

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS**



**EFFECTO DE LA ADICIÓN DE GOMA XANTANA, GOMA GUAR Y  
TIEMPO DE ALMACENAMIENTO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS  
FISICOQUÍMICAS Y SENSORIALES EN PAN TIPO PITA INTEGRAL.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**ALEXIS GIANFRANCO GUTIERREZ ARCE**

**TRUJILLO, PERÚ**

**2015**

La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:

---

Dr. Antonio Ricardo Rodríguez Zevallos  
PRESIDENTE

---

M.Sc. Luis Francisco Márquez Villacorta  
SECRETARIO

---

M.Sc. Ana Cecilia Ferradas Horna  
VOCAL

---

M.Sc. José Luis Soriano Colchado  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

*A Dios por porque ha estado siempre conmigo en todo momento y fase de mi vida, además de permitirme llegar hasta este tramo de mi carrera, guiándome, cuidándome y brindándome siempre bendiciones.*

*A mi padre, Carlos y mis madres Jackie, Manuela y Emilia por ser la principal razón de mí existir, porque para ellos es todo mi amor y consideración y depositar su entera confianza en todo lo que haga y sin dudar ni un solo momento en mi sabiduría. Todos ellos son piezas claves y fundamentales para continuar desarrollándome como persona y profesional, por su gran paciencia, compañía e innumerables consejos que me han ayudado a crecer como persona*

*A mis amigos y familia en general por brindarme su apoyo incondicional en cada momento y por inspirarme a seguir adelante.*

***Alexis***

## **AGRADECIMIENTO**

Mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo, en especial al Ing. José Luis Soriano Colchado, por ser más que un asesor, un amigo, por la orientación, el seguimiento y la supervisión de esta investigación.

A los miembros del jurado por sus valiosas sugerencias para mejora de este trabajo: Ing. Dr. Antonio Ricardo Rodríguez Zevallos, Ing. M.Sc. Luis Francisco Márquez Villacorta e Ing. M.Sc. Ana Cecilia Ferradas Horna.

Al Ing. Jesús Obregón Domínguez, por su amistad en estos 5 años de estudio y por haber contribuido con la parte estadística del presente trabajo.

A mi familia por motivarme a seguir adelante en cada paso que doy, brindándome paciencia y comprensión en cada momento.

A mis amigas Gabriela, Alexandra, Daphne, Soledad, Laura, Vivi y Kioomi por su amistad incondicional en estos cinco años, por la constante motivación y apoyo solidario en cada momento.

A todos ellos, muchas gracias.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Carátula .....	i
Aprobación por el Jurado de Tesis .....	ii
Dedicatoria .....	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice .....	v
Índice de Cuadros.....	ix
Índice de Figuras .....	xi
Índice de Anexos .....	xii
Resumen .....	xiii
Abstract .....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1. Aspectos generales del pan.....	6
2.1.1. Definición.....	6
2.1.2. Tipos de pan.....	6
2.1.2.1. Pan común.....	6
2.1.2.2. Pan especial .....	7
2.2. Estructura del pan.....	7
2.2.1. Miga.....	8
2.2.2. Corteza.....	8
2.3. Pan pita integral.....	9
2.3.1. Definición.....	9
2.3.2. Componentes principales.....	9
2.3.2.1. Harina de trigo.....	10
2.3.2.1.1. Proteína.....	11
2.3.2.1.2. Almidón.....	13

2.3.2.1.3.Otros polisacáridos.....	14
2.3.2.1.4.Lípidos.....	15
2.3.2.2.Salvado de trigo.....	15
2.3.2.3.Agua.....	15
2.3.2.4.Sal.....	16
2.3.2.5.Levadura.....	17
2.3.2.6.Azúcar.....	19
2.3.2.7.Grasa.....	19
2.3.2.8.Mejorador de masa.....	20
2.3.2.9.Propionato de calcio.....	21
2.3.3.Proceso de elaboración del pan pita integral.....	21
2.3.3.1.Preparación de ingredientes.....	21
2.3.3.2.Formación y desarrollo de la masa.....	21
2.3.3.3.División y boleado.....	22
2.3.3.4.Fermentación.....	22
2.3.3.5.Horneado.....	23
2.3.3.6.Envasado.....	24
2.4. Calidad del pan.....	24
2.4.1. Percepción del consumidor.....	24
2.4.2.Alteraciones en la calidad del pan.....	25
2.4.2.1.Envejecimiento.....	25
2.4.2.2.Retrogradación del almidón.....	25
2.4.2.3.Enmohecimiento.....	26
2.4.2.4.Enranciamiento.....	27
2.4.2.5.Redistribución del agua.....	27
2.5. Control del envejecimiento.....	28
2.5.1.Control tecnológico del envejecimiento del pan.....	28
2.5.2.Panificación por horneado en 2 etapas.....	30
2.5.3.Uso de enzimas.....	31
2.5.4.Uso de grasas, shortenings, surfactantes y emulgentes....	31
2.6. Hidrocoloides.....	32



3.3.2.2. Formulaciones para la elaboración de pan tipo pita integral.....	50
3.4. Métodos de análisis.....	51
3.4.1. Análisis del pan tipo pita integral.....	51
3.4.1.1. Firmeza instrumental.....	51
3.4.1.2. Contenido de humedad.....	52
3.4.1.3. Volumen específico.....	53
3.4.1.4. Aceptabilidad general.....	54
3.5. Métodos estadísticos.....	54
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	56
4.1. Firmeza de pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar.....	56
4.2. Contenido de humedad de pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar.....	66
4.3. Volumen específico de pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar.....	73
4.4. Aceptabilidad general de pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar.....	80
V. CONCLUSIONES.....	84
VI. RECOMENDACIONES.....	85
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	86
VIII. ANEXOS.....	97

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Componentes principales y sus funciones para la elaboración de pan tipo pita integral .....	9
Cuadro 2. Composición química de la harina de trigo .....	10
Cuadro 3. Harina de trigo panificable – NTP 205:027 .....	11
Cuadro 4. Variables del proceso que afectan el envejecimiento .....	29
Cuadro 5. Variación de la formulación.....	30
Cuadro 6. Funciones y aplicaciones de hidrocoloides en alimentos.....	33
Cuadro 7. Especificaciones técnicas de la goma xantana .....	39
Cuadro 8. Especificaciones técnicas de la goma guar .....	41
Cuadro 9. Formulación base para elaboración de pan pita integral.....	49
Cuadro 10. Formulaciones para la elaboración de pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar.....	51
Cuadro 11. Prueba de Levene modificada para la firmeza instrumental en pan tipo pita integral.....	60
Cuadro 12. Análisis de varianza para la firmeza instrumental en el pan tipo pita integral.....	61
Cuadro 13. Prueba de Duncan para la firmeza instrumental del pan tipo pita integral .....	64
Cuadro 14. Prueba de Levene modificada para el contenido de humedad en pan tipo pita integral.....	68
Cuadro 15. Análisis de varianza para el contenido de humedad en el pan tipo pita integral.....	69
Cuadro 16. Prueba de Duncan para el contenido de humedad del pan tipo pita integral. ....	71
Cuadro 17. Prueba de Levene modificada para el volumen específico en pan tipo pita integral.....	76
Cuadro 18. Análisis de varianza para el volumen específico en el pan tipo pita integral.....	77

Cuadro 19. Prueba de Duncan para el volumen específico del pan tipo pita integral .....	79
Cuadro 20. Prueba de Friedman para la aceptabilidad general del pan tipo pita integral .....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Representación esquemática de las principales proteínas de la harina de trigo .....	12
Figura 2. Esquema experimental para la elaboración de pan tipo pita integral con goma xantana.....	47
Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración de pan tipo pita integral con goma xantana .....	48
Figura 4. Firmeza instrumental en pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar a los 0, 3 y 6 días de almacenamiento .....	56
Figura 5. Contenido de humedad en pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar a los 0, 3 y 6 días de almacenamiento .....	66
Figura 6. Volumen específico en pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar a los 0, 3 y 6 días de almacenamiento.....	74
Figura 7. Aceptabilidad general en pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar a los 0, 3 y 6 días de almacenamiento .....	80

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Ficha de evaluación sensorial para la prueba de medición del grado de aceptabilidad general del pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar .....	101
Anexo 2. Medición de la firmeza instrumental del pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar .....	102
Anexo 3. Medición del contenido de humedad del pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar.....	103
Anexo 4. Medición del volumen específico del pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar .....	104
Anexo 5. Evaluación sensorial de aceptabilidad general del pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar .....	105
Anexo 6. Elaboración de pan tipo pita integral .....	106

## RESUMEN

Se evaluó el efecto de la adición de dos hidrocoloides (goma xantana y goma guar) a dos concentraciones (0.3 y 0.5%, 1.0 y 1.5%) y tres tiempos de almacenamiento (0, 3 y 6 días) sobre la firmeza instrumental, contenido de humedad, volumen específico y aceptabilidad general en pan tipo pita integral. Las pruebas estadísticas para las variables paramétricas y no paramétricas se realizaron con un nivel de confianza del 95%. La prueba de Levene modificada demostró homogeneidad de varianzas. El análisis de varianza indicó un efecto significativo de la adición de goma guar y tiempo de almacenamiento sobre la firmeza instrumental, adición de goma xantana y tiempo de almacenamiento sobre el contenido de humedad, y la adición de goma xantana, goma guar y tiempo de almacenamiento sobre el volumen específico. La prueba de Duncan determinó que la adición de goma xantana al 0.5% y goma guar al 1.0% y tiempo de almacenamiento de 6 días permitió obtener el menor valor de firmeza instrumental con 6.26 N y valores similares de humedad (38.42%) al tratamiento control a los 3 días de almacenamiento con 39.90%. Asimismo, con 0.3% de goma xantana, 1.0% de goma guar y 0.5% de goma xantana, 1.0% de goma guar permitieron obtener los valores de volumen específico 4.75 y 4.82 cm<sup>3</sup>/g respectivamente al día 6 de evaluación. La prueba de Friedman no determinó diferencias significativas de la adición de goma xantana y goma guar y tiempo de almacenamiento en pan tipo pita integral sobre la aceptabilidad general.

## ABSTRACT

The effect of adding two hydrocolloids (xanthan gum and guar gum) at two concentrations (0.3 and 0.5%, 1.0 and 1.5%) and three storage times (0, 3 and 6 days) on the instrumental firmness was evaluated content moisture, bulk and general acceptability in kind wheat pita bread. Statistical tests for parametric and non-parametric variables were performed with a confidence level of 95%. The modified Levene test showed homogeneity of variances. The analysis of variance indicated a significant effect of the addition of guar gum and storage time on the instrumental firmness, adding xanthan gum and storage time on the moisture content and the addition of xanthan gum, guar gum and storage time on the specific volume. Duncan test determined that the addition of xanthan gum and 0.5% to 1.0% guar gum and storage time 6 days yielded the smallest value of 6.26 N instrumental firmness and moisture values similar (38.42%) to the control treatment after 3 days storage 39.90%. Also, with 0.3% of xanthan gum, 1.0% guar gum and 0.5% xanthan gum, 1.0% guar gum allowed to obtain specific volume values of 4.75 and 4.82 cm<sup>3</sup> / g respectively at day 6 assessment. Friedman test did not determine significant differences in the addition of xanthan gum and guar gum and storage time on pita bread type on the general acceptability.

## I. INTRODUCCIÓN

El pan es un alimento que tiene periodo de vida útil más corto que la mayoría de los alimentos procesados. El pan pierde rápidamente frescura (textura y sabor) y microbiológicamente es atacado por colonias de mohos. El deterioro de la textura, puede darse como el endurecimiento o ablandamiento de la miga (Karaoglu, 2006).

La vida útil del pan es limitada, la pérdida de la calidad generalmente es dada por procesos como pérdida de agua, deterioro por agentes microbiano y la formación del sabor a rancio por oxidación de grasas. La formación del sabor a rancio está referido a un cambio amplio en el sistema fisicoquímico del pan que afecta la crocantes de la corteza, las características de textura de la miga, aroma y sabor (Del Nobile y otros, 2003).

Para ampliar la vida útil del pan se viene incluyendo el uso de aditivos en la formulación de la receta básica, cambios en los parámetros de proceso y en las condiciones de almacenaje del producto terminado (Karaoglu, 2006).

Entre los aditivos alimentarios más utilizados en panificación destacan los hidrocoloides, los cuales son heteropolisacáridos con alto peso molecular, utilizados principalmente para modificar las propiedades reológicas (flujo, deformación, textura, firmeza, etc.) (Aguirre, 2004).

Hay un interés cada vez mayor por la aplicación de gomas alimentarias como aditivos en la industria de la panificación para conferir diversas funcionalidades. La incorporación de hidrocoloides en la mezcla de harinas tiene el potencial para mejorar las características de textura, además sirve como agente anti envejecimiento. Las gomas alimentarias

podrían ser ampliamente utilizadas en industria de la panificación para mejorar la capacidad de retención de agua, para modificar la estructura de la miga, el volumen y para mantener la calidad del producto durante el almacenamiento (Rodge y otros, 2012).

La goma xantana y la goma guar son hidrocoloides polisacáridos que tienen excelentes propiedades reológicas de interés para su uso en alimentos. Ayudan a la retención de gas y el aumento de volumen específico de productos de panadería y para la visualización de estas características es el estudio objetivo de varios investigadores (Turabi y otros, 2008).

En la industria de panificación, la goma xantana se usa para aumentar la retención de agua durante el horneado y almacenamiento, extiende la vida de anaquel, retarda la retrogradación del almidón, es un emulsionante y mejora la suavidad del producto (Calaveras, 2004).

Dentro de la aplicación de nuevos aditivos se han encontrado diversos estudios en donde se adiciona goma guar, goma xantana, goma de algarrobo, hidroxipropilmetilcelulosa, pectina, carragenina. Jadhav y otros (2013) evaluaron el papel de la goma guar como agente antienviejimiento en pan, en varias concentraciones: 0.5, 0.75 y 1%. La concentración más aceptada de goma guar fue de 0.5% asociada con la calidad general. El pan preparado con goma guar tuvo vida útil de 4 días sin cambio en el sabor y la calidad, con reducción inicial en la tasa de endurecimiento, mientras que el pan preparado sin goma guar se hizo resistente sólo 3 días. El pan fue evaluado por panelistas semientrenados y se utilizó una escala hedónica de 9 puntos. Los atributos organolépticos estándar eran: corteza, color, gusto, sabor, estructura de la miga, textura y aceptabilidad general. Concluyeron que el uso de goma guar como un agente antienviejimiento da una reducción óptima de firmeza de la miga

durante largo períodos de almacenamiento (112 horas). Al mismo tiempo, observaron una mejor textura de la miga y propiedades de corte. Martínez (2010) elaboró un pan libre de gluten, empleando como sustituto de las funciones del gluten, la goma xantana, en concentraciones de 0.4, 0.6 y 0.8%. Se obtuvo que la cantidad de goma xantana influye en el crecimiento del pan, gracias a la capacidad de formar estructuras capaces de retener los gases creados durante la fermentación y la cocción, además de que ésta no altera el sabor ni el olor del pan, dichas características se midieron por medio de una evaluación sensorial. Siendo la formulación óptima aquella que contenía 0.8% de concentración de goma xantana. Shittu y otros (2009) evaluaron los efectos funcionales de la goma xantana en la masa compuesta y pan de harina de yuca y trigo. Se estudiaron las propiedades viscoelásticas de la masa y de retención de gas características de la masa, así como las propiedades en estado fresco y almacenamiento del pan (90% de trigo más el 10% de la yuca). También se estudió la estructura de la miga utilizando la técnica de análisis de imagen digital. La adición de goma xantana tuvo efectos significativos sobre la tenacidad y la extensibilidad de la masa y aceptabilidad sensorial del pan fresco. Los volúmenes específicos de los panes y la suavidad de la miga fueron mayores a 1% de goma xantana. Además, las muestras de pan tenían una estructura de la miga más abierta y mayor aceptabilidad sensorial. Sin embargo, la pérdida de humedad y la solidificación de la miga durante el almacenamiento se redujeron cuando se añadió 1% de goma xantana a la formulación de pan. Tinoco (2007) desarrolló un pan de almidón de yuca que permite mantener la textura suave por más tiempo a temperatura ambiente (25 – 32 °C), conservando buenas características organolépticas sin la necesidad de una congelación I.Q.F (Congelación Rápida Individual). En esta investigación se empleó la goma xantana debido a su función de estabilizante y de retrasar el proceso de retrogradación en almidones y sinéresis de otros geles, obteniendo un tiempo de vida útil de 3 días, y

sensorialmente alcanzó un tiempo de vida útil de 1 día sin necesidad de un recalentamiento y conservando sus características iniciales. Torres (2008) estudió el efecto de diferentes hidrocoloides (goma xantana,  $\kappa$ -carragenina y alginato de sodio) a distintas concentraciones (0.05, 0.1 y 0.3%) sobre la textura y humedad de pan recalentado en horno microondas. Los panes obtenidos fueron almacenados sin empaque durante 2 días. Se evaluó las características fisicoquímicas: volumen específico, la relación ancho/alto, la dureza de la miga y la fracturabilidad de la corteza del pan control y del adicionado sometido a recalentamiento en horno microondas. Esta evaluación se efectuó después de 6, 18, 24 y 48 horas de finalizar el proceso de panificación. Así mismo, se determinó la humedad en los siguientes puntos de la rebanada central de pan recalentado y sin recalentar: corteza, miga cercana (miga en contacto con la corteza), miga intermedia (centro de la miga) y miga lejana (extremo de la miga opuesto a la corteza). Se encontró que la adición de hidrocoloides incrementó el volumen específico del pan con alginato al 0.05% y 0.1%. El tiempo de almacenamiento provocó una disminución de la humedad en los diferentes puntos, sobre todo en la corteza y miga lejana. Se encontró que la concentración de 0.05% de  $\kappa$ -carragenina disminuyó significativamente la dureza de la miga; el alginato de sodio, por su parte, incrementó la dureza sobre todo a 0.3%. Las combinaciones hidrocoloide - concentración que generaron los valores de humedad de las migas más altos también propiciaron los valores de dureza más bajos, tal es el caso de la carragenina al 0.05% y la goma xantana al 0.1%.

El problema planteado para esta investigación fue:

¿Cuál será el efecto de la adición de goma xantana (0.3 y 0.5%), goma guar (1.0 y 1.5%) y tres tiempos de almacenamiento (0, 3 y 6 días) sobre la firmeza instrumental, contenido de humedad, volumen específico y aceptabilidad general en pan tipo pita integral?

Los objetivos propuestos fueron:

- Evaluar el efecto de la adición de goma xantana (0.3 y 0.5%), goma guar (1.0 y 1.5%) y tiempo de almacenamiento (0, 3 y 6 días) sobre la firmeza instrumental, contenido de humedad, volumen específico y aceptabilidad general en pan tipo pita integral.
- Determinar la adición de goma xantana, goma guar y el tiempo de almacenamiento que permitan obtener los valores adecuados de firmeza instrumental y contenido de humedad, el mayor volumen específico y aceptabilidad general en pan tipo pita integral.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Aspectos generales del pan

#### 2.1.1. Definición

El pan es el producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal comestible y agua potable; fermentada por especies propias de la fermentación panaria, como la *Saccharomyces cerevisiae* (Mesas y Alegre, 2002).

El pan es un alimento básico y su consumo está ampliamente extendido. La composición química del pan variará en función de la composición de sus ingredientes. Contiene fibra, minerales y vitaminas, en mayor cantidad en los integrales que en los blancos, y relativamente poca grasa. La calidad de la proteína presente en el pan y su valor biológico no es elevado, la cantidad consumida habitualmente y la relación costo – rendimiento nutricional de esa proteína la hace figurar entre las mejores de las que constituyen los principales alimentos consumidos por el hombre (Bedolla y Dueñas, 2003).

#### 2.1.2. Tipos de pan

##### 2.1.2.1. Pan común

Se define como el de consumo habitual en el día, elaborado con harina de trigo, sal, levadura y agua, al que se le pueden añadir ciertos coadyuvantes tecnológicos y aditivos autorizados (Callejo, 2002).

Dentro de este tipo se incluyen:

**Pan bregado, de miga dura.** Es el elaborado con cilindros refinadores (Callejo, 2002).

**Pan de flama o de miga blanda.** Es el obtenido con una mayor proporción de agua que el pan bregado y normalmente no necesita del uso de cilindros refinadores en su elaboración (Callejo, 2002).

#### **2.1.2.2. Pan especial**

Es aquel que, por su composición, por incorporar algún aditivo o coadyuvante especial, por el tipo de harina, por otros ingredientes especiales (leche, huevos, grasas, cacao, etc.), por no llevar sal, por no haber sido fermentado, o por cualquier otra circunstancia autorizada, no corresponde a la definición básica de pan común (Mesas y Alegre, 2002). Como ejemplos de pan especial se tiene:

**Pan integral.** Es aquel en cuya elaboración se utiliza harina integral, es decir, la obtenida por trituración del grano completo, sin separar ninguna parte del mismo (Mesas y Alegre, 2002).

**Pan viena o francés.** Es el pan de flama que entre sus ingredientes incluye azúcares, leche o ambos a la vez (Mesas y Alegre, 2002).

**Pan de molde o americano.** Es el pan de corteza blanda en cuya cocción se emplean moldes (Mesas y Alegre, 2002).

**Pan con harina sucedánea.** Es el pan elaborado con harinas procedentes de la molienda de tubérculos, raíces, leguminosas y otras que reúnan características apropiadas para la utilización en la elaboración de pan (Mesas y Alegre, 2002).

**Pan de huevo, pan de leche, pan de miel y pan de pasas.** Son panes especiales a los que se añade alguna de éstas materias primas, recibiendo su nombre según el producto añadido (Mesas y Alegre, 2002).

#### **2.2. Estructura del pan**

En el pan se distinguen básicamente tres zonas: miga, corteza interna y corteza externa. La miga conforma la mayor parte del pan ya que

comprende el 59 % o más, dependiendo del tiempo en el horno (Eliasson y Larsson, 1993).

