígenos hacia afuera (Flores, 2006).

**Figura 1-1:** "Amilosa"

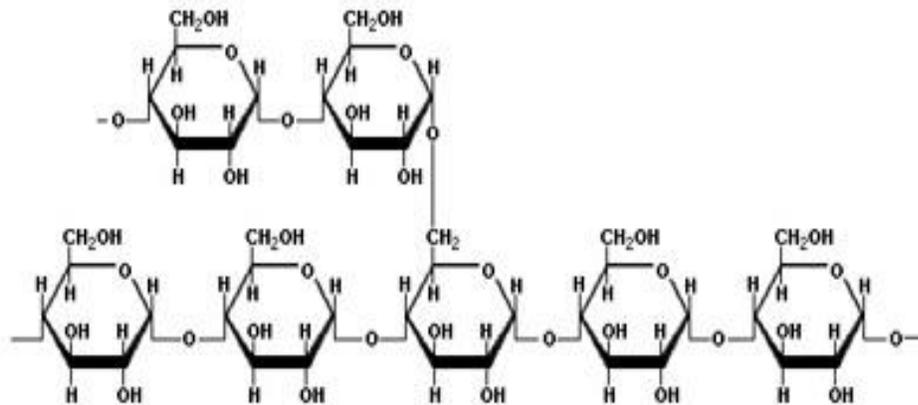


Fuente: Melo & Cuamatzi, Bioquímica de los procesos metabólicos, 2006.

- Amilopectina

La amilopectina es generalmente el mayor componente del almidón, es un polisacárido ramificado, estas ramificaciones se dan con unidades de maltosa (glucosa- glucosa con puentes en alfa (1-4)), unidas a través de puentes isomaltosas. En esta molécula existen cadenas cortas (aproximadamente 30 unidades) de glucosa las cuales se encuentran unidas por enlaces alfa (1-4) se unen también entre sí por enlaces alfa (1-6) (de las que puede obtenerse la isomaltosa).

El peso molecular de la amilopectina varía notablemente puede ser de 500,000 D o incluso mayor (Melo & Cuamatzi, 2006). Cada molécula de amilopectina contiene más de dos millones de residuos de glucosa en una estructura compacta con radio hidrodinámico aproximadamente de 21-71 nm (Flores, 2006). La hidrólisis de la amilopectina produce (+)-maltosa como único disacárido; la metilación e hidrólisis da principalmente 2, 3,6-tri-O-metil-D-glucosa (Rincón, 2005).

**Figura 1-2:** "Amilopectina"

Fuente: Melo & Cuamatzi, Bioquímica de los procesos metabólicos, 2006.

### 1.2.2 Retrogradación del almidón

Durante el almacenamiento del almidón, se lleva a cabo un proceso de reorganización y recristalización de las cadenas del polisacárido, conocido como retrogradación. Este proceso se refiere a los cambios que ocurren en los geles o pastas de almidón y en los alimentos que contiene almidón durante el almacenamiento. La retrogradación del almidón es de gran interés debido a los cambios en la textura del pan y en general de los alimentos que contienen almidón. La retrogradación del almidón es un fenómeno dependiente de la temperatura y el tiempo, el cual involucra una cristalización parcial de los componentes del almidón. Este puede ser observado a partir de: incremento a la resistencia a la hidrólisis enzimática amilolítica, disminución de la transmisión de luz, pérdida de la habilidad para formar complejos de yodo, disminución en la solubilidad en agua, disminución de la complancia o incremento en el módulo de elasticidad, lo cual se relaciona al fenómeno de recristalización que se lleva a cabo en polímeros sintéticos.

La retrogradación del almidón ocurre cuando las moléculas del almidón gelatinizado comienzan a reasociarse en una estructura ordenada, la cual bajo condiciones favorables genera una estructura cristalina.

La retrogradación consiste en dos procesos:

- Gelificación de las moléculas de amilosa exudadas del gránulo durante la gelatinización.
- Recristalización de la amilopectina.

Luego ambas moléculas se reasocian e incrementan la rigidez de los gránulos de almidón hinchados. La velocidad y el grado de retrogradación depende de la relación molar y la estructura de la amilosa y la amilopectina, fuente botánica del almidón, concentración agua-almidón, agitación, temperatura, regímenes de cocimiento y enfriamiento, pH y la presencia de solutos como lípidos, sales y azúcares (Flores, 2006).

### **1.2.3 Retrogradación de la amilosa**

La retrogradación de la amilosa es un proceso de corto tiempo, debido a los puentes de hidrógeno que pueden generarse entre cadenas paralelas adyacentes, así como en las cadenas ramificadas, lo cual ocasiona que los geles de amilopectina retrogradada sean menos firmes que el de la amilosa. También, se ha encontrado que las cadenas de amilosa rápidamente disminuyen como resultado de la retrogradación durante las primeras 24 horas.

La formación del gel está ligado a un sistema de separación de fases, donde la cristalinidad del sistema aumenta gradualmente en la fase de mayor concentración (Flores, 2006).

### **1.2.4 Retrogradación de la amilopectina**

La retrogradación de la amilopectina es un proceso que requiere de un tiempo largo, puede justificarse debido a las cadenas ramificadas; esto a partir de que las cadenas ramificadas de la amilopectina cristalizan durante la retrogradación; una vez que las dobles hélices están formadas, todavía están conectadas a la cadena principal del polímero, por medio de los puntos de ramificación alfa(1-6), juntándose en agregados para formar cristales, lo que provoca la energía de los enlaces de la cadena principal, mientras la de los segmentos ramificados disminuye.

La retrogradación de amilopectina está conformada por dos etapas, para que se realice el proceso la amilopectina se une al agua y se asocia lentamente, desarrollando cristales muy perfectos conforme el almacenamiento va en aumento. Dado que la mayoría de los almidones normales son 70-80% amilopectina, los procesos de gelatinización y retrogradación están determinados por las cadenas de amilopectina que no están en equilibrio térmico.

La recristalización de la amilopectina está asociada con el desarrollo de la rigidez del producto, la cual incrementa a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento (Flores, 2006).

### **1.2.5 Almidón de yuca agrio**

El almidón es uno de los principales componentes de la yuca, se encuentra almacenado en gránulos.

Las raíces de yuca se lavan, se pelan, se rallan y se someten a la extracción, para separar la pulpa o masa que contienen las fibras y la “leche “ de almidón, en el que se suspenden los gránulos de almidón, a esta última se le realiza un proceso de decantación para obtener la materia prima (Serra, Presotti, Santos, & Rodrigues, 2007).

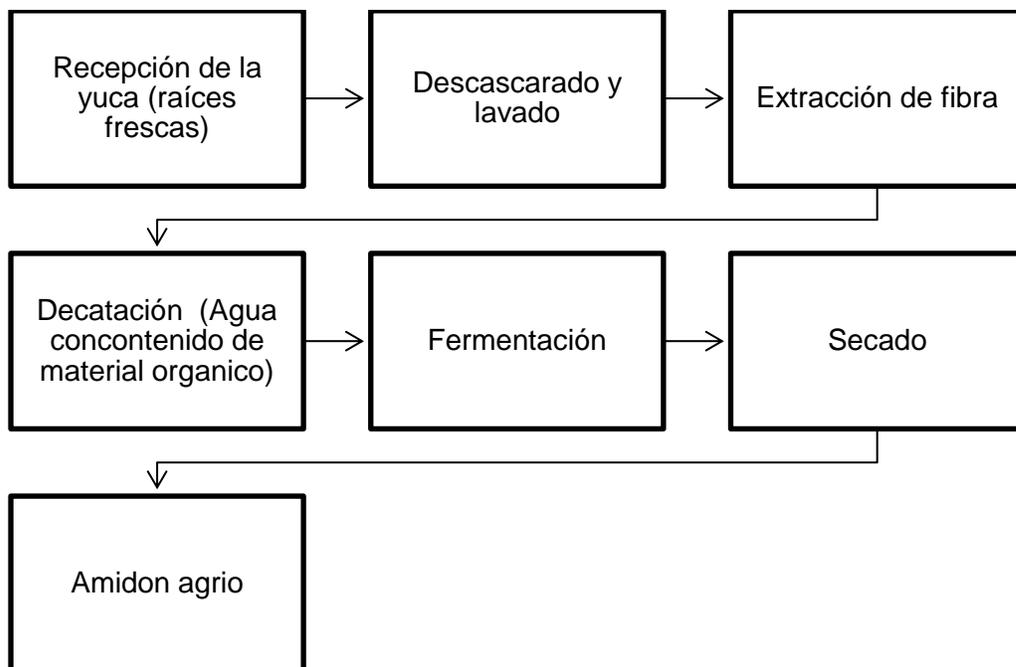
El almidón de yuca es utilizado en la industria alimentaria como ligante de agua, coadyuvante de emulsificantes, fuente de carbohidratos, espesante y agente texturizante (Vargas, 2010).

El almidón de yuca agrio además de pasar por el proceso anteriormente descrito se somete a una etapa de fermentación anaeróbica espontánea debido a que este producto es una modificación que se obtiene mediante tratamiento enzimático por la acción de microorganismos durante el proceso de fermentación (Rincón, 2005), este almidón modificado es utilizado en ciertos productos de panadería considerados como típicos, por ejemplo: pandebono, pan de yuca, rosquillas.

El almidón de yuca agrio contiene poca cantidad de proteína (menos del 2%) lo que a pesar de esto si cuenta con un alto nivel de fibra (por encima del 3%), además de

características de sabor, textura, olor y expansión en el horneado que son muy deseables; y que no pueden obtenerse con el almidón convencional o sin fermentar. Se considera que su principal criterio de calidad es el poder de panificación, el cual indica la capacidad de crecer en el horneado (Vargas, 2010).

**Figura 1-3:** "Diagrama del proceso general de extracción de almidón de yuca"



Fuente: (Alarcón & Dufour, 1998).

**Tabla 1-1:** Características físico-químicas del almidón de yuca agrio.

Características del almidón de yuca agrio	
Acidez	3,4 - 3,9 <sup>1</sup>
Grado de expansión	10,0 - 12,5 %PP

<sup>1</sup> El valor del pH y de la acidez titulable son buenas medidas del grado de fermentación del almidón.

