

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



**“EFECTO DE LA ADICIÓN DE HIDROCOLOIDES Y TIEMPO DE
ALMACENAMIENTO SOBRE LA HUMEDAD, TEXTURA Y
VOLUMEN ESPECIFICO DEL PAN TIPO FRANCÉS”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

CLAUDIA MILAGRITOS GUTIERREZ BALBUENA

TRUJILLO, PERÚ
2016

La presente tesis ha sido aprobada por el siguiente jurado:

Ing. Dr. Antonio Rodríguez Zevallos
PRESIDENTE

Ing. Dr. Fredy Pérez Azahuanche
SECRETARIO

Ing. Ms. Carla Pretell Vásquez
VOCAL

Ing. Ms. José Soriano Colchado
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y permitirme llegar hasta este punto de mi carrera, por guiar mis pasos, influyendo en cada decisión tomada y por fortalecerme espiritualmente para tener la fortaleza para seguir adelante.

A mis padres Norma y Victor , a mis hermanos ,por brindarme su amor y apoyo incondicional, siendo todos piezas claves y parte de mi motivación para continuar desarrollándome como persona y profesional, por su paciencia, comprensión y consejos que han ayudado en cada logro personal.

A mi tíos Pilar Paz Alegría y Jose Luis Viloche Vasquez y, a mi prima Karla Viloche Paz, por su amor y apoyo incondicional presencia en cada paso que he dado profesionalmente y por inspirarme a seguir adelante.

Claudia

AGRADECIMIENTO

A mi asesor el Ms. José Luis Soriano Colchado, por brindarme la información requerida y asesoramiento para la culminación de esta tesis.

A mis amigas y amigos por su constante motivación y apoyo solidario en cada momento.

Claudia

ÍNDICE

	Pág.
CARÁTULA	i
APROBACIÓN POR EL JURADO DE TESIS.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA	8
2.1. Pan	8
2.1.1. Definición	8
2.1.2. Materias Primas	8
2.1.2.1. Harina	9
2.1.2.2. Agua	9
2.1.2.3. Sal.....	10
2.1.2.4. Levadura.....	11
2.1.2.5. Azúcar	11
2.1.2.6. Grasas	12
2.1.2.7. Masa madre.....	12
2.1.2.8. Aditivos	13
2.1.2.9. Aditivos antimicrobianos	14
2.1.3. Variedades de pan	14
2.1.3.1. Pan común.....	15
2.1.3.2. Pan especial	15
2.1.3.3. Pan precocido	15

	Pág.
2.1.3.4. Masa congelada	16
2.1.4. Métodos de elaboración de pan	16
2.1.4.1. Fermentación en masa o método directo	16
2.1.4.2. Esponja y masa	17
2.1.4.3. Procesado rápido	17
2.1.5. Proceso de elaboración.....	17
2.1.5.1. Dosificación/pesado de ingredientes	17
2.1.5.2. Amasado	18
2.1.5.3. División y pesado	18
2.1.5.4. Boleado	18
2.1.5.5. Reposo	19
2.1.5.6. Formado	19
2.1.5.7. Fermentación	19
2.1.5.8. Cocción	19
2.2. Características de calidad del pan.....	20
2.2.1. Calidad externa	20
2.2.2. Características internas	21
2.2.3. Calidad nutritiva	22
2.3. Deterioro del pan.....	24
2.3.1. Envejecimiento.....	24
2.3.2. Ganancia y pérdida de humedad	25
2.3.3. Microbiológico	26
2.4. Hidrocoloides	26
2.4.1. Definición y propiedades funcionales en alimentos.....	26
2.4.2. Clasificación de los hidrocoloides.....	27
2.4.2.1. Hidrocoloides naturales	27
2.4.2.2. Hidrocoloides semi sintéticos	27
2.4.2.3. Hidrocoloides sintéticos	28

	Pág.
2.4.3. Propiedades de los Hidrocoloides en el pan	28
2.5. Métodos de análisis del pan.....	31
2.5.1. Métodos para medición de textura	31
2.5.2. Métodos de análisis de humedad	32
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
3.1. Lugar, material de estudio y equipos e instrumentos.....	34
3.1.1. Lugar de ejecución	34
3.1.2. Materiales.....	34
3.1.2.1. Materia prima	34
3.1.2.2. Envases	34
3.1.3. Equipos e instrumentos	34
3.2. Esquema experimental para la evaluación de pan tipo francés con adición de goma guar y tara a dos concentraciones y tres diferentes tiempos de almacenaje	35
3.3. Método experimental para la elaboración de pan tipo francés con adición de goma guar o tara.....	35
3.3.1. Elaboración del pan	35
3.3.2. Formulación para elaboración de pan tipo francés con adición de hidrocoloides	40
3.4. Métodos de análisis.....	41
3.4.1. Análisis de textura.....	41
3.4.2. Análisis de humedad.....	41
3.4.3. Análisis de volumen específico	42
3.4.4. Análisis estadístico.....	42
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
4.1. Efecto de la adición de goma guar y goma tara a dos concentraciones y durante el almacenaje sobre el contenido de humedad del pan tipo francés.....	43

	Pág.
4.2. Efecto de la adición de goma guar y goma tara a dos concentraciones y durante el almacenaje sobre la textura del pan tipo francés.....	53
4.3. Efecto de la adición de goma guar y goma tara a dos concentraciones y durante el almacenaje sobre el volumen específico del pan tipo francés.....	63
V. CONCLUSIONES	72
VI. RECOMENDACIONES	73
VII. BIBLIOGRAFÍA	74
VIII. ANEXOS	75

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Composición del pan tipo francés.....	23
Cuadro 2. Formulación para elaboración de pan tipo francés con adición de hidrocoloides a diferentes concentraciones.....	40
Cuadro 3. Prueba de Levene modificada para los valores de humedad de pan tipo francés	47
Cuadro 4. Análisis de varianzas para los valores de humedad en el pan tipo francés con adición de goma guar y goma tara.....	48
.	
Cuadro 5. Prueba de Duncan para el porcentaje de humedad del pan tipo francés con adición de hidrocoloides	52
Cuadro 6. Prueba de Levene para los valores de textura de pan tipo francés.....	56
Cuadro 7. Análisis de varianza para la textura del pan tipo francés con adición de goma guar y goma tara.....	57
Cuadro 8. Prueba Duncan para la textura (N) del pan tipo francés con adición de goma guar y goma tara.....	60
Cuadro 9. Prueba de homogeneidad de varianzas para los valores de volumen específico de pan tipo francés.....	67

	Pág.
Cuadro 10. Análisis de varianza para Volumen específico en el pan tipo francés.....	68
Cuadro 11. Prueba de Duncan para los valores de volumen específico (m ³ /kg)	71

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema experimental para la evaluación de pan tipo francés con adición de goma guar y tara a dos concentraciones y tres tiempos de almacenaje.....	36
Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración de pan tipo francés con adición de goma guar o tara.....	37
Figura 3. Contenido de humedad en pan tipo francés con adición de goma guar y goma tara durante las 3 horas de almacenaje.....	43
Figura 4. Contenido de humedad en pan tipo francés con adición de goma guar y goma tara durante las 6 horas de almacenaje.....	44
Figura 5. Contenido de humedad en pan tipo francés con adición de goma guar y goma tara durante las 9 horas de almacenaje.....	45
Figura 6. Textura en pan tipo francés con adición de goma guar y goma tara durante las 3 horas de almacenaje	53
Figura 7. Textura en pan tipo francés con adición de goma guar y goma tara durante las 6 horas de almacenaje	54
Figura 8. Textura en pan tipo francés con adición de goma guar y goma tara durante las 9 horas de almacenaje	55

	Pág.
Figura 9. Variaciones del volumen específico en pan tipo francés a las 6 horas de almacenamiento con adición de goma guar y goma tara	63
Figura 10. Variaciones del volumen específico en pan tipo francés a las 6 horas de almacenamiento con adición de goma guar y goma tara	64
Figura 11. Variaciones del volumen específico en pan tipo francés a las 9 horas de almacenamiento con adición de goma guar y goma tara.....	65

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Valores de humedad, textura y volumen específico a las 3 horas de almacenamiento.....	80
Anexo 2. Valores de humedad, textura y volumen específico a las 6 horas de almacenamiento	81
Anexo 3. Valores de humedad, textura y volumen específico a las 9 horas de almacenamiento	82
Anexo 4. Medias estadísticas de humedad, textura y volumen específico a las 3 horas de almacenamiento.....	83
Anexo 5. Medias estadísticas de humedad, textura y volumen específico a las 6 horas de almacenamiento	84
Anexo 6. Medias estadísticas de humedad, textura y volumen específico a las 9 horas de almacenamiento.....	85
Anexo 7. Imágenes del procedimiento de la elaboración de pan francés con adición de hidrocoloides	86

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la adición de dos hidrocoloides (goma tara y goma guar) a dos concentraciones (0.1% y 0.3%) y tres tiempos de almacenamiento (3, 6 y 9 horas) sobre el volumen específico, textura y humedad, con la finalidad de determinar el tipo de hidrocoloide y la concentración que proporcione el mayor volumen específico, mejor textura y humedad adecuada del pan tipo francés. Para determinar las características fisicoquímicas se realizó tres repeticiones de análisis por cada tratamiento evaluado.

La prueba estadística de DUNCAN determinó que en el tratamiento de adición de goma guar al 0.1% en pan francés permitió obtener el contenido de humedad (22.39%) más adecuado y mejor textura (8.18N), no habiendo efecto significativo en cuanto al volumen específico. La goma tara en ambas concentraciones (0.1% y 0.3%) mantuvieron el rango de los valores de volumen específico, teniendo su valor más alto a una concentración de 0.3% con un volumen específico de 0.0230 m³/kg, siendo un valor muy favorable.

El resultado de la prueba estadística de Levene, y el análisis de varianza (ANVA) determinaron que el efecto de la adición de los hidrocoloides (goma guar y goma tara) a diferentes concentraciones (0.1% y 0.3%) tuvo efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el contenido de humedad, textura y volumen específico en el pan tipo francés durante el tiempo de almacenaje aplicado.

ABSTRACT

The effect of adding two hydrocolloids (guar gum and tara gum) at two concentrations (0.1% and 0.3%) and three storage times (3, 6 and 9 hours) on the specific volume, texture and moisture was evaluated with In order to determine the type and concentration of hydrocolloid that provides the greatest specific volume, adequate moisture and better texture of french bread type. To determine the physicochemical characteristics it was performed three replicates analysis was performed for each tested treatment.

DUNCAN test statistic determined that treatment of adding 0.1% guar gum yielded french bread moisture content (22.39%) more suitable and better texture (8.18N), having no significant effect for specific volume. Tara gum at both concentrations (0.1% and 0.3%) maintained the range of values specific volume, having its highest value at a concentration of 0.3% with a specific volume of 0.0230 m³ / kg, a very favorable value.

The statistic result Levene test and analysis of variance (ANOVA) found that the effect of the addition of hydrocolloids (guar gum and tara gum) at different concentrations (0.1% and 0.3%) had significant effect ($p < 0.05$) on the moisture content, texture and specific volume in the french bread type during storage time applied.

I. INTRODUCCIÓN

El pan es el alimento de consumo más importante en el mundo occidental y está considerado como un bien perecedero, se describe a este producto como resultado de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo y agua potable, con o sin adición de sal comestible, fermentada por especies de microorganismos propios de la fermentación panaria (Altolaquirre y Parages, 2009).

Se dice que las variedades de pan derivan de las propiedades únicas que tienen las proteínas del trigo para formar gluten en la masa, el cual posee una capacidad de deformarse, extenderse y recuperar la forma junto a los gases atrapados que adquieren crucial importancia en la producción de pan, que entre sus características de calidad se tienen la forma, el tamaño, textura, corteza, color, grado de firmeza, sabor y aroma, siendo estas características afectadas durante el almacenamiento del producto, donde se da la pérdida de frescura llamada también el “envejecimiento” del pan, la cual hace referencia a la disminución gradual de la aceptación del consumidor debido a todos los cambios químicos y físicos que tienen lugar en la corteza y en la miga durante el almacenamiento, excluyéndose la alteración microbiológica (Stanley y Young, 2002).

La retrogradación del almidón se relaciona de manera directa con el “envejecimiento” del pan. Las principales características del pan envejecido son el cambio de sabor, pérdida de aroma, pérdida de agua y, principalmente, endurecimiento de la miga y ablandamiento de la corteza, y se presentan tiempo después de que el pan ha sido sacado del horno, por lo cual se obtiene un producto de calidad sensorial desagradable.

Para contrarrestar este principal efecto se ve la posibilidad de la utilización de agentes hidrocoloides naturales que son aditivos que aseguran la conservación de este producto gracias a sus características funcionales como son su elevada capacidad de retención de agua, ya que afectan a las propiedades de la masa durante el amasado, la fermentación y la cocción, también permiten la modificación de la gelatinización del almidón y pueden prolongar la vida útil del pan al retardar el proceso de envejecimiento.(Pérez , 2008).

Rosell y otros (2001) estudiaron el efecto de diferentes hidrocoloides (Alginato de Sodio, K-Carragenato, goma xantana e hidroxipropilmetilcelulosa - HPMC) sobre las propiedades reológicas de la masa de harina de trigo y la calidad final de los panes obtenidos. Se realizó un estudio completo del comportamiento reológico de la masa que contenían hidrocoloides con el uso de los diferentes instrumentos tales como: el farinógrafo, extensografo, alveografo y reofermentometro. La goma xantana y el alginato tuvieron el efecto más pronunciado sobre las propiedades de fuerza de la masa, también se mostró un mejoramiento en la estabilidad de la masa ,en cuanto a las propiedades del pan ya horneado, los hidrocoloides aumentaron el volumen específico, con excepción del alginato, pero también se mostró un aumento de la actividad y retención de agua; además estos estudios revelaron que la adición de K-carragenato o hidroxipropilmetilcelulosa redujeron la firmeza de la miga del pan. Concluyéndose así que la k-carragenina y la hidroxipropilmetilcelulosa pueden ser usados como mejoradores de la calidad del pan.

Guarda y otros (2004) realizaron la suplementación de varios hidrocoloides de diferente estructura química y de diversa procedencia para su uso en la fabricación de pan presentado ,estudiándose así el efecto de estos Hidrocoloides (Alginato de Sodio, Goma Xantana, K-carragenato y la hidroxipropilmetilcelulosa),a diferentes concentraciones (0.1% y 0.5%) sobre la calidad del pan fresco y su influencia en el envejecimiento del pan ,analizándose así las propiedades físicas (humedad ,dureza, volumen) y propiedades sensoriales del pan fresco después de un almacenamiento de 24 horas. Se observó que los hidrocoloides analizados afectaron en distinta medida la calidad del pan fresco, ya que se utilizaron en diferentes concentraciones, teniéndose que la de 0.1% (con respecto al peso de harina) fue suficiente para obtener los efectos observados .El hidrocoloide HPMC fue el que tuvo un efecto positivo sobre los parámetros evaluados como son el índice de volumen específico ,relación anchura-altura, la dureza de la miga, dándose así también buenas propiedades sensoriales como el atractivo visual, apariencia, aroma, sabor, textura crujiente en general; todos los hidrocoloides fueron capaces de reducir la perdida de humedad durante el almacenamiento del pan y así dándose una baja en la deshidratación de la miga. Además durante el almacenamiento el alginato y la HPMC mostraron un efecto antienvjecimiento.

Bárcenas y otros (2003) evaluaron el efecto de diferentes hidrocoloides (K-carragenano y hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC)) sobre la calidad y endurecimiento del pan fresco y congelado, teniéndose como resultados que HPMC aumento el volumen específico y la retención de humedad del pan y se redujo la actividad de agua, dándose así también que este hidrocoloide disminuyó la

dureza de la miga del pan y también inhibe el efecto de almacenamiento bajo temperaturas de congelación en el endurecimiento del pan, a la vez se demostró que la K-carragenano no era buen mejorador de las características de pan parcialmente congelado y después horneado.