### **2.2.1. Miga**

Cuando la masa se fermenta, la estructura coloidal se transforma de una dispersión de células de gas a una espuma. Posteriormente se forma un sistema de poros que, a diferencia de la espuma, consiste de una red abierta. La estructura de los poros puede ser caracterizada por la geometría de la abertura y la curva Interfacial (Eliasson y Larsson, 1993).

La gelatinización y la transición del gel a coagel son dos pasos cruciales en la metamorfosis de la masa a pan. Los cambios más notables desde el punto de vista microscópico son la apertura de las células de gas para formar poros y la solidificación de la zona acuosa. Esta solidificación se debe en parte a la pérdida de cohesividad cuando el gel del gluten se transforma en un coagel y por otra parte a la gelatinización en la zona en la cual no existe exceso de agua alrededor de los gránulos de almidón (Eliasson y Larsson, 1993).

### **2.2.2. Corteza**

La principal diferencia entre la miga y la corteza es la temperatura que pueden alcanzar durante el horneado. Las altas temperaturas de la corteza causan la evaporación del agua y, por tanto, su contenido de humedad es menor que el de la miga. La cantidad de material seco en ambas zonas depende de la temperatura y tiempo de cocción (Eliasson y Larsson, 1993).

Las altas temperaturas generan reacciones en la corteza, que no ocurren en la miga, tales como las reacciones de Maillard y caramelización, causantes del color característico del pan (Eliasson y Larsson, 1993).

## 2.3. Pan pita integral

### 2.3.1. Definición

El pan pita integral es plano y redondo y también es conocido como pan árabe integral. El pan pita integral está fermentado con levadura y es cocinado en un horno a muy altas temperaturas. Sus dos capas son casi enteramente separadas durante la cocción, se le dice integral porque lleva salvado de trigo (Mesas y Alegre, 2002).

### 2.3.2. Componentes principales

Los avances tecnológicos y científicos han contribuido cada vez más a fortalecer las formulaciones existentes (Callejo, 2002).

En el Cuadro 1 se señala los diversos componentes para la elaboración de la masa y en forma resumida las funciones de cada uno.

**Cuadro 1. Componentes principales y sus funciones para la elaboración de pan pita integral**

<b>Componentes</b>	<b>Función</b>
Harina de trigo	Fuente de gluten, almidón, lípidos
Salvado de trigo	Valor nutricional
Agua	Agente plastificante
Cloruro de sodio	Sabor, endurecimiento del gluten
Levadura instantánea	Fermentación
Azúcar	Sabor, color, sustrato para levadura
Lípidos y glucolípidos	Mejora de textura
Emulsionantes	Mejora las características físicas
Propionato de calcio	Agente antimicrobiano

Fuente: Callejo (2002).

### 2.3.2.1. Harina de trigo

Deberá entenderse por harina al producto finamente triturado obtenido de la molturación del grano de trigo, *Triticum aestivum* (trigo panadero, destinado prácticamente en su totalidad al consumo humano) o la mezcla de este con el *Triticum durum* en proporción máxima 4:1, maduro, seco e industrialmente limpio. Los productos finamente triturados de otros cereales deberán llevar adicionado, al nombre genérico de la harina, el de grano del cual procede (Callejo, 2002).

En el Cuadro 2 se señala la composición química de la harina de trigo.

**Cuadro 2. Composición química de la harina de trigo**

<b>Componente</b>	<b>Contenido (%)</b>
Proteínas	6.5 – 12.5
Cenizas	0.4 – 1.0
Lípidos	0.8 – 1.7
Humedad	13.5 – 15.5
Fibra	0.3 – 0.8
Carbohidratos	68.5 – 78.5

Fuente: Mesas y Alegre (2002).

### Harina de trigo para panificación

La Norma Técnica Peruana 205:027 (1985) distingue dos tipos de harina de trigo para uso panificable: harina especial y harina extra, estableciendo los siguientes parámetros que se muestran en el Cuadro 3.

**Cuadro 3. Harina de trigo panificable – NTP 205:027**

Requerimiento (%)	Harina especial		Harina extra	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Humedad	-	15.0	-	15.0
Cenizas (Base 15% hum.)	-	0.64	0.65	1.00
Cenizas (Base seca)	-	0.75	0.76	1.18
Acidez (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	-	0.10	-	0.15

Fuente: INDECOPI (1985).

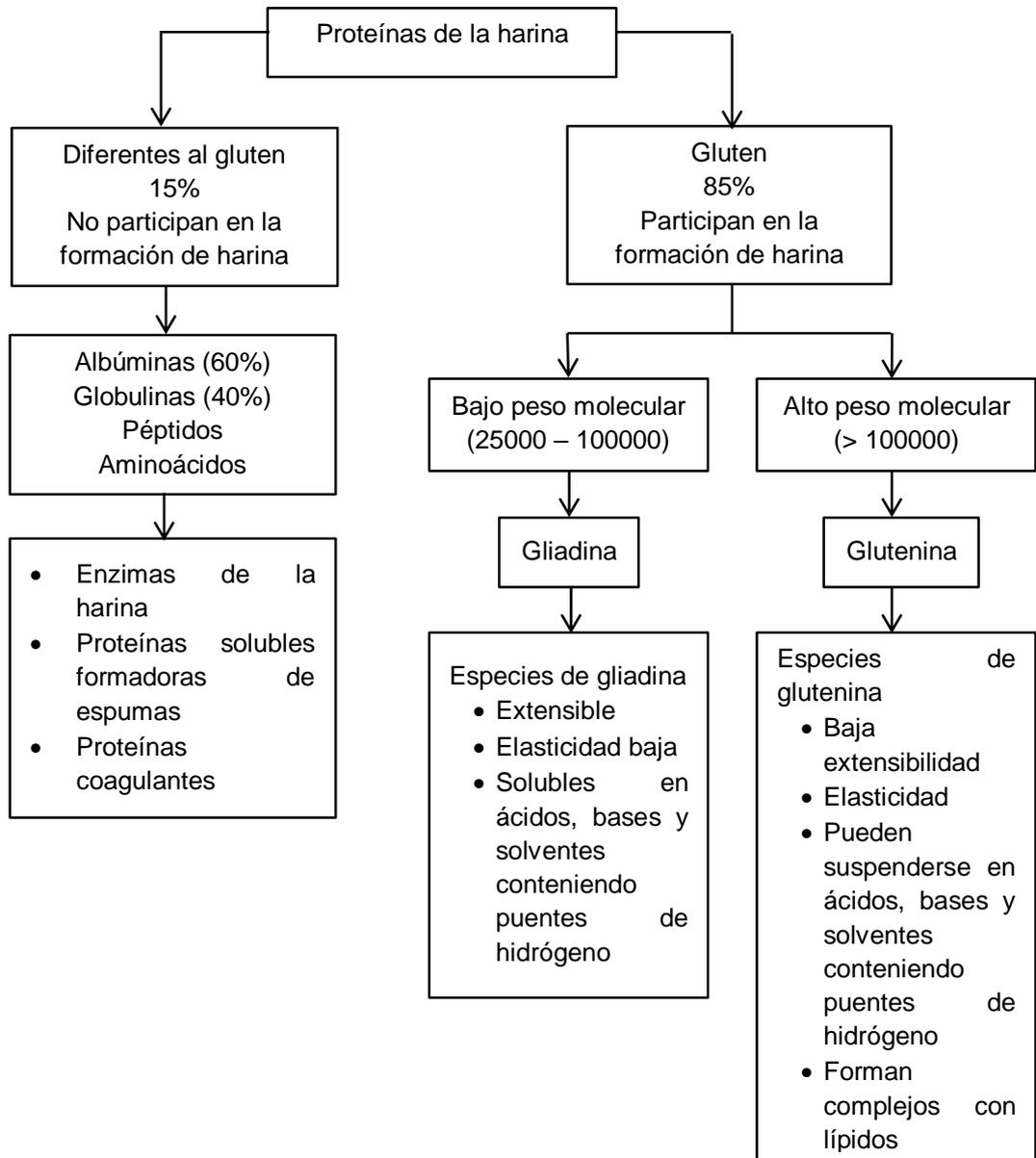
(-): No definido

Desde el punto de vista analítico, el principal parámetro de diferenciación entre las harinas especial y extra es el menor contenido de cenizas de la harina especial, que es consecuencia de un menor grado de extracción para este tipo de harina. La harina especial es más blanca, de menor granulometría, mayor absorción de agua y los productos finales obtenidos a partir de ésta, presentan mejores características organolépticas en comparación a los obtenidos con harina extra, tales como una corteza de pan más clara fina y brillante.

Para comprender la función que tienen los diferentes componentes de la harina de trigo durante la formación y horneado de la masa, es necesario conocer cómo se comportan dichos componentes.

#### **2.3.2.1.1. Proteína**

Se reconoce que la calidad de la harina para la elaboración del pan depende de la cantidad y la calidad de las proteínas que contenga. Para el caso de la harina de trigo en la Figura 1 se muestran las proteínas presentes siendo el contenido de proteína del orden de 7 – 20%.



**Figura 1. Representación esquemática de las principales proteínas de la harina de trigo**

Cuando el agua es añadida a la harina y se mezcla, las proteínas insolubles gliadina y glutenina se hidratan y forman el gluten, un compuesto complejo en el cual el almidón, las levaduras añadidas y otros componentes están inmersos. Así pues, el gluten es el esqueleto de la

masa de trigo y es el responsable de la retención del gas que provoca en el pan un aumento de volumen. Esta función del gluten es la responsable de la superioridad de la harina de trigo respecto a otras elaboradas con distintos cereales (Pomeranz y Shellenberger, 1971).

El grupo de las proteínas insolubles contenidas en la harina es muy heterogéneo y posee propiedades diferentes a las del gluten. A este grupo pertenecen la albúmina y la globulina las cuales se han encontrado en las variedades de trigo que proporcionan buenas harinas para la panificación.

Las harinas según la conveniencia en la producción de panes fermentados pueden clasificarse en dos grandes grupos: fuertes y débiles. Las harinas de trigo fuertes contienen un porcentaje de proteínas relativamente alto que da lugar a un gluten elástico con buena retención de gas, no obstante requieren cantidades considerables de agua para obtener una masa de consistencia apropiada y excelentes cantidades, la cual permita tener una alta producción de pan. En contraste, las harinas débiles tienen un contenido de proteínas relativamente bajo, dando como resultado un gluten suave, de baja elasticidad y poca capacidad de retención de gas. Estas harinas tienen una capacidad de absorción de agua baja, producen masas con una calidad de amasado menor que las anteriores y son críticas en sus etapas de amasado y fermentación. Sin embargo, las harinas débiles requieren menos tiempo de mezclado y fermentación que las harinas fuertes para dar resultados de horneado óptimos (Pomeranz y Shellenberger, 1971).

#### **2.3.2.1.2. Almidón**

El almidón es el componente mayoritario tanto de la harina de trigo (74 – 90% en base seca) como del pan (80% base seca) y tiene propiedades que son cruciales en el funcionamiento normal de la harina. Al parecer,

estas propiedades son una de las razones por las cuales existe variación durante el horneado entre las diferentes variedades de harina de trigo.

El almidón proporciona azúcares fermentables a las levaduras, contribuye en la estructura de la miga y corteza, y participa en las reacciones causantes de la formación del color característico del pan. En contraste, se ha observado que ciertos cambios en el almidón son parte del proceso de envejecimiento del pan; no obstante, el almidón no participa solo en estos cambios indeseables, la interacción proteína – almidón también es importante en este fenómeno (Eliasson y Larsson, 1993).

En el tejido vegetal el almidón se localiza en pequeños corpúsculos discretos que reciben el nombre de gránulos. El gránulo de almidón está compuesto de dos polisacáridos incompatibles entre sí: la amilosa y la amilopectina. Una de las características de la amilosa en solución, que es de interés en el proceso de horneado, es su tendencia a formar puentes de hidrógeno intramoleculares, lo cual significa que tiene una alta tendencia a la cristalización también conocida como retrogradación (Badui, 1999; Eliasson y Larsson, 1993).

Por su parte, la amilopectina se diferencia de la amilosa en que contiene ramificaciones unidas al tronco central, además de que en solución no presenta una fuerte tendencia a la retrogradación como la amilosa (Badui, 1999).

#### **2.3.2.1.3. Otros polisacáridos**

Estos compuestos pueden dividirse en tres grupos: celulosa,  $\beta$  – glucanos y pentosanos los cuales se encuentran en cantidades muy pequeñas. En cuanto a los pentosanos (arabinosa y xilosa son las más prevalentes) existe información incierta sobre su efecto en la producción de pan pero se ha observado que puede alterar el volumen del mismo ya sea

aumentándolo o disminuyéndolo. Además, pueden incrementar la capacidad de retención del agua (Eliasson y Larsson, 1993) y disminuir la retrogradación por reducción de los componentes capaces de cristalizar (Pomeranz, 1987).

#### **2.3.2.1.4. Lípidos**

El contenido de lípidos totales en la harina de trigo es aproximadamente 2.5 %, distinguiéndose dos grupos: los polares y los no polares.

La estructura del gel del gluten ha sido relacionada con las interacciones proteína – lípido. La adición de lípidos polares a harinas desengrasadas ha propiciado un aumento en el volumen del pan. Un efecto contrario se ha observado con lípidos no polares (Eliasson y Larsson, 1993).

#### **2.3.2.2. Salvado de trigo**

Harina de fibra insoluble, hierro, tiamina y ácido nicotínico, hierro, cinc y ácido fólico. Es el mejor tónico que se puede usar para corregir el problema de las evacuaciones intestinales irregulares (Morales, 2011).

#### **2.3.2.3. Agua**

Después de la harina, el agua es el segundo ingrediente mayoritario requerido para la elaboración de productos de panificación. Por lo tanto, la calidad del agua usada como ingrediente puede afectar el sabor, el olor y los atributos físicos del pan terminado, así como el amasado (Matz, 1972).

La función principal del agua es ser el medio hidratante de las proteínas, el cual permite que la gliadina y gluteína se saturen hasta el punto en que se vuelvan elásticas y formen el gluten. Otra función del agua es hidratar los gránulos de almidones presentes, de tal forma que se gelatinicen

durante el horneado. Por otro lado, el agua es el medio en el cual se disuelven los ingredientes menores tales como sal, azúcar, etc (Mesas y Alegre, 2002).

El agua hace posible la fermentación de la masa y el acondicionamiento del gluten, disuelve los ingredientes secos y la levadura fresca, hidrata los almidones y los torna digestivos, ayuda al crecimiento final en el horno y posibilita la conservación del pan. El exceso de agua en la masa no permite la buena cocción, pues la miga resulta húmeda y se produce el ablandamiento de la corteza (Campos, 2005).

La mezcla de la harina con el agua durante el amasado produce la formación de la red de gluten. En esta red quedan incluidos los gránulos de almidón que conforman la masa y retienen el CO<sub>2</sub> y el vapor de agua durante la cocción en el horno (Quagli, 1991).

Las características principales para la utilización del agua son que deben ser potable y que no contengan sabores anormales y desagradables; es importante saber que las aguas duras fortalecen el gluten y las blandas (alcalinas) tienden a ablandarlo (Hoseney, 1996).

#### **2.3.2.4. Sal**

La cantidad de sal que se agrega generalmente es de 1.8 – 2.1% del peso de la harina, quedando la sal a una concentración de 1.1 - 1.4% en el pan (Scade, 1985).

Calaveras (1996), menciona las funciones que cumple la sal:

- Da sabor al producto, además resalta los sabores de otros ingredientes como las masas dulces.
- Fortalece el gluten, permitiendo a la masa retener mejor el agua y gases.

- Contrae y estabiliza el gluten de la harina, facilitando así conseguir una pieza bien formada con miga que no se desmorone al cortar.
- Coadyuva a mantener la humedad de la pieza una vez que esta ha salido del horno.

La sal también actúa como regulador de la fermentación, favorece la coloración de la corteza durante la cocción y aumenta la capacidad de retención de agua en el pan (Mesas y Alegre, 2002).

A excepción del pan sin sal, la sal se emplea en todas las masas fermentadas. Pocas panaderías le brindan la atención como ingrediente saborizante, regulador de la fuerza y equilibrio de la masa y como factor determinante de la calidad (Quagli, 1991).

La incorporación excesiva de sal aumenta la fuerza y la tenacidad de la masa, retrasa la fermentación, reduce el volumen del pan y oscurece más la corteza (Hoseney, 1996).

#### **2.3.2.5. Levadura**

Se denomina levadura al organismo vivo, el cual provoca cambios bioquímicos importantes en productos orgánicos naturales como la fermentación (Campos, 2005).

La levadura es uno de los ingredientes fundamentales; su papel principal consiste en convertir los hidratos de carbono fermentables en dióxido de carbono y etanol. Los gases que se producen en esa conversión, proporcionan la expansión que produce una pieza de pan ligera o esponjosa. Además del efecto de producir gas, la levadura tiene un efecto muy marcado sobre las propiedades reológicas de la masa (Hoseney, 1996).

La levadura común para panificación se conoce bajo el nombre de *Saccharomyces cerevisiae*. Esta levadura además de presentar exigencias nutricionales simples y una rapidez de multiplicación interesante, es la única desde el punto de vista económico, por su aptitud a la producción industrial (Callejo, 2002).

La secuencia de los procesos asociados al metabolismo de la levadura y aparejado a ellos, las fases de levantamiento de la masa son tres:

- Consumo rápido de azúcares libres (glucosa/fructosa) existentes en la harina, que comienza desde el contacto de la levadura con la harina (en la amasadora). La mayor parte del gas se ha podido ya producir durante esta fase (especialmente en amasados largos con periodos de reposo intermedio) y es evacuado durante el formado de la masa, estirando el gluten dando a la miga su estructura porosa y ligera.
- Consumo lento de azúcares que se han producido por la degradación del almidón (asociado a la fase de fermentación propiamente dicha).
- Última fermentación, que se da en el horno hasta que la masa adquiere la temperatura de 55°C, a la que mueren las levaduras. El último impulso de la masa, aumenta su volumen (Cauvain y Young, 2008).

La cantidad de levadura utilizada durante la panificación está en relación inversa con la duración de la fermentación, los sistemas de fermentación más largos, generalmente aplican temperaturas algo más bajas a la masa. La actividad de la levadura aumenta rápidamente con la temperatura y la cantidad a utilizar, es decir se reduce la cantidad cuando se tiene una temperatura creciente con un tiempo fijo (Kent, 1987).

### **2.3.2.6. Azúcar**

El azúcar se incluye en la masa, principalmente para servir como fuente fermentable. En ausencia de azúcar, la producción de dióxido de carbono por las células de levadura se limita y se retarda, dependiendo la hidrólisis del almidón en la harina para maltosa, de las amilasas. Los azúcares reducidos que permanecen en la masa cuando son llevados al horno, ayudan en el tostado y sabor del producto (Callejo, 2002).

Dentro de las principales funciones del azúcar se tiene:

- Endulza las masas dándoles un sabor más agradable, aumentando la suavidad y contribuyendo a la coloración de la corteza de los panes. El azúcar es el principal alimento de la levadura fresca.
- Durante los primeros momentos de la fermentación el azúcar es el alimento de la levadura, sirviendo posteriormente como fuente de energía y carbono para las restantes etapas. El azúcar también juega un papel importante en la conservación de los productos, pues mejora la frescura de la miga y en los panes con elevado contenido de azúcar colabora en retardar la aparición de hongos en superficie (Quagli, 1991).

### **2.3.2.7. Grasa**

Las grasas son sustancias que se emplean para la elaboración de productos horneados mejorando la característica de las masas, donde las grasas se reparten en finas capas entre los hilos del gluten de la masa, produciendo un efecto lubricante, da una masa suave y la uniformidad de la miga es más pronunciada. Además mejora la presentación del pan con buena coloración, suavidad y buen sabor al pan (Callejo, 2002).

La grasa en panificación tiene las funciones:

- Estabilización de las burbujas de gas incorporadas a la masa, la cual se manifiesta normalmente como una mejora en el empuje del horno (diferencia de altura entre la masa que entra al horno y pan cocido que sale de él).
- Inhibición de la unión de las burbujas de gas, lo que lleva a una más fina estructura de la miga (más pequeño tamaño alveolar), en el producto horneado.
- Mejora la conservación, la grasa disminuye la pérdida de humedad y ayuda a mantener fresco el pan; mejora la apariencia, produciendo un efecto lubricante (Cauvain y Young, 2008).

#### **2.3.2.8. Mejorador de masa**

Es un agente que se añade en pequeñas cantidades como ingredientes del pan, con la intención de mejorar las características iniciales de la harina, referidas fundamentalmente al color, contenido en enzimas y características plásticas de la masa (Callejo, 2002).

Los mejoradores tienen las siguientes funciones:

- Compensar en las variaciones en la calidad de la harina.
- Aumentar el volumen del pan elaborado.
- Retrasar el fenómeno de endurecimiento del pan.
- Acelerar la velocidad de fermentación.
- Compensar los posibles cambios en las variables de proceso de temperatura final del amasado y de fermentación, tiempos de reposo, condiciones de cocción, etc.) (Callejo, 2002).

### **2.3.2.9. Propionato de calcio**

Se usa como conservante, especialmente en panadería. Es el más efectivo contra los mohos de todos los conservantes, pero poco eficaz contra levaduras y bacterias. Es un conservante económico y fundamental en la fabricación del pan, estando autorizado para ello en la mayoría de los países (Mejía y Ríos, 2008).

### **2.3.3. Proceso de elaboración del pan pita integral**

En la fabricación del pan pita integral se llevan a cabo principalmente cinco etapas: preparación de los materiales, formación de la masa, horneado y envasado del producto final.

#### **2.3.3.1. Preparación de ingredientes**

Los ingredientes básicos: harina, levadura, sal y agua se mezclan para producir una condición idónea del amasado, el cual consiste en extender, doblar y cortar los materiales (Quaglia, 1991).