**Tabla 1-1:** (Continuación)

Viscosidad máxima	490 UB
Humedad	12 – 14 %
Poder de hinchamiento	42 – 71 g agua/ g <sup>-1</sup> Almidón a 95°C
Transmitancia	51,76% a 650 nm
Sinerisis	3.2%

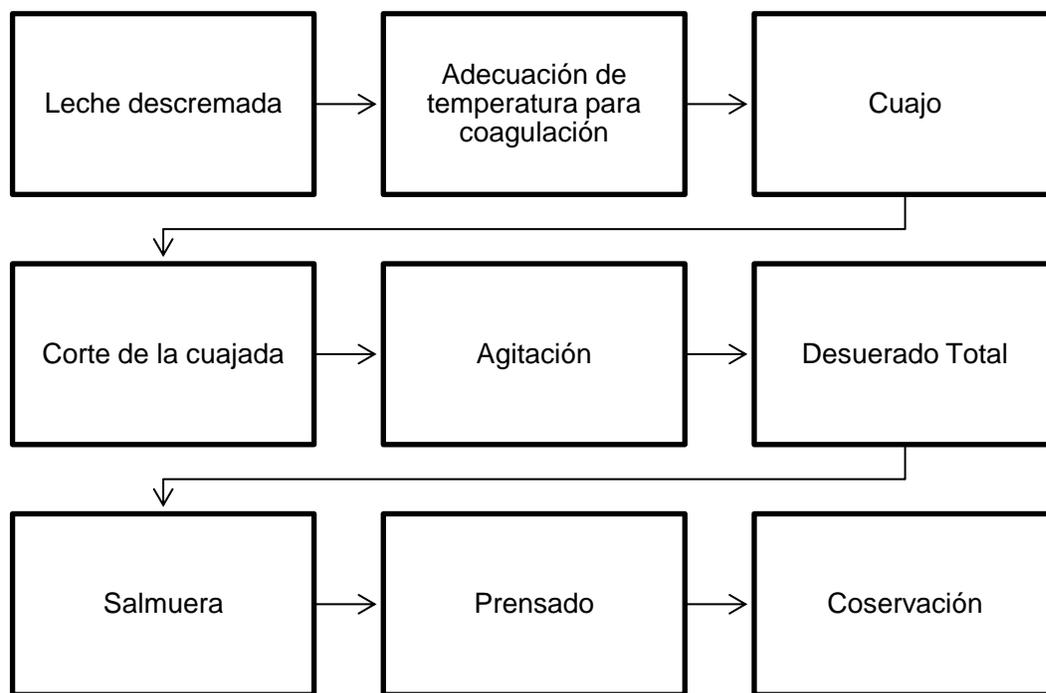
Fuente: (Jaramillo, 1998), (Mosquera, 2010), (Hernández-Medina, 2008)

### 1.2.6 Queso costeño

El queso costeño es una variedad de queso fresco con características típicas propias. Tradicionalmente su elaboración ha estado sujeta a técnicas artesanales y rudimentarias (Morales, Rodríguez, & Sepúlveda, 2013)

Esta variedad de queso es de amplio uso en panadería y se caracteriza por su alto contenido de sal; su tiempo de conservación es un poco más largo que el del queso campesino o molido que son igualmente utilizados en la panadería.

El queso costeño es un queso fresco, elaborado con leche descremada y estandarizada en su contenido graso de 2,5 a 3,5%, con un periodo de salado de dos horas y presado con 20 veces el peso del queso durante dos días.

**Figura 1-4:** "Proceso para la fabricación del queso costeño"

Fuente: Pardo, Guía de procesos para la elaboración de productos lácteos, 2003.

**Tabla 1-2:** Características físico-químicas del queso costeño.

Características del queso costeño	
Humedad	45,19% ± 0,66%
Actividad de agua	0,896 ± 0,004
pH	5,38 ± 0,05
Grasa	25,5% ± 0,7%
Sal	2,635% ± 0,08%

Fuente: Morales, Rodríguez, & Sepúlveda, Evaluación de las propiedades físicas y texturales del buñuelo, 2013.

### 1.2.7 Pandebono

El pandebono es un producto libre de gluten típico de Colombia, de panificación obtenido de almidón agrio (fermentado) de yuca y queso, como constituyentes principales. Según el sitio de elaboración, existen variaciones en su formulación, aunque es común el empleo de harina o fécula de maíz, huevos, grasa vegetal y agua o leche, además de sus principales componentes. Estos ingredientes se amasan para formar pequeñas porciones que posteriormente se hornean hasta que tomen un color dorado.

Las características más sobresalientes de este producto son su textura esponjosa, miga abierta, baja densidad y rápido endurecimiento.

El almidón agrio de yuca es un componente importante del pandebono, ya que le otorga volumen y una miga porosa con gran número de celdas que contienen aire. Igualmente, el queso es un ingrediente fundamental porque le da el aroma y el sabor característicos, complementa la estructuración de la miga y ayuda a obtener una mejor textura al producto final; en Colombia se utiliza ampliamente el queso costeño, el cual es fresco y con un sabor salado entre moderado y fuerte.

Los estudios de caracterización del pandebono se han enfocado en la evaluación de la densidad, el volumen específico, el índice de expansión, la resistencia a la compresión, el análisis de perfil de texturas y propiedades viscoelásticas de la masa (López-Tenorio, Rodríguez-Sandoval, & Sepúlveda-Valencia, 2012).

**Tabla 1-3:** Propiedades físicas y texturales de pandebono formulado con quesos costeño

Propiedades del pandebono formulado con queso costeño		
Físicas	Peso	23,8 g $\pm$ 0,2 g
	Volumen	57,4 cm <sup>3</sup> $\pm$ 0,9 cm <sup>3</sup>
	Densidad	0,4 g/cm <sup>3</sup> $\pm$ 0,0028 g/cm <sup>3</sup>

**Tabla 1-3:** (Continuación)

Texturales	Fractura corteza (N)	1.4±0.06
	Firmeza (N)	19.3±2.68
	Dureza (N)	17.1±2.93

Fuente: López-Tenorio, Rodríguez-Sandoval, & Sepúlveda-Valencia, Evaluación de características físicas y texturales de pandebono, 2012.

### 1.2.8 Hidrocoloides para alimentos

Los hidrocoloides son polisacáridos complejos de alto peso molecular. Están exentos de grasas, son solubles en agua y tienen la propiedad de formar geles bajo determinadas condiciones. Debido a su capacidad de absorber hasta 100 veces su peso en agua viene utilizándose recientemente como retenedores de humedad para evitar el envejecimiento de los productos. Al formar geles de gran viscosidad contribuyen a estabilizar la estructura de la masa.

Dentro de los hidrocoloides, los utilizados habitualmente en panificación son el agar-agar, los carragenatos, los alginatos, la Gomar Guar, la goma xantana y la goma garrofin (Boatella, 2004).

### Tipos de hidrocoloides

Los hidrocoloides pueden estar formados por polímeros como  $\beta$  –glucanas, encontradas en muchos cereales, particularmente cebada y avena, arabinoxilanas, glucomananas y galactomananas tales como la Gomar Guar, goma arábica, goma de tamarindo ,empleadas habitualmente como aditivos alimentarios. Las gomas que proceden de exudados de plantas tienen estructuras complejas altamente ramificadas y contienen residuos de azúcares neutros y ácidos urónicos (Heredia, 2002).

Los hidrocoloides pueden ser (Bello, 2000):

#### A) Extractos de semillas y de raíces

Numerosas semillas de leguminosa contienen polisacáridos del tipo de los galactomananos, las utilizadas en la industria de alimentos son:

- Gomar Guar.
- Goma garrofin.

#### B) Exudados de árboles

Entre los polisacáridos que proceden de exudados de planta cabe destacar tres clasificados entre las gomas, que se usan como aditivos alimentarios:

- Goma tragacanto.
- Goma arábica.
- Goma karaya.

#### C) Exudados de microorganismos

Varios cultivos de microorganismos producen polisacáridos que, aislados y purificados de modo conveniente, han recibido diversas aplicaciones, algunas en la industria alimentaria. Los más utilizados entre ellos son:

- Goma xantana
- Goma galana

#### D) Extractos de algas marinas

Los polisacáridos de origen marino son polímeros aniónicos, que se obtienen de dos grupos diferentes de algas: pardas y rojas:

- Alginatos

### 1.2.9 Gomar Guar

La Gomar Guar, es el polisacárido del endospermo de la semilla de la leguminosa *Cyamopsis tetragonolobus*, originaria de la India y Pakistán. Sus cadenas se caracterizan por incorporar dos unidades de manosa por cada una de galactosa. Cuanto mayor sea la proporción de moléculas de galactosa insertada en la cadena principal, más se favorece la separación entre ellas y mejor resulta la penetración del agua para actuar como disolvente. Se hidrata con rapidez en agua fría y da lugar a soluciones muy viscosas y tixotrópicas, sin afectarse por la presencia de sales. Entre otras aplicaciones se emplea

en productos lácteos como espesante y estabilizador de helados y salsas para ensaladas (Bello, 2000).

La planta de Guar tiene aproximadamente 0,6 m de altura y una apariencia semejante a la planta de soja, tiene la misma distribución característica de un arreglo de vainas a lo largo del tallo vertical. Las vainas tienen una longitud de 5 a 12,5 cm y contienen, en promedio, 5-6 semillas de color marrón claro.

El posible procesamiento adicional de la Goma de Guar depende de modificaciones químicas. Diversos tratamientos son fundamentales para desarrollar características funcionales que hacen que esta goma sea versátil y útil en una variedad de aplicaciones industriales. El cambio más simple es variando el grado de polimerización mediante hidrólisis controlada, que es el medio para controlar la viscosidad. Además, la abundancia de grupos hidroxilo en la molécula de galactomanano se presta, como en la celulosa, a una variedad de reacciones químicas. Pueden esterificarse fácilmente, dando como resultado una variedad de compuesto interesante. El triacetato de guar, por ejemplo, obtenido al hacer reaccionar el galactomanano con anhídrido acético en piridina, es insoluble en agua y se puede proyectar en películas fuertes y flexibles, con propiedades comparables con las del acetato de celulosa. (Chudzikowski, 1971)

En productos de panadería como pan, pasteles y donas, la Gomar Guar es utilizada para mejorar la mezcla de la receta y también para mejorar la vida útil del producto a través de la retención de humedad, con el fin de evitar la sinéresis en los alimentos congelados y de rellenos. Por último, se obtiene un control en la capacidad de propagación en los preparados glaseados. (Elkhalifa, Mohammed, Mustafa, & El Tinay, 2007)

### **1.2.10 Goma Xantana**

La goma xantana, es un polímero obtenido por cultivos de las bacterias *Xanthomonas campestris* al fermentar el almidón de maíz. En su estructura interviene una cadena principal, algo similar a la celulosa, con un grupo de oligosacáridos unidos como ramificaciones. Sus moléculas adoptan una conformación helicoidal, simple o doble, sin ninguna tendencia a la asociación y ordenación. En cambio, la presencia de electrolitos neutraliza su marcado carácter aniónico y facilita las formas estructuradas, que ofrecen propiedades como: viscosidad elevada, que no depende de la temperatura y carácter pseudoplástico.