Ghodke y Ananthanarayan (2007) evaluaron la influencia de la adición de diferentes hidrocoloides (goma guar, carboximetilcelulosa (CMC), hidroxipropilmetilcelulosa HPMC, K-carragenano) cuando se añade a la masa de pan chapatti indio, que es un pan plano sin levadura elaborado con harina de trigo y llevados a cocción en una sartén y son consumidos en fresco. se evaluaron parámetros de calidad, tales como la fuerza de rotura, características de color y propiedades sensoriales durante un almacenamiento de 2 a 5 días a una temperatura de ambiente (30 ± 2 °C) y a temperatura de refrigeración (4 ± 1 °C), siendo los hidrocoloides incorporados a distintas rangos de concentraciones entre 0.25 a 1% en base al peso de harina de trigo integral. Entre los hidrocoloides estudiados la goma guar tuvo la mayor extensibilidad de pan chapatti almacenado a temperatura de ambiente y en la que estuvo a temperaturas de refrigeración; en cuanto a la fuerza de rotura, fue decreciendo con el uso de los hidrocoloides, sin embargo la goma guar en una concentración de 0.75% con respecto al peso de la harina dio un pan más suave. La extensibilidad del almacenamiento tanto al ambiente como a refrigeración fueron decreciendo, sin embargo el pan chapati refrigerado con adición de goma guar mostro menos perdida de extensibilidad, llegándose a un periodo de 2 dias. se evaluaron los efectos sobre el color del pan chapatti debido a la adición de los hidrocoloides y se obtuvo que la

aceptabilidad sensorial fue mayor a diferencia del pan chapatti control que no tuvo adición de hidrocoloides.

Kapetanakou y otros (2007) evaluaron diferentes tipos de pan tales como masa de pan (DB), pan precocido (SB) y pan horneado (FB), estos panes fueron almacenados por una semana y después cocidos al horno en el caso de las masas de pan. Se utilizaron a los hidrocoloides como estabilizadores de la estructura de la masa como la goma xantana (X), hidropiropilmetilcelulosa (HPMC), goma guar (GG) y goma de locuste (LB); siendo el proceso de horneado uno de los más importantes para la calidad del pan después del almacenado, se dice que los hidrocoloides confieren estabilidad en la mayoría de comidas congeladas. Para este estudio se tuvo panes frescos como control. El rendimiento del producto horneado, las características de la masa tales como el volumen, la porosidad, las propiedades de textura y humedad tanto de la miga como la corteza y finalmente también se analizó también el espesor de la corteza y su color. Los datos fueron obtenidos utilizando un análisis PCA y se encontraron las medidas de las diferentes propiedades a evaluar. Se obtuvo que la adición de X y LB da una masa más estable, ya que la fuerza y el cambio de extensibilidad de la masa es bajo, la acción estabilizadora de los hidrocoloides influye en las características del pan final ya horneado siendo los efectos más pronunciados en aquellos panes como DB y SB. El contenido de humedad fue mayor en los panes SB, alcanzando valores de 11-19% en los panes control, el volumen específico fue relacionado directamente con el contenido de humedad tanto de la corteza como de la miga del producto ya horneado, el color y la porosidad no fueron correlacionados con ninguna otra característica o propiedad evaluada. Se concluye que el tipo de pan y la selección de

los hidrocoloides son factores importantes para mejorar la estabilidad durante el almacenamiento.

Pérez (2008) evaluó el efecto de la adición de hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) y pectina en dos concentraciones (0.1% o 0.5%) en la calidad sensorial y propiedades del pan recalentado en horno microondas, así como la correlación de los resultados de dureza y las medidas de la calidad sensorial, humedad y actividad de agua del pan, para lo cual se procedió a la elaboración de distintos lotes de pan con la adición de los hidrocoloides y otro sin adición de estos, considerado como muestras control, siendo todas las muestras almacenadas sin empaque sobre un soporte perforado y a condiciones ambientales, siendo después evaluados luego de 0.24 y 48 horas de almacenamiento, tanto las muestras recalentadas a microondas como las sin recalentar. Se evaluaron el volumen específico y la relación ancho-altura, se midió la humedad, la actividad de agua, la dureza de la miga y la fracturabilidad de la corteza, la textura y calidad general del pan siendo evaluadas sensorialmente.

La adición de pectina causó un aumento del volumen específico del pan respecto al testigo y a las muestras con HPMC, también se mostró un aumento de la relación ancho-altura, dando lugar a panes más planos, en cambio la HPMC no afectó este parámetro, se tuvo también que la muestra con pectina presentó una actividad de agua menor con respecto al pan testigo y al adicionado con HPMC, siendo este hidrocoloide el que presentó una reducción de humedad del pan, pero aquella muestra que tuvo 0.1% de HPMC tuvo una humedad más alta. La HPMC causó cambios en la dureza de la miga ya que aquellas con Pectina presentaron mayor dureza. En cuanto a la evaluación

sensorial y textura del pan control mostraron una disminución de la calidad sensorial, pero la adición de los hidrocoloides no afectaron dicho parámetro, pero más notable fue aquel pan que tuvo adición de pectina.

En este contexto se plantea el siguiente problema: ¿Cuál será el efecto de la adición de dos Hidrocoloides (Goma guar y Goma de tara) a dos concentraciones (0.1% y 0.3%) y tres tiempos de almacenamiento (3, 6 y 9 horas) sobre la humedad, textura, volumen específico del pan tipo francés?, siendo los objetivos:

- Evaluar el efecto de la adición de dos Hidrocoloides, goma guar o goma de tara a dos concentraciones (0.1% y 0.3%) y tres tiempos de almacenamiento (3, 6 y 9 horas) sobre la humedad, volumen específico y textura del pan tipo francés.
- Determinar el tipo de hidrocoloide y la concentración que proporcione el mayor volumen específico, mejor textura y humedad adecuada del pan tipo francés.

II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

2.1. Pan

2.1.1. Definición

Se tienen muchas definiciones con respecto al producto panario principal, entre las cuales tenemos que el pan es el producto 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 *saccharomyces cerevisiae*.(Mesas y Alegre, 2002).

Espinal (1997) señala que el pan tradicional es el resultado de cocer en un horno una masa formada por harina de trigo, agua, sal, levadura y aditivos químicos, además de, generalmente, una masa madre (masa agria), mezclando estos componentes manual o mecánicamente. La masa se corta y formatea en piezas de tamaños y formas diversas, sometiendo estas piezas, antes de la cocción, a un proceso de fermentación.

2.1.2. Materias primas

Habiendo definido ya el producto panario, las principales materias primas para la elaboración del pan son la harina, el agua, la levadura, la sal y otros ingredientes complementarios, la utilización de los primeros ingredientes es esencial en elaboración del pan común, la ausencia o adición de algún otro componente conlleva a la definición de un pan especial.

2.1.2.1. Harina

Es la materia prima por excelencia en todos los procesos de panificación; con la denominación de harina, sin otro calificativo, se entiende el producto obtenido de la molienda del endospermo del grano de trigo, este producto puede otorgar una textura única y características físicas al pan, debido a que la harina de trigo genera estructuras elásticas al momento de ser mezclada con agua bajo condiciones apropiadas, de esta manera retiene el gas dando lugar a un producto de baja densidad, firme y con una estructura celular uniforme y suave, esto gracias a la cantidad adecuada de proteína, la cual al momento de hidratarse produce gluten con características de elasticidad, resistencia y estabilidad. Por otro lado en la composición de las harinas también se tiene: almidón, agua, azúcares simples, materias grasas, materias minerales, vitaminas.

En cuanto a la calidad técnica de uso, la harina utilizada para la elaboración de panes, bollería es la harina de tres ceros (000), la harina de cuatro ceros (0000) es la que se utiliza en la elaboración de productos de pastelería (INTI, 2009).

2.1.2.2. Agua

El agua es el segundo componente mayoritario en el pan, es la que hidrata la harina, dándole a la masa las características de plasticidad que permiten su desarrollo y manejo. La presencia del agua es parte primordial en lo relativo a la formación de un medio húmedo indispensable para la creación y desarrollo de la fermentación (INTI, 2009).

El agua que se utiliza en la panadería debe ser agua potable al igual que todas aquellas destinadas al consumo humano, en especial aquella que es de dureza media, debido a que las sales minerales del agua darán fortaleza al gluten y servirán posteriormente como el alimento para las levaduras, cabe mencionar que al utilizar agua dura, genera masas más compactas retrasando la fermentación en la primera etapa, donde se da la hidratación de las proteínas, donde se permite que la gliadina y glutenina se saturen hasta el punto en el que se vuelven elásticas y formen el gluten; otra de sus funciones principales es la hidratación de los gránulos de almidón presentes, de tal forma que se gelatinicen durante el horneado.(Pérez, 2008).

En general el porcentaje de agua utilizada es alrededor de 55-65% con base en el peso de la harina, con la finalidad de obtener un buen producto, es importante señalar que la temperatura del agua debe bajarse cuando se desea prevenir una fermentación rápida (De la Llave, 2004).

2.1.2.3 Sal

La sal es utilizada principalmente para desarrollar el sabor, entre otras funciones se tiene que refuerza las propiedades plásticas de la masa y las mejora notablemente, ya que fortalece el gluten aumentando la firmeza de la masa y mejorando su manejabilidad, aumentando la absorción de agua y la falta de sal en la masa se manifiesta con masas blandas, pegajosas y suaves y la miga del pan se desmorona (INTI, 2009).

La sal atenúa la velocidad de fermentación por lo que a veces su adición se retrasa hasta que la masa se ha fermentado parcialmente. La cantidad 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 (Pérez, 2008)

2.1.2.4. Levadura

Son un grupo de microorganismos microscópicos que crecen prácticamente en toda la tierra. La levadura para panadería pertenece a la familia llamada *Saccharomyces Cervisiae*, la cual requiere de tres condiciones para actuar: alimento, humedad y una temperatura adecuada; el principal alimento utilizado por las levaduras es el azúcar presente en la harina, una vez que la levadura empieza a utilizar el azúcar se produce dióxido de carbono el cual es disuelto en el agua de la masa hasta alcanzar un punto de saturación, permitiendo la liberación de gas y la formación alveolada (agujeritos en la miga) (INTI, 2009).

La cantidad de levadura utilizada durante la panificación está en relación inversa con la duración de la fermentación, los sistemas de fermentación más largos, utilizan temperaturas más bajas a la masa. La actividad de la levadura aumenta rápidamente con la temperatura y cantidad a utilizar, es decir se reduce cuando se tiene una temperatura creciente con un tiempo fijo (Pérez, 2008). Se pueden utilizar tres tipos de levadura, tal como; fresca prensada, de uso corriente en la panadería, seca instantánea.

2.1.2.5. Azúcar

Existe un pequeño porcentaje de azúcar presente en la harina, como una mezcla de glucosa, fructosa, sacarosa y maltosa, siendo

rápidamente utilizados durante la etapa de fermentación, siendo las enzimas de las levaduras capaces de romper cada una de estos azúcares contenidos en la harina, por lo cual es necesario añadir azúcar extra, con la finalidad de ayudar en la formación de color de la corteza en un menor tiempo de horneado (Pérez, 2008).

2.1.2.6. Grasas

Se añade grasa a razón de 1%, aproximadamente, del peso de la harina, ya que la grasa mejora el volumen de la pieza, reduce la dureza de la corteza y provoca una textura mucho más tierna y con características mejoradas. La adición de la grasa genera una lubricación el cual ayuda al gluten a tener mayor extensibilidad en menor tiempo, además incrementa la habilidad de retención de gases durante la fermentación. Durante el horneado, la masa que contiene grasa presenta un color más rojizo, por lo cual el tiempo de horneado puede reducirse y evitar así mayor pérdida de humedad a través de la evaporación, dando lugar a un producto más suave y una vida útil mayor (De la Llave, 2004).

2.1.2.7. Masa madre

La masa madre aporta una flora microbiana y unos principios activos (enzimas, ácidos orgánicos) que confieren la vitalidad fermentativa y la acidez necesaria a la masa para asegurar la buena marcha del proceso de panificación.

La preparación de una masa madre se suele realizar amasando harina, agua y una porción de masa de una hornada anterior. Posteriormente esta masa resultante se vuelve a amasar de forma idónea con agua y harina. La masa así obtenida, fermentada adecuadamente, se utiliza para elaborar pan o "se refresca",

amasándola nuevamente hasta su posterior utilización. Durante este tiempo tienen lugar fenómenos de fermentación (formación de anhídrido carbónico, alcohol, ácidos orgánicos, aldehídos y cetonas) y fenómenos de reproducción de microorganismos, sobre todo levaduras y bacterias ácido-lácticas. El contenido en microorganismos es variable según el tipo de harina y su contenido en salvado, los responsables de que el pan presente un aroma y sabor típicos a pan, una mejor conservación de la corteza del pan y una miga cremosa y de paredes resistentes, aumentando al mismo tiempo la digestibilidad del pan, son en mayor medida los microorganismos presentes (Bernabé y otros, 2007).

2.1.2.8. Aditivos

Mejoradores panarios

Dentro de los mejoradores de panificación, se puede decir que no hay un mejorador universal debido a las diferentes variables directas constituidas por:

- La calidad de las harinas
- Las fórmulas de panificación
- Los procesos de panificación
- Los hábitos de consumo
- Los mejoradores son pre mezclas de ingredientes destinados a regularizar los procesos de panificación y mejorar la calidad del producto terminado.

El mejorante completo que normalmente emplea el panadero está compuesto de diacetil tartárico (E-472e), ácido ascórbico (E-300) y enzimas α -amilasas. Esta mezcla de principios activos proporciona

una gran expansión del pan en el horno. Cuando la subida del pan en la fase de cocción es exagerada se corre el riesgo de que el pan se arrugue durante el enfriamiento. Por tanto hay que moderar el uso de dichos mejorantes, consiguiendo el volumen durante la fermentación y no por la expansión del pan en el formado. Su acción es sobre mejorar la absorción del agua y las cualidades de la harina al modificar al gluten (Pérez, 2008).

2.1.2.9. Aditivos antimicrobianos

Se añaden en cantidades pequeñas (0.3%) de ácido propionico, propionato de calcio o propionato de sodio, debido a que ayudan a considerablemente a impedir la formación de hongo durante el almacenamiento del producto (Pérez, 2008).

2.1.3. Variedades de pan

Las características de un tipo particular de pan incluirán siempre una descripción de la apariencia física, habitualmente empezando con la forma externa entre otras características como sabor y textura, pero todos ellos comparten un buen número de propiedades comunes basadas en gran parte en la formación del gluten y también entre las partes del pan como son la corteza y la miga, la forma física de ambas y la relación entre ellas determinan, en esencia, la distinción entre un tipo de pan y otro. El tamaño y la forma de la pieza, junto con los ingredientes que se han utilizado así como la estructura de la masa, las técnicas de procesado particular y un equipo adecuado para el control del proceso (Stanley y Young, 2002).

2.1.3.1. Pan Común

Pan de consumo habitual en el día, elaborado con harina de trigo, sal, levadura y agua potable y al que sólo se le pueden añadir los coadyuvantes tecnológicos y aditivos autorizados para este tipo de pan. Se incluyen distintas denominaciones: pan bregado, de miga, español o candeal y pan de flama o miga blanda (baguette, chapata, pan de payés, gallego y otras) (Altolaquirre y Paráges,2009).

2.1.3.2. Pan Especial

Es el pan no incluido en la definición de pan común, que reúna alguna de las condiciones siguientes: que se haya incorporado cualquier aditivo y/o coadyuvante tecnológico de panificación autorizados para panes especiales, tanto a la masa panaria como a la harina; que se haya utilizado como materia prima, harina enriquecida; que se hayan añadido ingredientes que eleven suficientemente su valor nutritivo; que no lleve microorganismos propios de la fermentación voluntariamente añadidos. Se incluyen distintas denominaciones: pan integral, pan con grañones, pan de Viena y pan francés, pan tostado, biscotes, colines, pan de otro cereal, pan enriquecido, pan de molde o americano, pan rallado, pan bizcochado, pan dulce, pan de frutas, bastones, pan ácimo y otros (Altolaquirre y Parages, 2009).