#### **2.3.3.2. Formación y desarrollo de la masa**

Durante la etapa de formación y desarrollo de la masa, los ingredientes son mezclados con adición de agua. En el momento en el que las proteínas de la harina se humedecen y absorben el agua, se forma el gluten. El desarrollo correcto del gluten es esencial para la buena elaboración del pan. El tamaño, forma y estructura de la miga del pan acabado dependerá en gran medida de la formación correcta del gluten, además del tratamiento aplicado al mismo (Quaglia, 1991).

El mezclado en la industria de alimentos es un proceso químico, que consiste en mezclar y homogenizar una serie de ingredientes, previamente pesados, y transformados en una sola masa con características específicas de elasticidad, homogeneidad y consistencia, obteniendo mejor calidad de alimentos.

El mezclado se realiza en una máquina mezcladora, en donde los movimientos son inducidos por agitadores o impulsores, estos se requieren para hacer dispersiones finas y emulsiones. El amasado se compone de dos fases: fresado y amasado. El fresado tiene como objetivo mezclar todos los componentes de la masa a excepción de la levadura, que se incorpora cinco minutos antes de finalizar el amasado. Se realiza a velocidad lenta. El agua incorporada es absorbida en gran medida por el almidón y las proteínas, que empiezan a formar el gluten de la masa. El amasado se realiza a marcha rápida y es cuando se produce la máxima aireación de la masa. Ésta atrapa el oxígeno del aire que posteriormente se consume por la levadura. La aireación, posibilita los proceso de oxidación de las proteínas y, consecuentemente, afecta la formación de la red del gluten (Sacavacos y Kostaropoulos, 2002).

#### **2.3.3.3. División y boleado**

La masa se divide en porciones de un peso determinado antes de darles la forma deseada. Tras la división, la masa presenta una forma irregular, un aspecto rugoso y es pegajosa al tacto, por lo cual es necesario bolear la masa, con la finalidad de dotarla de estructura, forma esférica y superficie seca. La temperatura óptima de la masa para el formado es de 21 °C a 23 °C (Saravacos y Kostaropoulos, 2002).

#### **2.3.3.4. Fermentación**

Las proporciones de pan se dejan reposar con la finalidad de que ocurra un hinchamiento para lo cual se debe mantener un ambiente templado y ligeramente húmedo. La temperatura deberá de ser de 30 a 35 °C y la humedad del 70 al 85%.

Durante la fermentación se generan productos provenientes del metabolismo microbiano, dióxido de carbono y alcohol, lo cual genera el sabor característico del pan, además de promover la retención de gas durante el horneado (Quaglia, 1991).

Para dar lugar a las características propias del pan, tales como, sabor, color, olor, etc. es necesario contar con una cámara de fermentación en donde se realiza una fermentación en condiciones controladas de temperatura y humedad relativa del ambiente. Las cámaras de fermentación aportan al producto un tratamiento previo a la cocción, desde la conservación o mantenimiento de temperatura y humedad, aumentando el volumen, hasta dejar la masa lista para su cocción (Saravacos y Kostaropoulos, 2002).

#### **2.3.3.5. Horneado**

Después de dejar reposar la masa correctamente, se mete en el horno. Las temperaturas y los tiempos más comunes de cocción son. Porciones de 0.45 Kg, 230°C durante 28 minutos; porciones de 0.9 Kg durante 42 minutos (Scade, 1985).

Las primeras etapas del calentamiento aumentan la actividad enzimática. Debido a que existe una hidrolización del almidón, los niveles de dextrinas y maltosa se incrementan. Además, la masa experimenta una última expansión la cual es conocida como “subida en el horno”. Una vez que se rebasa la temperatura de gelatinización del almidón, ocurre la coagulación de proteínas, inactivación de enzimas y las levaduras son eliminadas. Al alcanzar los 100 °C en el interior del producto, el agua se evapora en la corteza generando un endurecimiento en la misma, en esta parte se define tanto el volumen final como la textura de la miga (Tejero, 1999).

Durante el horneado ocurren reacciones de Maillard y caramelización, las cuales otorgan color y sabor característico a la corteza, por lo cual se deben mantener durante esta etapa condiciones controladas, principalmente: la cantidad de calor suministrada en el horno, el nivel de humedad del horno y la duración del tiempo de horneado (Calaveras, 1996).

Los hornos utilizados durante el horneado de pan, consisten en comportamientos de varias repisas a través de las cuales el producto es horneado. El medio de calentamiento en los hornos, usualmente es aire caliente algunas veces mezclado con vapor cuyo movimiento puede darse por convección natural o por circulación forzada

Los hornos operan normalmente a presión atmosférica, y la máxima temperatura que alcanza el producto internamente son 100°C. El producto húmedo es calentado por aire caliente o por la combustión de gases hasta que su superficie se encuentra seca, permitiendo la formación de la corteza a los 100°C, mientras que el interior permanece a una menor temperatura (Quaglia, 1991).

#### **2.3.3.6. Envasado**

En esta etapa se busca tener en cuenta condiciones de empaque, de almacenamiento y distribución, de tal forma que el producto llegue a los consumidores con una calidad sensorial aceptable.

### **2.4. Calidad del pan**

#### **2.4.1. Percepción del consumidor**

Para el consumidor, las cualidades dominantes del pan son el sabor y la textura. Los más importantes compuestos del sabor y el aroma se forman durante el horneado, cuando ocurren las reacciones por calor, como las reacciones de Maillard y caramelización. Las reacciones enzimáticas y posible fermentación influyen sobre el sabor de la miga del pan, mientras que en las reacciones de calor afectan al sabor de la corteza del pan. Además las cualidades del sabor, frescura, color y textura influyen dramáticamente sobre la percepción del pan (Gellynck y otros, 2008).

## **2.4.2. Alteraciones en la calidad del pan**

### **2.4.2.1. Envejecimiento**

El pan desde el momento que sale del horno la apetencia por estos disminuye progresivamente. Esas alteraciones indeseables que se producen con el tiempo se designan colectivamente con el nombre de envejecimiento. El envejecimiento del pan se caracteriza principalmente por dos cambios en la textura de producto; ablandamiento de la corteza y endurecimiento de la miga. El primero es el resultado de la migración del agua de la miga hacia la corteza impulsado por el gradiente de humedad, mientras que el endurecimiento de la miga se debe a varios fenómenos entre los cuales, la recristalización de la amilopectina es el factor principal. También influyen los cambios en la funcionalidad del gluten, el estado vítreogomoso de los polímeros y la interacción entre los componentes. Debido a estos procesos que sufre el pan, éste pierde rápidamente sus características de frescura y su limitada vida de anaquel tiene un impacto económico importante en la industria de la panificación y en los consumidores (Hallberg y Chinachoti, 2002).

### **2.4.2.2. Retrogradación del almidón**

El proceso de gelatinización provoca la fusión de las zonas cristalinas del gránulo de almidón debido a la absorción de agua, dando por resultado un gel amorfo que está en un estado de no equilibrio y por lo tanto sufre un conjunto de cambios llamados retrogradación (Eliasson y Larsson, 1993).

Hebeda y Zobel (1996) definen la retrogradación como un evento que ocurre cuando las moléculas de almidón comienzan a asociarse en estructuras ordenadas. En la fase inicial dos moléculas o más forman un punto simple de unión, el cual puede desarrollarse en más regiones ordenadas. Finalmente, bajo condiciones favorables, aparece un orden cristalino.

Una vez completado el horneado, el proceso de envejecimiento inicia. Las moléculas de almidón se reordenan y reasocian dando lugar a la retrogradación. Durante el cocimiento del pan, parte de la amilosa se difunde fuera del gránulo y retrograda en el momento de su enfriamiento, de tal manera que los gránulos, ahora ricos en amilopectina, se ven rodeados por la amilosa (Badui, 1999).

La retrogradación de la amilosa y la amilopectina caracterizan la cristalización de los geles de almidón el primer día de almacenamiento, después del cual sólo la amilopectina controla la retrogradación, por lo que se considera que el envejecimiento se debe básicamente a la asociación de las cadenas de amilopectina. En el pan fresco, el polisacárido ramificado tiene casi todas sus ramas extendidas, mientras que en el pan duro están retrogradadas, unidas entre sí y sin el agua original (Badui, 1999).

#### **2.4.2.3. Enmohecimiento**

El pan es estéril a la salida del horno a causa de la temperatura de cocción, inmediatamente después se convierte en un medio de cultivo óptimo sobre el que se deposita y se multiplican las esporas que se encuentran en la atmósfera. Las especies más comunes que proliferan sobre el pan son: *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium glaucum*, *Mucor mucedo* y *Rhizopus* que se multiplican en colonias, de diversos colores, blanco, amarillo, verde y negro (Quaglia, 1991; Tinoco, 2007).

El desarrollo del moho hace al pan incomedible, no sólo por las alteraciones de sus características organolépticas, sino a causas tóxicas que resultan nocivas para la salud humana (Quaglia, 1991).

#### **2.4.2.4. Enranciamiento**

En general, el enranciamiento siempre es lo primero que se manifiesta y hace el alimento no comestible, mucho antes de que las otras reacciones tengan importancia. El enranciamiento es dado por la oxidación lipídica, esta reacción reside en la formación de compuestos volátiles de olor desagradable, lo que limita el tiempo de conservación de numerosos alimentos, aunque tengan solo menos de un 1% de lípidos (Cheftel y Cheftel, 1999).

#### **2.4.2.5. Redistribución del agua**

Eliasson y Larson (1993) afirman que algunos estudios han demostrado que existe una redistribución del agua entre el gluten y el almidón durante el horneado y el almacenamiento (se estima que sólo el 3% del total de agua se redistribuye), lo cual contribuye al envejecimiento. Incluso se piensa que el uso de surfactantes afecta la retrogradación del almidón al limitar esta migración del agua (Pisesookbunternng y d'Apolonia, 1983).

En contraste, un alto contenido de proteínas resulta en una menor velocidad de envejecimiento. Un alto contenido de proteína puede propiciar un mayor volumen del pan y por tanto mayor suavidad de la miga, además la presencia de cantidades mayores de proteína puede aislar los gránulos de almidón y de esta manera reducir la retrogradación del mismo (Eliasson y Larsson, 1993).

La redistribución del agua también se efectúa entre corteza y miga dando como resultado cambios en el comportamiento reológico de ambas. En un pan fresco la corteza es crujiente, mientras que en el pan viejo es suave y gomosa. Por otro lado, la miga es suave y húmeda en el pan fresco, y seca y dura en el pan viejo. La razón de estos cambios es que el agua migra de la miga a la corteza y de la corteza al ambiente, haciendo que la corteza pase de un estado vítreo a un estado gomoso, y que la miga cambie de un estado gomoso a uno vítreo (Eliasson y Larsson, 1993).

## **2.5. Control del envejecimiento**

La selección y aceptación de un alimento están gobernadas por sus atributos sensoriales. En el pan dichos atributos son la apariencia, el olor, el sabor y la textura. El color de la corteza y la textura de la miga y corteza son los criterios comúnmente usados por los consumidores para evaluar la calidad del pan. Los cambios indeseables que sufren los productos de panificación luego del horneado son importantes, debido a la producción en gran escala. El envejecimiento del pan tiene efecto sobre la economía de la industria y del consumidor, ya que grandes cantidades de pan son desechadas debido a este problema (Pomeranz, 1987).

Es por ello que en la producción comercial del pan se han desarrollado estrategias que permitan extender la vida de anaquel de este producto.

### **2.5.1. Control tecnológico del envejecimiento del pan**

Las variables del proceso, los métodos de producción y las variaciones en la formulación, pueden afectar el envejecimiento del pan. En el Cuadro 4 se presenta el efecto de los cambios en algunas variables del proceso sobre la frescura de la corteza y la miga. Así mismo, en el Cuadro 5, se muestra la influencia de la adición de diferentes ingredientes sobre la frescura del pan. Controlando las variables del proceso y usando ingredientes adecuados, es posible retardar el envejecimiento del pan.

**Cuadro 4. Variables del proceso que afectan el envejecimiento**

Etapas de operación		Frescura de la corteza	Frescura de la miga
Mezclado de la masa	Sobremezclado	-	-
	Óptimo	+	+
	Mezclado bajo	-	-
Tiempo de fermentación	Corto	-	-
	Normal	+	+
	Largo	-	+
Velocidad de horneado	Lento	-	-
	Rápido	+	+

(+): mejora la retención de la frescura; (-): reduce la retención de la frescura (Kulp, 1979)

**Cuadro 5. Variación de la formulación**

Ingrediente		Frescura de la corteza	Frescura de la miga
Proteína de la harina		+	+
Azúcares	Oligosacáridos	+	+
	Dextrina	+	+
Ingredientes de leche		+	-
Sustituyentes de leche		+	+ -
Sal		+ -	+ -
Shortenings		-	+
Contenido de agua	Alto	-	-
	Óptimo	+	+
	Bajo	-	-
Amilasas fúngicas		+	+
Amilasas bacterianas		+	++
Surfactantes		+	++

(+): mejora la retención de la frescura; (-): reduce la retención de la frescura; (+ -): no hay efecto en la retención de frescura (Kulp, 1979)

### 2.5.2. Panificación por horneado en 2 etapas

La aplicación de calor ha sido una técnica aplicada para revertir el envejecimiento, no obstante el pan obtenido no recupera su calidad

original, esto debido a que el recalentamiento causa pérdida de agua (Rogers y otros, 1990; Hug – Iten y otros, 2003).

Una alternativa al recalentamiento que ha sido usada con éxito para reducir las pérdidas de pan por envejecimiento, es la panificación por horneado en dos etapas. Este método de panificación consiste en elaborar pan siguiendo los pasos de un proceso tradicional, hasta la fermentación. En este caso las masas fermentadas son parcialmente horneadas, es decir, son horneadas hasta que se forma la miga, pero antes de que inicie el desarrollo de color en la corteza. Como consecuencia, el pan parcialmente horneado tiene un aspecto blanco (la corteza no se ha formado) y un contenido de humedad mayor que el pan completamente horneado. El pan parcialmente horneado se almacena en condiciones que garanticen su estabilidad hasta el momento en que sea requerido; entonces se lleva a cabo la segunda etapa de horneado y se completa la panificación, obteniéndose pan con características similares al producto fresco.

### **2.5.3. Uso de enzimas**

La adición de enzimas  $\alpha$  – amilasas a la masa disminuye la velocidad de envejecimiento el pan, pero su uso tiene cierto riesgo; si la dosis es muy alta la miga del pan se vuelve pegajosa e inaceptable, debido a la formación de dextrinas (Eliasson y Larsson, 1993).

Se cree que el mecanismo antienvjecimiento de estas enzimas es la ruptura de las cadenas de almidón que están conectadas en diferentes zonas cristalinas. La influencia de las enzimas agregadas depende de su estabilidad al calor (Eliasson y Larsson, 1993).

### **2.5.4. Uso de grasas, shortenings, surfactantes y emulgentes**

Las grasas y los shortenings disminuyen el endurecimiento durante el envejecimiento y se ha observado que las grasas y los lípidos polares

afectan este fenómeno por diferentes mecanismos. Por otro lado se tienen resultados ambiguos respecto a los shortenings, ya que algunos pueden no tener efecto sobre el envejecimiento mientras que otros sí. Por su parte, los emulgentes y surfactantes tales como los monoglicéridos, el SSL (estearoil – 2- lactilato de sodio) y el éster ácido diacetil tartárico (DATEM), pueden disminuir el proceso de endurecimiento, no obstante no todos los emulsificantes muestran la misma eficacia (Eliasson y Larsson, 1993).

## **2.6. Hidrocoloides**

### **2.6.1. Definición y propiedades funcionales en alimentos**

Los hidrocoloides son polisacáridos de alto peso molecular, que al interaccionar con otras moléculas, son capaces de modificar las propiedades reológicas, textura, actúan como estabilizantes, actúan como espesantes o gelificantes, etc. (Stauffer, 1990; Badui, 2006).

Estos compuestos son adicionados en alimentos con la finalidad de mejorar la palatabilidad, la textura del alimento, etc. En general, se puede decir que los hidrocoloides son utilizados debido a que minimizan los defectos de productos naturales, incrementan la satisfacción sensorial y producen nuevos sistemas y productos alimenticios.

En productos de panificación, estos compuestos al ser adicionados interactúan con las moléculas y los gránulos de almidón gelatinizado, reducen la velocidad de recristalización y por ende, retrasan el envejecimiento del pan (Stauffer, 1990).

Debido a los diferentes efectos que se presentan al adicionar hidrocoloides en los alimentos, se observa también un amplio uso industrial, para una gran variedad de productos (Cuadro 6).

La velocidad de hidratación de los hidrocoloides y su funcionalidad, dependen de factores como la temperatura, pH, naturaleza química de cada hidrocoloide, concentración, etapa y forma de incorporación al alimento, presencia de iones inorgánicos, etc. (Badui, 2006).

**Cuadro 6. Funciones y aplicaciones de hidrocoloides en alimentos**

<b>Función</b>	<b>Aplicación en alimentos</b>
Inhibidor de la cristalización	Helados
Emulgente	Aderezos, bebidas
Encapsulante	Sabores, vitaminas microencapsuladas
Formador de películas	Productos cárnicos
Agente floculante	Vino, cerveza
Estabilizador de espumas	Cerveza, cremas
Agente gelificante	Postres
Estabilizante	Mayonesa, cerveza
Agente espesante	Salsa, mermeladas

Fuente: Badui (2006)

La propiedad básica de todos los hidrocoloides es la función espesante o impartición de viscosidad, esta propiedad es la clave del comportamiento y funcionalidad de todos los hidrocoloides, por lo cual pueden actuar como emulsificantes, espesantes, estabilidad en el producto, consistencia, etc., dependiendo de la viscosidad de cada hidrocoloide. El aumento de la viscosidad debido a la presencia de hidrocoloides se debe a la presencia

de grupos hidroxilo con los enlaces de hidrógeno propios de las moléculas de agua.

Una segunda propiedad es la gelación, no todos los hidrocoloides presentan esta propiedad, la cual consiste en la formación de un gel.

Además de estas funciones, se encuentran muchas otras que dependen del tipo de hidrocoloide, y la concentración en la que éste se adicione, dichas funciones son: estabilizantes, emulsificantes, espesantes, agente de suspensión, adhesivos, formadores de películas, extensores, vehículo de sabores, floculantes, etc. (Imeson, 1992).

### **2.6.2. Clasificación**

Los hidrocoloides se clasifican de acuerdo a su origen en naturales, semisintéticos y sintéticos.

#### **2.6.2.1. Hidrocoloides naturales**

Los hidrocoloides naturales son aquellos que se derivan de recursos de plantas y animales. En esta clasificación se encuentran: goma arábiga, goma karaya, goma guar, goma de algarrobo, goma de mezquite, carrageninas, sextinas, almidón, celulosa, etc. (Badui, 2006).

#### **2.6.2.2. Hidrocoloides semisintéticos**

Se elaboran a partir de un polímero natural que se somete a alguna transformación física o química. En esta categoría se incluyen los almidones modificados, al igual que los distintos derivados celulósicos, pueden mencionarse los siguientes: derivados de la celulosa (carboximetilcelulosa, hidropilmetilcelulosa, celulosa microcristalina, etc.), gomas microbianas (dextranas, xantanos, galana), pululana,

derivados del almidón (almidón carboximetílico, almidón hidroxietílico, etc.), etc. (Badui, 2006).

### **2.6.2.3. Hidrocoloides sintéticos**

Son polímeros vinílicos y acrílicos que hasta la fecha no están aprobados para el consumo humano, aunque presentan propiedades de los naturales. En esta clasificación se encuentra: polímeros vinílicos, polivinilpirrolidina, ácido poliacrílico, poliacrilamina, etc. (Badui, 2006).

### **2.6.3. Hidrocoloides como agentes antienvjecimiento**

El empleo de aditivos es una práctica común en la panificación y debido a que mejoran las propiedades de la masa, aumentan la calidad del pan fresco e incrementan la vida de anaquel del producto almacenado, han sido ampliamente investigados (Collar y Armero, 1996).

Entre ellos los hidrocoloides se han utilizado con éxito como agentes antienvjecimiento (Rojas y otros, 2000).

#### **2.6.3.1. Propiedades de los hidrocoloides en pan**

Los dos aspectos de mayor importancia de acuerdo con la funcionalidad de los hidrocoloides aplicados en la industria de alimentos, son: su efecto espesante y la estructura que generan. Sin embargo las propiedades y funciones que se observan en los alimentos dependen del tipo de hidrocoloide adicionado y la concentración de éste.

La calidad del pan se pierde rápidamente debido a la retrogradación que empieza justo cuando el pan sale del horno (Jenkins, 1975; Matz, 1992; Guarda y otros, 2004). Los hidrocoloides son polisacáridos solubles en agua con una rango de propiedades funcionales que los hacen útiles en la

industria panadera. Los hidrocoloides o gomas han sido ampliamente utilizados con la finalidad de mejorar la textura de los alimentos, retardar la retrogradación del almidón, incrementar la retención de humedad, mejorar la calidad de los productos (Jenkins, 1975; Matz, 1992; Bárcenas y otros, 2005). La presencia de hidrocoloides en pan retrasa el proceso de recristalización del almidón, así el producto permanece suave por un periodo mayor de tiempo, extendiendo la vida útil del producto (Jenkins, 1975).

La adición de hidrocoloides modifica las propiedades reológicas y fermentativas de las masas de harina de trigo, así como sus propiedades viscoelásticas y de gelatinización produciendo un incremento o disminución en la misma, dependiendo del hidrocoloide utilizado y su concentración (Matz, 1992; Rojas y otros, 1999).

En general, panes adicionados con hidrocoloides poseen mayor contenido de humedad (Guarda y otros, 2004), por lo tanto mayor retención de agua en la miga. Los hidrocoloides reducen la deshidratación de la miga en el pan durante el almacenamiento, por lo cual son considerados agentes antienvjecimiento, además generan debilidad en la estructura del almidón, provocando una mejor distribución y retención de agua, logrando un producto más suave (Armero y Collar, 1996). Cabe señalar que se ha comprobado que la adición de hidrocoloides no afecta las propiedades sensoriales del pan (Guarda y otros, 2004), inclusive se ha observado mejoras en éstas.