Es un producto soluble tanto en frío como en caliente, bastante estable frente a los efectos de la acidez y del tratamiento térmico.

Por ello, se usa como espesante y estabilizante en muchas conservas alimenticias. También resiste los procesos de congelación y descongelación, por lo que se suele adicionar a los alimentos espesados con almidón que se han de conservar congelados, para mejorar su estabilidad y evitar la sinéresis. Sirve para reemplazar el gluten en alimentos horneados, ya que forma una matriz elástica al combinarse con el almidón (Bello, 2000).

### **1.2.11 Goma CMC**

Goma de Carboximetilcelulosa, es un producto derivado de la celulosa, es un polisacárido lineal, de cadena larga, que se obtiene por sustitución de la celulosa con grupos carboximetilo, aumentando de este modo la solubilidad en agua. En los procesos de obtención se trata a la celulosa purificada con hidróxido de sodio y luego se hace reaccionar con monocloroacetato de sodio.

En solución, la carga negativa de la molécula la mantiene en suspensión debido a efectos de repulsión. Cuanto mayor sea el grado de sustitución mayor hidrofiliidad presenta la goma y mayor solubilidad.

En presencia de sales disminuye su hidratación y por ende la viscosidad de sus soluciones (Correa, 2012). Se disuelve fácilmente y proporciona una textura “seca”, normalmente es utilizada junto a otros espesantes (Romero, 2004)

Para uso en alimentos, productos farmacéuticos y cosméticos se necesita un elevado nivel de pureza (superior al 99,5 %) designándose a CMC de esta calidad como goma de celulosa, la cual es un polvo de color blanco- crema, que no presenta sabor, es inodoro y volátil.

La CMC se ha empleado como estabilizante de helados y bebidas lácteas, como agente espesante, agente para la suspensión de sólidos en batidos y coberturas y como espesante en rellenos de tartas. La utilización de CMC en productos de panificación ha sido estudiada por diversos autores habiéndose encontrado que mejora la calidad de panes frescos y congelados y de panes enriquecidos en fibra (Correa, 2012).

### **1.2.12 Congelación para productos de hidrocoloides**

Los hidrocoloides son polímeros que se dispersan o disuelven en agua y su acción en la masa es espesante o gelificante. Dependiendo del elemento que se use, actúan, modificando la textura y con ello, se consigue estabilizar las suspensiones, emulsiones o estructuras tipo espuma.

Tiene una elevada capacidad con el agua, lo cual, los hace muy útiles cuando se desea estabilizar ciclos de congelación y descongelación. Permiten modificar la gelatinización del almidón y pueden prolongar la vida útil de los productos. A nivel de panificación, los hidrocoloides afectan tanto a las propiedades de la masa durante el amasado, la fermentación y la cocción, así como, a las propiedades del pan fresco, en cuanto a su calidad y proceso de envejecimiento.

Los hidrocoloides ayudan a solucionar ciertos problemas relacionados con el pan precocido como: el arrugamiento de los panes y el descascarillado de la corteza; al igual que son de gran utilidad en la nueva técnica de fabricación de la bollería “fermentada congelada” que precisa de ayuda para evitar el arrugamiento de la pieza una vez fermentada y congelada.

Los hidrocoloides permiten, principalmente durante la etapa de inicio de la cocción, que la gelatinización y la formación de la miga se dé a más baja temperatura; esto es de gran utilidad en panes precocidos debido a sus temperaturas de horneado que son ligeramente más bajas que en los procesos tradicionales, además refuerza la fijación de la corteza y la miga para evitar en parte el descascarillado en los panes precocidos congelados. En la bollería “fermentada congelada” con la presencia de hidrocoloides aumenta la tolerancia para soportar una congelación de masas casi totalmente fermentadas.

Hay un tipo de congelación de masas conocido como la ultra congelación, donde lo ideal es una congelación criogenia de nitrógeno a  $-50^{\circ}$  C durante 15 minutos. Además puede ser utilizada la congelación lenta (Tejero, 2013).

## 2. Justificación

En la actualidad atravesamos por una serie de cambios de tipo demográfico, social y económico, los cuales modifican expectativas, intereses, costumbres y ritmo de vida. Esto lleva a las personas a una adaptación continua de sus rutinas al entorno y a su vez, a las empresas a buscar productos y servicios alternativos para los nuevos mercados y sus necesidades.

Anualmente el sector de las panaderías en Colombia factura \$2,8 billones, siendo uno de los más dinámicos de la economía. En Cali, la Asociación Nacional de Industrias del Pan y Alimentos Complementarios, ANIPAN, estima que la facturación de una panadería pequeña puede ascender a \$700.000 por día, mientras que la de una grande oscila entre un millón 200 mil pesos y tres millones de pesos. El director de ese gremio, Diego Muñoz Toro, asegura que ese tipo de establecimientos genera en la ciudad unos 17.000 empleos directos, a razón de siete o diez por establecimiento, aunque las más grandes —con cuatro y cinco puntos de venta— dan trabajo entre 70 y 160 personas. “Es una labor que exige mucho sacrificio y donde los costos que intervienen en el negocio panadero son muy altos por las alzas constantes en la harina de trigo, las levaduras, las margarinas y grasas”, dice el dirigente gremial. Aunque el nivel de competencia es fuerte, hay mercado para todos. El arribo de jugadores internacionales como Bimbo y Carrefour puso en alerta a los panaderos locales (Guzmán, 2014).

Se infiere que las empresas y las universidades deben unir fuerzas para fortalecer el sector de las panaderías colombianas y así poder ubicarnos como competidores de primer nivel en los mercados internacionales; con este tipo de estrategia y aprovechando la diversidad de productos sin explorar en este sector, se infiere un crecimiento económico y un conocimiento técnico de esta industria. El manejo apropiado del área de I+D de las empresas, representa un crecimiento en su portafolio, esto a su vez genera una posible expansión de la empresa en nuevos mercados, lo cual de una u otra manera

garantiza un crecimiento sostenible y la prevalencia de esta a través de los años. De otro lado, las empresas requieren que estas innovaciones sean rentables para sus ejercicios y a su vez asequibles para el consumo de sus clientes potenciales.

Por lo anterior, profesionalmente se identifica una necesidad muy alta en el mercado colombiano en referencia a las masas congeladas y especialmente en masas de pandebono, ya que es un producto típico de nuestra región y tiene un consumo promedio mensual de 40 ton/mes de premezcla, según la multinacional Ingredion Colombia, lo cual conlleva a que su consumo sea masivo en importantes cantidades, resultando interesante para todo tipo de cliente, sea productor o consumidor final.

La importancia de esta propuesta está orientada a los beneficios económicos que se obtendrán de aumentar la vida útil de la masa de pandebono en el sector de panaderías de nuestro país, ya que se podrá aplicar y replicar fácilmente dentro de esta industria, trayendo consigo estandarización en los procesos de producción y un aumento en la rentabilidad por la reducción de pérdidas de producto.

En estudios anteriores, se ha identificado que el uso de la Gomar Guar en productos de panadería, tiene propiedades diferentes dependiendo del grado de goma y concentración utilizada, son masas gomosas que bajo condiciones de frío se unen fácilmente y permanecen esencialmente estables durante largos periodos, lo cual nos permite tener una mayor inclinación para uso de esta dentro de nuestra experimentación, realizando una combinación de conservación de las masas congeladas y refrigeradas para incrementar la vida útil de estas y la viabilidad en el uso de la industria.

Los experimentos y resultados, tendrán un gran aporte en la producción de conocimiento en la industria de panificación, a pesar que esta es uno de los sectores más importante dentro el desarrollo económico del país, sus métodos aún siguen siendo muy artesanales y empíricos.

## **3. Objetivos**

### **3.1 Objetivo general**

Evaluar la aplicación de la Gomar Guar sobre las propiedades de calidad, texturales y sensoriales de pandebono elaborado a partir de masas congeladas y refrigeradas para incrementar su vida útil.

### **3.2 Objetivos específicos**

- Evaluar el efecto de la formulación aplicando Gomar Guar sobre las propiedades texturales y físicas del pandebono elaborado con masas congeladas y refrigeradas.
- Establecer el efecto del tipo de tratamiento a baja temperatura -congelación y refrigeración- sobre las propiedades de calidad y texturales de pandebono.
- Comparar sensorialmente los mejores tratamientos aplicando congelación y refrigeración a la masa con adición de Gomar Guar frente a un producto control elaborado con masa fresca sin adición de hidrocoloide.



## **4. Materiales y métodos**

### **4.1 Materiales**

En la elaboración de las masas de pandebono se utilizó como materia prima queso costeño (Plato, Magdalena), Almidón Expandex® (Ingredion Colombia S.A., Cali-Colombia), fécula de maíz (Dismapan S.A.S, Medellín, Colombia), margarina (Astra, SIGRA S.A, Bogotá, Colombia), harina de maíz (Molinos del Atlántico S.A.S, Barranquilla, Colombia), azúcar, leche y como hidrocoloide, Gomar Guar (Tecnas S.A, Itagüi, Antioquia, Colombia).

### **4.2 Elaboración del pandebono**

La formulación usada para la elaboración de los pandebonos consta de 270g de queso costeño (100%), 108g de almidón (40%), 27g de fécula de maíz (10%), 54g de margarina (20%), 16.2g de azúcar (6%), 92g de leche (34%), 27 g de harina de maíz (10%). De acuerdo a ensayos preliminares, se establecieron las siguientes adiciones de Gomar Guar en la masa de pandebono: 3.5% (9.45g), 4% (10.8g) y 4.5% (12.15g) con respecto a la cantidad de queso.