2.1.3.3. Pan Precocido

Masa de pan, de pan común y/o de pan especial, cuya cocción ha sido interrumpida antes de llegar a su finalización, siendo sometida

posteriormente a un proceso de congelación o cualquier otro proceso de conservación autorizado (Altolaquirre y Paráges, 2009).

2.1.3.4. Masa Congelada

Masa de pan, de pan común y/o de pan especial que, habiendo sido o no fermentada y habiendo sido o no formadas las piezas, ha sido posteriormente congelada (Altolaquirre y Parages, 2009).

Entre otras masas semielaboradas están, la masa de pan, de pan común y/o de pan especial que, habiendo sido o no fermentada y habiendo sido o no formadas las piezas, ha sido sometida posteriormente a un proceso de conservación autorizado, distinto de la congelación, de tal manera que se inhiba, en su caso, el proceso de fermentación (Altolaquirre y Parages, 2009)

2.1.4. Métodos de elaboración de pan

Stanley y Young (2002) describió los métodos por los que se logra la formación de la masa panaria, pueden agruparse en cuatro amplios grupos, se tiene

2.1.4.1. Fermentación en masa o método directo

En este proceso lo normal es dejar reposar todo el volumen de masa preparado tras la mezcla y el amasado y antes de la subdivisión de piezas, se requiere un tiempo de reposo de mínimo 1 hora, este parámetro depende de la calidad de la harina, dosis de levadura, temperatura de la masa y variedad de pan que se pretenda elaborar,

al finalizar el periodo se puede realizar un reamasado (Stanley y Young, 2002).

2.1.4.2. Esponja y masa

Donde una parte de la masa se somete a un periodo de fermentación prolongado y esta se añade luego a los restantes ingredientes para nuevamente mezclarlos y obtener así el volumen final de la masa panaria.

2.1.4.3. Procesado rápido

Donde no existe, o es muy corto, el periodo de fermentación en el conjunto de la masa después del amasado y antes de la subdivisión de piezas.

Desarrollo mecánico de la masa

Donde una función primaria del amasado es aportar la energía suficiente que facilite el desarrollo de la masa. la que después, sin retraso alguno, pasa de la amasadora a la divisora.

2.1.5. Proceso de elaboración

2.1.5.1 Dosificación / pesado de ingredientes

Pesar todos los ingredientes sólidos y medir los líquidos utilizando balanza y recipiente con escala de medidas, respectivamente. El pesado no debe realizarse por aproximación ni utilizando medidas como la pizca, el puñado. Esta etapa es importante para mantener la

calidad constante del producto. No se debe hacer por aproximación (INTI, 2009).

2.1.5.2. Amasado

Los objetivos de este proceso son de lograr la mezcla íntima de los distintos ingredientes y conseguir las características plásticas de la masa así como su perfecta oxigenación. El amasado se realiza en máquinas denominadas amasadoras, en las cuales se debe regular la velocidad tanto rápida como lenta, siendo la primera velocidad baja y no muy larga (3 a 5 minutos), durante este periodo se pueden hacer correcciones, es decir, añadir agua o harina hasta lograr el punto deseado; se procede con la segunda velocidad o intensificada la cual determina las características finales de la masa.

2.1.5.3. División y pesado

Su objetivo es dar a las piezas el peso justo. Si se trata de piezas grandes se suelen pesar a mano. Si se trata de piezas pequeñas se puede utilizar una divisora hidráulica.

2.1.5.4. Boleado

Consiste en dar forma de bola al fragmento de masa tras la división. Puede realizarse a mano, si la producción es baja o si el tipo de pan lo necesita, o puede realizarse mecánicamente por medio de boleadoras siendo las más frecuentes las formadas por un cono truncado giratorio.

2.1.5.5. Reposo

Su objetivo es dejar descansar la masa para que se recupere de la desgasificación sufrida durante la división y boleado. Esta etapa puede ser llevada a cabo a temperatura de ambiente.

2.1.5.6. Formado

Su objetivo es dar la forma que corresponde a cada tipo de pan. Si la pieza es redonda, el resultado del boleado proporciona ya dicha forma. Si la pieza es grande o tiene un formato especial suele realizarse a mano.

2.1.5.7. Fermentación

Consiste básicamente en una fermentación alcohólica llevada a cabo por levaduras que transforman los azúcares fermentables en etanol, CO_2 y algunos productos secundarios, el objetivo de la fermentación es la formación de CO_2 , para que al ser retenido por la masa esta se esponje, y mejorar el sabor del pan como consecuencia de las transformaciones que sufren los componentes de la harina, se podría decir que este proceso comienza desde que se han mezclado todos los ingredientes pero se da por fases a lo largo de todos los procesos.

2.1.5.9. Cocción

Su objetivo es la transformación de la masa fermentada en pan, lo que conlleva: evaporación de todo el etanol producido en la fermentación, evaporación de parte del agua contenida en el pan, coagulación de las

proteínas, transformación del almidón en dextrinas y azúcares menores y pardeamiento de la corteza, la cocción se realiza en hornos a temperaturas que van desde 220 a los 260°C, aunque en el interior de la masa nunca deben sobrepasar los 100°C. Tras la cocción y enfriamiento el pan está listo para su consumo, aun así el proceso completo puede que conlleve rebanado y/o empaquetado.

2.2. Características de la calidad del pan

La calidad del pan se estima de manera subjetiva debido a las dificultades asociadas a la medida subjetiva de las características del pan que se consideran como “personales”, y aquellos atributos de calidad están más relacionados con el aroma y sabor y a la palatabilidad debido a las distintas preferencias de los consumidores. Existen métodos para estimar la calidad del pan que van dirigidos normalmente a definir tres categorías: calidad interna, calidad externa y calidad asociada a la textura y palatabilidad, en las que se incluyen el sabor y el aroma (Stanley y Young, 2002)

2.2.1. Calidad externa

Entre las características que se estiman en esta categoría son las dimensiones, el volumen, la apariencia, el color y la formación de corteza. Muchas variedades de pan se caracterizan por la longitud, por ejemplo, el baguette que, en Francia, debe ser de 70 cm de largo (Stanley y Young, 2002). Existen dispositivos muy simples para medir las dimensiones de un producto una vez acabado; entre ellos las reglas y cintas graduadas. También se puede medir la altura y la forma en tiempo real con el uso de técnicas de análisis de imagen.

Para la medida de la altura generalmente se utiliza juntamente con el de la anchura como base para determinar el volumen.

La apariencia externa del producto es, con frecuencia, un factor atractivo para el consumidor, teniéndose en cuenta los cortes en la superficie en términos de número y dirección; a veces se considera un atributo de calidad deseable el contraste entre las áreas oscuras de la corteza y las más claras que se forman, por expansión después del horneado. Este aspecto se puede apreciar en el baguette y otros panes con cortes y corteza crujiente. La expansión durante el horneado se denomina “crecida en el horno”, y en la mayoría de los productos debe controlarse y uniformizarse, considerándose como un defecto cuando se produce irregularmente, por ejemplo la parte superior levantada o desprendida en el caso de los panes de molde. El color de la corteza se estima comúnmente mediante técnicas descriptivas, usándose métodos objetivos basados en comparaciones con cartas de colores normalizados, pero generalmente el color de la corteza del pan es irregular, lo que reduce la eficacia de los instrumentos.

2.2.2. Características internas

Las características internas se limitan normalmente al tamaño, número y distribución de los alveolos en la miga (grano de miga), el color de la misma y cualquier defecto de calidad que pueda apreciarse como oquedades impropias o manchas densas visibles en un corte transversal del producto.

Calidad asociada a la textura y la palatabilidad y al sabor y aroma.

La textura y palatabilidad de los productos de panadería son atributos muy importantes y difieren de un producto a otro. En el caso de la textura de la miga del pan nos interesa la elasticidad y se tratan de ligar estos parámetros con características asociadas a la palatabilidad/masticabilidad mediante la adaptación de métodos físicos de análisis. La blandura o firmeza de la miga es el atributo de la textura que ha atraído más atención en la estimación de la calidad debido, a la estrecha asociación que tiene con la percepción sensorial de frescura, esta prueba se realiza con el “estrujamiento” y el juicio subjetivo se registrara en grados de blandura o dureza. La evaluación del sabor y aroma se realizan generalmente en estimaciones subjetivas de catadores (Stone y Sidel, 2004). El sabor y aroma de la corteza y la miga pueden realizarse separadamente, pero no es fácil proveer un estándar para comparar los juicios subjetivos de estos atributos, para lo cual se confía en comparaciones “retenidas en la memoria”, incluso con catadores entrenados y descriptores acordados.

2.2.3. Calidad nutritiva

El pan y otros productos de cereales se han convertido en alimentos básicos en todo el mundo y se consideran como parte integral de nuestras dietas modernas. Los panes elaborados a partir de harina de trigo son una buena fuente de proteínas, carbohidratos complejos (principalmente almidón), fibra, vitaminas y minerales. Las contribuciones nutricionales mayores son las de los panes fabricados con harina integral dado que el 100 % del grano se convierte en harina. En las harinas blancas poco extraídas parte del salvado y componentes del germen se separan del grano, modificándose la calidad nutritiva global del producto resultante; a pesar de todo, los

panes blancos continúan haciendo una importante contribución a la dieta. En el siguiente Cuadro 1, se observa la composición del pan tipo francés según (MINSA, 2009).

También se realiza el enriquecimiento de las harinas blancas y otros tipos de harina con nutrientes tales como el calcio, algunas vitaminas esenciales y una forma asimilable del hierro, aunque también pueden añadirse otras sustancias (por ejemplo ácido fólico) dependiendo del reglamento de cada país.

Cuadro 1. Composición del pan tipo francés (100g.)

Componentes	Contenido (g)
Energía Kcal	277
Agua	27.0
Proteínas	8.40
Grasa total	0.2
Carbohidratos totales	62.9
Carbohidratos disponibles	60.5
Fibra cruda	0.6
Fibra dietaria	2.4
Cenizas	1.5

Fuente: MINSA, 2009

2.3. Deterioro del pan

2.3.1. Envejecimiento

El fenómeno del envejecimiento se relaciona con procesos ocurridos durante el almacenamiento del pan, exceptuando los cambios de deterioro provocados por microorganismos, son cambios químicos y físicos que tienen lugar en la corteza y la miga. El resultado de estos cambios es un producto que el consumidor ya no considera “fresco”. El envejecimiento se detecta organolépticamente por los cambios que se producen en la textura del pan, así como el sabor y aroma.

Los cambios principales se relacionan directamente con el endurecimiento de la miga, volviéndose la corteza blanda y correosa; el proceso global de envejecimiento está compuesto de dos subproductos separados: el efecto del endurecimiento provocado por la transferencia de humedad de la miga hacia la corteza y el endurecimiento intrínseco del material de las paredes de los alveolos, que está asociado con la cristalización del almidón durante el almacenamiento (Stanley y Young,2002).

Durante el almacenamiento del pan, el contenido de la humedad de la corteza aumenta como consecuencia de la migración de la humedad de la miga hacia ella, teniéndose como humedad inicial de 12% de la corteza absorbiendo la humedad de la miga que está en un 45%,este proceso se acentúa al envasar las piezas de pan en películas impermeables a la humedad, donde se impide la evaporación de la humedad que ha migrado a ella desde la miga central, por lo que se envasa al instante de haber sido enfriado, disminuyendo así la velocidad de envejecimiento de la miga evitando que se seque excesivamente y minimizar la perdida de humedad del producto a la atmosfera (Stanley y Young,2002).

La retrogradación del almidón se relaciona de manera directa con el envejecimiento, específicamente con el endurecimiento del pan, esto tiene que ver con la gelatinización del almidón, que ocurre cuando el almidón es calentado en agua, los gránulos alcanzan su volumen máximo y se hinchan al máximo donde se rompen parcialmente la amilopectina, pero principalmente la amilosa, se dispersan en la solución, quedando hidratadas las cadenas de amilosa, entonces al enfriarse el almidón gelatinizado, las moléculas de amilosa, cuya cadena es lineal, se orientan de forma paralela e interactúan entre si mediante puentes de hidrogeno, lo mismo hacen las moléculas de amilopectinas que interactúan unas con otras o con moléculas de amilosa; estas interacciones descritas causan la formación de estructuras cristalinas y rígidas lo que constituye el fenómeno de retrogradación. Se considera que el envejecimiento se debe básicamente a la asociación de las cadenas de amilopectinas que permanecen en el granulo hinchado después de haber perdido parte de la amilosa.

Se sabe que la recristalización del almidón depende del contenido de agua, es decir, que la relación inicial de almidon-agua y de la perdida de la misma durante el almacenamiento, esto debido a que el agua migra del gluten al almidón durante el horneado y durante el almacenamiento, al disminuir el contenido de agua del gluten da lugar a un producto seco (Pérez, 2008).

2.3.2. Ganancia y Pérdida de Humedad

Se da un cambio en el pan en cuanto a la ganancia de humedad por parte de la corteza y la pérdida de la misma por parte de la miga. Al

inicio el contenido de agua en la corteza aumenta entre un 15 y 28 % y en seguida se pierde aunque en menor proporción. Al registrar esta ganancia de agua la textura de la corteza es blanda y gomosa, sus propiedades reológicas cambian debido a que su temperatura de transición vítrea (Tg) se eleva. Al perder agua la Tg baja y la corteza cambia su estado de blando a duro (Pérez, 2008).

En la miga los fenómenos resultan ser más complejos debido a que la pérdida y redistribución de agua de la miga, así como la formación de nuevos enlaces entre el almidón y el gluten, contribuyen al endurecimiento, por otro lado, en la corteza se presenta una ganancia de humedad y por otro lado ablandamiento de la misma.

2.3.3. Microbiológico

La alteración microbiológica del pan es el crecimiento de mohos. Menos frecuente, pero responsable de problemas cuando el clima es cálido, es la alteración bacteriana conocida como “encordamiento”, “ahilamiento” o pan filante, debido al crecimiento de especies de *Bacillus*. La menos frecuente de los tipos de alteración microbiológica en el pan es la causada por ciertos tipos de levaduras (Stanley y Young, 2002).

2.4. Hidrocoloides

2.4.1. Definición y propiedades funcionales en alimentos

Los hidrocoloides son definidos como moléculas de alto peso molecular con características o hidrofílicas o hidrofóbicas que, usualmente, tienen propiedades coloidales, con capacidad de producir geles al combinarse con el solvente apropiado. Puede ser extraídos a

partir de vegetales terrestres o marinos, o de microorganismos, que poseen la capacidad, en solución, de incrementar la viscosidad y/o de formar geles (Pasquel, 2001).

En productos panificados, 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 (Pérez, 2008).

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).

2.4.2. Clasificación de los hidrocoloides

De acuerdo a su origen los Hidrocoloides se clasifican en naturales, semi sintéticos y sintéticos.

2.4.2.1. Hidrocoloides naturales

Los hidrocoloides naturales son aquellos que se derivan de recursos de plantas, algas marinas, exudados de árboles y de animales. En esta clasificación se encuentran: goma arábica, goma karaya, goma guar, goma de algarrobo, goma de mezquite, carrageninas, sextinas, almidón, celulosa, goma tara, etc.

2.4.2.2. Hidrocoloides semi sintéticos

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, hidroxipropilmetilcelulosa, celulosamicrocristalina, etc), gomas microbianas (dextranas, xantanos, galana), pululana, derivados del almidón (almidón carboximetilico, almidón hidroxietilico, etc (Badui, 2006).

2.4.2.3. 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).

2.4.3. Propiedades de los Hidrocoloides en pan

Los Hidrocoloides son polisacáridos solubles en agua con un 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, siendo así que la presencia de los hidrocoloides en el 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. En general los panes con hidrocoloides poseen mayor contenido de humedad, por lo tanto mayor retención de agua en la miga. Los hidrocoloides reducen la deshidratación de la miga del pan durante su almacenamiento, por lo cual son considerados como agentes antienviejimiento, además

generan debilidad en la estructura del almidón, provocando una mejor distribución y retención de agua, logrando un producto más suave. Se dice también que la adición de hidrocoloides no afecta las propiedades sensoriales del pan, inclusive se ha observado mejoras en éstas (Pérez, 2008).

a) Goma Guar

Se obtiene del endospermo de la semilla de *Cyamopsis tetragonolobus*, planta que crece en regiones áridas de la India y Pakistán, principalmente. Es un galactomanano compuesto por una cadena lineal de manopiranosas con ramificaciones de galactopiranosas (Rodríguez, 2006).

a.1. Propiedades

Se disuelve completamente en agua fría, produciendo alta viscosidad; sin embargo no gelifica, y su principal uso es como formador de cuerpo, estabilizante y ligador de agua (Pasquel, 2001).