#### **2.6.4. Gomas en panificación**

La adición de gomas permite mejorar las características del pan mediante la formación de complejos hidrofílicos con las proteínas del gluten, además de que ligan agua y disminuyen la migración de humedad en la masa (Hallberg y Chinachoti, 2002).

Actualmente existen varias gomas comerciales (goma xantana, goma arábica, goma guar, etc.) que buscan retardar el envejecimiento del pan. Estos productos están respaldados por una gran cantidad de experimentos científicos que demuestran su efectividad en el mantenimiento de la calidad del pan almacenado mediante la reducción de la retrogradación del almidón y el incremento en el volumen específico (Hallberg y Chinachoti, 2002; Dodie y otros, 2007).

Tinoco (2008), reporta que entre las gomas usadas en la industria de la panificación, la goma xantana se agrega a los alimentos para controlar la reología del producto final. Este polímero produce un gran efecto sobre propiedades como la textura, liberación de aroma y apariencia, que contribuyen a la aceptabilidad del producto para su consumo. Por su carácter pseudoplástico, en solución esta goma tiene una sensación menos gomosa en la boca que las gomas con comportamiento newtoniano, además, su conducta como antioxidante es mayor que el de otros polisacáridos debido a su gran capacidad de unirse a metales y su comportamiento viscoso.

Martínez (2010), indica que la goma xantana es el ingrediente que sustituye las funciones del gluten dentro de la elaboración del pan libre de gluten, debido a su alta capacidad de absorción de agua, de viscoelasticidad y de termo-coagulación, lo cual le diferencia de cualquier otra proteína vegetal. Otro uso en panificación debido a sus propiedades, es como agente emulsificante, ya que además de poseer un alto contenido de fibra dietética, se caracteriza por su capacidad de retención de agua y sus propiedades de adhesión y formación de película.

### **2.6.4.1. Goma xantana**

#### **2.6.4.1.1. Descripción**

Se obtiene de una polimerización por fermentación de la dextrosa por la bacteria *Xanthomonas campestris*. Es un heteropolisacárido en cuya molécula se han podido identificar D-glucosa, que constituye la cadena principal y moléculas de D-manosa, y D-glucorínico (Cubero y otros, 2002).

Tampoco experimenta cambios de textura después de conservarse a temperaturas de refrigeración o a temperatura ambiente. Es bastante estable a los tratamientos mecánicos y tiene muy buena resistencia a los ciclos de congelación – descongelación. La goma xantana encuentra aplicación en aderezos, productos de pastelería y panadería, bebidas, productos instantáneos, alimentos enlatados, sopas, salsas, productos congelados, productos lácteos y productos cárnicos (Cubero y otros, 2002).

#### **2.6.4.1.2. Características**

- Alta viscosidad y solubilidad en agua destacadas. La viscosidad del 1% de disolución acuosa de goma xantana es 100 veces más que la viscosidad de disolución de gelatina de la misma densidad.
- La reología pseudoplástica especial, bajo la temperatura no cambiable, la disolución de goma xantana forma los cambios reversibles de sol y gel de acuerdo al cambio de fuerzas de máquinas, por lo que la goma xantana es un estabilizador de emulsión.
- La goma xantana puede mantener la viscosidad y performance bajo temperatura de -18 a 120°C y pH de 2 - 12.

- Buena compatibilidad. La goma xantana puede formar un sistema de espesamiento estable combinando con ácido, álcali, sal, enzima, agente activo superficial, antiséptico, agente oxidante y entre otros materiales químicos, y al mismo mantiene la reología.
- Bajo una proporción adecuada, tiene la reología notable mezclando la goma xantana con la goma garrofín y entre otros tipos de goma (Gremount, 2009).

#### 2.6.4.1.3. Especificaciones técnicas

El Cuadro 7 presenta las especificaciones técnicas de la goma xantana.

**Cuadro 7. Especificaciones técnicas de la goma xantana**

Parámetro	Resultados
Apariencia	Polvo Blanco – ligeramente amarillo, inodoro
Solubilidad	Completamente soluble en agua caliente o fría
Tamaño de partícula	Min. 95% / malla 200
pH (1%)	6-8
Humedad (%)	≤ 13
Malla (mesh)	200
Viscosidad (1% solución, 60rpm, spindle #3) cps	1200-1600
Arsénico (ppm)	<3
Plomo (ppm)	<3
Metales pesados (ppm)	<20
E.coli	Ausencia/25g
Salmonella	Ausencia/25g
Hongos y levaduras(ufc/g)	Máx. 100
Staphylococcus aureus (ufc/g)	Ausencia/100g
Plate Count /g	< 2000

Fuente: Materiales Químicos y Alimentarios (2012).

## **2.6.4.2. Goma guar**

### **2.6.4.2.1. Descripción**

La goma guar se encuentra en las semillas de la planta *Cyamopsis tetragonolobus* (originaria de India y cultivada en los Estados Unidos) (ALTESA, 2010). Se utiliza como aditivo alimentario y produce soluciones muy viscosas, capaz de hidratarse en agua fría y no es afectada por presencia de sales (Calvo, 1991).

La goma guar es un carbohidrato polimerizado comestible que contiene galactosa y manosa en sus bloques estructurales. El rango de los componentes varía dependiendo el origen de las semillas, pero la goma se considera que contiene una unidad de galactosa por cada dos de manosa (ALTESA, 2010).

La goma guar se usa principalmente como agente espesante con viscosidad en función de la temperatura. Es poco sensible a los efectos mecánicos y tiene buena resistencia a los ciclos de congelación – descongelación. La aplicación más habitual en alimentos se encuentra en queso fresco, helados, aderezos, bebidas, salsas, productos de panadería y productos congelados (Cubero y otros, 2002).

### **2.6.4.2.2. Especificaciones técnicas**

El Cuadro 8 presenta las especificaciones técnicas de la goma guar.

**Cuadro 8. Especificaciones técnicas de la goma guar**

<b>Parámetro</b>	<b>Resultados</b>
Apariencia	Polvo Blanco
Solubilidad	Completamente soluble en agua caliente o fría
Tamaño de partícula	Min. 97% / malla 200
pH (1%)	6-7
Humedad (%)	≤ 13
Malla (mesh)	200
Viscosidad (1% solución, 20rpm, spindle #3) cps	5500-5800
Arsénico (ppm)	<3
Metales pesados (ppm)	<20
E.coli	Ausencia/10g
Salmonella	Ausencia/25g
Hongos y levaduras(ufc/g)	Máx. 500
Staphylococcus aureus (ufc/g)	Ausencia/100g

Fuente: Cimpa (2013).

## **2.7. Características sensoriales**

La evaluación sensorial es una valiosa técnica para resolver los problemas relativos a la aceptación de los alimentos. Es útil para mejorar el producto, en mantener la calidad, en la elaboración de nuevos productos y en la investigación de mercados. Es importante considerar las propiedades organolépticas de los alimentos y su evaluación desde el punto de vista de los sentidos humanos (Desrosier, 1999). Así pues, por su aplicación en el control de calidad y de procesos, en el diseño y desarrollo de nuevos productos y en la estrategia de lanzamiento de los mismos al comercio, la hace, sin duda alguna, copartícipe del desarrollo y avance mundial de la alimentación (Ureña y otros, 2000).

El análisis sensorial de los alimentos se lleva a cabo de acuerdo al caso con diferentes pruebas, según la finalidad para la que se efectúe (Anzaldúa-Morales, 2005). Hay dos categorías principales de pruebas sensoriales para consumidores: pruebas de diferencia y pruebas de aceptación/preferencia. Para esto, se deben usar las pruebas apropiadas,

bajo condiciones adecuadas, para que los resultados se interpreten correctamente. Todas las evaluaciones se deben llevar a cabo bajo condiciones controladas, preferiblemente en cabinas individuales, con luz, sin ruido y temperaturas controladas para minimizar las distracciones y otros factores psicológicos adversos (Vaclavik, 2002).

### **2.7.1. Pruebas orientadas al consumidor**

Las pruebas orientadas al consumidor incluyen las pruebas de preferencia, pruebas de aceptabilidad y pruebas hedónicas. Estas pruebas se consideran pruebas del consumidor, ya que se llevan a cabo con paneles de consumidores no entrenados. Aunque a los panelistas se les puede pedir que indiquen directamente su satisfacción, preferencia o aceptación de un producto, a menudo se emplean pruebas hedónicas para medir indirectamente el grado de preferencia o aceptabilidad (Watts y otros, 1992).

#### **2.7.1.1. Pruebas hedónicas**

Las pruebas hedónicas se utilizan para evaluar la aceptación o rechazo de un producto determinado, en esta prueba se le pide al juez que informe sobre el grado de satisfacción que merece un producto, generalmente seleccionando una categoría de escala hedónica o de satisfacción, que oscila desde “me disgusta muchísimo” a “me gusta muchísimo”. Los panelistas indican el grado en que les agrada cada muestra, escogiendo la categoría apropiada (Carpenter y otros, 2002).

Una escala muy popular es la escala hedónica de nueve puntos:

Me gusta muchísimo

Me gusta mucho

Me gusta moderadamente

Me gusta ligeramente

Ni me gusta ni me disgusta

Me disgusta ligeramente

Me disgusta moderadamente

Me disgusta mucho

Me disgusta muchísimo

Las evaluaciones hedónicas son pruebas de aceptación que suelen hacerse en ambientes aproximados a la realidad, en laboratorio y en condiciones controladas, en donde se les pide a los catadores, que pueden ser consumidores no experimentados, que prueben una muestra y la puntúen en una escala graduada de nueve puntos desde “extremadamente desagradable” hasta “extremadamente agradable” (Sancho y otros, 1999).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

Planta Piloto de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Laboratorio de Ciencia de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego.

#### **3.2. Materia prima, insumos, equipos e instrumentos y materiales**

##### **3.2.1. Materia prima**

- Harina de trigo especial. Marca MOLINERA INCA
- Salvado de trigo. Marca MOLINERA INCA
- Levadura seca instantánea. Marca FLEISCHMAN
- Azúcar morena. Marca CARTAVIO
- Sal. Marca Premium EMSAL
- Manteca vegetal. Marca FAMOSA
- Mejorador de masas. Marca UNIPAN
- Agua potable

##### **3.2.2. Insumos**

- Propionato de calcio. Marca FLEISCHMAN
- Goma xantana. Marca MONTANA
- Goma guar. Marca MONTANA

### 3.2.3. Equipos e instrumentos

- Amasadora – Sobadora K25. Marca NOVA. Peso Aproximado: 220 kg. Potencia de Motor: 1.8/3 kW. Dimensiones: 1.17 m de alto X 0.60 m de ancho X 0.98 m de largo.
- Divisora 30M. Marca NOVA. Capacidad de Masa: 0.50 a 3.00 kg. Peso Aproximado: 170 kg. Dimensiones: 1.00 m de alto X 0.50 m de ancho X 0.65 m de largo.
- Horno Rotativo MAX750. Marca NOVA. Área de Cocción: 4.4 m<sup>2</sup>. Peso Aproximado: 1000 kg. Potencia Instalada: 1.5 kW. Potencia de Motor: 1.1 kW. Dimensiones: 2.10 m de alto X 1.22 m de ancho X 1.91 m de largo. Capacidad Bandejas (64x45 cm): 15. Producción Aproximada: 24 panes por bandeja (Horneada): 360.
- Carritos - Capacidad de bandejas de acero inoxidable (64 x 4 cm): 14
- Balanza Analítica. Marca METTLER TOLEDO. Capacidad 0 – 210 g, sensibilidad aprox. 0.001 mg.
- Balanza – Báscula Electrónica Digital Batería. Capacidad: Máx 60 Kg – Mín 10 g.
- Cronómetro. Marca CASSIO.
- Instron Serie 3340 Single Column Testing System. Modelo 3342. Capacidad: 50 N. Dimensiones: 0.90 m de alto x 0.38 m de ancho x 0.50 m de largo
- Estufa Universal Basic Memmert UNB 200. Capacidad: 32 L. Rango de Temperatura: + 20 a + 220°C. Precisión de Indicación: 0.5°C. Dimensiones: 0.60 m de alto X 0.550 m de ancho X 0.4 m de largo.
- Selladora de bolsas

### **3.2.4. Materiales de vidrio, plástico y otros**

- Bolsas de polietileno de alta densidad (Densidad: 0.95 g/cm<sup>3</sup>)
- Placas Petri
- Probetas
- Bandejas
- Tablas

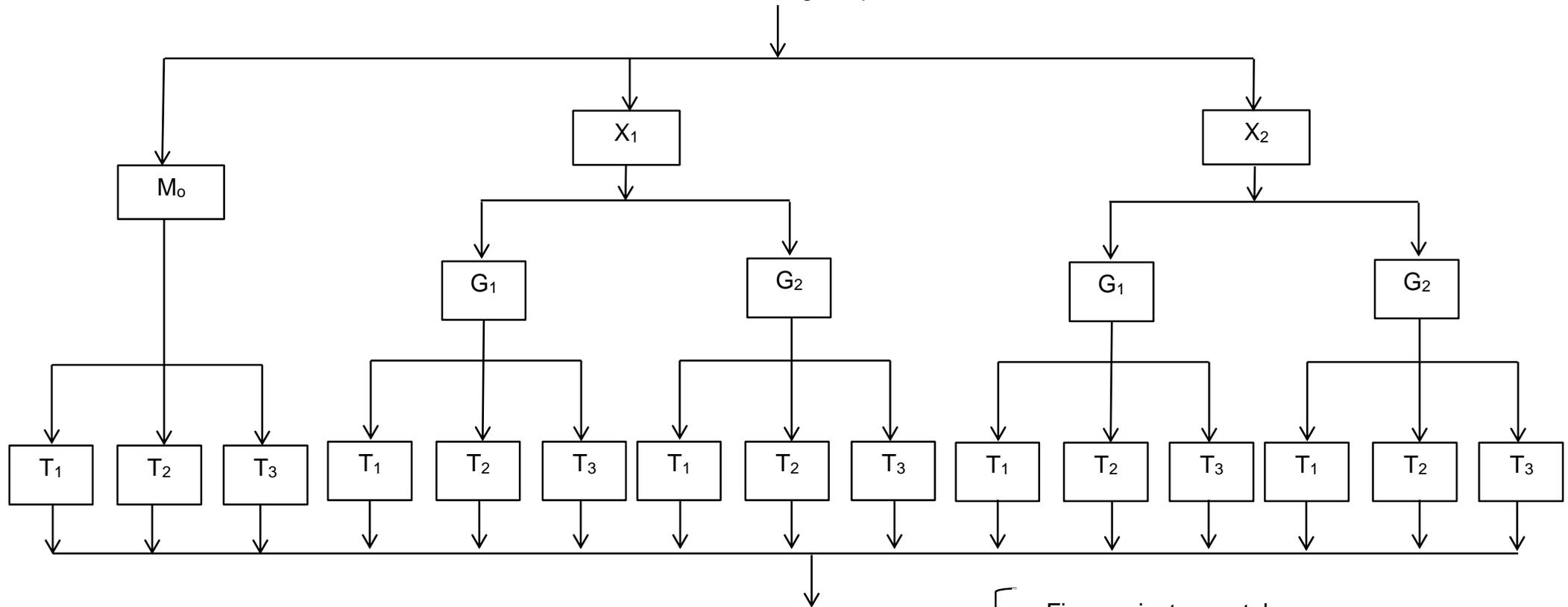
### **3.3. Metodología experimental**

#### **3.3.1. Esquema experimental**

En la elaboración del pan tipo pita integral se trabajó con dos concentraciones de goma xantana (0.3 y 0.5%) y goma guar (1.0 y 1.5%) y tres tiempos de almacenamiento (0, 3 y 6 días). Se evaluó la firmeza instrumental, el contenido de humedad, el volumen específico y la aceptabilidad general en pan pita integral.

El esquema experimental a seguir, se presenta en la Figura 2.

Harina de Trigo Especial

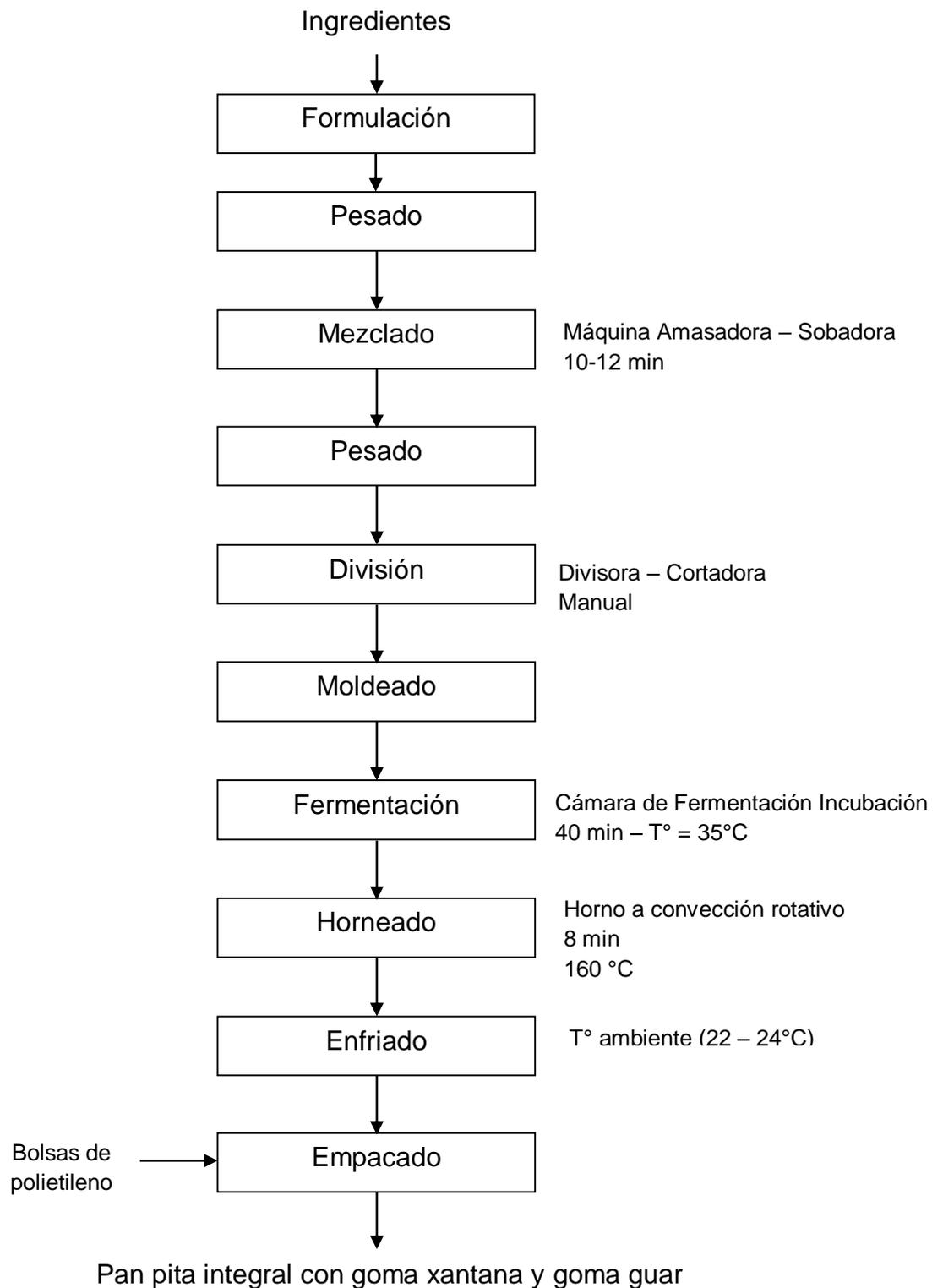
**LEYENDA:**M<sub>0</sub>: Muestra controlX<sub>1</sub>: Concentración de goma xantana 0.3%X<sub>2</sub>: Concentración de goma xantana 0.5%G<sub>1</sub>: Concentración de goma guar 1.0%G<sub>2</sub>: Concentración de goma guar 1.5%T<sub>1</sub>: Tiempo de almacenamiento 0 díasT<sub>2</sub>: Tiempo de almacenamiento 3 díasT<sub>3</sub>: Tiempo de almacenamiento 6 díasPan Tipo Pita Integral con  
Goma Xantana y Goma

- Firmeza instrumental
- Contenido de humedad
- Volumen específico
- Aceptabilidad general

**Figura 2. Esquema experimental para la elaboración de pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar**

### 3.3.2. Procedimiento experimental

En la Figura 3, se presenta el diagrama de flujo para la elaboración de pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar.



**Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración de pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar**

### 3.3.2.1. Proceso para la elaboración de pan tipo pita integral

A continuación se describe cada operación para preparar las muestras según el diagrama de flujo de la Figura 2.

**Formulación.** Se presenta en el Cuadro 9 la formulación base para la elaboración de pan pita integral

**Cuadro 9. Formulación base para elaboración de pan tipo pita integral**

Ingrediente	Cantidad (g)	% del peso total	% de peso de harina
Harina de trigo especial	950	53.14	100
Salvado de trigo	75	4.19	7.88
Levadura seca instantánea	10	0.56	1.05
Azúcar morena	20	1.12	2.11
Sal	20	1.12	2.11
Manteca vegetal	100	5.59	10.52
Mejorador de masas	10	0.56	1.05
Propionato de calcio	2.85	0.16	0.30
Agua	600	33.56	63.15
Total	1787.85	100	-

**Pesado.** Se pesó la harina, el azúcar, la manteca vegetal, la sal, la levadura, el mejorador y agua, según la formulación planteada.

**Mezclado.** Se depositó los ingredientes en la amasadora previamente ya pesado; disolviendo la sal y el azúcar en parte del agua y se incorporó con los demás ingredientes. Se adicionó la manteca al final y fue aquí donde también se incorporó la goma xantana y la goma guar por un tiempo de 10 a 12 minutos.

**Pesado.** Se pesó la masa para tener proporciones iguales para cada pan.

**División.** Se cortó las masas en proporciones iguales.

**Moldeado.** Las masas ya pesadas se procedieron al boleado, formateado y moldeado de las mismas.

**Fermentación.** Se colocaron las masas en bandejas y estas luego en carritos que posteriormente fueron llevados a la cámara de fermentación por un tiempo de 40 minutos.