El queso costeño se mezcló con los otros ingredientes secos y la margarina en una batidora (ARTISAN KSM150PSER, KitchenAid, St. Joseph, MI, USA) durante 3 min. La leche fue agregada lentamente hasta lograr una masa suave y homogénea que se dividió en porciones de 30 g, las cuales fueron moldeadas rápidamente, a fin de evitar que se secase la superficie de las muestras. Las porciones fueron sometidas a dos métodos de conservación a bajas temperaturas: congelación por 7 días a -20 °C en un congelador (Industrias Tecnifríos, Medellín, Colombia) o refrigeración por 7 días a 4°C en un refrigerador (Indufrial S.A, Cartagena de Indias, Colombia). Posteriormente, las masas congeladas se dejaron 1 h y las masas refrigeradas 10 min, a temperatura ambiente (30°C) antes de la cocción. Transcurrido este tiempo se llevaron a cocción en un horno

de convección eléctrica (KF966DUD, Tecnoeka Sri, Padova, Italia) a 160°C durante 16 min por un lado, luego se giró 180° la bandeja y se dejó a la misma temperatura por 2 min, para un tiempo de horneado total de 18 min. Las medidas de calidad en el pandebono fueron tomadas después de 1 h de reposo del proceso de cocción.

### **4.3 Características de calidad y texturales del pandebono**

La pérdida de peso (g/100g) durante la cocción fue la relación del peso inicial de la masa con el peso final del pandebono; se evaluaron 16 muestras por tratamiento. La altura del pandebono se determinó con un calibrador vernier (CD-6" CS-B, Mitutoyo Sul Americana Ltda., Santo Amaro, SP, Brazil); se evaluaron 16 muestras por tratamiento (Goswami, Gupta, Mridula, Sharma, & Tyagi, 2015). El volumen específico se evaluó empleando el método de desplazamiento de semillas de mijo (Rodríguez-Sandoval, Polanía-Gaviria, & Lorenzo, 2017); se evaluaron 16 muestras por tratamiento.

El contenido de humedad de la miga y la corteza se midió utilizando una balanza de humedad (XM60, Precisa Gravimetrics AG, Dietikon, Suiza); se evaluaron tres muestras por tratamiento. La actividad de agua (aw) de las migas se midió empleando un higrómetro de punto de rocío a 25°C (Aqualab serie 4TE); se evaluaron dos muestras por tratamiento (Rodríguez-Sandoval et al., 2017). El color de la miga se midió usando un espectrocolorímetro de esfera (Modelo SP64, X-Rite Inc., MI). Los valores de color se expresaron en el espacio CIELab como L (luminosidad, desde 0 negro a 100 blanco), a (cromaticidad de verde [-] a rojo [+]), b (cromaticidad de azul [-] a amarillo [+]); con estos valores se obtiene el ángulo de tono (\*h) y croma (C\*) (Goswami, Gupta, Mridula, Sharma, & Tyagi, 2015); se evaluaron tres muestras por tratamiento, realizando mediciones por triplicado.

En el análisis de perfil de textura (TPA) se determinó la cohesividad, dureza, elasticidad y masticabilidad de las muestras empleando un Texture Analyser TA-XT2i (Stable Micro Systems, UK) con una celda de 50 kg, un disco plano de 100 mm de diámetro (SMSP/100). Para ello se empleó como muestra un pandebono completo. Los parámetros de trabajo fueron: velocidad de pre-ensayo de 1 mm/s, velocidad de ensayo de 1 mm/s, velocidad post-ensayo de 5mm/s y una compresión de 10 mm (Lopez tenorio et al., 2012); se evaluaron 12 muestras por tratamiento. Las pruebas para determinar la

pérdida de peso, la altura, el volumen, la actividad de agua y la humedad tanto de miga como de corteza fueron realizadas el mismo día del proceso de horneado. El color de la miga y el análisis del perfil de textura se determinaron al día siguiente.

## **4.4 Análisis de imágenes**

Las muestras utilizadas para el análisis de imágenes fueron extraídas de la parte central de los pandebonos con un espesor de 1 cm. Estas muestras se digitalizaron empleando un escáner (HP Photosmart CN731A, D110a, Hewlett Packard Enterprise, Beijing, China). Las imágenes digitalizadas se evaluaron empleando el software ImageJ®. El análisis de imágenes fue realizado el día posterior al proceso de horneado. La imagen escaneada a color se convirtió en escala de grises, tras lo cual, usando las barras de longitudes se asignó una medida conocida, convirtiendo los valores de píxeles en unidades de distancia. Se estableció una sección transversal rectangular en la imagen con un área de 3.18 x 2.54 cm, a partir de la cual se realizó el análisis para cada muestra. Para determinar la distribución de poros en los pandebonos se emplearon los comandos Binarise-SEM y ComputeStats (Turabi, Gulum, & Serpil, 2010), con el fin de establecer la distribución de tamaño de poro; se escanearon cuatro muestras por tratamiento.

## **4.5 Análisis sensorial**

### **4.5.1 Prueba de Aceptación**

Se realizó una prueba de aceptación a consumidores de pandebonos, a las muestras que tuvieron mejores características de calidad tanto en el tratamiento de congelación como el de refrigeración, y a un pandebono control elaborado a partir de masa fresca sin adición de Gomar Guar. Para ello se encuestaron 80 panelistas por tratamiento, para un total de 240 panelistas, ubicados en la Universidad Nacional de Colombia, de los cuales 55% eran mujeres y 45% hombres, distribuidos en rangos de edad de la siguiente forma: 7% de 16-20 años, 37% de 21-30 años, 25% de 31-40 años, 18% de 41-50 años y 15% de 51-65 años.

Para esta prueba se elaboró un formato, a partir del cual era posible establecer el grado de aceptación general del producto en tres niveles (me gusta, ni me gusta ni me disgusta, me disgusta). Asimismo, se evaluó el grado de aceptación para el color, la textura y el

sabor en una escala cualitativa de cinco niveles (me gusta mucho, me gusta poco, ni me gusta ni me disgusta, me disgusta poco, me disgusta mucho), la cual posteriormente fue reemplazada por una escala cuantitativa de 5 a 1 para el análisis de resultados, siendo 5 para me gusta mucho y 1 para me disgusta mucho. Cada pandebono fue codificado con tres dígitos aleatoriamente, a fin de evitar que los panelistas determinaran el tratamiento de la muestra evaluada.

#### **4.5.2 Prueba triangular**

Se realizó una prueba sensorial de similitud tipo triangular según la norma NTC 2681 (ICONTEC, 2006) con un panel de 18 miembros entrenados para determinar la similitud sensorial perceptible en pandebonos con tratamientos de congelación y refrigeración comparado con la muestra control. Se presentó simultáneamente a los evaluadores un grupo de tres muestras, dos de las cuales eran iguales y uno diferente. Se presentó el trío de muestras de manera aleatoria para que el evaluador seleccionara la muestra diferente con respecto a una muestra de referencia o control.

#### **4.5.3 Análisis estadístico**

Se aplicó un diseño experimental factorial completamente aleatorizados con dos factores: tratamiento de conservación a baja temperatura (refrigeración y congelación) y porcentaje de Gomar Guar adicionado a la masa (3.5, 4 y 4.5% con respecto a la cantidad de queso). Se efectuaron 3 repeticiones por tratamiento para un total de 18 experimentos. Además, se efectuó la comparación con una muestra control a partir de masa fresca sin adición de Gomar Guar. Los datos arrojados por cada prueba experimental fueron evaluados mediante un análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de significación estadística del 95% ( $p < 0,05$ ), empleando el software Statgraphics Centurion XV versión 15.2.05 (2006).

## 5. Resultados y discusión

### 5.1 Características de calidad

En la Tabla 5-1, se presentan los resultados obtenidos para las características de calidad para el control (sin tratamiento de baja temperatura ni Gomar Guar) frente a muestras con tratamiento de congelación y refrigeración y adición de Gomar Guar.

**Tabla 5-1:** Características de calidad de pandebono control y muestras con tratamiento de congelación y refrigeración y adición de Gomar Guar\*

Tratamiento	Gomar Guar (%)	WL (g/100g)	he(mm)	V(mL/g)	Aw	Hm (%)	Hc (%)	# poros
Control	0	5.0±0.46 <sup>a</sup>	30.4±1.4 <sup>a</sup>	3.8±0.2 <sup>a</sup>	0.92±0.02 <sup>a</sup>	49.4±1.0 <sup>a</sup>	18.7±2.4 <sup>a</sup>	65.9±2.7 <sup>a</sup>
Congelación	3.5	4.5±0.02 <sup>a</sup>	35.4±0.7 <sup>b</sup>	4.1±0.1 <sup>b</sup>	0.93±0.01 <sup>a</sup>	48.9±1.0 <sup>a</sup>	24.3±0.9 <sup>b</sup>	88.2±1.9 <sup>b</sup>
	4	4.3±0.37 <sup>a</sup>	35.9±0.5 <sup>b</sup>	4.0±0.1 <sup>ab</sup>	0.93±0.01 <sup>a</sup>	48.9±3.0 <sup>a</sup>	21.5±0.8 <sup>a</sup>	124.5±7.4 <sup>d</sup>
	4.5	4.3±0.24 <sup>a</sup>	36.8±1.1 <sup>b</sup>	3.9±0.1 <sup>a</sup>	0.93±0.01 <sup>a</sup>	46.0±2.0 <sup>a</sup>	22.3±0.4 <sup>a</sup>	126.2±2.8 <sup>d</sup>
Refrigeración	3.5	4.4±0.16 <sup>a</sup>	34.8±2.7 <sup>b</sup>	4.1±0.1 <sup>b</sup>	0.92±0.00 <sup>a</sup>	44.6±1.0 <sup>a</sup>	26.2±0.8 <sup>b</sup>	99.9±13.0 <sup>bc</sup>
	4	4.5±0.09 <sup>a</sup>	34.2±1.8 <sup>b</sup>	4.0±0.1 <sup>ab</sup>	0.93±0.00 <sup>a</sup>	45.7±1.5 <sup>a</sup>	22.4±2.8 <sup>a</sup>	110.5±11.3 <sup>c</sup>
	4.5	4.3±0.20 <sup>a</sup>	34.3±1.8 <sup>b</sup>	4.0±0.1 <sup>ab</sup>	0.93±0.01 <sup>a</sup>	47.4±1.9 <sup>a</sup>	24.6±1.1 <sup>b</sup>	93.5±3.5 <sup>b</sup>

Fuente: Elaboración propia.

\*W, pérdida de peso (diferencia entre peso inicial y peso final); he, altura; V, volumen específico; Aw, actividad de agua de la miga; Hm, humedad de la miga; Hc, humedad de la corteza. Los resultados son el promedio ± desviación estándar. Valores de la misma columna con letras diferentes presentan una diferencia significativa estadísticamente (P<0.05).