Su aplicación en la industria es muy amplia, básicamente por su gran capacidad de generar altas viscosidades en pequeños porcentajes y bajo costo. Es un excelente estabilizante y retenedor de agua. En la industria de la panificación se utiliza como mejorador de masa. Aumenta rendimiento, produce una textura más suave, evita el envejecimiento prematuro, desmoronamiento del pan y mantiene la frescura durante la vida de anaquel tanto en pan como en tortillas. En batidos y masas, la goma guar imparte suavidad obteniendo productos más húmedos que son fácilmente desmoldables y menos

desmoronables. En harinas preparadas permite la disminución del tiempo de batido (Buitrón, 2006).

b) Goma Tara

La goma tara se obtiene del endospermo de la semilla de la planta *Caesalpinia spinosa.*, su hábitat es desde Venezuela hasta Bolivia. En el Perú, desarrolla en las lomas costeras y en los valles secos interandinos entre 1000 y 3100 msnm, adaptada a climas tropicales y subtropicales, así como diversos tipos de suelo que van desde arenosos hasta pedregosos, bien drenados y secos.

Posee propiedades intermedias entre la goma guar y la harina de algarrobo. Es un galactomanano que consiste en una cadena lineal de unidades de D-manosa con unidades de Dgalactosa. La proporción entre manosa y galactosa en la goma de tara es de 3:1. (En la goma de algarrobo esta proporción es de 4:1 y en la goma de guar es de 2:1) (Rodríguez, 2006).

b.1. Propiedades

Es soluble en agua fría pero debe calentarse para obtener su máxima solubilidad. Puede formar geles débiles con la adición de azúcar. Es altamente resistente a medios ácidos y a medios salinos. En aplicación para pasteles y panes imparte suavidad, retención de la forma del molde que los contiene; retención de humedad lo que alarga la vida de anaquel del producto y permite que sean productos menos desmoronables (Rodríguez, 2006).

Su inclusión en las masas mejorará la retención de gas y hará que las masas sean menos pegajosas. La goma de Tara, cuando es agregada

a diferentes tipos de masas durante el amasado, aumenta el rendimiento, da mayor elasticidad, y produce una textura más suave, vida de estante más larga y mejores propiedades de manejo. En pasteles y masas de bizcocho, la goma de Tara produce un producto más suave que se saca fácilmente de los moldes y se rebana fácilmente sin desmenuzarse. El nivel de uso de goma para pasteles varía dependiendo de los constituyentes de la mezcla. Generalmente, la dosis varía entre 0.1 y 0.15% del peso total de los ingredientes secos. (Rodríguez, 2006).

2.5. Métodos de análisis del pan

2.5.1. Métodos para medición de textura

La medición objetiva de la textura no sólo determina la resistencia del producto a la fuerza aplicada sino que ayuda a seleccionar: tiempo y temperatura de lavado y cocción; tipo adecuado de embalaje y maquinaria adecuada para pelado y cortado. Así como a determinar el grado de madurez y a predecir fecha aproximada de óptima recolección. Para la medición objetiva de la textura, se han ideado un número considerable de aparatos mecánicos, tales como tenderómetros, textuómetro, penetrómetros, etc (Pérez, 2008).

El textuómetro Instron consta de dos secciones: un registrador y el aparato de penetración, éste a su vez consta de mordazas y aditamentos adecuados de acuerdo al producto a ser analizado. La función es aplicar una fuerza A para obtener diversos valores de textura como: ensayos de corte, extrusión, tracción, compresión, punción, dureza, entre otros, permitiendo así conocer las propiedades de textura de diversos alimentos. Este tipo de textuómetros

requieren de sondas para aplicar la fuerza al producto tales como, cilindros, conos, placas, esferas, agujas, etc., de acuerdo a las necesidades de los distintos tipos de alimentos, el tamaño de la muestra y el tipo de análisis que se requiere (Pérez, 2008).

2.5.2. Métodos de análisis de Humedad

Hay muchos métodos para la determinación del contenido de humedad de los alimentos, variando en su complicación de acuerdo a los tres tipos de agua y a menudo hay una correlación pobre entre los resultados obtenidos. Sin embargo; la generalidad de los métodos dan resultados reproducibles, si las instrucciones empíricas se siguen con fidelidad y pueden ser satisfactorios para uso práctico (Pérez, 2008).

2.5.2.1. Métodos por secado

Estos incluyen las mediciones de la pérdida de peso debida a la evaporación de agua a la temperatura de ebullición o cerca de ella. Aunque tales métodos son usados frecuentemente debido a que dan resultados exactos cuando se consideran sobre una base relativa, hay que tener en mente que el resultado obtenido puede no ser una medición verdadera del contenido en agua de la muestra. Por ejemplo, los aceites volátiles pueden perderse a temperatura de secado como 100 °C. En algunos alimentos (por ejemplo, cereales) solamente una parte del agua que contienen se pierde a esta temperatura. El resto (agua combinada y adsorbida) es difícil de eliminar y parece estar asociada a las proteínas presentes. La proporción de agua libre perdida aumenta al elevar la temperatura,

por lo que es importante comparar únicamente los resultados obtenidos cuando se usan las mismas condiciones de secado. Además, si es posible que se efectúe alguna descomposición, como sucede en los alimentos que tienen una proporción elevada de azúcares, es aconsejable utilizar una temperatura de secado más baja, por ejemplo, 70 °C y aplicar al vacío. Los polvos de hornear deben ser secados a la temperatura ambiente en un desecador de vacío durante un periodo considerable, dado que el calentamiento ocasiona una gran pérdida de bióxido de carbono.

La pérdida de peso puede depender también de otros factores que incluyen el tamaño de partícula y el peso de la muestra que se tomó, el tipo de cápsula que se utiliza y las variaciones de temperatura en la estufa de anaquel a anaquel. Las estufas que son ventiladas por medios mecánicos con un ventilador interno dan resultados más consistentes y una mayor velocidad de secado.

En la fabricación de alimentos se pueden utilizar procedimientos rápidos, aproximados para determinar humedad usando estufas de secadoras especiales que trabajan a temperaturas altas. Otras estufas tienen lámparas secadoras de radiación infrarroja y tienen además una balanza de lectura directa. Los hornos de microondas pueden utilizarse para la determinación de humedad en el laboratorio en forma rápida. (Pérez, 2008).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar, material de estudio y equipos e instrumentos

3.1.1. Lugar de ejecución

Las pruebas experimentales y los análisis se realizarán en el Laboratorio de Ingeniería y Planta piloto de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego.

3.1.2. Materiales

Las materias primas utilizadas para la elaboración del pan tipo francés fueron: harina de trigo de calidad panadera (Inca) de contenido proteico de 11 a 12 %; sal (Emsal), azúcar rubia comercial (Casagrande); agua potable semidura y levadura seca en polvo (Baker).

Para la elaboración del pan con los hidrocoloides se utilizaron: goma guar (SOMEREX) y goma de tara (SOMEREX).

Bolsas de plástico de polietileno, marca: Plasticentro.

Granos de linaza

3.1.3. Equipos e instrumentos

- Balanza ALEXANDER MOBBA, capacidad 60 Kg, sensibilidad 0.01kg
- Horno rotativo marca NOVA MAX 750 (capacidad 15 bandejas)
- Divisora manual NOVA modelo 30M (capacidad 3Kg.)
- Cámara de Fermentación marca NOVA modelo MAX 750

- Amasadora-Sobadora NOVA K25 capacidad 40 Kg.
- Batidora Planetaria marca NOVA (capacidad 15L.)
- Texturometro INSTROM modelo 334
- Probeta
- Recipientes
- Bandejas de aluminio
- Jarras medidoras de plástico
- Rodillos

3.2. Esquema experimental para la evaluación de pan tipo francés con adición de goma guar y tara a dos concentraciones y tres diferentes tiempos de almacenaje.

El esquema experimental para la elaboración de pan tipo francés con adición de hidrocoloides tiene como variables independientes a las concentraciones de los hidrocoloides : goma guar y goma tara, también a los tiempos de almacenamiento y como variables dependientes a la textura, humedad y volumen específico, se presenta en la Figura 1.

3.3. Método experimental para la elaboración de pan tipo francés con adición de goma guar o tara.

3.3.1. Elaboración de pan: El proceso de elaboración de pan con adición de hidrocoloides se presenta en la Figura 2.

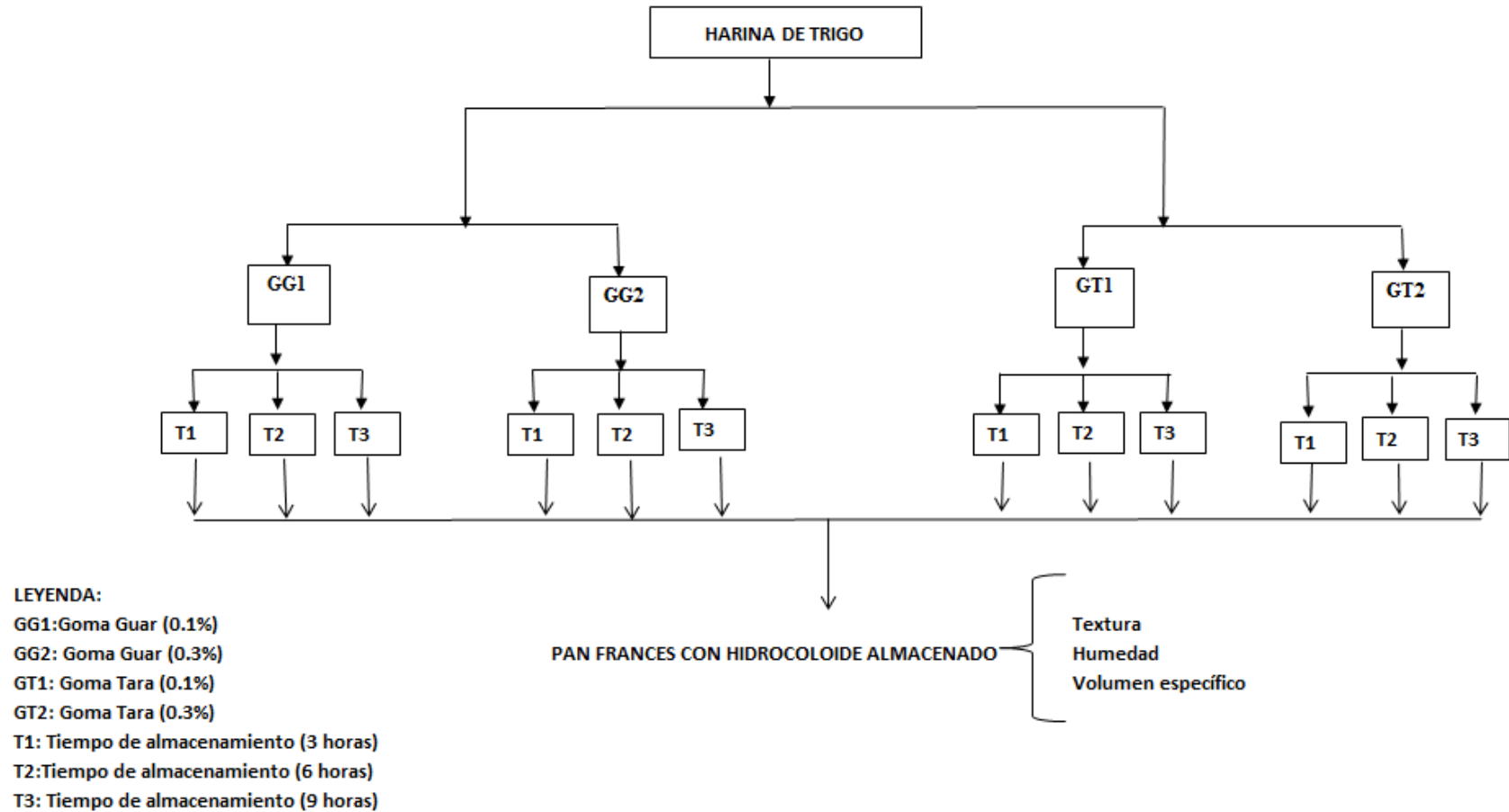


FIGURA 1. Esquema experimental para la evaluación de pan tipo francés con adición de goma guar y tara a dos concentraciones y tres tiempos de almacenaje.

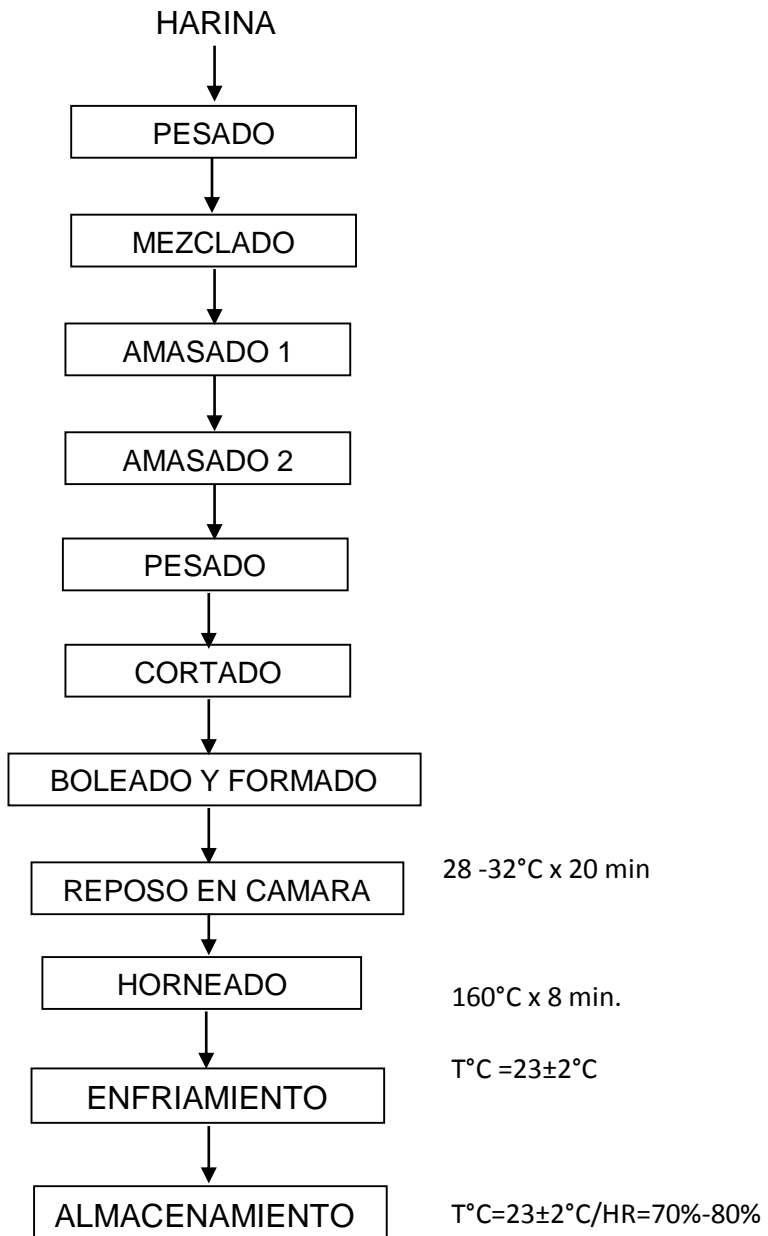


FIGURA 2. Diagrama de flujo para la elaboración de pan tipo francés con adición de goma guar o tara.