**Horneado.** Las masas ya fermentadas fueron llevadas al horno para su cocción a una temperatura de 160 °C por 8 minutos.

**Enfriado.** Se procedió a enfriar los panes a temperatura ambiente.

**Empacado.** Los panes se empacaron en bolsas de polietileno almacenados a temperatura ambiente por seis días.

### **3.3.2.2. Formulaciones para la elaboración de pan tipo pita integral**

En el Cuadro 10 se presenta las formulaciones que se utilizó en esta investigación.

**Cuadro 10. Formulaciones para elaboración de pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar**

<b>Ingredientes</b>	<b>Formulación base (g)</b>	<b>Formulación 1 (g)</b>	<b>Formulación 2 (g)</b>	<b>Formulación 3 (g)</b>	<b>Formulación 4 (g)</b>
Harina de Trigo Especial	950	950	950	950	950
Salvado de trigo	75	75	75	75	75
Levadura seca instantánea	10	10	10	10	10
Azúcar morena	20	20	20	20	20
Sal	20	20	20	20	20
Manteca vegetal	100	100	100	100	100
Mejorador de masas	10	10	10	10	10
Propionato de calcio	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85
Agua	600	600	600	600	600
Goma xantana	0	2.85	2.85	4.75	4.75
Goma guar	0	9.50	14.25	9.50	14.25

Fuente: Basado en El Forner de Alella (2013)

### **3.4. Métodos de análisis**

#### **3.4.1. Análisis del pan pita integral**

##### **3.4.1.1. Firmeza instrumental**

La firmeza del pan tipo pita se determinó de acuerdo al método 74 – 09 de la AACC, utilizando un Texturómetro Universal Instron Serie 3340, Modelo

3342. Para esta prueba, cada pieza de pan se colocó debajo de la parte central del pistón hasta un 50% de compresión, registrándose la fuerza y la energía ejercida sobre la pieza de pan en la gráfica. La fuerza se midió en N expresándose como el esfuerzo máximo requerido para comprimir la pieza de pan. Para esta prueba se utilizó una celda de carga de 50 N, una velocidad de cabezal de 10 mm/seg y con un diámetro de pistón de 2 cm (AACC, 2000).

### 3.4.1.2. Contenido de humedad

El contenido de humedad del pan tipo pita se determinó de acuerdo al método 44 – 15 de la AACC, utilizando una estufa universal Basic Memmert UNB 200 por secado en dos etapas y la diferencia de peso. Para la primera etapa de esta prueba, se pesó cada muestra de pan exactamente unos 5 g y se desecó durante 24 h a temperatura ambiente. Se dejaron enfriar en un desecador y se determinó por pesada la pérdida por desecación.

En la segunda etapa, las muestras fueron pulverizadas y se pesaron 2 g de polvo y se desecaron durante 24 h a 130°C. Posteriormente se transfirió a un desecador durante al menos 45 minutos y se pesó. Se realizó la medición por triplicado (AACC, 2000).

La humedad se calcula utilizando las siguientes ecuaciones:

Primera etapa

$$H_A = \frac{P_1 - P_2}{P_1 - P_0} * 100$$

Segunda etapa

$$H_B = \frac{P'_1 - P'_2}{P'_{11} - P'_0} * 100$$

Porcentaje de humedad total del pan:

$$H\% = H_A + H_B \left( \frac{100 - H_A}{100} \right)$$

En donde:

$H_{0\%}$  = humedad del pan (%)

$H_A$  = humedad obtenida en la primera etapa (%)

$H_B$  = humedad obtenida en la segunda etapa (%)

$P_0$  = peso de la placa vacía (g)

$P_1$  = peso de la placa con muestra húmeda (g)

$P_2$  = peso de la placa con muestra seca (g)

$P'_0$  = peso de la placa vacía (g)

$P'_1$  = peso de la placa con muestra húmeda (g)

$P'_2$  = peso de la placa con muestra seca (g)

### 3.4.1.3. Volumen específico

Este parámetro fue medido empleando el método 10 – 05 de la AACCC (2000) haciendo una pequeña modificación, la cual consistió en determinar el volumen del pan por medio del desplazamiento de granos de quinua. El método fue el siguiente: en un cilindro vacío se introdujeron los granos y se marcó la altura alcanzada, luego se vació el cilindro colocando los granos en otro recipiente. Posteriormente se introdujo un pan tipo pita integral entero al cilindro, se colocó nuevamente todos los granos y se midió la distancia de desplazamiento de las mismas a partir de la marca. Finalmente se aplicó la siguiente ecuación:

$$V = \pi * r^2 * D$$

Donde:

V = volumen del pan tipo pita integral (cm<sup>3</sup>)

r = radio del cilindro (cm)

D = distancia desplazada desde la marca (cm)

Por otra parte, se pesó el pan tipo pita integral. El volumen específico se determinó mediante la división del volumen (cm<sup>3</sup>) obtenido entre el peso (g) del pan pita integral. Esta prueba se hizo por triplicado.

#### **3.4.1.4. Aceptabilidad general**

Los panes tipo pita integrales se sometieron a un análisis sensorial para evaluar la aceptabilidad general para lo cual se usó una escala hedónica verbal de 9 puntos, donde 9: me gusta muchísimo, 8: me gusta mucho, 7: me gusta, 6: me gusta ligeramente, 5: ni me gusta ni me disgusta, 4: me disgusta ligeramente, 3: me disgusta, 2: me disgusta mucho y 1: me disgusta muchísimo. Se trabajó con 30 panelistas no entrenados, consumidores de pan pita y representantes del público objetivo (Anzaldúa-Morales, 2005).

Las pruebas sensoriales se realizaron en tres partes, en la primera a cada panelista se le proporcionó, simultáneamente, una rebanada de 10 g de pan tipo pita integral con y sin la adición de hidrocoloides ambas con el mismo tiempo de almacenamiento, es decir los 5 primeros tratamientos, los cuales fueron colocados en platos de plástico debidamente codificados; lo mismo en la segunda parte los siguientes cinco y por ende en la tercera. Así también se pidió a los jueces que expresen sus comentarios sobre la calidad general del pan.

#### **3.5. Métodos estadísticos**

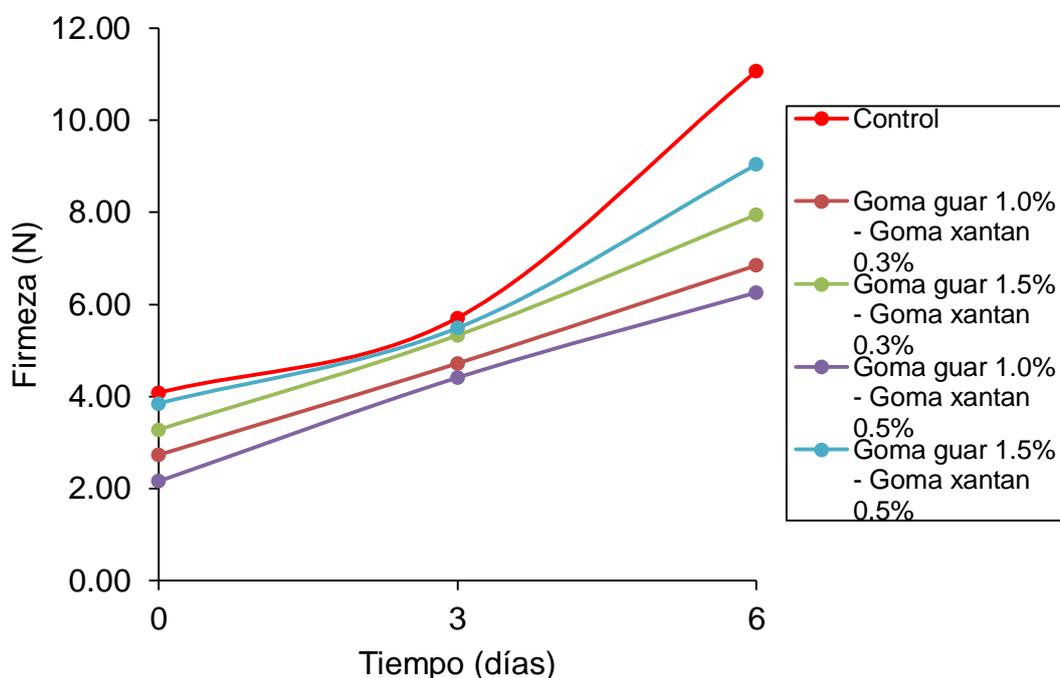
El método estadístico correspondió a un diseño trifactorial (concentración de goma xantana, goma guar y tiempo de almacenamiento), con 3 repeticiones. Para firmeza instrumental, contenido de humedad y volumen específico, se empleó la prueba de Levene modificada para determinar la homogeneidad de varianzas (Montgomery, 2004), posteriormente se realizó un análisis de varianza (ANVA), y a continuación, al existir diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Duncan la cual comparó los resultados mediante la formación de subgrupos y se determinó de esta manera el mejor tratamiento. Para aceptabilidad general se empleó la prueba de Friedman.

Todos los análisis estadísticos se realizaron con un nivel de confianza del 95%. Para procesar los datos se utilizó el software especializado Statistical Package for the Social Science (SPSS) versión 22.0 y para la elaboración de los gráficos se usó el paquete estadístico Minitab versión 17.1.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Firmeza de pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar

En la Figura 4, se muestran los valores de firmeza instrumental de pan tipo pita integral con la incorporación de goma xantana y goma guar a los 0, 3 y 6 días de almacenamiento.



**Figura 4. Firmeza instrumental en pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar a los 0, 3 y 6 días de almacenamiento.**

En la Figura 4, se observa que el tratamiento control presentó un valor de firmeza de 4.08 N, los tratamientos con gomas presentaron menor firmeza, los tratamientos con goma guar al 1.0% presentaron menores valores a comparación de los tratamientos con el 1.5%, los tratamientos con goma xantana al 0.5% presentaron mayores valores de firmeza, siendo el tratamiento con goma guar al 1.5% y goma xantana a 0.5% el

que presentó un valor de firmeza (3.85 N) cercano al tratamiento control (4.08 N).

Al día 3 de almacenamiento se observa la misma tendencia, es decir un aumento de la firmeza siendo el tratamiento control el que mayor valor presentó (5.71 N) a comparación de los tratamientos con gomas. Además de que a mayor concentración de goma guar y goma xantana los valores de firmeza fueron mayores (pero ligeramente menores que el tratamiento control).

Al día 6 de almacenamiento el tratamiento con goma guar al 1.0% y goma xantana al 0.5% presentó el menor valor de firmeza (6.26 N), cuyo valor es cercano al obtenido del tratamiento control en el día 3 de almacenamiento (5.71 N). Se observa además que el tratamiento control al último día de almacenamiento presentó un valor de 11.07 N, cuyo valor es mucho más alto en comparación con los otros tratamientos.

Se observa que al transcurrir el tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente de 22 – 24°C, los valores de firmeza presentaron la tendencia a aumentar, donde el tratamiento control el cual no poseía ninguna goma dio los valores más altos de firmeza en comparación con el resto de tratamientos. Según Ordoñez y Oviedo (2010), la firmeza del pan recién horneado es blanda puesto que el almidón tiene elasticidad, que pierde con el tiempo, obteniéndose un pan más duro, estos cambios en la firmeza según Villagra (2010), se ven influenciados por la retrogradación del almidón, este polisacárido está compuesto por amilosa y amilopectina, donde este último cambia su estructura por la saturación de moléculas de agua, razón por la cual cambia su estado de amorfo a vítreo, lo que es responsable del incremento progresivo de la dureza en los panes.

Wong (2012) estudió la alternativa de emplear el almidón de yuca para la elaboración de pan, incorporando goma xantana y monoglicérido

destilado para mejorar y conservar la firmeza suave del producto. Se trabajó con goma xantana en cantidades de 0.1, 0.3 y 0.5% y monoglicérido destilado con 0.5, 1 y 1.5%, se evaluaron parámetros como la dureza (N), durante 3 días y a temperatura ambiente. Los datos de dureza total reflejaron una relación directamente proporcional con respecto al transcurso del tiempo, es decir un incremento en la dureza con el paso de los días, sin embargo los valores de los tratamientos reflejan una menor dureza en comparación al pan control (sin aditivo), donde el pan de almidón de yuca patrón alcanza una dureza visiblemente superior (16.42 N) al de los tratamientos (12.49 – 15.24 N), tal y como ocurre en esta investigación en donde se puede corroborar de que la adición de hidrocoloides en los panes retrasa el proceso de endurecimiento de la miga, debido a que los hidrocoloides interfieren en la movilidad de las cadenas de amilosa y amilopectina durante el almacenamiento interfiriendo así en la retrogradación del almidón.

Por otro lado Ribotta y otros (2005) evaluaron el efecto de diversos hidrocoloides comerciales como goma xantana, goma guar, pectina de alto metóxilo, carragenina, alginato de sodio de bajo peso molecular y goma de algarrobo sobre la solubilidad y viscosidad de la proteína del gluten, así como la firmeza y cohesividad en panes; estos hidrocoloides fueron adicionados en un 0.5% del peso de la harina y evaluados ni bien salieron del horno, a los 3 y 7 días de almacenamiento. Reportaron que todos los hidrocoloides utilizados disminuyeron la firmeza en comparación con la muestra control a lo mismo que la masticabilidad, obteniéndose valores de 5.48 N para la muestra control, 2.16 N para el pan con goma guar y 4.41 N con goma xantana para los panes recién salidos del horno y a medida que el tiempo transcurría los valores de firmeza iban en aumento para el pan control a los tres días de almacenamiento presentó un valor de 12.25 N de firmeza, mientras que para el pan con goma guar y

goma xantana se obtuvieron datos de 9.81 N y 11.86 N respectivamente. Los resultados que

Torres (2008) estudió el efecto de diferentes hidrocoloides (goma xantana,  $\kappa$ -carragenina y alginato de sodio) a distintas concentraciones (0.05, 0.1 y 0.3%) sobre la textura de pan recalentado en horno microondas, considerando una muestra control. Para el pan control recién salido del horno se obtuvo un valor de firmeza de 5.88 N, 6.86 N para pan con goma xantana al 0.05%, 4.80 N para pan con goma xantana al 0.1% y 6.37 N para pan con goma xantana al 0.3%. Para los 2 días de almacenamiento, estos valores iban en aumento obteniéndose valores de 30.38 N para el pan control, 27.44 N para pan con goma xantana al 0.05%, 16.66 N para pan con goma xantana al 0.1% y 25.48 N para pan con goma xantana al 0.3%. Por lo tanto se observa que conforme aumentó las horas de almacenamiento, la dureza del pan iba aumentando.

Filiz (2009) encontró que el pan que contiene goma guar, conforme aumentó la concentración, aumentaron los valores de dureza significativamente, lo que significa que, el aumento de la concentración de goma guar tuvo un efecto negativo sobre la dureza de los panes. La influencia de los hidrocoloides podría resultar de los cambios que ocurren en la parte amorfa del almidón, quizás mediante la inhibición de las interacciones gluten – almidón, el desarrollo del entrelazamiento macromolecular o la capacidad de las gomas para retener el agua, incluso después de la cocción (Davidou y otros, 1996). El mismo caso ocurrió en la presente investigación mientras se aumentó la concentración de goma guar de 1.0 % a 1.5 % los valores de firmeza también aumentaron pero no fue un efecto negativo para esta investigación debido a que la firmeza siempre se mantenía menor que los valores del pan control (el cual presentaba los más altos valores de firmeza).

En el Cuadro 11 se presenta la prueba de Levene modificada aplicada a los valores de firmeza instrumental en pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar.

**Cuadro 11. Prueba de Levene modificada para la firmeza instrumental en pan tipo pita integral**

<b>Variable</b>	<b>Estadístico de Levene</b>	<b>p</b>
Firmeza (N)	0.980	0.487

La prueba de Levene modificada se aplicó para determinar la existencia de homogeneidad de varianza, que se cumpla o no ésta condición dependerá de la formulación que se emplee en el contraste de medias (Montgomery, 2004).

La prueba de Levene modificada denotó la existencia de homogeneidad de varianzas ( $p > 0.05$ ), por lo tanto, se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para determinar la tendencia hacia el mejor tratamiento.

En el Cuadro 12 se presenta el análisis de varianza para los valores de firmeza instrumental en el pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar.

**Cuadro 12. Análisis de varianza para la firmeza instrumental en el pan tipo pita integral**

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Firmeza (N)	Xantana: X	0.029	1	0.029	1.112	0.302
	Guar: G	15.182	1	15.182	585.872	0.000
	Tiempo: T	123.039	2	61.519	2374.020	0.000
	X*G	2.706	1	2.706	104.407	0.000
	X*T	0.179	2	0.090	3.457	0.048
	G*T	1.953	2	0.976	37.680	0.000
	X*G*T	0.552	2	0.276	10.642	0.000
	Error	0.622	24	0.026		
	Total	144.261	35			

El análisis de varianza muestra que la concentración de goma guar, tiempo de almacenamiento y las interacciones: xantana - guar, xantana - tiempo, guar - tiempo y xantana - guar - tiempo, presentaron efecto significativo ( $p < 0.05$ ) sobre la firmeza de pan tipo pita integral. La variable concentración de goma xantana resultó no ser significativa. Esto también fue observado por Filiz (2009), quien evaluó la firmeza de los panes con la adición de hidrocoloides donde utilizó goma guar y goma xantana, encontrando diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) con la adición de goma guar al 1.0%, mientras que la concentración de goma xantana en los panes, no presentó ningún efecto significativo en los valores de firmeza. Ribotta y otros (2005) evaluaron el efecto de la adición de hidrocoloide en la miga de pan donde encontraron que la adición de hidrocoloides disminuyó significativamente ( $p < 0.05$ ) la firmeza inicial de la miga y el alginato promovió el mayor efecto.

Torres (2008) encontró que entre los valores de dureza a cada tiempo de almacenamiento existió diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) y que además su valor se incrementó conforme aumentó el tiempo de almacenamiento. También encontró que la k – carragenina y la goma xantana no tiene un efecto significativo en la dureza de la miga. Estos resultados de goma xantana son similares con los reportados por Guarda y otros (2004), Rosell y otros (2001) y Rojas y otros (2000). Guarda y otros (2004) estudiaron el efecto de los hidrocoloides en pan fresco y encontraron que la goma xantana incrementó la dureza de la miga. En cambio Rosell y otros (2001) y Rojas y otros (2000) observaron que con la goma xantana no encontraron efecto alguno. Cabe destacar que todos coinciden que la goma xantana incrementa la dureza de la miga y es lo mismo que ocurrió en esta investigación donde se observa en la Figura 5 que mientras transcurrían los días, la formulación con mayor concentración de goma xantana y goma guar presentó valores de firmeza altos en comparación con las demás muestras pero no tanto como la control.

Collar y otros (1999) afirman que los efectos de los hidrocoloides sobre la masa y calidad del pan también dependen de la estructura química de la goma y las dosis empleadas. Es por ello que se encuentran diferentes efectos al variar el tipo y la concentración de los hidrocoloides.

Ghambari y Farmani (2013) evaluaron las propiedades reológicas de la masa, calidad y envejecimiento del barbari (pan plano iraní) con las adición de hidrocoloides como hidroxipropilmetilcelulosa, goma xantana y carragenina al 0.2 y 0.5%. No encontró efecto significativo ( $p < 0.05$ ) en panes con incorporación de goma xantana sobre la firmeza instrumental. Esto puede ser una consecuencia del efecto de engrosamiento de la goma xantana en las paredes de la miga que rodea los espacios de aire (Rosell y otros, 2001; Upadhyay y otros, 2012). Ghodke y Laxmi (2007) incorporaron varios niveles de hidrocoloides entre los rangos de 0.25 a

1.0% en la harina de trigo integral. Ellos mostraron que las fuerzas necesarias para desgarrar el pan ciabatta disminuyeron con hidrocoloides. Además, los panes con goma guar a nivel de 0.75% dio el más suave tratamiento, seguido de CMC y HPMC en 0.75 y 0.5%, respectivamente.

En el Cuadro 13 se presenta la prueba de Duncan aplicada a los valores de firmeza instrumental del pan tipo pita integral con gomas. A partir de esta prueba se determinó que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotado por la formación de 11 subgrupos.

En el Cuadro 13 se observa al subgrupo 4 donde se encuentran los valores de firmeza instrumental en pan tipo pita integral elaborado con 0.5% de goma xantana, 1.5% de goma guar y 0 días de almacenamiento; control con 0 días de almacenamiento y 0.5% de goma xantana, 1.0 % de goma guar y 3 días de almacenamiento (estadísticamente iguales), con valores de firmeza de 3.85, 4.08 y 4.41 N. También se observa al subgrupo 6 donde se encuentran los valores de firmeza instrumental en pan tipo pita integral elaborado con 0.3% de goma xantana, 1.5% de goma guar y 3 días de almacenamiento; 0.5% de goma xantana, 1.5% de goma guar y 3 días de almacenamiento y control con 3 días de almacenamiento (estadísticamente iguales), con valores de firmeza de 5.33, 5.49 y 5.71 N.

**Cuadro 13. Prueba de Duncan para la firmeza instrumental del pan tipo pita integral.**

Tiempo (días)	Goma xantana (%)	Goma guar (%)	Subgrupo											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
0	0.5	1.0	2.16											
0	0.3	1.0		2.73										
0	0.3	1.5			3.28									
0	0.5	1.5				3.85								
0	Control					4.08								
3	0.5	1.0				4.41	4.41							
3	0.3	1.0					4.72							
3	0.3	1.5						5.33						
3	0.5	1.5						5.49						
3	Control							5.71						
6	0.5	1.0							6.26					
6	0.3	1.0								6.85				
6	0.3	1.5									7.95			
6	0.5	1.5										9.04		
6	Control												11.07	

También se observa que en el subgrupo 7, el tratamiento con goma xantana al 0.5% y goma guar al 1.0% brindó el menor valor de firmeza (6.26 N) a los 6 días de almacenamiento. Se observa además que este tratamiento al día 3 de evaluación presentó un valor de firmeza de 4.41 N, estadísticamente igual al tratamiento control al día inicial de evaluación (4.08 N) lo cual se consideraría el mejor valor de firmeza y donde Guarda y otros (2004) mencionan que la mayoría de los cambios evidentes durante el almacenamiento del pan están relacionados con la pérdida del contenido de humedad y el endurecimiento de la miga. Friend y otros

(1993) informaron de que el endurecimiento es un proceso muy complejo, que no se puede explicar por un solo efecto y que consiste en la retrogradación de la amilopectina y la reorganización de polímeros dentro de la región amorfa (Rojas y otros, 2000; Davidou y otros, 1996; Martin y otros, 1991).