---

La pérdida de peso se encuentran con valores que oscilaron entre 4.3 y 4.5g/100g para las muestras a las cuales se adicionó hidrocoloide, mientras que, la muestra control registró una pérdida de peso promedio de 5.0g/100g. Ni la concentración de hidrocoloide ni el tratamiento de conservación empleado generan variaciones estadísticamente significativas sobre la pérdida de peso del pandebono. No obstante, se observa una disminución de dicha diferencia en las muestras con hidrocoloide respecto al control, probablemente debido a la acción retenedora de agua y modificadora de las propiedades de la fase acuosa de la Gomar Guar (Prestes, Beleski, Carneiro, & Demiate, 2012), pudiendo disminuir la cantidad de agua que es evaporada durante el proceso de horneado (López-Tenorio, Rodríguez-Sandoval, & Sepúlveda-Valencia, 2012) y, por tanto, disminuyendo la pérdida de peso en los pandebonos independientemente de la concentración utilizada.

Con respecto a la altura alcanza por los pandebonos tras el proceso de horneado, se evidencia una variación entre 34 y 37 mm para los tratamientos con hidrocoloide, y un promedio de 30 mm para las muestras control. El análisis de varianza indica que no existen diferencias estadísticamente significativas con respecto al tratamiento ni al porcentaje de hidrocoloide utilizado. Las diferencias entre los tratamientos con hidrocoloide y el control pueden generarse debido a la acción espesante de la Gomar Guar, la cual incrementa la viscosidad de la masa (Mudgil & Barak, 2014), generando retención de gases de forma semejante a como ocurre con panes elaborados a partir de harinas con gluten, dado que, dicha retención suele ser más alta a mayor formación de gluten debido al aumento de la viscosidad, lo que conduce a un aumento de la altura (Menon, Majumdar, & Ravi, 2015)

Para el volumen específico se evidencian valores entre 3,9 y 4,15 mL/g para los tratamientos con Gomar Guar. El control presenta un valor promedio de 3,8 mL/g. Para esta variable, si bien se presentan diferencias estadísticamente significativas para los porcentajes de Gomar Guar adicionados no ocurre así para las alternativas de conservación utilizadas. De forma semejante a como ocurre con la altura, el volumen específico está directamente relacionado con la producción de gases (López-Tenorio, Rodríguez-Sandoval, & Sepúlveda-Valencia, 2012). Por lo tanto, la adición de Gomar Guar y el consecuente incremento de la viscosidad podrían contribuir a la retención de

estos, otorgando un mayor volumen específico en el producto final. Se evidencia un aumento leve del volumen para los tratamientos que tuvieron 3,5% de Gomar Guar, siendo un comportamiento similar a otro estudio en donde adiciones de 2% de Gomar Guar tuvieron volúmenes específicos de pandebono mayores que muestras con 5% (Rodríguez Sandoval, Cortes Rodríguez, & Manjarrés Pinzón, 2015).

La actividad de agua presenta valores en un rango entre 0,92 y 0,93, tanto para los tratamientos con hidrocoloide como para el control. No se presentan diferencias estadísticamente significativas con respecto a los tratamientos utilizados ni al porcentaje de Gomar Guar añadido. Se observan valores altos para la actividad de agua en todos los tratamientos incluyendo al control, lo cual podría representar un incremento en las probabilidades de contaminación microbiana del producto (Burrington, 1998). Igualmente, el hecho de que no existan diferencias entre tratamientos, concentraciones y el control podría indicar que, a pesar de la actividad retenedora de agua de la Gomar Guar, esta no interfiere con la cantidad de agua libre del producto.

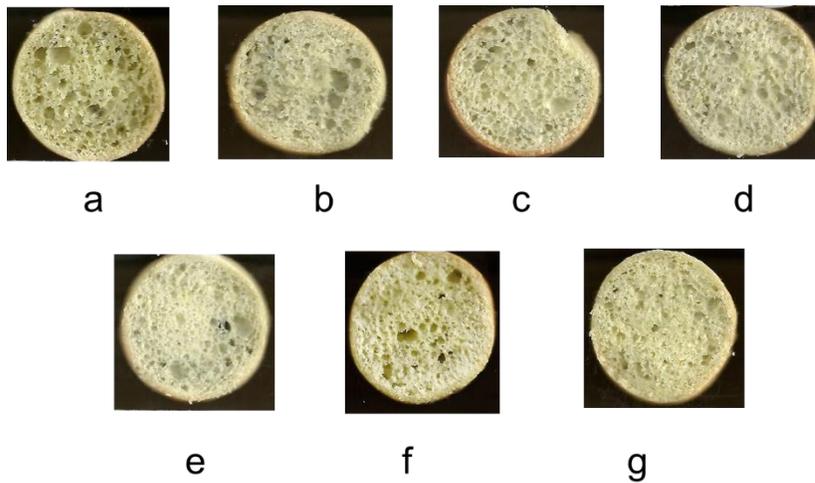
Para el contenido de humedad en base seca de la miga se observan valores entre 45 y 49%, tanto para los tratamientos con hidrocoloide como para el control. No se presentan diferencias estadísticamente significativas con respecto a los tratamientos utilizados ni al porcentaje de Gomar Guar añadido. Por el contrario, los valores obtenidos para el contenido de humedad en base seca de la corteza oscilan entre 21.5 y 26.2% para los tratamientos con Gomar Guar, con un promedio de 18.7% para el control. Dichos valores presentan diferencias estadísticamente significativas tanto respecto al tratamiento como al porcentaje de Gomar Guar. La poca variabilidad del contenido de humedad de la miga en los tratamientos con Gomar Guar respecto al control puede estar ligada a la presencia del hidrocoloide puesto que, es conocida la capacidad de éstos de conferir estabilidad a los productos a base de almidón, minimizando los efectos negativos de la refrigeración y la congelación (Zaritzky, Califano, & Lorenzo, 2009). Por el contrario, el hecho de que el contenido de humedad de la corteza sea dependiente tanto del método de conservación como de la adición de Gomar Guar pueden estar asociados a la interacción del hidrocoloide con el agua presente en el producto. A pesar que no se evidencia diferencia significativa entre la muestra control y algunos tratamientos con Gomar Guar, si se observa que estos últimos tienden a presentar mayores valores del contenido de

humedad en la corteza, posiblemente por la retención de agua generada por la Gomar Guar.

Se evidencia que el número total de poros presenta valores entre 66 y 126, con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo al análisis de varianza. El menor número de poros fue para la muestra control, mientras que los tratamientos que presentaron el número total de poros más cercano al control fueron el congelado con 3.5% de Gomar Guar y el refrigerado con 4.5% de Gomar Guar (Figura 5-1). La forma como actúa la Gomar Guar en congelación es diferente que en la refrigeración, además la interacción que puede tener este hidrocoloide con el almidón modificado de yuca y las caseínas del queso generan diversas tendencias en la estructura porosa del producto (Rodríguez Sandoval, Cortes Rodríguez, & Manjarrés Pinzón, 2015). Asimismo, las condiciones del método de conservación como las corrientes de aire frío, humedad relativa y temperatura, y los cambios que se generan dentro del producto, como la formación de cristales de hielo, afectan también la porosidad del pandebono (Umaña Cerros, 2011). Durante el horneado, el gránulo de almidón puede hincharse libremente antes de que se rompa debido a la estructura laminar de la Gomar Guar en la fase continua, contribuyendo de esta forma a mejorar el volumen y la estructura del producto. El contenido graso tanto del queso como de la margarina adicionada, la Gomar Guar en el caso de los tratamientos estudiados y el almidón gelatinizado pueden estabilizar la interfase de la burbuja de gas. Los cristales grasos se fusionan al aumentar la temperatura y hacen posible que la interfase cristal-líquido se incorpore en la superficie de la burbuja cuando se expande. La matriz de la miga se logra durante el periodo de enfriamiento después del horneado cuando la temperatura de la superficie se vuelve más baja que la temperatura de transición del almidón. Durante esta fase, la mayor parte del agua se evapora, la presión de vapor se estabiliza y la corteza se forma (Rodríguez Sandoval, Cortes Rodríguez, & Manjarrés Pinzón, 2015). Si los tratamientos sometidos a baja temperatura no tuvieran Gomar Guar, probablemente la formación porosa del pandebono se vería afectada a tal punto que tendríamos menor volumen y menor número de poros. Sin embargo, el tener mayor número de poros también genera diferencias apreciables con respecto a la muestra control, lo cual puede afectar otras

propiedades de calidad como su percepción sensorial y sus características texturales.

**Figura 5-1:** “Corte transversal de pandebonos”



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Control (a), refrigeración con 3.5% (b), 4% (c) y 4.5% (d) de Gomar Guar, y congelación con 3.5% (e), 4% (f) y 4.5% (g) de Gomar Guar

## 5.2 Características de color

Para las características de color, cabe destacar que, la escala de L oscila entre 0 negro y 100 blanco, la escala a se extiende desde un valor negativo (tono verde) hasta un valor positivo (tono rojo); y la escala b varía de azul negativo a amarillo positivo. Los valores L, a, b, C y h obtenidos para la miga de los pandebonos control (sin tratamiento de baja temperatura ni Gomar Guar) frente a muestras con tratamiento de congelación y refrigeración y adición de Gomar Guar se resumen en la Tabla 5-2.

**Tabla 5-2:** Características de color de pandebono control y muestras con tratamiento de congelación y refrigeración y adición de Gomar Guar\*

Tratamiento	Gomar Guar (%)	L	a	b	C	h
Control	0	70.6±1.0 <sup>a</sup>	0.58±0.0 <sup>b</sup>	25.5±1.6 <sup>b</sup>	25.6±1.6 <sup>b</sup>	88.7±0.0 <sup>a</sup>

Congelación	3.5	75.7±2.2 <sup>b</sup>	-0.45±0.1 <sup>a</sup>	24.6±1.3 <sup>b</sup>	24.7±1.3 <sup>b</sup>	88.9±0.2 <sup>a</sup>
	4	77.3±1.0 <sup>b</sup>	-0.31±0.1 <sup>a</sup>	24.3±1.3 <sup>b</sup>	24.3±1.3 <sup>b</sup>	89.3±0.3 <sup>a</sup>
	4.5	76.3±0.9 <sup>b</sup>	-0.31±0.0 <sup>a</sup>	25.3±1.6 <sup>b</sup>	25.3±1.6 <sup>b</sup>	89.3±0.1 <sup>a</sup>
Refrigeración	3.5	76.8±1.6 <sup>b</sup>	-0.47±0.1 <sup>a</sup>	23.4±0.5 <sup>a</sup>	23.4±0.5 <sup>a</sup>	88.9±0.2 <sup>a</sup>
	4	78.0±2.3 <sup>b</sup>	-0.28±0.2 <sup>a</sup>	23.4±1.1 <sup>a</sup>	23.4±1.1 <sup>a</sup>	89.3±0.6 <sup>a</sup>
	4.5	78.1±1.8 <sup>b</sup>	-0.35±0.2 <sup>a</sup>	23.7±1.1 <sup>a</sup>	23.7±1.1 <sup>a</sup>	89.2±0.5 <sup>a</sup>

Fuente: Elaboración propia.