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

- **Pesado.** Pesar todos los ingredientes sólidos y medir los líquidos utilizando balanza y recipiente con escala de medidas, respectivamente. El pesado no debe realizarse por aproximación ni utilizando medidas como la pizca, el puñado. Esta etapa es importante para mantener la calidad constante del producto. No se debe hacer por aproximación.
- **Mezclado.** Se procede al mezclado de los ingredientes (harina, sal, azúcar, levadura, mejorador, hidrocoloide, agua, manteca para lograr una mezcla y masa homogénea.
- **Amasado 1.** En el amasado 1 se realiza de manera manual aplicando masajes a la masa ya obtenida anteriormente para ir obteniendo sus características reológicas deseadas.
- **Amasado 2.** Se lleva la masa a una amasadora-sobadora mecánica para lograr que se dé la formación del gluten y así producirse la elasticidad requerida en este tipo de pan, se da a dos velocidades para la obtención de una masa elástica y resistente.
- **Pesado.** Se realiza para saber la cantidad de masa se obtuvo y así distribuir la cantidad de piezas a ser formadas.
- **Cortado.** Se realiza en la cortadora manual donde se expande la masa para ser dividida equitativamente en bollos.

- **Boleado y formado.** Se da con la finalidad de darle el tamaño característico del tipo de pan francés a hacer se realiza de forma manual, para así dar paso al formado de este pan.
- **Reposo en cámara.** Se lleva al proceso de reposo en cámara donde se realizara la fermentación a un tiempo de aproximadamente 20 minutos a una temperatura entre los 28 a 32 °C, en este paso se dará desarrollo de la masa obteniéndose el volumen adecuado gracias a la formación de gases producidos por acción de las levaduras.
- **Horneado.** Se procede al horneado de las piezas de pan en un horno rotativo a gas donde se obtendrá el pan con las características deseadas de textura, volumen, sabor, color y aroma todo esto por acción de las reacciones que se dan durante el horneado como la de Maillard, se trabaja a temperaturas de 160°C en un tiempo de 8 minutos.
- **Enfriamiento.** Se deja enfriar por espacio de 1 hora a temperatura ambiente.
- **Almacenamiento.** La etapa final es el de almacenamiento en bolsas plásticas a los diferentes tiempos ya especificados en el esquema experimental.

3.3.2. Formulación para elaboración de pan tipo francés con adición de hidrocoloides .

En el Cuadro 2 se presenta la formulación utilizada para la elaboración del pan tipo francés con adición de hidrocoloides a diferentes concentraciones.

Cuadro 2. Formulación para elaboración de pan tipo francés con adición de hidrocoloides a diferentes concentraciones.

Ingredientes	Mezcla1 (Goma Guar)		Mezcla 2(Goma Tara)	
	C1 (g)	C2 (g)	C1 (g)	C2 (g)
Harina de trigo tipo panadera	1000	1000	1000	1000
Sal	20	20	20	20
Azúcar rubia comercial	16	16	16	16
Agua potable semidura (mL)	500	500	500	500
Levadura prensada fresca	10	10	10	10
Goma (hidrocoloide)	1	3	1	3
Mejorador de masa	10	10	10	10
Manteca	30	30	30	30

Basado en: Velásquez, 2010

C1: Concentración de hidrocoloide (0.1%)

C2: Concentración de hidrocoloide (0.3%)

3.4. Métodos de análisis

3.4.1. Análisis de textura

Se utilizó Texturometro Instron modelo 3342, con el software Bluehill Lite, el objetivo de esta técnica es que utiliza dos compresiones sucesivas en la misma muestra aplicando una fuerza, la cual causa algunos cambios irreversibles en los alimentos examinados. en esta prueba se determinará la textura de la muestra de pan, medida en Newton (N) (Barrera y otros, 2012).

3.4.2. Análisis de Humedad

La determinación de la humedad se realizó con el método de la estufa a 100 °C hasta peso constante, recomendado por la AOAC (1997). Se realizó tres repeticiones para cada uno de los tratamientos.

La humedad se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$H \% = \frac{P_1 - P_2}{P_1 - P_0} \times 100$$

En donde

H%=Humedad del pan (%)

P0=Peso de la charola vacía (g)

P1=Peso de la charola con muestra húmeda (g)

P2=Peso de la charola con muestra seca (g)

3.4.3. Análisis de volumen específico de pan

La medición del volumen específico se lleva a cabo usando una modificación del método 10-05 de la AACC (2000), mediante el desplazamiento de semillas de linaza. Para ello se introduce las semillas de linaza en una probeta; posteriormente se coloca la pieza de pan dentro de un vaso de precipitación de capacidad de 1Lt y se vierten las semillas hasta cubrir toda la pieza de pan, se procede a retirar la pieza de pan y se toma el dato de volumen marcado por las semillas en el vaso, también se pesa cada pieza de pan francés y con el volumen obtenido se calcula el volumen específico con la siguiente ecuación:

Volumen (cm³) / peso (g) de la misma pieza de pan. La medición se realiza por triplicado. Los valores finales fueron expresados en m³/Kg.

3.4.4. Análisis Estadístico

Se utilizó un diseño de bloques completamente aleatorizado (DBCA) con arreglo trifactorial (tipo de hidrocoloide, concentración y tiempo de almacenamiento), cada tratamiento con 3 repeticiones.

Para los análisis paramétricos (humedad, textura y volumen específico) se realizó la prueba de Levene modificada con el fin de comparar la homogeneidad de varianzas de los datos experimentales y poder realizar el análisis de varianza (ANVA) y posteriormente a la prueba Duncan. Para todos los cálculos estadísticos se utilizó el paquete SPSS (Statistical Package for Social Sciences) versión 22.0 y para el desarrollo de las figuras se empleó el paquete estadístico Minitab versión 17.1. Todos los análisis se realizaron con un nivel de confianza del 95%.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto de la adición de goma guar y goma tara a dos concentraciones y durante el almacenaje sobre el contenido de humedad del pan tipo francés.

En la Figura 3, se muestran los valores de humedad del pan tipo francés elaborado con adición de hidrocoloides a las 3 horas de almacenamiento.

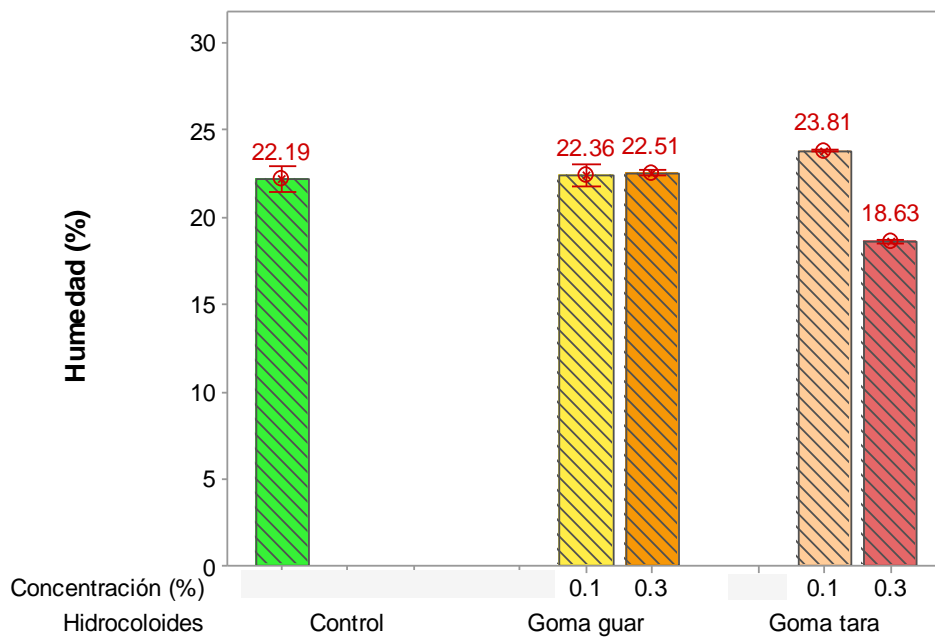


Figura 3. Contenido de humedad en pan tipo francés con adición de goma guar y goma tara durante las 3 horas de almacenaje.

En dicha figura, se observa que a las 3 h de almacenamiento la mayor humedad (23.81%) en el pan tipo francés se obtuvo con goma tara al 0.1%, valor cercano a la muestra control (22.19%).

En la Figura 4, se muestran los valores de humedad del pan tipo francés elaborado con adición de Hidrocoloides a las 6 horas de almacenamiento.

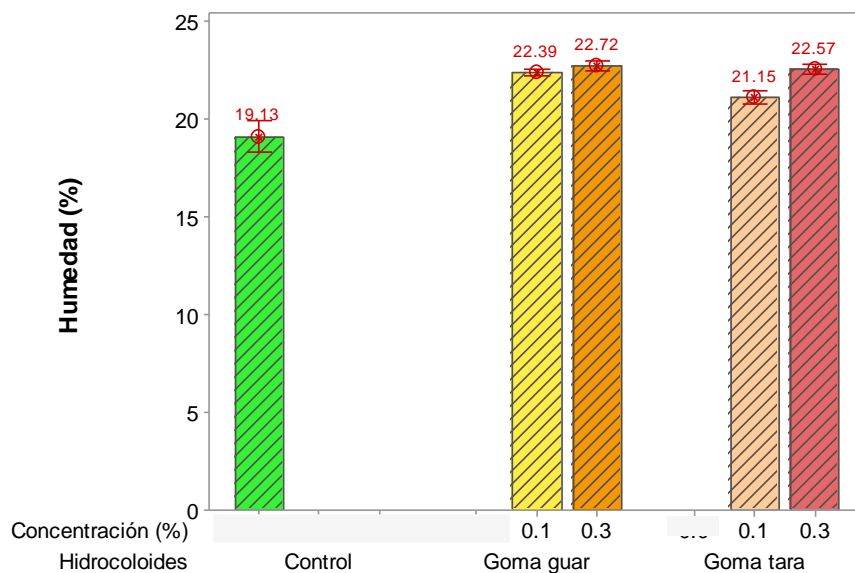


Figura 4. Contenido de humedad en pan tipo francés con adición de goma guar y goma tara durante las 6 horas de almacenaje.

A las 6 h de almacenamiento donde se observa que a una concentración de goma guar y tara al 0.3%, tiene mayor contenido de humedad: 22.72 y 22.67%, respectivamente, las cuales son cercanas también al porcentaje de la muestra control.

En la Figura 5, se muestran los valores de humedad del pan tipo francés elaborado con adición de hidrocoloides a las 9 horas de almacenamiento.

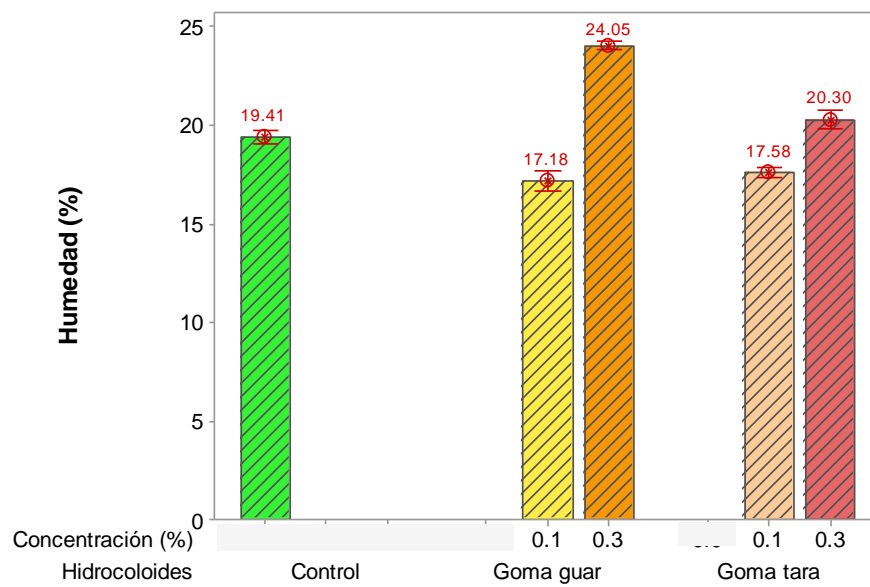


Figura 5. Contenido de humedad en pan tipo francés con adición de goma guar y goma tara durante las 9 horas de almacenaje.

La misma tendencia anterior se observa a las 9 h de almacenamiento, donde el contenido más alto de humedad se obtuvo con los dos hidrocoloides al 0.3%, además, se observa que al transcurrir las horas de almacenamiento el contenido de humedad presenta tendencia a disminuir, siendo más notorio en el tratamiento control.

Los valores experimentales se ajustan a los requisitos exigidos por la Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería, R.M. N° 1020-2010 (MINSA, 2011), donde se establece una humedad máxima para cualquier pan francés de 27%.

El fenómeno de pérdida de humedad al transcurrir el tiempo de almacenamiento en la muestra control sin adición de Hidrocoloides nos evidencia el llamado fenómeno envejecimiento del pan; según Pérez (2008), 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).

En los resultados mostrados aquellas piezas de pan con adición de hidrocoloides se presenta que a una concentración de goma guar y tara al 0.3%, se tiene mayor contenido de humedad de 22.72% y 22.67%, respectivamente, observándose la misma tendencia a las 9 h de almacenamiento, donde el contenido más alto de humedad se obtuvo con los dos hidrocoloides al 0.3%, por lo tanto se evidencia la funcionalidad de los hidrocoloides.

Rodríguez (2006) señala que los hidrocoloides como goma guar y goma tara favorecen la maquinabilidad de la masa, retienen humedad, retardan la retrogradación del almidón, mejoran la apariencia y distribución alveolar en productos fermentados y leudados.

En el Cuadro 3, se presenta la prueba de Levene modificada aplicada a los valores de humedad del pan tipo francés, denotándose 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.

Cuadro 3. Prueba de Levene modificada para los valores de humedad de pan tipo francés.

Variable	Estadístico de Levene	p
Humedad (%)	0.600	0.807

$p > 0.05$, existe homogeneidad de varianzas

El Cuadro 4 contiene el análisis de varianza para la humedad del pan tipo francés con adición de hidrocoloides.

Cuadro 4. Análisis de varianzas para los valores de humedad en el pan tipo francés con adición de goma guar y goma tara.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Hidrocoloide: H	12.872	1	12.872	38.856	0.000
Concentración: C	9.921	1	9.921	29.947	0.000
Tiempo: T	40.886	2	20.443	61.711	0.000
H*C	17.617	1	17.617	53.181	0.000
H*T	1.427	2	0.714	2.154	0.138
C*T	80.316	2	40.158	121.225	0.000
H*C*T	17.534	2	8.767	26.465	0.000
Error	7.950	24	0.331		
Total	188.523	35			

El análisis de varianza muestra que el tipo de hidrocoloide, concentración, tiempo de almacenamiento y las interacciones: hidrocoloide-concentración, concentración-tiempo y hidrocoloide-concentración-tiempo, presentaron efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el contenido de humedad en pan tipo Francés.

Pérez (2008), evaluó la adición de hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) o pectina en dos concentraciones (0.1% ó 0.5%) en la calidad sensorial y propiedades del pan recalentado en horno microondas, determinaron el comportamiento de la humedad, resultando que la retención de humedad durante el tiempo de almacenamiento; se observa que la pectina dio los mejores resultados, ya que tanto a las 24 como a las 48 horas la muestra

adicionada con pectina al 0.5% presentó menor disminución en el contenido de humedad respecto al pan recién horneado.

Guarda y otros (2004) en la realización de su investigación de adición de hidrocoloides como mejoradores de la calidad del pan y agentes anti-envejecimiento, encontraron que el contenido de humedad del pan fresco tuvo una diferencia significativa ($p < 0.05$) al uso del porcentaje alto de hidrocoloide (0.5%), sin embargo ninguna diferencia puede ser asignada a un hidrocoloide en específico.

Según los resultados obtenidos se observa que la muestra control tiene una notable pérdida de humedad pasando de 22.18% a 19.41%, pero se muestra una diferencia de las muestras de pan con adición de hidrocoloides, lo cual concuerda con el estudio realizado por Guarda y otros (2004) ,donde sostienen que durante el almacenamiento los cambios más evidentes están relacionados a la pérdida del contenido de humedad y el endurecimiento de la miga de las muestras control, pero aquellas muestras con adición de hidrocoloides (alginato de sodio, xantana, K-carragenina e hidroxipropilmetilcelulosa - HPMC) a dos concentraciones (0.1% y 0.5%) mostraron una baja pérdida del contenido de humedad.