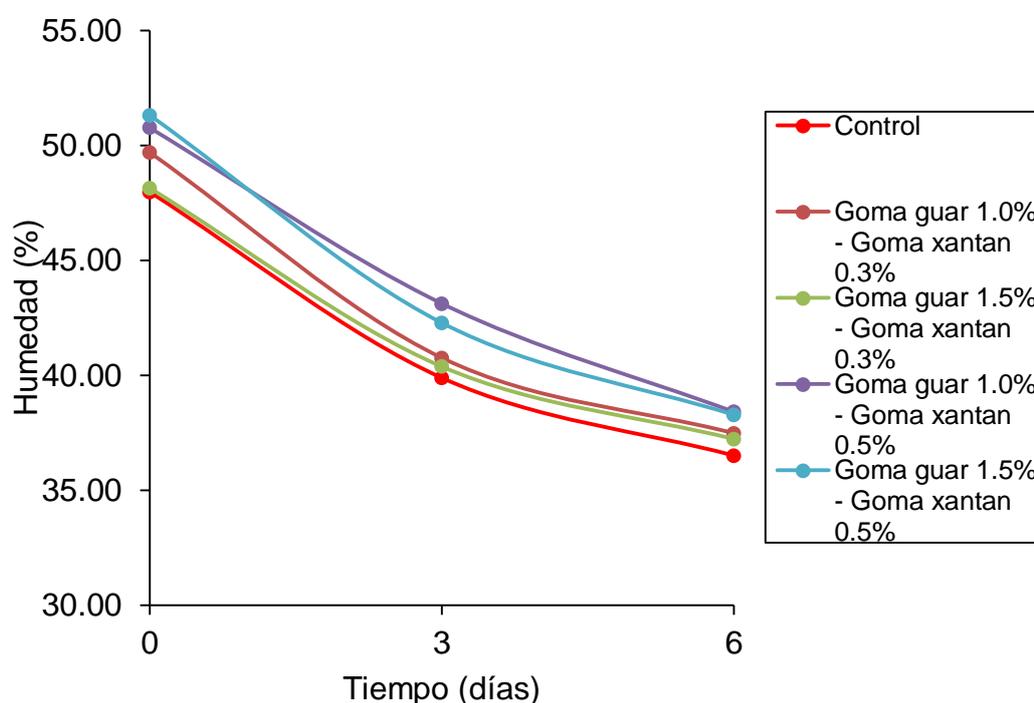
Biliaderis y otros (1997) propusieron que el efecto de la adición de hidrocoloides da resultados de dos fenómenos opuestos. En primer lugar, un aumento en la rigidez como consecuencia de la disminución del hinchamiento de los gránulos de almidón y amilosa, y en segundo lugar, un efecto de debilitamiento en la estructura del almidón debido a la inhibición de las cadenas asociadas de amilosa, aunque el peso de cada efecto será dependiente de los hidrocoloides a utilizar.

Collar y otros (2001) mencionan que la goma guar tiene un efecto de ablandamiento posiblemente debido a una inhibición de la retrogradación de la amilopectina, ya que la goma guar preferentemente se une al almidón. Esto puede ser debido a que la adición de goma guar puede afectar solamente la cadena de amilosa impidiendo la formación de una matriz esponjosa. Los efectos estabilizadores de los hidrocoloides sobre la retrogradación del almidón resultan de la interacción de ellos mismos conjuntamente con el contenido de agua y su movilidad la cual tiene una fuerte participación en este proceso.

El carácter hidrofílico de la goma previene la liberación de agua y la agregación de polímeros durante la refrigeración, también la goma guar puede interferir durante la asociación intercatenaria de la amilosa, probablemente por la asociación goma-amilosa mediada por enlaces de hidrogeno, (Ghodke y Ananthanarayan 2007).

#### 4.2. Contenido de humedad de pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar

En la Figura 5, se muestran los valores de contenido de humedad de pan tipo pita integral con la incorporación de goma xantana y goma guar a los 0, 3 y 6 días de almacenamiento.



**Figura 5. Contenido de humedad en pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar a los 0, 3 y 6 días de almacenamiento.**

Se observa que al día inicial de evaluación el mayor contenido de humedad (51.32%) se obtuvo con el tratamiento con goma xantana 0.5% y goma guar 1.5%; el tratamiento control presentó menor humedad de 47.98%, siendo menor que los demás tratamientos.

Al día 3 de evaluación se observa que los tratamientos con gomitas presentaron mayor contenido de humedad en comparación con el

tratamiento control, presentando mayor humedad (43.13%) el tratamiento con goma xantana al 0.5% y goma guar al 1.0%.

Al día 6 de evaluación el tratamiento con goma xantana al 0.5% y goma guar al 1.0% presentó mayor contenido de humedad de 38.42%, donde el tratamiento control presentó menor contenido de humedad (36.52%) en comparación de los demás tratamientos. Se observa que al transcurrir el tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente (20°C) el contenido de humedad tiende a disminuir. Este tratamiento (0.5% de goma xantana y 1.0% de goma guar) mantuvo la humedad en 1.9% más que el control al día 6 de almacenamiento.

En los estudios realizados por Rojas y otros (1999); Guarda y otros (2004); Ribotta y otros, (2004) demostraron que la adición de hidrocoloides a la masa panadera da lugar a la obtención de panes con mayor contenido de humedad, respecto a la muestra testigo. Para lo cual, en este estudio ocurrió lo mismo donde los hidrocoloides poseen la capacidad de incrementar la retención de agua en el pan, retardando así el envejecimiento de este alimento.

Torres (2008) evaluó la adición de carragenina y goma xantana (0.1 y 0.5%) sobre el pan recalentado en horno microondas, determinaron el comportamiento de la humedad, resultando que la retención de humedad durante el tiempo de almacenamiento iba disminuyendo; obtuvieron que para el pan con 0.05% un valor de 36.6% de humedad para el día 0 y 24.6% para el día 2, para el pan con 0.1% un valor de 44.6% de humedad para el día 0 y 39.6% para el día 2 y para el pan con 0.3% un valor de 44.8% de humedad para el día 0 y 37% para el día 2. El fenómeno de pérdida de humedad al transcurrir el tiempo de almacenamiento en la muestra sin la adición de hidrocoloides nos evidencia el llamado fenómeno envejecimiento del pan; esto es consecuencia de la redistribución del agua que consiste en la ganancia de humedad por parte

de la corteza y la pérdida de la misma por parte de la miga debido a la menor  $A_w$  de la primera respecto a la de la segunda; por otro lado, la mayor  $A_w$  de agua del pan en comparación del medio que lo rodea, provoca la salida de agua del pan hacia el ambiente (Eliasson y Larsson, 1993). Esta pérdida y redistribución de humedad comienza inmediatamente después de que el producto sale del horno (Bárcenas y otros, 2005).

En el Cuadro 14 se presenta la prueba de Levene modificada aplicada a los valores de humedad en pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar.

**Cuadro 14. Prueba de Levene modificada para el contenido de humedad en pan tipo pita integral**

<b>Variable</b>	<b>Estadístico de Levene</b>	<b>p</b>
Humedad (%)	1.090	0.406

La prueba de Levene modificada se aplicó para determinar la existencia de homogeneidad de varianza, que se cumpla o no ésta condición dependerá de la formulación que se emplee en el contraste de medias (Montgomery, 2004).

La prueba de Levene modificada denotó la existencia de homogeneidad de varianzas ( $p > 0.05$ ), por lo tanto, se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para determinar la tendencia hacia el mejor tratamiento.

En el Cuadro 15 se presenta el análisis de varianza para los valores de humedad en el pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar.

**Cuadro 15. Análisis de varianza para el contenido de humedad en el pan tipo pita integral**

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Humedad (%)	Xantana: X	27.396	1	27.396	6.591	0.017
	Guar: G	1.708	1	1.708	0.411	0.528
	Tiempo: T	923.555	2	461.777	111.100	0.000
	X*G	0.793	1	0.793	0.191	0.666
	X*T	2.600	2	1.300	0.313	0.734
	G*T	0.285	2	0.142	0.034	0.966
	X*G*T	2.701	2	1.350	0.325	0.726
	Error	99.753	24	4.156		
	Total	1058.790	35			

El análisis de varianza muestra que la concentración de goma xantana y tiempo de almacenamiento, presentaron efecto significativo ( $p < 0.05$ ) sobre el contenido de humedad en el pan tipo pita integral. La variable concentración de goma guar resultó no ser significativa.

Durante el almacenamiento los cambios más notorios son los relacionados a la pérdida del contenido de humedad y la dureza de la miga; la adición de hidrocoloides reduce el rango de la deshidratación de la miga durante el almacenamiento.

Torres (2008) encontró que los panes adicionados con hidrocoloides, la humedad disminuyó en todos los puntos de medición conforme transcurrió el tiempo de almacenamiento y que además los valores de humedad obtenidos en cada tiempo fueron significativamente ( $p < 0.05$ ) diferentes, también encontró que las combinaciones hidrocoloide – concentración generaron los valores de humedad más altos también propiciaron los

valores de dureza más bajos, tal es el caso de la carragenina al 0.05% y la goma xantana al 0.1%.

Por otro lado He y Hosney (1990) y Baik y Chinachoti (2000) estudiaron los cambios en la humedad de pan almacenado con y sin corteza, encontrando que el contenido de humedad de ambos panes disminuía al aumentar el tiempo de almacenamiento. Lo mismo que De la O (2008) observó un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) del tiempo de almacenamiento sobre la humedad en diferentes puntos de hogazas de pan adicionadas con pectina y HPMC; por tanto, hay concordancia entre lo obtenido en este estudio y lo observado por dicho autor. El comportamiento observado en este estudio, también coincide con lo reportado por Baik y Chinachoti (2000), quienes estudiaron la redistribución de humedad durante el envejecimiento del pan almacenado con y sin corteza.

En el Cuadro 16 se presenta la prueba de Duncan aplicada a los valores de humedad del pan tipo pita integral con gomas. A partir de esta prueba se determinó que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotado por la formación de 4 subgrupos

En el Cuadro 16 se observa en el subgrupo 2 a todos los tratamientos con goma xantana y goma guar (estadísticamente iguales al estar en el mismo subgrupo) al día 6 de almacenamiento elaborado con 0.3% de goma xantana y 1.5% de goma guar con 37.24%, 0.3% de goma xantana y 1.0% de goma guar con 37.50%; 0.5 % de goma xantana y 1.5% de goma guar con 38.29% y 0.5% de goma xantana y 1.0% de goma guar con 38.42%; presentando la misma humedad, siendo superiores al tratamiento control con un valor de humedad del 36.52%.

**Cuadro 16. Prueba de Duncan para el contenido de humedad del pan tipo pita integral.**

Tiempo (días)	Goma xantana (%)	Goma guar (%)	Subgrupo			
			1	2	3	4
6	Control		36.52			
6	0.3	1.5	37.24	37.24		
6	0.3	1.0	37.50	37.50		
6	0.5	1.5	38.29	38.29		
6	0.5	1.0	38.42	38.42		
3	Control		39.90	39.90	39.90	
3	0.3	1.5		40.39	40.39	
3	0.3	1.0		40.77	40.77	
3	0.5	1.5			42.29	
3	0.5	1.0			43.13	
0	Control					47.98
0	0.3	1.5				48.15
0	0.3	1.0				49.71
0	0.5	1.0				50.77
0	0.5	1.5				51.32

Por otra parte, considerando que la formulación del pan adicionado con hidrocoloides tenía la misma cantidad de agua que el pan control y que los hidrocoloides son capaces de retener el agua, se esperaba que la humedad del pan adicionado con hidrocoloides fuese mayor o al menos igual que la del pan control; sin embargo, para el pan elaborado en esta investigación los panes con goma guar y goma xantana presentaron valores de humedad mayores al pan control en todos los días de evaluación. Al observar tanto la Figura 4 referente al efecto de la concentración - goma sobre la firmeza instrumental del pan tipo pita integral, así como la Figura 5 referente al efecto de la concentración -

goma sobre la humedad del pan pita integral, se aprecia que las concentraciones de cada goma que generaban los valores de humedad más altos, también propiciaban los datos más bajos de firmeza. Por ejemplo, goma xantana al 0.5% y la goma guar al 1.0% generaron valores altos de humedad con 38.42% (Figura 5), también dieron los valores más bajos de firmeza con 6.26 N al día 6 de almacenamiento (Figura 4). Sin embargo no fue el caso para goma xantana al 0.5% y la goma guar al 1.5% generaron valores altos de humedad con 38.29% (Figura 5), pero no dieron los valores más bajos de firmeza al contrario fue el más alto con respecto a los otros tratamientos pero no al control (11.06 N) con un valor de 9.04 N al día 6 de almacenamiento (Figura 4).

Una posible causa es el hecho de que algunas formulaciones se prepararon usando diferentes proporciones de agua, ya que los hidrocoloides modifican la cantidad de agua requerida para formar masas con características adecuadas para la panificación. Sin embargo, dichas proporciones no fueron calculadas con la debida exactitud.

De igual forma, las fluctuaciones en la humedad relativa del ambiente no fueron exactamente las mismas entre un lote y otro, lo cual pudo causar variaciones en la humedad de los panes. Así mismo, es probable que los cambios en el estado del pan ocurridos durante el almacenamiento hayan causado alteraciones en la forma en la cual los hidrocoloides interactúan con el agua, afectando la capacidad de estos compuestos para retenerla.

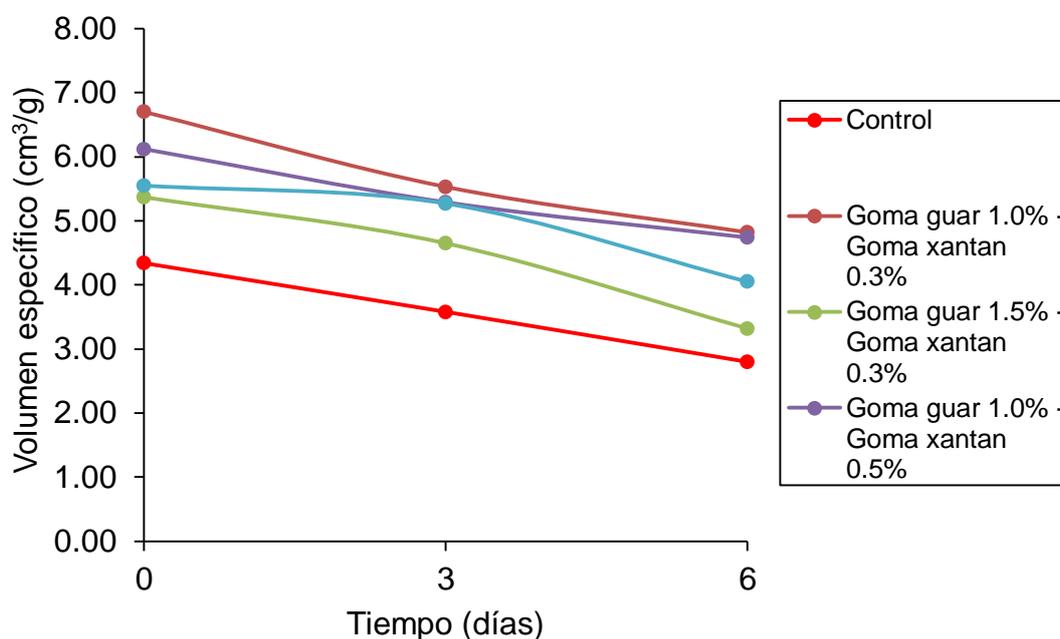
Rogers y otros (1988) encontraron que el endurecimiento está en función del contenido de humedad, por lo que si disminuía la humedad, la dureza aumentaba. Así pues para prevenir el envejecimiento es importante disminuir el fenómeno de deshidratación (Piazza y Masi, 1995). Es por ende que para ralentizar el envejecimiento pronunciado en el pan se utilizó gomas además de la utilización de bolsas de polietileno para su

almacenamiento en donde se observa que el mayor valor de firmeza de pan fue aquel que no poseía gomas en su composición.

Mandala y otros (2005) coincidieron que generalmente la adición de hidrocoloides incrementa el contenido de humedad en el pan, tal es el caso de la adición de la HPMC, que incrementó el contenido de humedad de la miga del pan blanco de 32.2% a 34.4% al inicio y final del almacenamiento respectivamente, para los resultados obtenidos en la presente investigación la humedad que presentaban los tratamientos con goma (fluctuaban entre 37 – 38%) disminuía conforme aumentaba el tiempo de almacenamiento, pero era un poco superior a la humedad que presentaba la muestra control (36.52%) a los 6 días de almacenamiento.

#### **4.3. Volumen específico de pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar**

En la Figura 6 se muestran los valores de volumen específico de pan tipo pita integral con la incorporación de goma xantana y goma guar a los 0, 3 y 6 días de almacenamiento.



**Figura 6. Volumen específico en pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar a los 0, 3 y 6 días de almacenamiento.**

En la Figura 6, se observa que a los 0 días de almacenamiento los panes con mayor volumen específico fueron los que presentaban 1.0% de goma guar y 0.3% de goma xantana y 1.0% de goma guar y 0.5% de goma xantana. Siendo los valores un poco superiores al tratamiento control. Los mayores valores de volumen específico lo obtuvieron los tratamientos con goma guar al 1.0% y goma xantana al 0.3% (5.53 cm<sup>3</sup>/g) y goma guar 1.0% y goma xantana 0.5% (5.29 cm<sup>3</sup>/g). Siempre obteniéndose los valores altos a los tratamientos con gommas

Para los 6 días de evaluación el tratamiento control presentó los menores valores de volumen específico a comparación de los tratamientos con los 2 tipos de goma. Se observa que a menores concentraciones de goma xantana y goma guar existe un mayor volumen específico. A una concentración de goma xantana de 0.3% y goma guar de 1.0% se observa un mayor volumen específico con 4.82 cm<sup>3</sup>/g.

Se observa que al transcurrir el tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente (22 – 24 °C) el volumen específico del pan tipo pita integral presenta tendencia a disminuir.

Torres (2008) evaluó la influencia de tres hidrocoloides (alginato, carragenina y xantana) y sus tres niveles de adición (0.05, 0.1 y 0.3%) en pan, y reportó que los valores de volumen específico aumentaron de 4.72 a 4.93 cm<sup>3</sup>/g en el pan con alginato de sodio, de 3.89 a 4.16 cm<sup>3</sup>/g en el pan con carragenina y de 4.26 a 4.37 cm<sup>3</sup>/g en el pan con goma xantana, conforme aumentaba sus concentraciones de adición (0.05 y 0.1%), mientras que para la adición de hidrocoloides al 0.3% disminuyeron dichos valores.

Mandala (2005) también estudió el efecto de la concentración al emplear goma xantana sobre pan fresco y pan descongelado con microondas, observando que la adición de goma xantana aumentó el volumen específico a la concentración de 0.1%; sin embargo, apreció que al aumentar la concentración de goma xantana a 0.43% el volumen específico disminuyó, lo que coincide con el presente trabajo.

Turabi y otros (2008) evaluaron el efecto de la adición de goma xantana y goma guar en una concentración del 1.0% sobre el volumen específico de pasteles de arroz, donde obtuvieron resultados de que la goma xantana aumentó de 1.1 cm<sup>3</sup>/g (control) a 1.51 cm<sup>3</sup>/g, mientras que para la goma guar disminuyó de 1.1 cm<sup>3</sup>/g (control) a 1.08 cm<sup>3</sup>/g.

Lazaridou y otros (2007) estudiaron los efectos de hidrocoloides en pan libre de gluten donde encontraron que la adición de goma guar produjo un producto con un volumen menor que la de las muestras de control. Por otro lado, la goma xantana aumentó el volumen específico y la porosidad que la del pan control.

En el Cuadro 17 se presenta la prueba de Levene modificada aplicada a los valores de volumen específico en pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar.

**Cuadro 17. Prueba de Levene modificada para el volumen específico en pan tipo pita integral**

<b>Variable</b>	<b>Estadístico de Levene</b>	<b>p</b>
Volumen específico (cm <sup>3</sup> /g)	0.740	0.696

La prueba de Levene modificada se aplicó para determinar la existencia de homogeneidad de varianza, que se cumpla o no ésta condición dependerá de la formulación que se emplee en el contraste de medias (Montgomery, 2004).

La prueba de Levene modificada denotó la existencia de homogeneidad de varianzas ( $p > 0.05$ ), por lo tanto, se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba de Duncan para determinar la tendencia hacia el mejor tratamiento.

En el Cuadro 18 se presenta el análisis de varianza para los valores de humedad en el pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar.

**Cuadro 18. Análisis de varianza para el volumen específico en el pan tipo pita integral**

Variable	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Volumen específico (cm <sup>3</sup> /g)	Xantana: X	0.099	1	0.099	6.723	0.016
	Guar: G	6.249	1	6.249	424.484	0.000
	Tiempo: T	17.517	2	8.758	594.917	0.000
	X*G	1.448	1	1.448	98.382	0.000
	X*T	0.446	2	0.223	15.157	0.000
	G*T	0.696	2	0.348	23.622	0.000
	X*G*T	0.004	2	0.002	0.124	0.884
	Error	0.353	24	0.015		
	Total	26.812	35			

En el Cuadro 19 se presenta la prueba de Duncan aplicada a los valores de volumen específico del pan pita integral con gomas. A partir de esta prueba se determinó que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotado por la formación de subgrupos

Ribotta y otros (2005) estudiaron la interacción de alginato, k-carragenina, goma de algarroba, goma guar, goma xantana y metoxilpectina a una concentración de 0.5% y la proteínas de gluten sobre el volumen específico, obteniendo que los hidrocoloides incrementaron el volumen específico significativamente ( $p < 0.05$ ) en los panes.