\*Coordenadas rectangulares: L, luminosidad de la miga de pandebono; a, cromaticidad (rojo-verde); b, cromaticidad (amarillo-azul); coordenadas polares: C, croma; h, ángulo de tono o matiz. Los resultados son el promedio ± desviación estándar. Valores de la misma columna con letras diferentes presentan una diferencia significativa estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

La luminosidad presenta valores en un rango entre 76 y 78 para los tratamientos con hidrocoloide, y un promedio de 71 para las muestras control. El análisis de varianza indica que no se presentan diferencias estadísticamente significativas respecto a los tratamientos usados ni al porcentaje de Gomar Guar añadido. Se aprecia un incremento de la luminosidad en los tratamientos a los cuales se adicionó Gomar Guar independientemente del porcentaje usado. Con respecto a la cromaticidad (rojo-verde) se observan valores entre -0.3 y -0.5 para los tratamientos a los cuales se adicionó Gomar Guar y un promedio de 0.58 para el control. Existen diferencias estadísticamente significativas respecto al control. Referente a este parámetro, es destacable no solo la variación en magnitud para los tratamientos con Gomar Guar sino también una desviación del punto acromático con tendencia negativa. Para la cromaticidad (amarillo-azul) se tiene un rango entre 23 y 25 para los tratamientos con Gomar Guar, y un promedio de 26 para el control. El análisis de varianza indica diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de conservación usados, siendo la congelación el tratamiento de mayor similitud al control (Figura 5-1). La desviación del punto acromático para la luminosidad es hacia el amarillo en todos los casos.

Los valores obtenidos para la luminosidad y ambas cromaticidades en los tratamientos congelado y refrigerado difieren de los obtenidos en otro estudio, en el cual, en promedio

la L fue cercana a 70, la cromaticidad a fue de 7.5 y la cromaticidad b fue de 32 (López-Tenorio, Rodríguez-Sandoval, & Sepúlveda-Valencia, 2015); evidenciando un efecto significativo de la Gomar Guar a las concentraciones utilizadas sobre las características de color del pandebono. El croma mostró valores similares a la cromaticidad (amarillo-azul), con un rango entre 23 y 25 para los tratamientos con Gomar Guar, y un promedio de 26 para el control. Del análisis de varianza se concluye que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de conservación usados, siendo la congelación el tratamiento de mayor similitud al control. El croma o saturación para el control es mucho mayor, lo que indica un color más vivo o limpio con respecto a los demás tratamientos. Esto podría sugerir que la adición de Gomar Guar tiene un efecto negativo sobre este parámetro, especialmente cuando las muestras son refrigeradas. Para el ángulo de tono o matiz, los tratamientos exhiben valores entre 88.9 y 89.3, en tanto que el control presenta un promedio de 88.69. No existen diferencias estadísticamente significativas ni con respecto al tratamiento utilizado ni al porcentaje de Gomar Guar usado con respecto al control. Los valores indican un matiz muy cercano al amarillo como es usual en este tipo de productos.

De los resultados para los distintos parámetros del color se puede concluir, que, si bien la adición de Gomar Guar genera un incremento en la luminosidad de la miga del producto, y en todos los casos se exhibe una tonalidad amarilla, ésta adquiere un matiz con mayor tendencia negativa con respecto al producto control, para el cual el matiz amarillo es más cercano al rojo (Mathias & Ah-Hen, 2014). No obstante, cabe destacar que, la evaluación del color de la miga indica la incidencia de los ingredientes en el interior del producto; sin embargo, es el color de la corteza el que influye en la percepción de los consumidores y depende no solo de los ingredientes utilizados sino de las condiciones de proceso empleadas.

### **5.3 Propiedades texturales**

En la Tabla 5-3, se presentan los resultados obtenidos para las propiedades texturales (dureza, elasticidad, cohesividad y masticabilidad) para el control frente a muestras con tratamiento de congelación y refrigeración y adición de Gomar Guar.

**Tabla 5-3:** Propiedades texturales de pandebono control y muestras con tratamiento de congelación y refrigeración y adición de Gomar Guar\*

Tratamiento	Gomar Guar (%)	Dureza (N)	Elasticidad	Cohesividad	Masticabilidad
Control	0	13.1±0.3 <sup>a</sup>	0.86±0.0 <sup>a</sup>	0.46±0.0 <sup>a</sup>	5.1±0.2 <sup>a</sup>
Congelación	3.5	12.2±1.0 <sup>a</sup>	0.87±0.0 <sup>a</sup>	0.50±0.0 <sup>b</sup>	5.3±0.5 <sup>a</sup>
	4	13.9±1.6 <sup>b</sup>	0.86±0.0 <sup>a</sup>	0.49±0.0 <sup>b</sup>	5.9±0.8 <sup>b</sup>
	4.5	14.4±0.4 <sup>b</sup>	0.86±0.0 <sup>a</sup>	0.54±0.1 <sup>b</sup>	6.7±1.2 <sup>b</sup>
Refrigeración	3.5	12.2±1.1 <sup>a</sup>	0.86±0.0 <sup>a</sup>	0.50±0.0 <sup>b</sup>	5.5±0.7 <sup>a</sup>
	4	11.5±2.0 <sup>a</sup>	0.86±0.0 <sup>a</sup>	0.49±0.0 <sup>b</sup>	4.1±1.3 <sup>a</sup>
	4.5	12.4±0.9 <sup>a</sup>	0.86±0.0 <sup>a</sup>	0.49±0.0 <sup>b</sup>	5.0±1.0 <sup>a</sup>

Fuente: Elaboración propia.

\*Los resultados son el promedio ± desviación estándar. Valores de la misma columna con letras diferentes presentan una diferencia significativa estadísticamente ( $P < 0.05$ ).

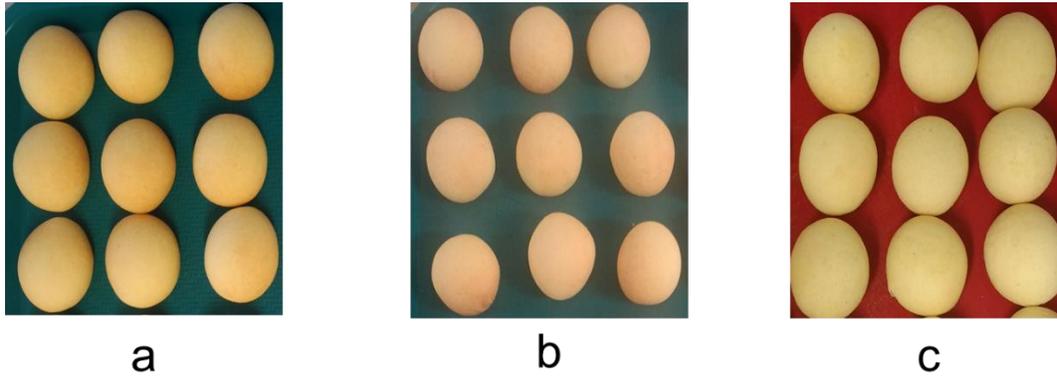
Se encontró que un incremento en el porcentaje de Gomar Guar aumenta significativamente la dureza y masticabilidad del pandebono sometido a congelación, indicando un marcado efecto del tipo de conservación sobre las propiedades texturales de las muestras. Por otro lado, esas mismas propiedades no se vieron afectadas por la cantidad de hidrolóide adicionado en el tratamiento con refrigeración. Además, se destaca que tanto la muestra control como las muestras refrigeradas y el producto sometido a congelación con 3.5% de Gomar Guar no tuvieron diferencias significativas en dureza. No se presentó diferencia estadísticamente significativa en la cohesividad (0.489-0.5) para los tratamientos con hidrocóloide, sin embargo, dichos valores fueron estadísticamente más altos respecto al promedio del control (0.457). Asimismo, no hay diferencias estadísticamente significativas a nivel de elasticidad. Los valores para dicho parámetro oscilan en un rango entre 0.859 y 0.863, en tanto que el control presenta un promedio menor (0.856). Los valores de dureza de este estudio fueron menores a los reportados en la literatura, mientras que los resultados de cohesividad y elasticidad

fueron similares (López-Tenorio, Rodríguez-Sandoval, & Sepúlveda-Valencia, 2012). Esta diferencia puede estar asociada a diferentes factores como el tipo de queso empleado en cada ensayo, las condiciones de horneado y los tratamientos previos a este proceso de cocción.

La dureza de estos productos se puede relacionar con la estructura porosa o la distribución de las celdas de aire o alveolos de la miga del pandebono. Las muestras sometidas a congelación y con contenidos de Gomar Guar mayores a 4% tuvieron la mayor dureza y el mayor número de poros. Este comportamiento también se evidenció en otro estudio donde una miga más uniforme y con mayor porcentaje de celdas de aire de menor tamaño favoreció el incremento de la firmeza del pandebono (López-Tenorio, Rodríguez-Sandoval, & Sepúlveda-Valencia, 2012).

## **5.4 Análisis sensorial**

A partir de las pruebas de calidad y texturales, se determinó que los tratamientos congelado con 3.5% de Gomar Guar y refrigerado con 4.5% de Gomar Guar tuvieron las características más apropiadas, tomando en cuenta su dureza, volumen y número de poros. Adicionalmente, estos mismos tratamientos también exhibieron una apariencia adecuada, sin fracturas, hundimientos ni agrietamientos superficiales o laterales, con un tono intenso y uniforme en su superficie (Figura 5-2). Por otro lado, los demás tratamiento si tuvieron deficiencias en las propiedades de calidad evaluadas o en las características superficiales, por consiguiente, se estableció realizar las pruebas sensoriales para las muestras de los tratamientos mencionados.