Gómez y otros (2007) estudiaron la funcionabilidad de diferentes hidrocoloides (alginato de sodio, carragenina, pectina, hidroxipropilmetilcelulosa, goma de algarroba, goma guar y goma xantana sobre la calidad y tiempo de vida útil de tortas de capas amarillas, se realizó a un tiempo de almacenamiento de 2 días, mostrándose entre los resultados que los hidrocoloides tuvieron un gran efecto sobre la capacidad de retención de humedad en las

tortas de capa amarilla, todos los hidrocoloides usados dieron resultados positivos, destacando a la goma de algarroba y la goma guar; la habilidad de los Hidrocoloides de incrementar la retención de humedad que , al mismo tiempo, depende de su estructura química y su interacción con el resto de los ingredientes alimenticios utilizados.

Mandala y otros (2007) estudiaron los cambios producidos en el contenido de humedad de diferentes tipos de pan (masa de pan , pan semihorneado y pan horneado) conteniendo hidrocoloides y almacenado a bajas temperaturas, reportando que el contenido de humedad de la miga fue significativamente bajo ($p < 0.05$) del control de los panes completamente horneados, teniendo un incremento de los panes completamente horneados, mostrando que el gradiente de contenido de agua en el pan fue modificado de acuerdo al estado de horneado antes del enfriamiento, el incremento del contenido de agua de la corteza en los panes completamente horneados y los semi horneados puede explicarse mediante la difusión o transporte convectivo del agua desde la miga a través de la corteza, así mismo la condensación del vapor de agua contenido en las burbujas de aire pueden considerarse. Coincidiendo con el presente estudio que la adición de hidrocoloides resulto beneficioso en la conservación y aumento del contenido de humedad, tal es el caso de la goma guar al 0.3% , teniendo a la muestra con una humedad de 22.51% a las 3 horas de almacenamiento y llegando a 24.05% a las 9 horas de almacenamiento.

En el Cuadro 5, se presenta la prueba de Duncan aplicada a los valores de humedad en el pan de tipo francés con adición de

hidrocoloides. Esta prueba indica que existió diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos denotado por la formación de subgrupos.

En el Cuadro 5 se observan los valores de humedad aplicados en el pan tipo francés, donde se observa en el subgrupo 9 a los valores más altos de humedad igual de evaluados a 9 horas de almacenamiento, donde los panes obtenidos con goma guar al 0.3% presentaron humedad de 24.05%; en el cuadro también se observa en el subgrupo 6 al valor intermedio de humedad comparando con la muestra control inicial, donde los panes obtenidos con goma guar al 0.1 % presentaron una humedad de 22.39%, estando en el límite favorable y cercano a la humedad de la muestra control (22.19%).

Se mencionan resultados similares que fueron encontrados por Guarda y otros (2004) coincidieron que la adición de hidrocoloides también aumento el contenido de humedad del pan, lo cual se observó mucho más en la formulación con alto contenido de hidrocoloides (0.5%), sin embargo las diferencias no pueden ser asignadas a algún hidrocoloide en específico.

Mandala y otros (2007) 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, comparando con la actual investigación realizada, tenemos que la mayor concentración de goma guar (0.3%) también dio resultados parecidos, obteniéndose un contenido de humedad inicial a las 3 horas de almacenamiento de 22.51% y la humedad final a las 9 horas fue de 24.04%.

4.2. Efecto de la adición de goma guar y goma tara a dos concentraciones y durante el almacenaje sobre la textura del pan tipo francés.

En la Figura 6, se muestran los valores de textura del pan tipo francés elaborado con adición de hidrocoloides a las 3 horas de almacenamiento.

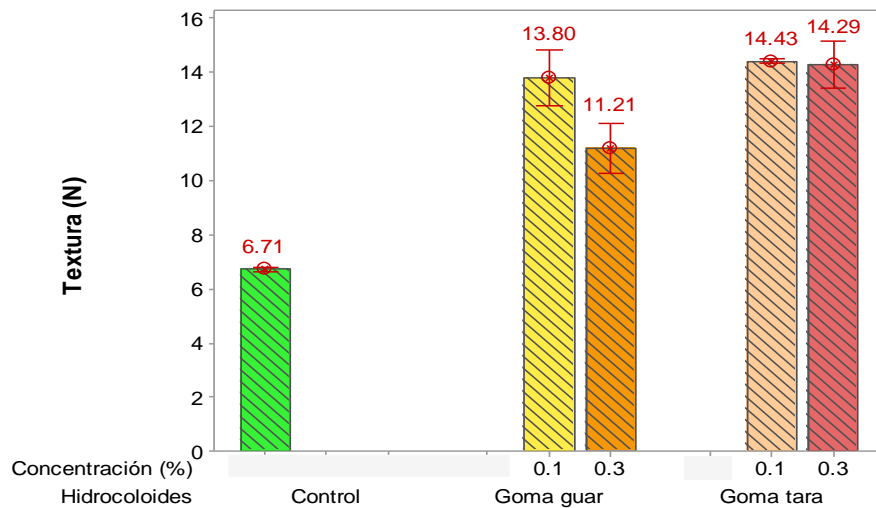


Figura 6. Textura en pan tipo francés con adición de goma guar y goma tara durante las 3 horas de almacenaje.

En la Figura 6, se observa que a las 3 h de almacenamiento los panes con mayor textura fueron los elaborados con goma tara al 0.1 y 0.3%, con valores de 14.43 y 14.29 N, respectivamente, el tratamiento control presentó menor textura (6.71 N),

En la Figura 7, se muestran los valores de textura del pan tipo francés elaborado con adición de hidrocoloides a las 6 horas de almacenamiento.

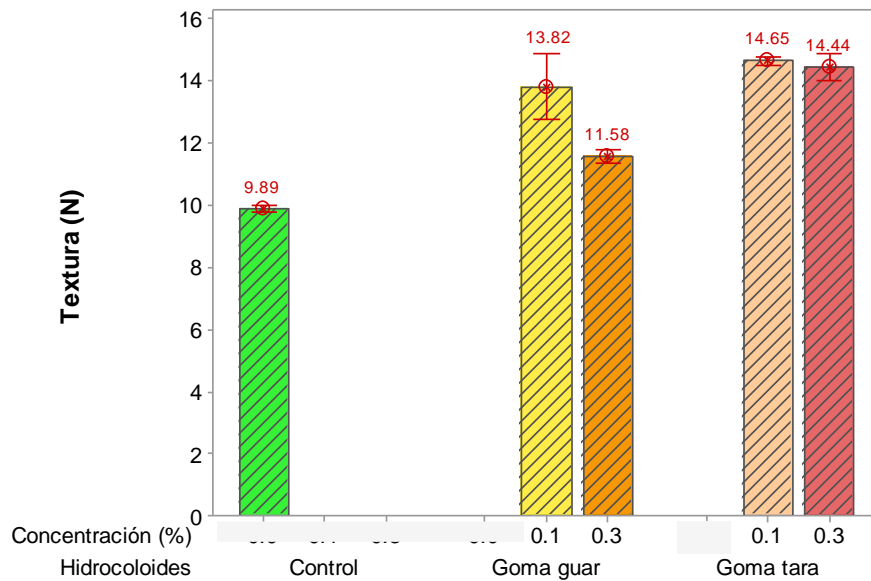


Figura 7. Textura en pan tipo francés con adición de goma guar y goma tara durante las 6 horas de almacenaje.

La misma tendencia anterior se presentó a las 6h de almacenamiento donde se observó que a una concentración de goma tara al 0.3%, se obtuvo mayor textura de 14.65 y 14.44 N.

En la Figura 8, se muestran los valores de textura del pan tipo francés elaborado con adición de hidrocoloides a las 9 horas de almacenamiento.

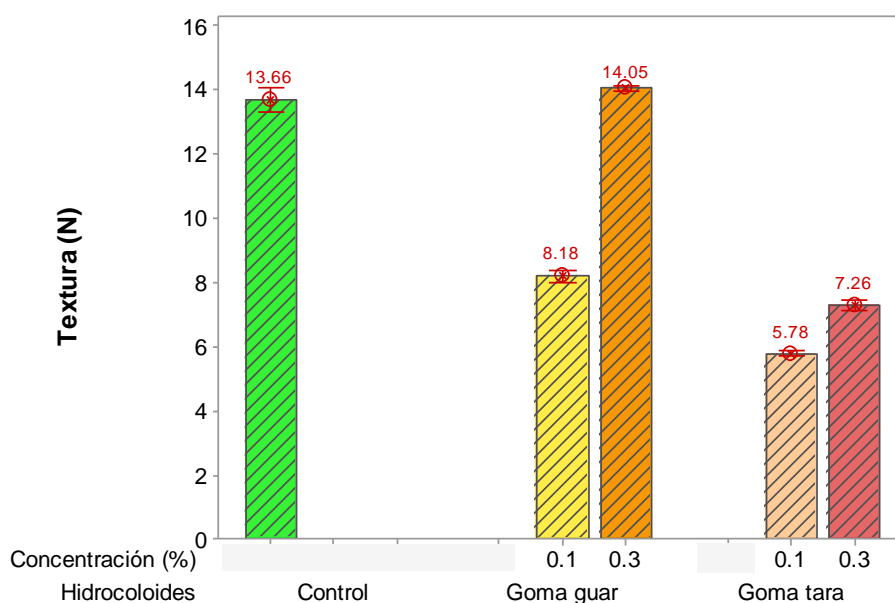


Figura 8. Textura en pan tipo francés con adición de goma guar y goma tara durante las 9 horas de almacenaje.

A las 9 h de almacenamiento se observa un aumento de los valores de textura en la muestra control (13.66N), observándose que para los tratamientos con adición de hidrocoloides, donde el contenido más alto de textura (14.05 N) se obtuvo con goma guar al 0.3% a diferencia de las otras muestras y el valor más bajo es de 5.8N dado por la utilización de goma tara al 0.1%.

Se observa que el valor de textura va aumentando conforme avanza el tiempo de almacenamiento, resultando que la presencia de los hidrocoloides provoca el aumento de los valores de textura, a diferencia de la goma guar (0.3%) que tuvo una menor velocidad de endurecimiento de la miga a las 9 horas de almacenamiento en

comparación con las otras muestras, lo cual coincide con el estudio realizado por (Pérez, 2008), donde se utilizaron HPMC y Pectina a dos concentraciones (0.1% y 0.5%), resultando que la HPMC al 0.5% obtuvo una menor velocidad de endurecimiento de la miga, esto se debe 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.

Según Pérez (2008) la corteza debe presentar una textura firme en forma de costra dorada, la miga debe ser suave y esponjosa, característica que se adquiere por la formación de gas durante la fermentación, no debe ser seca; dichas características van cambiando debido a la retrogradación del almidón, la cual está relacionada directamente con el envejecimiento y específicamente con el endurecimiento del pan, tanto de su miga y ablandamiento de la corteza.

En el Cuadro 6, se presenta la prueba de Levene modificada aplicada a los valores de textura del pan tipo francés, denotándose 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.

Cuadro 6. Prueba de Levene para los valores de textura de pan tipo francés.

Variable	Estadístico de Levene	p
Textura (N)	0.670	0.752

$p > 0.05$, existe homogeneidad de varianzas

El Cuadro 7 presenta el Análisis de varianza para la textura del pan tipo francés.

Cuadro 7. Análisis de varianza para la textura del pan tipo francés con adición de goma guar y goma tara.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Hidrocoloide: H	0.797	1	0.797	0.759	0.392
Concentración: C	1.164	1	1.164	1.109	0.303
Tiempo: T	177.822	2	88.911	84.704	0.000
H*C	0.002	1	0.002	0.002	0.962
H*T	83.148	2	41.574	39.607	0.000
C*T	49.460	2	24.730	23.560	0.000
H*C*T	21.999	2	11.000	10.479	0.001
Error	25.192	24	1.050		
Total	359.584	35			

El análisis de varianza muestra que el tiempo de almacenamiento y las interacciones: hidrocoloide-tiempo, concentración-tiempo y hidrocoloide-concentración-tiempo, presentaron efecto significativo ($p < 0.05$) sobre la textura del pan tipo Francés.

Pérez (2008) en su estudio realizado se mostró la comparación múltiple del efecto del tiempo de almacenamiento sobre la fracturabilidad de la corteza del pan, presentándose que las muestras recién horneadas presentaron valores más bajos de facturabilidad, y los valores más altos lo presentaron el pan a las 48 horas de almacenamiento, no existiendo una diferencia significativa

($p > 0.05$) entre los valores de fracturabilidad correspondiente a los distintos tiempos de almacenamiento.

La interacción hidrocoloide-concentración no presenta efecto significativo ($p > 0.05$) sobre la textura del pan tipo francés evaluado. Pérez (2008) realizó una comparación múltiple del efecto de la adición de diferentes hidrocoloides sobre la fracturabilidad de la corteza, se encuentra que hubo diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los valores de fracturabilidad de los distintos panes evaluados, lo cual difiere de lo observado en este estudio.

Pérez (2008) señala que el efecto de adición de diferentes concentraciones de cada hidrocoloide, presentó una comparación múltiple del efecto de la concentración como un factor anidado al hidrocoloide, sobre la fracturabilidad de la corteza, se observó que no hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los valores de fracturabilidad de la corteza de las muestras adicionadas con pectina, en cambio la corteza del pan conteniendo 0.1% de HPMC tuvo una fracturabilidad significativamente menor ($p > 0.05$) que la corteza del pan con 0.5% del mismo hidrocoloide.

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.

Guarda y otros (2004) no observaron diferencias al incrementar la concentración de los hidrocoloides adicionados (alginato de sodio, xantana, k-carragenina e hidroxipropilmetilcelulosa) con el uso de concentraciones de 0.1% y 0.5%, ya que la mínima cantidad de hidrocoloide evaluado (0.1%) sería suficiente para obtener un efecto anti-envejecimiento.

Singh y otros (2004), estudiaron el efecto de la adición de hidrocoloides (goma guar, xantana, goma de algarroba e hidroxipropilmetilcelulosa) a dos concentraciones (0.25% y 0.5%) y α -amilasa para mejorar la textura y retardar el envejecimiento en harina de arroz chapati; prepararon las muestras y las hornearon, procediendo a la evaluación de textura que fue medida después de una hora de haber sido horneados y los chapati fueron analizados después de 24 horas de almacenamiento a 25°C usando un analizador de textura TA-XT2i con un usillo de metal, usando una velocidad de 1mm/s hasta su ruptura y tomando como datos el pico de fuerza para su fracturabilidad o ruptura, aquellas muestras de chapati frescas conteniendo hidrocoloides tuvieron un pico de ruptura más alto (N) que la muestra control, siendo significativa con la adición de HPMC en la baja concentración (0.25%) con un pico de ruptura de 5.783N y xantana (6.518N) y goma guar (5.915N) en la concentración más alta (0.5%). También el chapati almacenado por 24 horas conteniendo HPMC y goma guar en la baja concentración (0.25%) tuvieron un efecto significativo ($p < 0.05$) de fuerza en el pico de ruptura, siendo para HPMC un pico de fuerza de 10.408N y para goma guar 14.540N.

En el Cuadro 8 se presenta la prueba de Duncan aplicada a la textura en el pan tipo francés con adición de hidrocoloides. A partir de esta prueba se determinó que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotado por la formación de 5 subgrupos.

Cuadro 8. Prueba Duncan para la textura (N) del pan tipo francés con adición de goma guar y goma tara.