Turabi y otros (2008) encontraron efecto significativo ( $p < 0.05$ ) en la adición de goma xantana a panes especiales, sobre el volumen específico.

Pérez (2008) observó que los hidrocoloides (pectina y HPMC) aumentaron el volumen específico de los panes adicionados con respecto al pan testigo, donde dio lugar a diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). Guarda y

otros (2004), obtuvieron que el volumen específico del pan mejoró significativamente ( $p < 0.05$ ) con la adición de hidrocoloides, con la excepción del alginato de sodio, teniendo que el mejor efecto lo tuvo el HPMC seguido por la goma xantana, estos resultados se vieron incluso a una concentración baja (0.1%), sin tener una mejora notoria a una concentración más alta de hidrocoloides. Estos resultados son similares a los obtenidos en esta investigación, debido a que mientras se aumentó las concentraciones de goma xantana y goma guar, aumentaban los valores de volumen específico. Esto puede deberse a diversos factores, entre ellos se puede atribuir a la variación de origen de los hidrocoloides, las diferentes propiedades que poseen dependiendo de la fuente de la especie y los procedimientos de extracción seguidos por los proveedores. Además puede deberse a la falta de práctica del encargado para bolear y formar la masa, dada la importancia del efecto de estas operaciones en el desarrollo adecuado del gluten y, consecuentemente en la expansión de la masa durante la fermentación y el horneado.

**Cuadro 19. Prueba de Duncan para el volumen específico del pan tipo pita integral.**

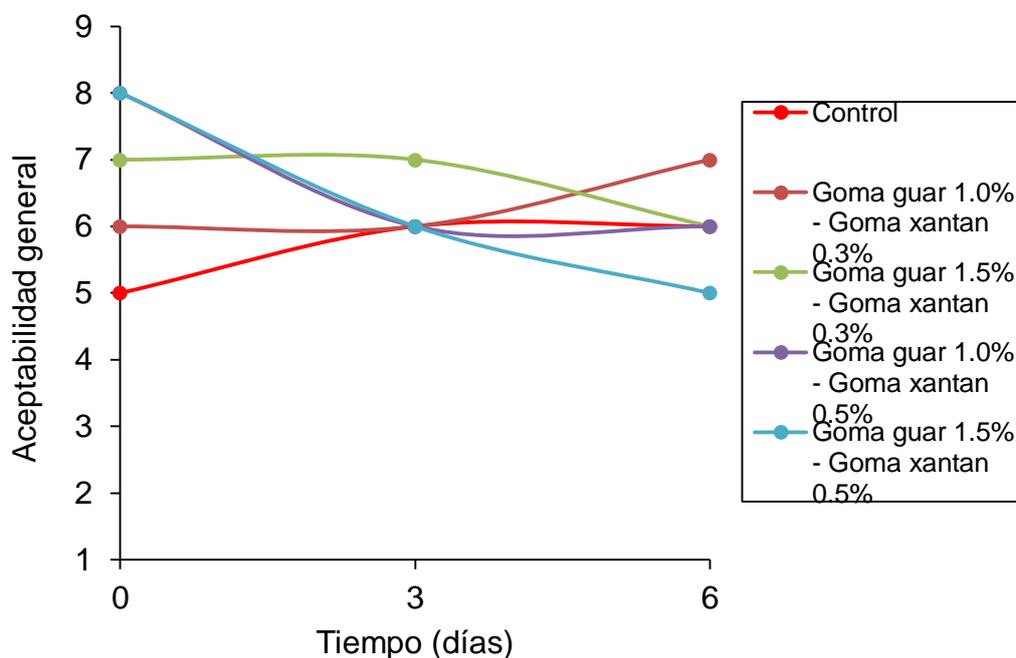
Tiempo (días)	Goma xantana (%)	Goma guar (%)	Subgrupo										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
6	Control		2.80										
6	0.3	1.5		3.32									
3	Control				3.58								
6	0.5	1.5				4.05							
0	Control						4.34						
3	0.3	1.5						4.65					
6	0.5	1.0						4.75					
6	0.3	1.0						4.82					
3	0.5	1.5							5.27				
3	0.5	1.0							5.29				
0	0.3	1.5							5.37	5.37			
3	0.3	1.0								5.53			
0	0.5	1.5								5.55			
0	0.5	1.0									6.12		
0	0.3	1.0										6.70	

En el Cuadro 19 se observa al subgrupo 6 donde se encuentran los valores de volumen específico en pan pita integral elaborado con 0.3% de goma xantana, 1.0% de goma guar y 0.5 % de goma xantana, 1.0% de goma guar, con los mayores valores de volumen específico 4.75 y 4.82 cm<sup>3</sup>/g al día 6 de evaluación. Además estos tratamientos están cercanos al subgrupo 5 que contiene al tratamiento control con un valor de 4.34 cm<sup>3</sup>/g al día inicial de evaluación.

#### 4.4. Aceptabilidad general de pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar

La aceptabilidad general del pan tipo pita integral se evaluó mediante un panel conformado por 30 personas, jueces no entrenados y usualmente consumidores de pan tipo pita integral, quienes evaluaron el grado de aceptabilidad general, usando pruebas de escala hedónica de nueve puntos (Anexo 1).

En la Figura 13 se muestran los valores de las calificaciones correspondientes al grado de satisfacción sensorial total obtenidas para cada una de los tratamientos, siendo el valor de más alto puntaje 8 (“me gusta mucho”) y el de menor puntaje 5 (“no me gusta ni me disgusta”) de pan pita integral con la incorporación de goma xantana y goma guar a los 0 días de almacenamiento.



**Figura 7. Aceptabilidad general en pan pita integral con goma xantana y goma guar a los 0, 3 y 6 días de almacenamiento.**

En la Figura 7 se muestran los valores de de las calificaciones correspondientes al grado de satisfacción sensorial total obtenidas para cada una de los tratamientos, siendo el valor de más alto puntaje 7 (“me gusta”) y el de menor puntaje 6 (“me gusta ligeramente”) de pan pita integral con la incorporación de goma xantana y goma guar a los 3 días de almacenamiento.

En la Figura 7 también se observa que los valores al transcurrir el tiempo de almacenamiento del pan pita integral con la adición de gomas presentó la tendencia a disminuir. Al día inicial los tratamientos con goma xantana (0.5%) y goma guar (1.5%) presentaron la mayor calificación con moda estadística 8 correspondiente a la percepción “me gusta mucho”. Al día 6 de evaluación el tratamiento con goma xantana (0.3%) y goma guar (1.0%) presentaron la mayor calificación con moda de 7 correspondiente a la percepción “me gusta”.

Preichardt y otros (2009) evaluaron el efecto de la goma xantana en las propiedades sensoriales de los pasteles sin gluten a base de harina de arroz y maíz. Se ensayaron cuatro formulaciones: de control (F1) - sin xantana (F2) con 0.2% de xantana, (F3) con 0.3% de xantana y (F4) con 0.4% de xantana. Se realizó una evaluación sensorial a 13 panelistas, la caracterización se realizó con pasteles recién hechos y almacenados durante 3, 6 y 9 días. La adición de xantana mejoró las características sensoriales de las tortas, notablemente al ralentizar el envejecimiento, reducir la formación de migajas y aumentar la sensación de humedad en la boca, mientras que las muestras con 0.3 y 0.4% de xantana tenían las mejores características. Lo mismo ocurrió con esta investigación, mientras se aumentaba la concentración de gomas los valores de aceptabilidad iban subiendo.

En el Cuadro 20 se presenta la prueba de Friedman aplicada a las calificaciones de aceptabilidad general, donde para los días de evaluación no existió diferencia significativa ( $p>0.05$ ) entre los tratamientos.

**Cuadro 20. Prueba de Friedman para la aceptabilidad general del pan tipo pita integral**

Tiempo (días)	Goma xantana (%)	Goma guar (%)	Rango promedio	Moda	Chi-cuadrado	p
0	Control		2.82	5	0.680	0.954
	0.3	1.0	3.07	6		
	0.3	1.5	2.97	7		
	0.5	1.0	3.07	8		
	0.5	1.5	3.08	8		
3	Control		2.73	6	2.936	0.569
	0.3	1.0	2.97	6		
	0.3	1.5	3.30	7		
	0.5	1.0	2.83	6		
	0.5	1.5	3.17	6		
6	Control		2.72	6	6.252	0.181
	0.3	1.0	3.33	7		
	0.3	1.5	3.35	6		
	0.5	1.0	2.98	6		
	0.5	1.5	2.62	5		

Pérez (2008) observó que en las muestras de pan recién horneadas, la adición de hidrocoloides dio lugar a calificaciones ligeramente mayores a las otorgadas a la muestra testigo, observándose que calificación más alta fue de ocho puntos. Sin embargo estas diferencias no fueron significativas ( $p>0.05$ ).

Se observa que la calificación disminuye conforme al tiempo de almacenamiento, pero no es muy pronunciada. La disminución de las calificaciones otorgadas durante la evaluación de la calidad general del pan con respecto al tiempo, puede atribuirse a la pérdida de agua, la cual dio lugar a un producto seco. Además, en el pan sin gomas la firmeza fue alta, debido a la retrogradación del almidón (Baik y Chinachoti, 2000; Hallberg y Chinachoti, 2002; Murat, 2006; Bárcenas y Rosell, 2007).

Collar y Armero (1996), realizaron una correlación entre la dureza y la aceptabilidad general de diferentes formulaciones de pan fresco, observando que no existe una correlación entre ambas variables y estableciendo que la aceptabilidad del producto no depende de su dureza. En esta investigación fue diferente porque a todos los días de evaluación el pan control presentaba una mayor firmeza y por lo tanto era el que menor valor de aceptabilidad presentaba. Pero no hubo diferencia entre los tratamientos con goma y el control, lo cual es bueno debido a que no se percibió sensorialmente la adición de gomas al pan pita integral.

## V. CONCLUSIONES

Se determinó que la adición de goma xantana (0.3 y 0.5%), (1.0 y 1.5%) y tiempo de almacenamiento (0, 3 y 6 días) tuvo efecto significativo ( $p < 0.05$ ) sobre la firmeza instrumental, contenido de humedad y volumen específico del pan tipo pita integral.

La adición de goma xantana al 0.5% y goma guar al 1.0% a los 0 días de almacenamiento tuvo una calificación con moda estadística 8 correspondiente a la percepción “me gusta mucho”, a lo mismo que el tratamiento con goma xantana al 0.5% y goma guar al 1.5%.

La adición de goma xantana al 0.5% y goma guar al 1.0% y tiempo de almacenamiento de 6 días permitió obtener el menor valor de firmeza instrumental (6.26 N) y valores similares de humedad (38.42%) al tratamiento control a los 3 días de almacenamiento con 39.90%. Asimismo, con 0.3% de goma xantana, 1.0% de goma guar y 0.5% de goma xantana, 1.0% de goma guar; permitieron obtener los mayores valores de volumen específico 4.75 y 4.82 cm<sup>3</sup>/g al día 6 de evaluación.

Se eligió como mejor tratamiento a la adición de goma xantana (0.5%), goma guar (1.0%) y tiempo de almacenamiento de 6 días por presentar valores adecuados de volumen específico (4.75 cm<sup>3</sup>/g), y firmeza instrumental (6.26 N). Asimismo, presentó un contenido de humedad de 38.42% y aceptabilidad general de pan pita integral 6 (Me gusta ligeramente).

## **VI. RECOMENDACIONES**

Evaluar el efecto de la goma xantana y goma guar en un periodo mayor a 6 días de almacenamiento.

Evaluar el efecto de otros hidrocoloides como la goma de algarrobo, pectina, HPMC, carragenina en la aplicación de otros tipos de panes.

Realizar el estudio con el análisis de visión computacional como indicador del envejecimiento del pan.

Se recomienda complementar la investigación evaluando más variables dependientes como: la dureza y fracturabilidad del pan tipo pita integral.

Realizar pruebas de optimización de hidrocoloides en el pan.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

AACC. 2000. Method 74 - 09.01: Measurement of bread firmness by universal testing machine. Consultado la fecha: 10/02/2015. Disponible en: <http://methods.aaccnet.org/methodnumbering.aspx>

AACC. 2000. Method 44 - 15.02: Moisture – Air - Oven Methods. Consultado la fecha: 10/02/2015. Disponible en: <http://methods.aaccnet.org/methodnumbering.aspx>

AACC. 2000. Method 10 - 05.01: Guidelines for Measurement of Volume by Rapeseed Displacement. Consultado la fecha: 10/02/2015. Disponible en: <http://methods.aaccnet.org/methodnumbering.aspx>

Aguirre, A. 2004. Efecto de dos hidrocoloides en las propiedades reológicas y calorimétricas de masas de maíz (Zea mayz L.) nixtamalizado. Consultado la fecha: 18/05/2014. Disponible en: <http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/7292/1/Andres%20Aguirre%20Cruz.pdf>

ALTESA. 2010. Alimentarios y Técnica, S.A. de C.V. Especialidades para la industria alimentaria. Puebla – México. Consultado la fecha: 10/02/2015. Disponible en: [http://depa.pquim.unam.mx/amyd/archivero/GomaGuar\\_1839.pdf](http://depa.pquim.unam.mx/amyd/archivero/GomaGuar_1839.pdf)

Anzaldúa-Morales, A. 2005. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

Badui, S. 1999. Química de los alimentos. Tercera Edición. Editorial Pearson Education. México.

Badui, S. 2006. Química de los alimentos. Cuarta Edición. Editorial Pearson Education. México.

Baik, M. y Chinachoti, P. 2000. Moisture redistribution and phase transitions during bread staling. *Cereal Chemistry*. 77(4): 484-488.

Bárcenas, M., Benedito C. y Rosell C. 2005. Use of hydrocolloids as bread improvers in interrupted baking process with frozen storage. *Food hydrocolloids*. 18: 769-774.

Bárcenas, M. y Rosell C. 2007. Different approaches for increasing the shelf life of part-baked bread: Low temperatures and hydrocolloid addition. *Food Chem*.100: 1594.

Bedolla, S. y Dueñas, C. 2003. *Introducción a la tecnología de alimentos*. Editorial Limusa S.A. México.

Biliaderis, C., Arvanitoyannis, I., Izydroczyck, M. y Prokopowich, D. 1997. Effect of hydrocolloids on gelatinization and structure formation in concentrated waxy maize and wheat starch gel. *Starch/Staerke*. 49(7/8): 278-283.

Calaveras, J. 1996. *Tratado de panificación y bollería*. Editorial Acribia. Barcelona. España.

Callejo, M. 2002. *Industrias de cereales y derivados*. Ediciones AMV-Mundi –Prensa. Madrid, España.

Calvo, M. 1991. *Aditivos alimentarios: Propiedades, aplicaciones y efectos sobre la salud*. Mira Ediciones. Zaragoza – España.

Campos, M. 2005. *Guía de aplicación de buenas prácticas de manufactura*. Dirección General de Alimentos Argentinos. Argentina.

Carpenter, R., Lyon, D. y Hasdell, T. 2002. *Análisis Sensorial*. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.

Cauvain, S. y Young, L. 2008. *Productos de panadería*. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.

Cheftel, J. y Cheftel, H. 1999. Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Edición Lengua Española. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.

Cimpa S.A.S. Insumos y tecnología para la industria alimentaria. 2013. Ficha técnica: goma guar. Consultado la fecha: 14/01/2015. Disponible en: <http://www.cimpaltda.com/modulo/quimicos/goma%20guar.pdf>

Collar, C. y Armero, E. 1996. Physico-chemical mechanisms of bread staling during storage: formulated doughs as a technological issue for improvement of bread functionality and keeping quality. *Recent Research Developments in Nutrition*. 1:115-143.

Collar, C., Andreu P., Martínez, J. y Armero, E. 1999. Optimization of hydrocolloid addition to improve wheat bread dough functionality: a response surface methodology study. *Food Hydrocolloids*. 13: 467-475.

Cubero, N., Monferrer, A. y Villalta, J. 2002. Aditivos alimentarios. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid, España.

Davidou, S., Le Meste, M., Debever, E. y Beaker, D. 1996. A contribution to the study of staling of white bread: effect of water and hydrocolloid. *Food hydrocolloids*. 10(4): 375- 383.

De la O, J. 2008. Efecto de la adición de hidrocoloides sobre la calidad y envejecimiento de pan recalentado en horno de microondas y sobre las propiedades de los componentes del pan. Tesis de Maestría. Universidad de las Américas, Puebla.

Del Nobile, M., Martoriello, T., Cavellas, S., Giudici, P y Masi, P. 2003. Shelf life extensión of durum wheat bread. *Italian Journal Food Science*. 15:383-3815.

Desroiser, N. 1999. Elementos de tecnología de alimentos. Editorial Continental S.A. de C.V. México.

Dodie, J., Pejin, S., Dodie, S., Popov, J., Mastilovic, J., Popov, R. y Zivanovic, S. 2007. Effects of hydrophilic hydrocoloids on dough and bread performance of samples made from frozen doughs. *Journal of food science*. 72:235-241.

El Forner de Alella. 2013. Pan de Pita. Consultado la fecha: 24/06/2015. Disponible en: <http://www.video-recetas.com/sites/default/files/PAN%20DE%20PITA.pdf>

Eliasson, A. y Larsson, K. 1993. Cereals in Breadmaking; A molecular coloidal approach. *Journal of Food Science and technology*. New York, United States.

Filiz A. 2009. Mechanical spectra and calorimetric evaluation of gelatin–xanthan gum systems with high levels of co-solutes in the glassy state *Journal of Food Science and technology*. New York, United States.

Friend, C. P., Waniska, R. D. and Rooney, L. W. 1993. Effects of Hydrocolloids on Processing and Qualities of Wheat Tortillas. *Cereal Chem*. 70: 252-256.

Gellynck, X., Kühne, B., Van Bockstale, F. Van de Walle, D. y Dewettinck, K. 2008. Consumer perception of bread quality. 12th Congress of the European Association of Agricultural Economist – EAAE.

Gambus H, Sikora M, Ziobro R.2007. The efect of composition of hydrocolloids on properties of gluten-free bread. *Acta Scientiarum Polonorum-Technologia Alimentaria*. 6: 61-74

Ghanbari, M y Farmani, J. 2013. Influence of Hydrocolloids on Dough Properties and Quality of Barbari: An Iranian Leavened Flat Bread. *J. Agr. Sci. Tech.* (2013) Vol. 15: 545-555

Ghodke, S. K. and Laxmi, A. 2007. Influence of Additives on Rheological Characteristics of Whole-wheat Dough and Quality of Chapatti (Indian Unleavened Flat Bread). Part I. Hydrocolloids. *Food Hydrocol.*, 21: 110-117.

Ghodke, S. K. 2009. Effect of Guar Gum on Dough Stickiness and Staling in Chapatti: An Indian Unleavened Flat Bread, *Int. J. Food Eng.*, 5(3): 7.

Gremount International. 2009. Espesantes: goma xantana. Consultado la fecha: 18/05/2014. Disponible en: <http://www.gremount.com.cn/spain/pdf/Goma%20xantana.pdf>

Guarda, A., Rosell, C. M, Benedito C., Galotto M. J. 2004. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids*. 18: 241-247.

Hallberg, L. y Chinachoti, P. 2002. A fresh perspective on staling: the significance of starch recrystallization on the firming of bread. *Journal of Food Science*. 67:1092- 1096.

He, H. y Hosney, R.C. 1990. Changes in bread firmness and moisture during long-term storage. *Cereal Chemistry*. 67: 603-605.

Hebeda, R. y Zobel, H. 1996. Baked Goods Freshness. Technology, Evaluation and Inhibition of Staling. pag.54. Marcel Dekker, Inc. Nueva York. EE.UU.

Heflich, L. 1996. A baker's perspective. In R. Hebeda, & H. Zobel (Eds.). *Baked goods freshness: Technology, evaluation and inhibition of staling* (pp. 239–256). New York: Marcel Dekker.

Hosney, C. 1996. *Principios de ciencia y tecnología de los cereales*. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.

Hug-Iten, S., Escher, F. y Conde-Petit, B. 2003. Staling of bread: role of amylose and amylopectin and influence of starch-degrading enzymes. *Cereal Chemistry*. 80(6): 654-661.

Imeson, A. 1992. *Thickening and Gelling Agents for Food*. Chapman & Hall. Hong Kong.

INDECOPI. 1985. NTP 205.027: Norma Técnica Peruana. Harina de trigo de consume doméstico y uso industrial. Lima, Perú.

Jadhav, B., Joshi, A. y Chilkawar, P. 2013. Guar gum hydrocolloid as an antistaling agent in bread. Consultado la fecha: 31/01/2015. Disponible en: [http://theglobaljournals.com/paripex/file.php?val=September\\_2013\\_1379498431\\_46eac\\_37.pdf](http://theglobaljournals.com/paripex/file.php?val=September_2013_1379498431_46eac_37.pdf)

Jenkins, S. 1975. *Bakery Technology*. Lester and Orpen Limited. Canadá.

Karaoglu, M. 2006. Effect of baking procedure and storage on the pasting properties and staling of part – baked and rebaked white pan bread crumb. *International Journal of Food Properties*. 9:609-622.

Kent, N. 1987. *Tecnología de los cereales*. Editorial Acribia. España.

Kulp, K. 1979. *Am. Inst. Baking, Tech, Res. Bull.* 1(8):1-7.

Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., & Biliaderis, C. G. 2007. Effects of 480 hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79, 1033-1047.

Mandala, I. 2005. Physical properties of fresh and frozen stored, microwavereheated breads, containing hydrocolloids. *Journal of Food Engineering*. 66: 291-300.

Martín, M., Zeleznak, K. y Hozenney, R. 1991. A mechanism of bread firming. I. Role of starch swelling. *Cereal Chemistry*. 68(5): 498-503.