**Figura 5-2:** “Fotografías de pandebonos”

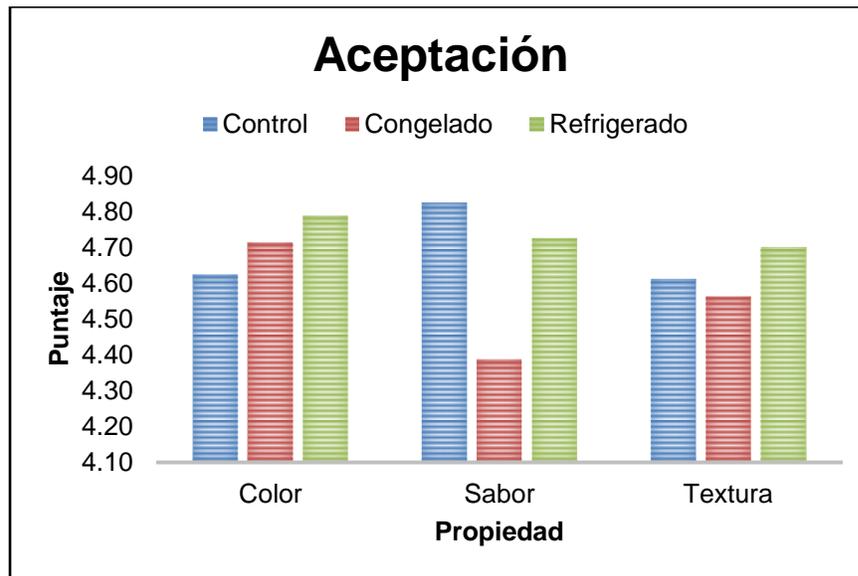
Fuente: Elaboración propia.

Nota: Control (a), con tratamiento de refrigeración con 4.5% de Gomar Guar (b) y de congelación con 3.5% de Gomar Guar (c).

## 5.5 Prueba de Aceptación

Los resultados obtenidos para la prueba de aceptación indican una preferencia marcada por los pandebonos del control, para los cuales, el 100% de los panelistas encuestados indicó que le gustaban. De los dos tratamientos evaluados, los panelistas mostraron mayor preferencia por los pandebonos refrigerados, para los cuales un 94% de los panelistas indicó que le gustaban. Los pandebonos congelados presentaron el menor porcentaje de aceptación con un 80% de me gusta y un 6% de me disgusta, el porcentaje más alto entre las tres muestras para esta categoría. Dicha preferencia puede asociarse entre otros factores, al tipo de queso utilizado, siendo este diferente para el tratamiento congelado con respecto al tratamiento refrigerado y al control, los cuales fueron elaborados con un queso con menor cantidad de sal. De cualquier forma, estos resultados podrían indicar que existe una percepción sensorial diferente ocasionada por la inclusión de Gomar Guar a la formulación.

Con respecto a las tres propiedades evaluadas, color, sabor y textura, los resultados se encuentran expresados en una puntuación de 1 a 5, siendo 5 la mayor puntuación. En la Figura 5-3 se presentan dichos resultados.

**Figura 5-3:** “Resultados para la prueba de aceptación”.

Fuente: Elaboración propia.

Para el color, los resultados indican una mayor puntuación para los tratamientos congelado y refrigerado con respecto al control. Si bien las condiciones de horneado del control (tiempo y temperatura) fueron iguales a las usadas en los tratamientos congelado y refrigerado, el tono adquirido de la muestra control presenta menor intensidad con respecto a éstos, lo que generó menor aceptación (4.63) para este aspecto entre los panelistas. Aunque la intensidad del color entre los tratamientos congelado y refrigerado fue semejante, los pandebonos refrigerados presentaron un tono más uniforme, aspecto que se vio reflejado en una mayor puntuación (4.79) para dicho tratamiento con respecto a los pandebonos congelados (4.71). En general, los panelistas indicaron una marcada preferencia por los pandebonos con color dorado uniforme y de tono intenso. Es probable que el tono dorado de mayor intensidad en los tratamientos refrigerado y congelado se deba a la presencia de la Gomar Guar, la cual, consiste en un polisacárido o carbohidrato polimerizado de manosa y galactosa (Davidson, 1980), donde la galactosa puede oxidarse hasta caramelizarse a 160°C (Starovičová, 2016), temperatura a la cual fueron horneados los pandebonos.

En cuanto al sabor, se muestra una marcada preferencia por el control (4.83). Con respecto a los otros dos tratamientos, el refrigerado presenta un mayor puntaje (4.73) con respecto al congelado (4.39). Estas diferencias en cuanto a las puntuaciones obtenidas

para el sabor se deben principalmente al queso empleado durante la elaboración. Cabe destacar que si bien el queso proviene de un mismo proveedor, este tipo de queso (denominado costeño) no cuenta con un proceso estandarizado de producción (García & Ochoa, 1987), lo que puede conducir a diferencias en cuanto a la textura, contenido graso y salinidad del mismo (Acevedo, Jaimes, & Espitia, 2015). Por tanto, dado que el queso usado para preparar las muestras congeladas fue diferente al utilizado en las muestras refrigeradas y del control, esto pudo conducir a generar diferencias significativas en el sabor entre estos tratamientos. En general, los panelistas indicaron percibir un sabor fuertemente salado en las muestras congeladas, el cual, en un gran número de casos resultó desagradable; aspecto que en definitiva pudo conducir a que este tratamiento presentara la menor puntuación en cuanto al sabor.

La textura es el aspecto que presenta menores diferencias de un tratamiento a otro. No obstante, el tratamiento refrigerado presenta la mejor puntuación (4.70). Para los tratamientos congelado y control se presentan puntajes semejantes con valores de 4.56 y 4.61, respectivamente. En cuanto a la textura, los panelistas expresaron en general, una sensación gomosa y oleosa en el caso del tratamiento congelado, que en la mayoría de los casos resultó poco agradable. En el caso del tratamiento refrigerado, los panelistas notaron la misma sensación gomosa o chiclosa, pero de menor intensidad y sin la impresión oleosa. Respecto al control, indicaron una textura suave y poco compacta, que no resultó del agrado de todos los panelistas. Cabe destacar que la textura es uno de los aspectos de mayor importancia en este tipo de productos puesto que se encuentra asociado a la frescura y calidad del mismo (Lopez-Tenorio et al., 2012). Adicionalmente, este parámetro se encuentra influenciado, al igual que el sabor, por el queso utilizado (Pereira, Ciacco, Vilela, & Pereira, 2004), pudiendo modificar las propiedades texturales del tratamiento congelado con respecto al control y al refrigerado, los cuales fueron elaborados a partir de un queso diferente. Esto debido a que un queso con mayor contenido graso y proteico, puede otorgar sensación oleosa en productos elaborados con mayor porcentaje de queso como el caso del pandebono (Acevedo, Jaimes, & Espitia, 2015). Igualmente, la presencia de la Gomar Guar, un aditivo espesante y emulsionante de alimentos, pudo conducir a que los tratamientos sometidos a refrigeración y congelación presentaran mayor compactación de la miga con respecto al control, y también una mayor gomosidad, característica percibida por los panelistas (Ospina,

Sepúlveda, Restrepo, Cabrera, & Suárez, 2012). Dicha hipótesis concuerda con los resultados obtenidos en el análisis de imagen con respecto al número de poros, puesto que, los tratamientos congelado y refrigerado seleccionados para el análisis sensorial presentaron mayor número de poros que el control. Adicionalmente, el almidón de yuca utilizado, y las interacciones de este con los demás ingredientes como la caseína del queso y la Gomar Guar también pueden contribuir en las características texturales del producto.

## 5.6 Prueba Triangular

En la prueba de análisis sensorial para el tratamiento refrigerado se obtuvieron 13 aciertos, lo cual permite establecer con un nivel de confianza del 99% que no existe similitud entre las muestras refrigeradas con respecto al control. Los evaluadores manifestaron además que las muestras refrigeradas presentan mayor gomosidad y compactación y menor intensidad en el sabor salado con respecto a las muestras control. Para el tratamiento congelado se obtuvieron 14 aciertos, por tanto, es posible concluir con un nivel de confianza del 99% que no existe similitud entre las muestras congeladas con respecto al control. Para este tratamiento, los evaluadores manifestaron que las muestras a partir masas congeladas presentaron mayor gomosidad, compactación y sensación oleosa en la boca, y menor intensidad en el sabor salado que las muestras control. Para el caso de la prueba triangular, el queso utilizado fue el mismo tanto para el control como para los tratamientos de congelación y refrigeración, de allí, que se evidenciara una disminución en la intensidad del sabor salado en las muestras congeladas, siendo un resultado contrario a la prueba de aceptación. Es importante resaltar la sensación oleosa en el tratamiento con congelación, a pesar que se empleó el mismo tipo de queso persiste esa característica sensorial por parte de los panelistas expertos, lo que indica que este tratamiento a baja temperatura afecta la migración de la grasa probablemente por los cambios durante el almacenamiento de la masa. Los resultados de esta prueba triangular concuerdan parcialmente con los obtenidos para la prueba de aceptación, lo que corrobora lo concluido respecto a la influencia de la Gomar Guar en la textura del pandebono.



## 6. Conclusiones

A partir de las pruebas de calidad y texturales, se determinó que los tratamientos congelado con 3.5% de Gomar Guar y refrigerado con 4.5% de Gomar Guar fueron los más cercanos al control, tomando como parámetros fundamentales de selección la dureza, el volumen específico y el número de poros. Adicionalmente las pruebas de horneado exhibieron a estos pandebonos como los de apariencia uniforme y tono más intenso. De allí que estos se seleccionaran para la prueba sensorial.

Se destaca el papel de los hidrocoloides en el mantenimiento de la calidad del producto durante el proceso de conservación a bajas temperaturas. Si bien, algunas propiedades se ven modificadas o alteradas en cierto grado, la adición de la Gomar Guar no perjudica la calidad del pandebono, por el contrario, favorece su estabilidad y preservación. A nivel sensorial, los cambios en la textura fueron notorios por los consumidores, no obstante, éstos no mostraron reacciones desfavorables a los mismos. Entre otros, el color de la corteza, el cual no fue evaluado durante las pruebas de calidad, en las pruebas sensoriales mostró una mejoría con la adición de la Gomar Guar.

Se reafirma la importancia del queso en la formulación del pandebono. Diferencias en cuanto a textura, salinidad o sensación oleosa del mismo condujeron a diferencias en los resultados sensoriales obtenidos entre las formulaciones. En general, los consumidores prefirieron pandebonos elaborados con queso costeño de baja salinidad y bajo contenido graso.

Dado que se ha observado que pandebonos congelados y sin hidrocoloides son significativamente más duros que los elaborados a partir de masa fresca (resultados no mostrados de una investigación previamente realizada), se resalta la importancia del hidrocoloide, en este caso, de la Gomar Guar, en la obtención de una mejor textura del producto; sin embargo, puede influir en la generación de una sensación gomosa percibida por los consumidores.