Hidrocoloides	Concentración (%)	Tiempo de almacenamiento (h)	Subgrupo					
			1	2	3	4	5	
Goma tara	0.1	9	5.78					
	Control	3	6.71	6.71				
Goma tara	0.3	9	7.26	7.26				
Goma guar	0.1	9		8.18				
	Control	6			9.89			
Goma guar	0.3	3			11.21	11.21		
Goma guar	0.3	6				11.58		
	Control	9						13.66
Goma guar	0.1	3						13.80
Goma guar	0.1	6						13.82
Goma guar	0.3	9						14.05
Goma tara	0.3	3						14.29
Goma tara	0.1	3						14.43
Goma tara	0.3	6						14.44
Goma tara	0.1	6						14.65

En el Cuadro 8 se observan los valores de textura aplicados en el pan tipo francés, donde se observa en el subgrupo 5 a los valores más altos de textura igual de evaluados a 9 horas de almacenamiento, donde los panes obtenidos con goma guar al 0.3% presentaron un alto valor de textura de 14.05N y la goma tara (0.1%) obtuvo el resultado más alto (14.65N) en textura a un tiempo de almacenamiento de 6 horas según el parámetro de fracturabilidad evaluado; resultados similares fueron encontrados por (Singh y otros, 2004), que determinaron que la mejor textura evaluada en el parámetro de fracturabilidad es dada por la goma guar (14.540N) y xantana (13.443N) a una concentración de 0.25% redujeron significativamente la retrogradación de la amilopectina comparado al efecto con una concentración más alta de 0.5% . Según los resultados obtenidos se presenta lo contrario en el presente estudio, ya que la mejor textura es aquella cercana al valor referencial inicial de la muestra control (6.71N), por lo tanto el valor adecuado de textura es con el tratamiento con adición de goma guar al 0.1% obteniéndose una textura de 8.18N habiendo transcurrido las 9 horas de almacenamiento, lo cual concuerda con lo estudiado por Collar y otros (2001), 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).

La retrogradación del almidón, es un proceso muy complejo, el cual no puede ser explicado por un simple efecto, ya que envuelve la retrogradación de la amilopectina y la reorganización de los polímeros entre la región amorfa (Rosell y otros, 2001).

Ghodke y Ananthanarayan (2007) tuvieron como resultado que la calidad del chapati fue mejorado por todos los hidrocoloides probados (goma guar,HPMC,CMC y k-carragenina), sin embargo la mayor mejora en todos los aspectos de calidad del chapati fue dado por la goma guar y HPMC cuando fueron adicionadas al 0.75% y 0.5% respectivamente en base al peso total de la harina utilizada; los chapatis elaborados con estos dos hidrocoloides tuvieron características de la superficie más atractiva, excelente flexibilidad y suavidad.

De la O (2008) evaluó el efecto de hidrocoloides sobre la calidad (volumen específico, relación ancho/alto y dureza) y la migración de agua de pan recalentado con microondas. Se fabricaron panes adicionando hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC), goma arábica o pectina en polvo en concentraciones: 0.1%,0.3% o 0.5% (p/p); teniendo como resultado que la adición de distintos hidrocoloides en diferentes concentraciones redujo la dureza, parámetro de textura medido en su estudio.

4.3. Efecto de la adición de goma guar y goma tara a dos concentraciones y durante el almacenaje sobre el volumen específico del pan tipo francés.

En la Figura 9, se muestran los valores de volumen específico del pan tipo francés elaborado con adición de hidrocoloides a las 3 horas de almacenamiento.

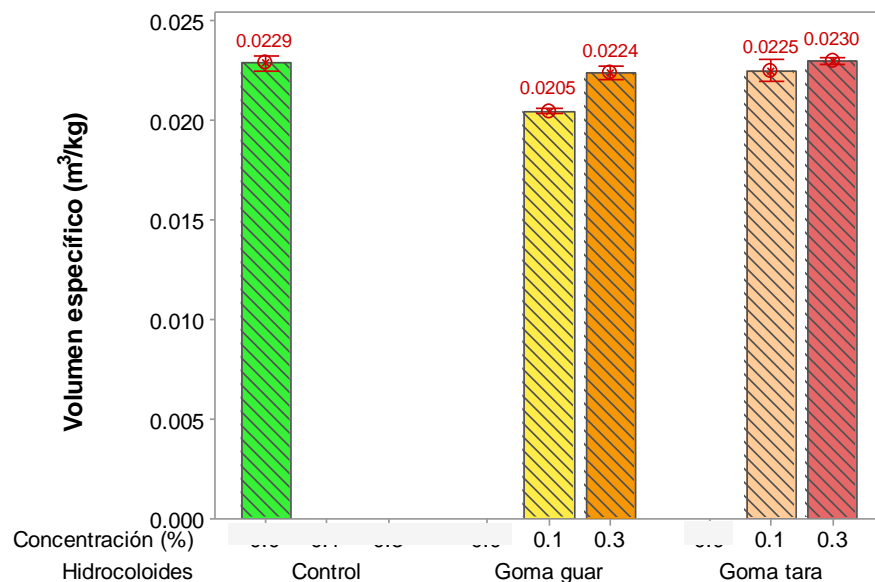


Figura 9. Variaciones del volumen específico en pan tipo francés a las 3 horas de almacenamiento con adición de goma guar y goma tara.

En la Figura 9, se observa que a las 3 horas de almacenamiento los panes con mayor volumen específico se obtuvieron con goma tara, siendo más notorio a la concentración de 0.3%, estos fueron similares al volumen específico del tratamiento control, lo cual significa que tuvo un efecto positivo, al mantener el volumen de las

piezas de pan tipo francés, además, la goma guar presenta menor volumen específico siendo más notorio a una concentración del 0.1%, no se aprecia cambios considerables al transcurrir las horas de almacenamiento, los valores oscilaron de 0.0195 a 0.0228 m³/kg.

En la Figura 10, se muestran los valores de volumen específico del pan tipo francés elaborado con adición de hidrocoloides a las 6 horas de almacenamiento.

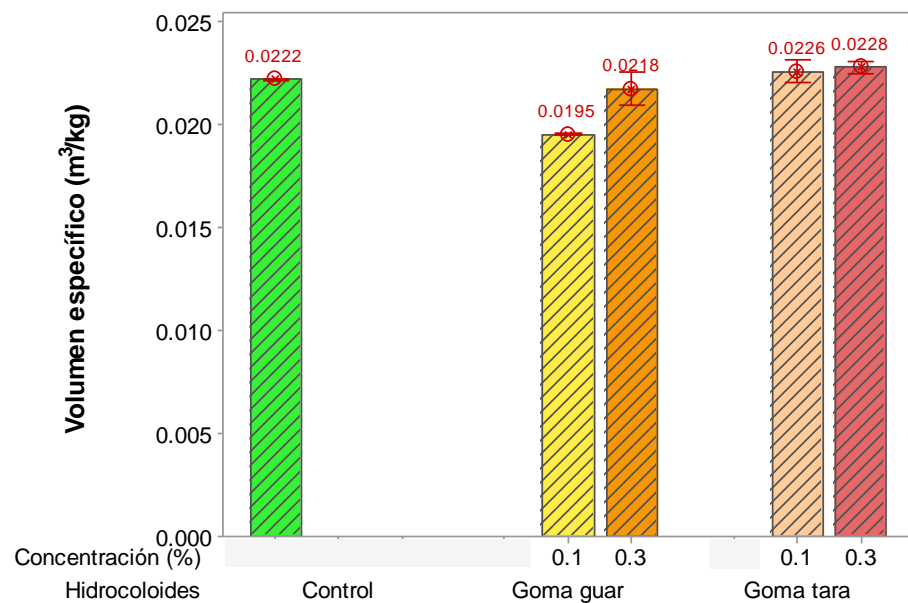


Figura 10. Variaciones del volumen específico en pan tipo francés a las 6 horas de almacenamiento con adición de goma guar y goma tara.

Se observa la misma tendencia anterior, que a las 6 horas de almacenamiento los panes con mayor volumen específico se obtuvieron con goma tara, siendo más notorio a la concentración de 0.3% (0.0228 m³/kg), este valor fue mayor al volumen

específico del tratamiento control, lo cual significa que tuvo un efecto positivo, al incrementar el volumen de las piezas de pan tipo francés, además, la goma guar presenta menor volumen específico (0.0195 m³/kg), siendo más notorio a una concentración del 0.1% no se aprecia cambios considerables al transcurrir las horas de almacenamiento.

En la Figura 11, se muestran los valores de volumen específico del pan tipo francés elaborado con adición de hidrocoloides a las 9 horas de almacenamiento.

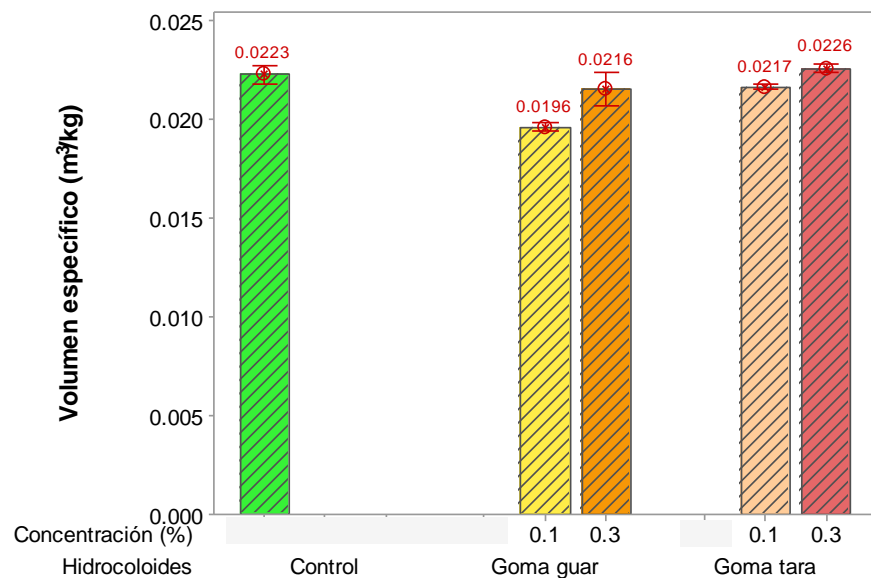


Figura 11. Variaciones del volumen específico en pan tipo francés a las 9 horas de almacenamiento con adición de goma guar y goma tara.

A las 9 horas de almacenamiento los panes con mayor volumen específico se obtuvieron con goma tara, siendo más notorio a la concentración de 0.3% (0.0226 m³/kg), este valor fue cercano al volumen específico del tratamiento control, lo cual significa que tuvo un efecto positivo, al mantener el volumen de las piezas de pan tipo francés, además, la goma guar presenta menor volumen específico (0.0196 m³/kg), siendo más notorio a una concentración del 0.1% no se aprecia cambios considerables al transcurrir las horas de almacenamiento.

Pérez (2008) observó que los hidrocoloides (pectina y HPMC) aumentaron el volumen específico de los panes adicionados con respecto al pan testigo, con excepción de los panes con adición de HPMC al 0.1%, cuyo volumen específico (0.0322 +/- 0.028 m³/kg.) fue menor que el pan control (0.0346 +/- 0.015 m³/kg.), coincidiendo con la presente investigación ya que se tuvo que a una menor concentración (0.1%) en este caso de la goma guar no se tienen efectos notorios.

Guarda y otros (2004) obtuvieron que el índice del volumen específico del pan mejoro significativamente con la adición de hidrocoloides, con la excepción del alginato, teniendo que el mejor efecto lo tuvo la 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 contrarios a los obtenidos en este estudio, esto puede deberse a diversos factores, entre ellos se puede atribuir al origen de los hidrocoloides, ya sea de las mismas semillas, presentan diferentes propiedades dependiendo de la

fuente de la especie y los procedimientos de extracción seguidos por los proveedores.

Rosell y otros (2001) tuvieron como resultado que el efecto de los Hidrocoloides (alginato, k-carragenato, xantana, HPMC) a una concentración de 0.5% mejoró el volumen específico, en excepción del alginato.

Mandala y otros (2007) obtuvieron en su estudio que los panes completamente horneados conteniendo hidrocoloides (xantana, HPMC, goma guar y goma de algarroba) a una concentración de 0.2% presentaron un alto volumen específico a diferencia de las muestras control.

En el Cuadro 9, se presenta la prueba de Levene modificada aplicada a los valores de volumen específico del pan tipo Francés, denotándose 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.

Cuadro 9. Prueba de homogeneidad de varianzas para los valores de volumen específico de pan tipo francés.

Variable	Estadístico de Levene	p
Volumen específico (m ³ /kg)	0.510	0.876

$p > 0.05$, existe homogeneidad de varianzas

Cuadro 10. Análisis de varianza para volumen específico en el pan tipo francés.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Hidrocoloide: H	0.000024	1	0.0000241	42.453	0.000
Concentración: C	0.000015	1	0.0000149	26.234	0.000
Tiempo: T	0.000003	2	0.0000017	2.996	0.069
H*C	0.000005	1	0.0000051	8.918	0.006
H*T	0.000001	2	0.0000004	0.764	0.477
T*C	0.000000	2	0.0000001	0.112	0.895
H*C*T	0.000000	2	0.0000002	0.347	0.710
Error	0.000014	24	0.0000006		
Total	0.000062	35			

El análisis de varianza muestra que el tipo de hidrocoloide, concentración, y la interacción hidrocoloide-concentración, presentaron efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el volumen específico de pan tipo Francés. Pero a diferencia de la interacción hidrocoloide-tiempo, no se presenta un efecto significativo ($p > 0.05$).

Mandala y otros (2007) obtuvieron panes completamente horneados con valores de volumen específico más altos que las muestras control ($p < 0.05$), lo cual es un resultado esperado cuando se adicionan hidrocoloides (goma de algarroba, goma guar, xantana e hidroxipropilmetilcelulosa) en la elaboración del pan, estos resultados son similares a los obtenidos en esta presente investigación, ya que se obtuvo un efecto significativo también ($p < 0.05$).

Ribotta y otros (2005) estudiaron la interacción de los hidrocoloides (alginato, k-carragenina, l-carragenina, goma de algarroba, goma guar, goma xantana y metoxilpectina) a una concentración de 0.5% y la proteínas de gluten sonificado sobre el volumen específico, obteniendo que los hidrocoloides alginato, goma guar y metoxilpectina incrementaron el volumen específico significativamente ($p < 0.05$), con valores de $376 \text{ cm}^3/100\text{g}$, $360 \text{ cm}^3/100\text{g}$ y $355 \text{ cm}^3/100\text{g}$ respectivamente, por el contrario la goma xantana causó una caída en el volumen específico de las muestras, obteniéndose un resultado de $304 \text{ cm}^3/100\text{g}$.

Pérez (2008) mostró resultados estadísticos para volumen específico de las piezas de pan evaluados, donde se obtuvo la media total para las piezas de pan adicionadas con HPMC o pectina, así como la de la muestra control. No se observa una diferencia significativa entre los panes adicionados con HPMC y el pan testigo ($p < 0.05$); por otra parte, el pan adicionado con pectina presentó un mayor volumen específico respecto a las demás muestras ($p > 0.05$), en este caso se realizó un estudio de comparación múltiple de la concentración como un factor anidado al hidrocoloide sobre el volumen específico de los panes.

En el Cuadro 11, se presenta la prueba de Duncan aplicada a los valores de volumen específico en el pan tipo francés. A partir de esta prueba se determinó que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de 4 subgrupos, donde se observa en el subgrupo 4 a los valores más altos de volumen específico, evaluados durante el tiempo de almacenamiento, donde los panes obtenidos con goma tara al 0.3%, presentaron mayor volumen específico de $0.0230 \text{ m}^3/\text{kg}$, además este valor fue

similar al tratamiento control con $0.0229 \text{ m}^3/\text{kg}$, evaluado también a las 3 horas de almacenamiento. Además se observa que el uso de goma guar disminuye el volumen específico de los panes tipo francés evaluados durante el tiempo de almacenamiento.

Resultados parecidos sobre la goma guar fueron observados por Ashwini y otros (2009) quienes estudiaron el efecto de hidrocoloides (goma arábica, goma guar, xantana, carragenina y HPMC) a una concentración de 0.5%, también se utilizaron emulsificadores sobre las características reológicas, microestructurales y de calidad de un queque sin huevo, entre los análisis tuvieron como resultado que solo la adición de HPMC incrementó el volumen específico de 730 a $760 \text{ cm}^3/450\text{g}$, la goma arábica y xantana no mostraron ningún tipo de mejora en el volumen, mientras que la goma guar y carragenina disminuyeron el volumen, esto puede ser explicado por medio de la diferencia en las propiedades dieléctricas de los diferentes hidrocoloides, la influencia de los mismos sobre el volumen final del queque es debido al incremento de la viscosidad de la mantequilla que reduce el rango de difusión del gas y permite su retención durante la primera fase de horneado.