Martínez, P. 2010. Elaboración de pan de caja libre de gluten para personas con intolerancia al gluten. Universidad Iberoamericana León. México. Consultado la fecha: 28/01/2015. Disponible en: <http://dspace.leon.uia.mx:8080/jspui/handle/123456789/75>

Materiales químicos y alimentarios. 2012. Especificaciones de la goma xantana. Consultado la fecha: 14/06/2014. Disponible en: <http://pwp.etb.net.co/jmoralesvel/mqa/>

Matz, S. 1972. *Bakery Technology and Engineering*. Segunda Edición. The Avi Publishing Company, INC. Connecticut, EE.UU.

Matz, S. 1992. *Bakery Technology and Engineering*. Tercera Edición. Pan-Tech International, INC., EE.UU.

Mejía, L. y Ríos, B. 2008. Sustitución de propionato de calcio en pan por extracto de romero. Consultado la fecha: 14/06/2014. Disponible en: [http://vector.ucaldas.edu.co/downloads/Vector3\\_5.pdf](http://vector.ucaldas.edu.co/downloads/Vector3_5.pdf)

Mesas, J. y Alegre, M. 2002. El pan y su proceso de elaboración. *Revista Mexicana de Ciencia y Tecnología Alimentaria*. 30: 307-313.

Morales, A. 2011. *Frutoterapia, nutrición y salud*. Ediciones Algaba - EDAF. Colombia.

Montgomery, D. 2004. *Diseño y análisis de experimentos*. Segunda Edición. Universidad estatal de Arizona. Editorial Limusa S.A. Mexico

Murat, M. 2006. Effect of baking procedure and storage on the pasting properties and staling of part-baked and rebaked wheat bran bread. *International Journal of Food Science and Technology*. 41:77.

Ordoñez, G. y Oviedo, R. 2010. Alternativas de aprovechamiento de harinas no tradicionales para la elaboración de pan artesanal. Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil – Ecuador. Consultado la fecha: 12/03/2015. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/14428/4/Elaboraci%C3%B3n%20de%20Pan%20Artesanal.pdf>

Pérez, G. 2008. Efecto del uso de Hidrocoloides en la calidad sensorial y las propiedades de pan de sal recalentado en horno de microondas. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Alimentos. Puebla, México.

Piazza, L. y Masi, P. 1995. Moisture redistribution throughout the bread loaf during staling and its effect on mechanical properties. *Cereal Chem.* 72:320.

Pomeranz, Y. y Shellenberger, J. A. 1971. *Bread Science and Technology*. The Avi Publishing Company, Inc. Connecticut. EE.UU.

Pomeranz, Y. 1987. *Modern Cereal Science and Technology*. VCH Publishers. Inc. Nueva York. EE.UU.

Preichardt, L., Vendruscolo, C., Gularte, M. y Da Silva, A. 2009. Efeito da goma xantana nas características sensoriais de bolos sem glúten. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Paraná, Brasil. Consultado la fecha: 18/05/2014. Disponible en: <http://revistas.utfpr.edu.br/pg/index.php/rbta/article/view/362/302>

Quaglia, G. 1991. *Ciencia y tecnología de la panificación*. Editorial ACRIBIA S.A. Zaragoza, España.

Ribotta, P., Pérez, G., León, A. y Añón M. 2004. Effect of emulsifier and guar gum on microstructural, rheological and baking performance of frozen bread dough. *Food Hydrocolloids*. 18:305.

Ribotta, P.D., Ausar, S.F., Beltramo, D.M., Leon, A.E., 2005. Interaction of hydrocolloids and sonicated-gluten proteins. *Food Hydrocolloids*, 19: 93-99.

Rodge, A., Sonkamble, S., Salve, R. e Imran, S. 2012. Effect of hydrocolloid (guar gum) incorporation on the quality characteristics of bread. *Journal Food Process Technology* 3:2. Consultado la fecha: 18/05/2014. Disponible en: <http://omicsonline.org/effect-of-hydrocolloid-guar-gum-incorporation-on-the-quality-characteristics-of-bread-2157-7110.1000136.pdf>

Rogers, D., Doescher, L.C., y Hosney, R.C. 1990. Texture characteristics of reheated bread. *Cereal Chemistry*. 67(2): 188-191.

Rojas, J., Rosell C. y Benedito de Barber, C. 1999. Pasting properties of different wheat flour-hdrocolloid systems. *Food Hydrocolloids*. 13:27.

Rojas, J., Rosell C. y Benedito de Barber, C. 2000. Aditivos alternativos. *Molinería y Panadería*, Marzo. España.

Rosell, C, Rojas J. y Benedito de Barber, C. 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food hydrocolloids*. 15: 75-81.

Sancho, J., Bota, E. y De Castro, J. 1999. *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. Edición de la Universidad de Barcelona, Barcelona-España.

Saravacos, G. y Kostaropoulos, A. 2002. *Handbook of food processing*. Food engineering series. New York, Unites States

Scade, J. 1985. Cereales. Editorial Acribia, España.

Shittu, T., Aminu, R. y Abulude, E. 2009. Functional effects of xanthan gum on composite cassava-wheat dough and bread. Consultado la fecha: 28/01/2015. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X09001155>

Stauffer, C.1990. Funtional Additives for Bakery Food. Van Nostrand Reinhold. EE.UU.

Tinoco, X. 2008. Efecto de aditivos mejoradores sobre la calidad organoléptica y tiempo de vida útil en la elaboración del pan de almidón de yuca. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Ecuador. Consultado la fecha: 28/01/2015. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/11933>

Tinoco, M. 2007. Influencia del envasado sobre la vida útil de pan precocido. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Alimentos. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.

Torres, R. 2008. Efecto de la adición de hidrocoloides sobre las características de pan recalentado en horno de microondas. Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Alimentos. Puebla, México.

Turabi, E. Sumnu, G. y Sahin, S. 2008. Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. Food Hydrocolloids. 22:305-312.

Upadhyay, R., Ghosal, D. and Mehra, A. 2012. Characterization of Bread Dough: Rheological Properties and Microstructure. J. Food Eng., 109: 104–113.

Ureña, P., D'Arrigo, H. y Girón, O. 2000. Evaluación sensorial de los alimentos. Editorial Agraria. Universidad Nacional Agraria – La Molina. Lima, Perú.

Villagra, A. 2010. Almidón retrogradado en el tratamiento dietoterápico de la Diabetes Mellitus tipo 2. Universidad ISALUD. Licenciatura en Nutrición. Consultado la fecha: 26/01/2015. Disponible en: <http://www.isalud.org/htm/pdf/tf-villagra.pdf>.

Watts, M., Ylimaki, L., Jeffery, L. y Elías, L. 1992. Métodos básicos sensoriales para la evaluación de los alimentos. Ottawa, Canadá.

Wong, X. 2012. Utilización de goma xantana y monoglicérido destilado para el mejoramiento de la textura del pan elaborado a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta*). Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Alimentos.

Zobel, H.F y Kulp, K. 1996. The Staling mechanism. Marcel Dekker, Inc. Nueva York. EE.UU.

## ANEXOS

### Anexo 1. Ficha de evaluación sensorial para la prueba de medición del grado de aceptabilidad general del pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar

Nombre:						Fecha:					
Producto: Pan Pita Integral											
Por favor marque con una X, el cuadrado que esta junto a la frase que mejor describa su opinión sobre el producto que acaba de probar.											
<b>ESCALA</b>	<b>MUESTRAS</b>										
	6742	3951	0933	4567	8769						
9. Me gusta muchísimo	<input type="checkbox"/>										
8. Me gusta mucho	<input type="checkbox"/>										
7. Me gusta	<input type="checkbox"/>										
6. Me gusta ligeramente	<input type="checkbox"/>										
5. Ni me gusta ni me disgusta	<input type="checkbox"/>										
4. Me disgusta ligeramente	<input type="checkbox"/>										
3. Me disgusta	<input type="checkbox"/>										
2. Me disgusta mucho	<input type="checkbox"/>										
1. Me disgusta muchísimo	<input type="checkbox"/>										
Comentarios:											
<hr/>											
<hr/>											
<hr/>											
<b>MUCHAS GRACIAS</b>											

Fuente: Anzaldúa – Morales (2005)

**Anexo 2. Medición de la firmeza instrumental del pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar**

Repetición	Goma Xantana (%)	Control			0.3						0.5					
	Goma Guar (%)				1			1.5			1			1.5		
	Tiempo de Almacenamiento (días)	0	3	6	0	3	6	0	3	6	0	3	6	0	3	6
R1	Firmeza Instrumental (N)	4.2420	6.0025	10.2845	3.0341	4.8740	6.9811	3.5686	5.3904	8.3883	2.4246	4.5604	6.2974	4.2467	5.5293	8.9816
		4.1480	5.7573	10.5323	2.7591	4.6914	7.7057	3.3667	5.2847	7.6170	2.1875	4.4349	6.2891	3.7881	5.5724	8.7255
		4.1475	5.6433	11.0775	2.5006	4.7483	7.0302	3.1650	5.6074	8.4767	1.4942	4.1947	5.9077	3.5807	5.2177	8.4351
R2		4.2631	6.0402	10.6235	3.0428	4.8226	6.8590	3.5725	5.5795	8.5270	2.0297	4.6052	6.5684	4.0420	5.6511	9.9169
		4.0090	5.8347	10.0762	2.7336	4.6246	6.7016	3.3261	5.1599	7.3452	2.0478	4.4116	6.3520	3.6935	5.6366	8.9499
		3.8840	5.4074	10.0424	2.5788	4.5840	6.6759	2.8181	4.9297	7.3065	2.4071	4.3440	6.2390	3.9140	5.0855	8.5745
R3		4.1641	5.7183	12.9030	2.6744	4.8084	6.6794	3.3517	5.5335	8.2350	2.6755	4.3934	6.2249	4.0801	5.6660	10.1357
		4.1018	5.4138	12.2503	2.6175	4.7561	6.5684	3.2105	5.5277	8.3158	1.9492	4.2797	6.1668	3.7258	5.9341	8.8417
		3.7876	5.6124	11.8091	2.6687	4.6119	6.4231	3.1257	4.9778	7.3127	2.2133	4.4843	6.2974	3.5815	5.0815	8.7638
Promedio			<b>4.0831</b>	<b>5.7145</b>	<b>11.0666</b>	<b>2.7344</b>	<b>4.7246</b>	<b>6.8472</b>	<b>3.2783</b>	<b>5.3323</b>	<b>7.9471</b>	<b>2.1587</b>	<b>4.4120</b>	<b>6.2603</b>	<b>3.8502</b>	<b>5.4860</b>

**Anexo 3. Medición del contenido de humedad del pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar**

Repetición	Goma Xantana (%)	Control			0.3						0.5						
	Goma Guar (%)				1			1.5			1			1.5			
	Tiempo de Almacenamiento (días)	0	3	6	0	3	6	0	3	6	0	3	6	0	3	6	
R1	Humedad (%)	45.3238	40.0151	37.8740	53.1309	37.0097	37.9943	50.1843	38.6831	36.0706	52.3270	46.3959	38.2534	55.3306	47.4915	37.7141	
		51.6444	41.5771	34.3473	51.6919	42.2472	36.1040	53.4178	39.8946	38.8789	53.4582	41.3738	35.0987	57.3856	42.1697	39.4277	
		52.7926	40.9610	37.8413	50.6370	41.9752	39.0575	51.8519	42.4261	36.2732	55.0007	39.9167	40.9273	55.2018	42.5702	39.7210	
R2		47.4569	41.5498	35.8573	51.3751	42.1898	38.1252	48.1814	39.4357	36.3933	50.8307	42.7933	37.8920	48.4863	41.0052	37.3515	
		47.4423	39.3116	33.9105	47.0080	42.3971	35.4343	48.8071	42.0268	35.7003	49.5794	46.0153	35.3078	47.9412	37.6422	38.8589	
		48.8432	41.1686	38.4786	50.2095	40.7072	37.3604	45.9420	41.4835	37.4473	52.0764	40.3789	38.6289	54.4711	45.5033	34.7315	
R3		47.8640	38.3069	38.2712	46.6116	39.6674	39.0193	45.5218	41.1610	37.0315	48.1815	41.7450	38.3792	48.6167	40.9312	39.2522	
		45.3013	35.9245	36.3750	47.6230	40.4997	38.2628	46.4341	39.0215	39.4081	48.5549	43.3946	39.3508	47.1584	42.2505	39.8804	
		45.1287	40.2910	35.6899	49.0907	40.2171	36.1323	42.9752	39.3713	37.9783	46.9649	46.1265	41.9190	47.2676	41.0610	37.7005	
Promedio			<b>47.9775</b>	<b>39.9005</b>	<b>36.5161</b>	<b>49.7086</b>	<b>40.7678</b>	<b>37.4989</b>	<b>48.1462</b>	<b>40.3893</b>	<b>37.2424</b>	<b>50.7749</b>	<b>43.1267</b>	<b>38.4175</b>	<b>51.3177</b>	<b>42.2916</b>	<b>38.2931</b>

**Anexo 4. Medición del volumen específico del pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar**

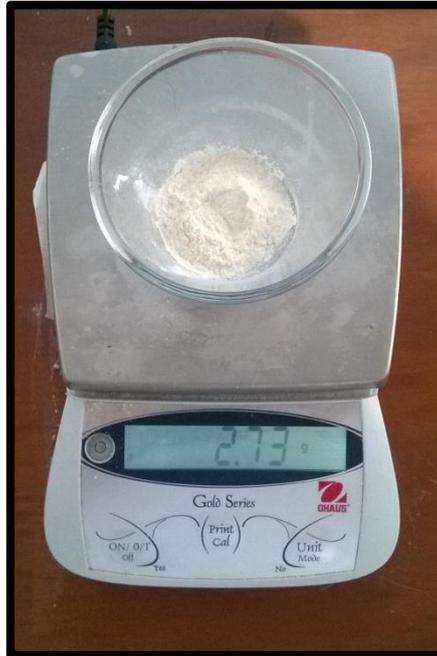
Repetición	Goma Xantana (%)	Control			0.3						0.5					
	Goma Guar (%)				1			1.5			1			1.5		
	Tiempo de Almacenamiento (días)	0	3	6	0	3	6	0	3	6	0	3	6	0	3	6
R1	Volumen Específico (cm <sup>3</sup> /g)	4.5587	3.4682	2.5411	7.5384	5.6663	5.0158	5.4062	4.5459	3.1162	6.3777	5.6700	4.8712	5.5430	5.0731	4.0780
		4.4317	3.4832	2.9716	6.0793	5.3334	4.8222	6.2618	4.6072	3.5093	6.0420	4.9476	5.0279	5.3176	5.3470	4.0208
		4.1888	3.8094	2.9994	5.7810	5.4842	4.6342	5.1211	4.7241	3.1888	6.0265	4.9177	4.7618	5.3923	5.2937	4.0805
R2		4.3458	3.5967	2.9797	7.0529	5.5134	5.2252	5.0241	4.5239	3.4777	6.3924	5.4778	4.6141	5.9633	5.3368	4.0682
		4.2625	3.7162	2.4563	6.2020	5.5271	4.8452	5.3327	4.6976	3.1020	6.1500	5.3827	4.3714	5.5330	5.4038	4.1118
		4.3618	3.6117	3.0156	7.3759	5.3584	4.6183	5.2576	4.8702	3.3922	5.8316	5.6905	5.2135	5.2762	5.0919	3.9676
R3		4.3343	3.6249	2.7685	6.6586	5.7886	4.8113	5.0470	4.6635	3.4180	6.2549	5.4711	4.5468	5.5186	5.2060	4.0319
		4.3458	3.4347	2.5611	7.7449	5.5462	4.6079	5.7291	4.5594	3.3534	6.1565	5.0641	4.4968	5.8243	5.1126	4.1168
		4.2503	3.5162	2.9300	5.8744	5.5622	4.7634	5.1575	4.7015	3.3127	5.8843	4.9808	4.8094	5.5793	5.5363	3.9391
Promedio			<b>4.3422</b>	<b>3.5846</b>	<b>2.8026</b>	<b>6.7008</b>	<b>5.5311</b>	<b>4.8159</b>	<b>5.3708</b>	<b>4.6548</b>	<b>3.3189</b>	<b>6.1240</b>	<b>5.2891</b>	<b>4.7459</b>	<b>5.5497</b>	<b>5.2668</b>

**Anexo 5. Evaluación sensorial de aceptabilidad general del pan tipo  
pita integral con goma xantana y goma guar**

Goma Xantana (%)	Control			0.3						0.5					
				1			1.5			1			1.5		
Goma Guar (%)															
Tiempo de Almacenamiento / Jueces	0	3	6	0	3	6	0	3	6	0	3	6	0	3	6
1	7	4	5	4	6	8	5	6	7	4	9	6	5	9	5
2	8	6	6	9	8	7	7	9	4	9	9	5	9	9	7
3	6	5	8	7	6	5	8	7	5	7	6	6	5	6	5
4	7	6	7	6	8	8	5	7	5	7	6	8	5	6	5
5	9	7	2	9	6	8	6	9	6	7	9	5	8	9	4
6	5	7	3	6	7	8	6	7	9	9	6	8	8	8	4
7	7	2	5	8	3	4	4	8	6	6	9	4	7	6	4
8	6	5	5	5	9	6	9	6	6	8	5	7	8	7	6
9	5	8	5	6	5	6	7	7	3	8	6	6	6	5	3
10	5	9	5	6	6	5	5	5	6	8	6	5	6	7	5
11	3	7	6	6	6	7	9	7	9	3	5	4	8	4	8
12	5	4	4	6	6	8	3	5	8	5	5	9	7	8	9
13	5	9	5	6	8	8	9	4	6	8	4	4	9	6	8
14	7	8	4	6	6	7	7	7	6	8	6	6	8	6	6
15	5	6	6	6	7	8	5	7	4	7	6	5	6	6	2
16	4	7	4	6	6	7	7	7	7	7	6	6	6	5	3
17	5	9	6	8	8	6	9	6	7	8	7	6	9	9	8
18	7	6	4	8	6	5	7	8	5	5	7	6	5	8	5
19	6	5	5	7	7	6	8	6	8	6	6	9	6	6	7
20	6	5	6	5	5	7	5	6	8	5	6	8	5	6	5
21	8	6	6	5	5	7	7	7	5	9	5	2	8	6	6
22	7	6	7	8	9	7	7	8	6	8	9	6	8	6	6
23	6	6	6	9	8	5	6	7	6	4	6	5	8	8	5
24	8	8	6	8	9	6	9	6	3	6	7	6	8	7	4
25	9	6	6	8	5	5	8	8	7	7	9	5	7	7	9
26	3	8	6	6	7	5	8	5	5	9	5	6	6	6	4
27	9	9	5	8	7	6	8	7	7	6	4	6	8	3	4
28	9	7	6	7	8	4	9	9	7	8	8	4	8	6	7
29	9	5	6	7	5	5	5	5	6	6	6	5	6	8	3
30	9	5	7	7	4	3	5	5	4	6	6	2	5	8	6

## Anexo 6. Elaboración de pan tipo pita integral

- Pesado de ingredientes.



- Mezcla de todos los ingredientes.



- División de la masa en 30 porciones iguales.



- Moldeado de la masa con goma xantana y goma guar.



- Colocación de las masas en las bandejas, para luego ser llevadas a la cámara de fermentación.



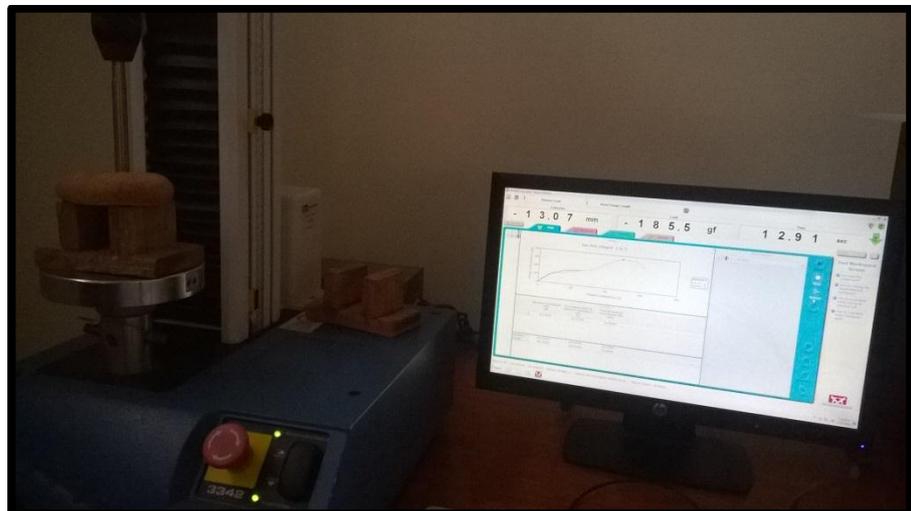
- Concluida la fermentación de la masa, se procedió a hornear el pan.



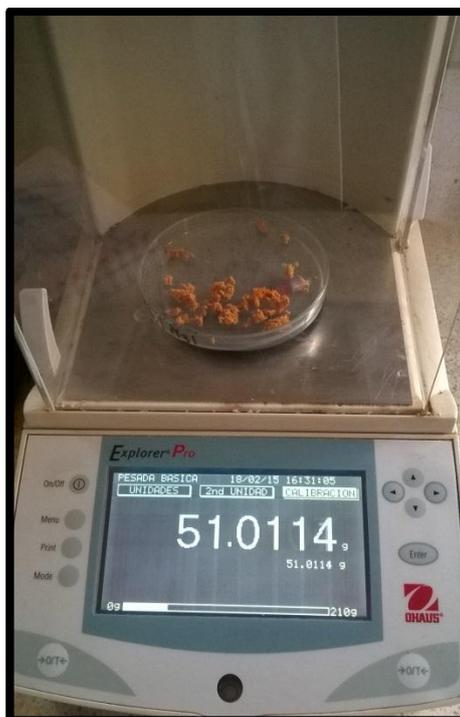
- Pan tipo pita integral con incorporación de goma xantana y goma guar.



- Medición de firmeza instrumental en pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar.



- Medición de contenido de humedad.



- Aceptabilidad general de pan tipo pita integral con goma xantana y goma guar.