## 7.Recomendaciones

Se podría recomendar los tratamientos congelado con 3.5% de Gomar Guar y refrigerado con 4.5% de Gomar Guar para obtener productos recién horneados a partir de masas conservadas a bajas temperaturas, siendo el proceso de congelación el más apropiado para mayores tiempos de almacenamiento (3 meses o más) y el de refrigeración para tiempos de almacenamiento moderados (1-3 semanas). Sin embargo, se debería realizar un estudio de vida útil de estas masas para tener mayor certeza del tiempo adecuado de almacenamiento.

Se recomienda realizar estudios de viscoelasticidad de la masa para establecer posibles sinergias de la Gomar Guar con los demás ingredientes usados en la formulación del pandebono.

Se recomienda investigar sobre el efecto de la Gomar Guar sobre la retrogradación del almidón agrio debido a que se puede predecir el comportamiento en la formulación del pandebono.

Se debería seguir investigando el empleo de diferentes hidrocoloides en este tipo de productos para mejorar las características texturales y sensoriales del pandebono a partir de masas almacenadas a baja temperatura, y así obtener un producto más parecido al que se hace a partir de una masa fresca.

Es fundamental destacar la importancia del proceso de amasado y su influencia en las características texturales del producto final, puesto que, demoras en el amasado de las porciones conducía a un desecamiento de la masa, tras el cual, dichas porciones quedaban con fracturas y agrietamientos en la superficie. Estas características superficiales deficientes se intensificaban durante la conservación a bajas temperaturas por efecto del aire frío. Dichas alteraciones se reflejaban en un producto final con deformaciones y de baja calidad textural, exhibiendo valores significativamente altos para la dureza y la masticabilidad.





## Bibliografía

- Acevedo, D., Jaimes, J., & Espitia, C. (2015). Efecto de la adición de lactosuero al queso costeño amasado. *Información Tecnológica*, 11-16.
- Agoulon, A. (2012). *Impacto de los parámetros de congelación en las características de los alimentos*. Barcelona: Carburos metálicos.
- Alarcón, F., & Dufour, D. (1998). Tomo I: Producción y recomendaciones. En F. Alarcón, *Almidón agrio de yuca en Colombia* (pág. 9). Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Angeloni, M., Kurtz, D., Callegaro, J., Delgadillo, I., Maraschin, M., Soldi, V., . . . Amante, E. (2009). Expansion Properties of Sour Cassava Starch (Polvilho Azedo): Variables Related to its Practical Application in Bakery. *Starch*, 716-726.
- Aristizábal, J., & Sánchez, T. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. *Boletín de servicios agrícolas de la FAO*.
- Bello, J. (2000). *Ciencia bromatológica: principios generales de los alimentos*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A.
- Boatella. (2004). *Química y bioquímica de los alimentos II*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona.
- Burrington, K. (8 de Julio de 2017). *Natural Products Insider*. Obtenido de <https://www.naturalproductsinsider.com/articles/1998/07/prolonging-bakery-product-life.aspx#>
- Chudzikowski, R. (1971). Guar gum and its applications. *Society of Cosmetic Chemists of Great Britain*, 43-60.
- Correa. (2012). Efectos de las celulosas modificadas y pectinas sobre la microestructura y atributos de calidad de la masa panaria. *Tesis doctoral*. Buenos Aires, Argentina.
- Davidson, R. L. (1980). *Handbook of water-soluble gums and resins*. M.-H. B. Company, Ed.

- Elkhalifa, A., Mohammed, A., Mustafa, M., & El Tinay, A. (2007). Use of Guar Gum and Gum Arabic as Bread Improvers for the Production of Bakery Products from Sorghum Flour. *Food Science and Technology Research*, 327-331.
- Flores, A. (19 de Junio de 2006). Estudio de retrodegradación del almidón presente en las tortillas, utilizando diversas técnicas. *Tesis de maestría*. Yautepec, Morelos, México: Instituto Politécnico Nacional.
- García, O., & Ochoa, I. (1987). *Preparación de queso costeño*. Bogotá.
- Goswami, D., Gupta, R., Mridula, D., Sharma, M., & Tyagi, S. (2015). Barnyard millet based muffins: Physical, textural and sensory properties. *Food, science and technology*.
- Guzmán, J. (1 de Septiembre de 2014). Las panaderías amasan expansión. *El País*.
- Heredia, J. (2002). *Fibra alimentaria*. Madrid: CSIC.
- Hernández-Medina, T. (2008). Caracterización físico-química de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán. *Food, Science and Technology*, 85-92.
- ICONTEC. (28 de Junio de 2006). NTC 2681. Análisis Sensorial, Metodología: Prueba triangular. *Norma Técnica Colombiana*. Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- Jaramillo, H. (1998). El almidón de yuca. *El hombre y la máquina*, 35-51.
- Leray, G., Oliete, B., Mezaize, S., & Chevallier, S. (2010). Effects of freezing and frozen storage conditions on the rheological properties of different formulations of non-yeasted wheat and gluten-free bread dough. *Journal of Food Engineering*, 70-76.
- López-Tenorio, J., Rodríguez-Sandoval, E., & Sepúlveda-Valencia, J. (2012). Evaluación de características físicas y texturales de pandebono. *Acta agronómica*, 273-281.
- López-Tenorio, J., Rodríguez-Sandoval, E., & Sepúlveda-Valencia, J. (2015). The influence of different emulsifiers on the physical and textural characteristics of gluten-free cheese bread. *Journal or texture studies*, 227-239.
- Mathias, K., & Ah-Hen, K. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur*, 39-48.
- Melo, V., & Cuamatzi, O. (2006). *Bioquímica de los procesos metabólicos*. Mexico DF, Mexico: Reverte Ediciones.
- Menon, L., Majumdar, S., & Ravi, U. (2015). Development and analysis of composite flour bread. *Journal of Food Science and Technology*, 4156-4165.

- Morales, M., Rodríguez, E., & Sepúlveda, J. (2013). Evaluación de las propiedades físicas y texturales del buñuelo. *Revista Lasallista de Investigación*, 112-121.
- Mosquera, M. (16 de Octubre de 2010). Mejoramiento del proceso tradicional para la obtención de almidón agrio de yuca en el sector de Mondomo - Cauca. *Proyecto de grado*. Santander de Quilichao, Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Mudgil, D., & Barak, S. (2014). Guar gum: processing, properties and food applications — A Review. *Journal of Food Science and Technology*, 409–418.
- Ortolan, F., Brites, L., Montenegro, F., Schmiele, M., Steel, C., Clerici, M., . . . Chang, Y. (2015). Effect of extruded wheat flour and pre-gelatinized cassava starch on process and quality parameters of French-type bread elaborated from frozen dough. *Food Research International*, 402-409.
- Ospina, M., Sepúlveda, J., Restrepo, D., Cabrera, K., & Suárez, H. (2012). Influencia de goma xantán y goma guar leche saborizada con cocoa. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 51-59.
- Pardo, A. (2003). Guía de procesos para la elaboración de productos lácteos. *Ciencia y tecnología*, 1-40.
- Peña, A., Arroyo, Á., Gómez, A., & Tapia, R. (2004). *Bioquímica*. México D.F.: Editorial Limusa.
- Pereira, J., Ciacco, C., Vilela, E., & Pereira, R. (2004). Função dos ingredientes na consistência da massa e nas características do pão de queijo. *Ciênc. Tecnol. Aliment*, 494–500.
- Prestes, R., Beleski, E., Carneiro, B., & Demiate, I. (2012). Hydrolyzed collagen, modified starch and guar gum addition in turkey ham. *Ciência Rural*, 1307–1313.
- Rincón, V. (2005). Obtención y caracterización físico-química y microbiológica del almidón agrio para el mejoramiento del proceso de fermentación. *Tesis de grado*. Bucaramanga, Santander, Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- Rodriguez Sandoval, E., Cortes Rodriguez, M., & Manjarrés Pinzón, K. (2015). Effect of Hydrocolloids on the Pasting Profiles of Tapioca Starch Mixtures and the Baking Properties of Gluten-Free Cheese Bread. *Journal of Food Processing and Preservation*, 1672-1681.
- Romero, M. (2004). *Productos lácteos*. Barcelona: UPC.

- Rosell, C., Collar, C., & Haros, M. (2007). Assessment of hydrocolloid effects on the thermo-mechanical properties of wheat using the Mixolab. *Food Hydrocolloids*, 452–462.
- Serra, A., Presotti, I., Santos, V., & Rodrigues, G. (2007). Estudio de métodos alternativos de secagem de polvilho azedo. *Raízes e amidos tropicais*.
- Starovičová, M. (8 de Julio de 2016). *Food-Info*. . Obtenido de <http://www.food-info.net/uk/colour/caramel.htm>
- Tejero, F. (2013). *Asesoría técnica en panificación*. Obtenido de La evolución de los mejorantes en las masas: [www.franciscotejero.com/tecnicas/la-evolucion-de-los-mejorantes-en-las-masas/](http://www.franciscotejero.com/tecnicas/la-evolucion-de-los-mejorantes-en-las-masas/)
- Turabi, E., Gulum, S., & Serpil, S. (2010). Quantitative analysis of macro and micro-structure of gluten-free rice cakes containing different types of gums baked in different ovens. *Food Hydrocolloids*, 755-762.
- Umaña Cerros, E. (2011). *Manual de conservación de alimentos por frío*. San Salvador: Fiagro y Fusades Proinnova.
- Vargas, P. (2010). Obtención de almidón fermentado a partir de yuca (Manihot esculenta crantz) variedad valencia, factibilidad de uso en productos de panadería. *Tecnología en Marcha*, 15-23.
- Vázquez Chávez, L., González Sánchez, D., & Mojica Ramírez, A. (2016). Efecto de goma Guar sobre las características reológicas de masa de trigo y propiedades físicas y sensoriales de pan cocido con vapor. *Investigación y desarrollo en ciencia y tecnología de alimentos*, 56-63.
- Venkateswara Rao, G., Indrani, D., & Shurpalekar, S. (1985). Guar gum as an additive for improving the bread making quality of wheat flours. *Journal of Food Science and Technology*, 101-104.
- Villada, H., Acosta, H., & Velasco, R. (2008). Investigación de almidones termoplásticos, precursores de productos biodegradables. *Información tecnológica*, 3-14.
- Zaritzky, N., Califano, A., & Lorenzo, G. (2009). Rheological characterization of refrigerated and frozen non-fermented gluten-free dough : Effect of hydrocolloids and lipid phase. *Journal of Cereal Science*, 255–261.