Pérez (2008) argumenta que los hidrocoloides tienen la tendencia a aumentar y mejorar el volumen específico del pan, esto no sucedió con la goma guar, ya que su efecto sobre el volumen específico del pan almacenado durante el tiempo transcurrido no fue satisfactorio a diferencia de la goma tara, esto puede deberse a que durante el proceso de elaboración del pan, ya sea en el amasado, boleado y formado de la masa se va generando la estructura del gluten, la cual retiene el gas producido durante la posterior fermentación para alcanzar el volumen deseado.

Cuadro 11. Prueba de Duncan para los valores de volumen específico (m³/kg)

Hidrocoloides	Concentración (%)	Tiempo de almacenamiento (h)	Subgrupo			
			1	2	3	4
Goma guar	0.1	6	0.0195			
Goma guar	0.1	9	0.0196			
Goma guar	0.1	3	0.0205	0.0205		
Goma guar	0.3	9		0.0216	0.0216	
Goma tara	0.1	9		0.0217	0.0217	0.0217
Goma guar	0.3	6		0.0218	0.0218	0.0218
Control		6			0.0222	0.0222
Control		9			0.0223	0.0223
Goma guar	0.3	3			0.0224	0.0224
Goma tara	0.1	3			0.0225	0.0225
Goma tara	0.3	9			0.0226	0.0226
Goma tara	0.1	6			0.0226	0.0226
Goma tara	0.3	6			0.0228	0.0228
Control		3			0.0229	0.0229
Goma tara	0.3	3				0.0230

V. CONCLUSIONES

- La adición de los hidrocoloides (goma guar y goma tara) a diferentes concentraciones (0.1% y 0.3%) tuvo efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el contenido de humedad, textura y volumen específico en el pan tipo francés durante el tiempo de almacenamiento.
- La adición de goma guar al 0.1% en pan francés permitió obtener el contenido de humedad (22.39%) más adecuado y mejor textura (8.18N), no habiendo efecto significativo en cuanto al volumen específico.
- La goma tara en ambas concentraciones (0.1% y 0.3%) mantuvieron el rango de los valores de volumen específico, teniendo su valor más alto a una concentración de 0.3% con un volumen específico de 0.0230 m³/kg, siendo un valor muy favorable.
- El tiempo de almacenamiento influye directamente sobre las características de humedad, textura y volumen específico del pan tipo francés; este efecto es contrarrestado o retrasado con el uso de los Hidrocoloides a diferentes concentraciones (0.1% y 0.3%).

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la ampliación del presente trabajo de investigación, para complementar los resultados obtenidos, evaluando más variables independientes como: parámetros de textura más específicos, como dureza, fracturabilidad, realizar pruebas de aceptabilidad general.
- Evaluar los efectos de la adición de los hidrocoloides sobre las características de la masa panaria.
- Evaluar el efecto de los hidrocoloides aumentando el tiempo de almacenamiento.
- Realizar pruebas de optimización de la adición de Hidrocoloides en el pan.
- Realizar estudios que indiquen la factibilidad del uso de Hidrocoloides de manera industrial como aditivo .

VI. BIBLIOGRAFÍA

Altolaquirre, J. Paráges, A. 2009. Guía de ayuda para el autocontrol en panaderías y Pastelerías artesanales. Primera edición. Editado por Consejería de salud y servicios sanitarios y agencia de salud y consumo.

AOAC INTERNATIONAL. *Official methods of analysis*. 16^a ed., 3^a rev. Gaithersburg: Published by AOAC International, 1997. v.2, cap. 32, p.1-43.

Ashwini, A. R. Jyotsna, D.Indrani.2009. Food Hydrocolloids. Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. Vol (23),p. 700-707.

Badui, D. 2006. Química de los Alimentos. Cuarta edición. Cap. 2, p.97 Pearson educación. México.

Bárcenas, M.Benedito, C. Rosell C.2003. Use of hidrocolloids as bread improvers in interrupted baking process with frozen storage.Food Hydrocolloids.Vol (18),p.769-774.

Barrera, G.Bassi, E. Reyes, M. León A. Ribotta, P.2012.Efecto de diferentes fracciones de harinas de trigo para pan obtenidas con molino industrial sobre la calidad de galletitas dulces. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.

Bernabé, M. Albiñana, L.I. Pérez, L. 2007. La masa madre: El secreto del pan. Investigación y Desarrollo Panadero. Artículos técnicos, pág. 51-62.

Buitrón, P. 2006. Principales aditivos utilizados en la Panificación. Revista Industria Alimentaria.Vol (28), p.36-39. México.

Collar,C. Martínez, A. Rosell, C.2001. Lipid binding of fresh and stored formulated wheat breads: Relationships with dough and bread technological performance. Food Hydrocolloids. Vol.7, p. 467-475.

De La Llave A.J.2004. Efecto de la adición de fibra soluble sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en un producto de panificación. Universidad de las Américas Puebla. Escuela de Ingeniería Departamento de Ingeniería Química y Alimentos. Cholula, Puebla, México.

De la O, Keller.2008. Efecto de la adición de Hidrocoloides sobre la calidad y el envejecimiento de pan recalentado en horno de microondas. Universidad de las Américas Puebla. México.

Eliasson, A. Larsson, K.1993. Cereals in Breadmaking:A Molecular colloidal approach. Marcel Dekker. Vol.4,p. 67-110.New York. Estados Unidos.

Espinal, V. 1997. Patente española 2 103 209. Sistema de envasado para conservación sin frio de masas panificables listas para la cocción. Oficina española de patentes y marcas.

Ghodke, S. 2009. Effect of Guar Gum on Dough Stickiness and Staling in Chapatti—An Indian Unleavened Flat Bread. *International Journal of Food Engineering*. Vol (5), p. 110-117.

Ghodke, S. Ananthanarayan, L. 2007. Influence of additives on rheological characteristics of whole-wheat dough and quality of chapatti (Indian unleavened flat bread) Part I-hydrocolloids. *Food Engineering and Technology Department. Institute of chemical technology. University of Mumbai*. Vol (21), p.110-117.

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

INTI, Instituto Nacional de Tecnología Industrial. 2009. Cuadernillos para Unidades de Producción. 3ra Edición. Ediciones del INTI. Pág.11-17.

Kapetanakou A., I. Mandala, A. Kostaropoulos. 2007. Physical properties of breads containing hydrocolloids stored at low temperature: II—Effect of freezing. *Food Hydrocolloids*. Vol (22), p. 1443–1451.

Mandala, I. Karabela, D. Kostaropoulos, A. 2007. Physical properties of breads containing hydrocolloids stored at low temperature. I. Effect of chilling. *Food Hydrocolloids*. Vol (21), p. 1397-1406.

Mesas, J. Alegre M. 2002. El pan y su Proceso de elaboración. *Ciencia y Tecnología Alimentaria. Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología de Alimentos*. Vol (3), p. 307-313.

MINSA. MINISTERIO DE SALUD. 2011. Dirección General de Salud Ambiental. Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería.R.M. N° 1020-2010/MINSA.Lima-Perú.

MINSA. MINISTERIO DE SALUD. 2009.Tablas peruanas de composición de alimentos.Instituto Nacional de Salud. Octava edición.Pág.16.

Pasquel, A. 2001. Gomas: una aproximación a la Industria de Alimentos. Revista Amazónica de Investigación Alimentaria. Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Vol (1), p.1-8.

Pérez, G.2008. Efecto del uso de Hidrocoloides en la calidad sensorial y las propiedades de pan de sal recalentado en horno de microondas . Universidad de las Américas Puebla Escuela de Ingeniería Departamento de Ingeniería Química y Alimentos. Cholula, Puebla, México.

Quaglia, G.1991.Ciencia y Tecnología de la panificación. Libro Zaragoza. Editorial Acribia. Página 485.

Ribotta, P. Ausar, S. Beltramo, D. León, A.2005. Interactions of hydrocolloids and sonicated-gluten proteins.Food Hydrocolloids.Vol (19), p. 93-99.

Rodríguez, V. 2006. Las Gomas, Excelencia en Funcionalidad. Revista Industria alimentaria. Alfa Editores Técnicos. Pág 43-45.

Ronda, F. Caballero, P. Quilez, C. Yrjö, H. Roos. 2010. Staling of frozen partly and fully baked breads. Study of the combined effect of amylopectin recrystallization and water content on bread firmness. Journal of Cereal Science. Vol (21), p. 167-173.

Rosell C. Rojas J. Benedito C. 2001. Influence of Hydrocolloids on dough rheology and bread quality. Food Hydrocolloids, Vol (15), p. 75-81.

Singh, G. Haros, M. Rosell, C. 2004. Improving the texture and delaying staling in rice flour chapati with hydrocolloids and α -amylase. Journal of Food Engineering. Vol (65), p. 89-94.

Stanley P.C. y Young L.J., 2002. Fabricación de pan. Editorial Acribia S.A. 1era Edición. Zaragoza (España).

Stone, H. Sidel, J.L. 2004. Sensory Evaluation Practices. Tercera edición. El Sevier Academic. Pág. 12-25.

Velásquez J., 2010, Libro de Curso de Panadería y Panificación. Slideshare. Pág 6-25.

VIII. ANEXOS

Anexo 1.

Valores de humedad, textura y volumen específico a las 3 horas de almacenamiento.

Hidro	Repetición	Hidrocoloides	Concentración (%)	Tiempo de almacenamiento (h)	Humedad (%)	Textura (N)	Volumen específico (m ³ /kg)
1		Control			20.935	6.636	0.022
2		Goma guar	0.1		21.215	11.735	0.021
2	Rep 1	Goma guar	0.3		22.814	13.055	0.023
3		Goma tara	0.1		23.684	14.492	0.024
3		Goma tara	0.3		18.654	12.541	0.023
1		Control			23.328	6.862	0.023
2		Goma guar	0.1		23.358	14.978	0.02
2	Rep 2	Goma guar	0.3	3	22.42	10.111	0.022
3		Goma tara	0.1		23.935	14.564	0.022
3		Goma tara	0.3		18.449	15.455	0.023
1		Control			22.294	6.644	0.023
2		Goma guar	0.1		22.497	14.691	0.02
2	Rep 3	Goma guar	0.3		22.287	10.453	0.022
3		Goma tara	0.1		23.819	14.231	0.022
3		Goma tara	0.3		18.777	14.877	0.023

Anexo 2. Valores de humedad, textura y volumen específico a las 6 horas de almacenamiento.

Hidro	Repetición	Hidrocoloides	Concentración (%)	Tiempo de almacenamiento (h)	Humedad (%)	Textura (N)	Volumen específico (m ³ /kg)
1		Control			17.648	9.946	0.022
2		Goma guar	0.1		22.072	11.694	0.019
2	Rep 1	Goma guar	0.3		23.013	11.823	0.023
3		Goma tara	0.1		20.58	14.783	0.024
3		Goma tara	0.3		22.112	15.271	0.023
1		Control			19.406	10.06	0.022
2		Goma guar	0.1		22.652	14.961	0.02
2	Rep 2	Goma guar	0.3	6	22.219	11.745	0.021
3		Goma tara	0.1		21.17	14.789	0.022
3		Goma tara	0.3		22.807	14.186	0.023
1		Control			20.335	9.655	0.022
2		Goma guar	0.1		22.457	14.797	0.02
2	Rep 3	Goma guar	0.3		22.938	11.163	0.021
3		Goma tara	0.1		21.696	14.386	0.022
3		Goma tara	0.3		22.784	13.85	0.022

Anexo 3. Valores de humedad, textura y volumen específico a las 9 horas de almacenamiento.

Hidro	Repetición	Hydrocoloides	Concentración (%)	Tiempo de almacenamiento (h)	Humedad (%)	Textura (N)	Volumen específico (m ³ /kg)
1		Control			18.755	14.118	0.023
2		Goma guar	0.1		17.548	7.829	0.02
2	Rep 1	Goma guar	0.3		24.342	13.913	0.023
3		Goma tara	0.1		18.092	5.882	0.022
3		Goma tara	0.3		19.913	7.395	0.023
1		Control			19.882	12.905	0.022
2		Goma guar	0.1		16.097	8.518	0.019
2	Rep 2	Goma guar	0.3	9	23.601	14.019	0.021
3		Goma tara	0.1		17.333	5.643	0.022
3		Goma tara	0.3		21.247	6.914	0.022
1		Control			19.608	13.955	0.022
2		Goma guar	0.1		17.91	8.193	0.019
2	Rep 3	Goma guar	0.3		24.213	14.203	0.021
3		Goma tara	0.1		17.325	5.8	0.021
3		Goma tara	0.3		19.748	7.464	0.023

Anexo 4. Medias estadísticas de humedad, textura y volumen específico a las 3 horas de almacenamiento.

Hidrocoloides	Concentración (%)	Tiempo de almacenamiento (h)	Medidas estadísticas	Humedad (%)	Textura (N)	Volumen específico (m ³ /kg)
Control		3	Media	22.19	6.71	0.0229
			Desviación estándar	1.20	0.13	0.0007
Goma guar	0.1	3	Media	22.36	13.80	0.0205
			Desviación estándar	1.08	1.80	0.0003
Goma guar	0.3	3	Media	22.51	11.21	0.0224
			Desviación estándar	0.27	1.61	0.0005
Goma tara	0.1	3	Media	23.81	14.43	0.0225
			Desviación estándar	0.13	0.17	0.0010
Goma tara	0.3	3	Media	18.63	14.29	0.0230
			Desviación estándar	0.17	1.54	0.0003

Anexo 5. Medias estadísticas de humedad, textura y volumen específico a las 6 horas de almacenamiento.

Hidrocoloides	Concentración (%)	Tiempo de almacenamiento (h)	Medidas estadísticas	Humedad (%)	Textura (N)	Volumen específico (m ³ /kg)
Control		6	Media	19.13	9.89	0.0222
			Desviación estándar	1.36	0.21	0.0001
Goma guar	0.1	6	Media	22.39	13.82	0.0195
			Desviación estándar	0.30	1.84	0.0001
Goma guar	0.3	6	Media	22.72	11.58	0.0218
			Desviación estándar	0.44	0.36	0.0013
Goma tara	0.1	6	Media	21.15	14.65	0.0226
			Desviación estándar	0.56	0.23	0.0009
Goma tara	0.3	6	Media	22.57	14.44	0.0228
			Desviación estándar	0.39	0.74	0.0005

Anexo 6. Medias estadísticas de humedad, textura y volumen específico a las 9 horas de almacenamiento.

Hidrocoloides	Concentración (%)	Tiempo de almacenamiento (h)	Medidas estadísticas	Humedad (%)	Textura (N)	Volumen específico (m ³ /kg)
Control		9	Media	19.41	13.66	0.0223
			Desviación estándar	0.59	0.66	0.0008
Goma guar	0.1	9	Media	17.18	8.18	0.0196
			Desviación estándar	0.96	0.34	0.0004
Goma guar	0.3	9	Media	24.05	14.05	0.0216
			Desviación estándar	0.40	0.15	0.0015
Goma tara	0.1	9	Media	17.58	5.78	0.0217
			Desviación estándar	0.44	0.12	0.0002
Goma tara	0.3	9	Media	20.30	7.26	0.0226
			Desviación estándar	0.82	0.30	0.0004

Anexo 7

Imágenes del procedimiento de la elaboración de pan francés con adición de Hidrocoloides.

Mezclado y amasado de forma manual de ingredientes



Amasado en maquina



Cortado de masa



Boleado y formado del pan



Formado del pan y colocación en bandejas



Fermentación en bandeja



Enfriamiento de pan en bandeja



Almacenamiento de pan en bolsas plásticas de polietileno



Análisis de textura de pan tipo francés.



Análisis de humedad de muestras de pan tipo francés.



Análisis de volumen específico de pan tipo francés.

