



UNAM

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Química

**CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA DEL GLUTEN EN HARINAS
ENRIQUECIDAS CON SALVADO Y GERMEN PARA LA ELABORACIÓN DE
NUEVOS PRODUCTOS**

T E S I S

Que para obtener el título de:

Químico de Alimentos

Presenta:

ERNESTO LAGUNA SERRANO



MÉXICO, D.F.

**EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUÍMICA**

2004





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Jurado Asignado:

Presidente Prof. Olga Velázquez Madrazo
Vocal Prof. Francisco Javier Casillas Gómez
Secretario Prof. Ma. del Rocío Santillana Hinojosa
1er. suplente Prof. Alfredo Salazar Zazueta
2do. suplente Prof. Karla Mercedes Díaz Gutiérrez

Sitios donde se desarrolló el tema:

Laboratorio 4-B, Departamento de Alimentos y Biotecnología, Edificio A, Facultad de Química UNAM.

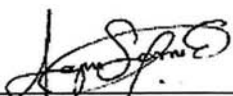
Instituto Nacional de Ciencias Medicas y Nutrición Salvador Zubirán
Vasco de Quiroga 15. Delegación Tlalpan. C.P. 14000 México, DF.

Asesor



M. en C. Ma. del Rocío Santillana Hinojosa

Sustentante



Ernesto Laguna Serrano

Agradecimientos

Esta tesis fué realizada con el apoyo otorgado por el Colegio de Profesores y la sección 024 del AAPAUNAM. Por haber sido designada ganadora de la cátedra "Fernando Orozco Díaz y Fernando González Vargas"

En el año 2004.

A mis amis Padres

A mis Hermanos

Al Departamento de Alimentos y Biotecnología de la F.Q.

A mis profesores

En especial a :

Rocio Santillana, Olga Velásquez, Hilda Calderón, Beatriz Serrano, Patricia Severiano,

A mis amigos de la F.Q. por su apoyo incondicional.

Mi banda:

Miguel Angel Ramírez, Oscar Barron, José Chavez, Eduardo Velásquez, Ruben, Saúl

Iván Villalpando, Irene Estrada Verónica Pimentel, Iralda, Karina.

Manuel Escareño, Moisés García, Jhaziel, Azael, Francisco Guzman, Luis Villanueva

Victor, Rafael, Alfonso, Manuel, Noemí, Monica, Lola, Juanita, Eleanet, Isabel

Alvarado, Silvia Citlalli, JoséLuis, Juan José. Oscar Rendón. Armando, Carmen

Magdaleno

Laguna Serrano Ernesto

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	7
1. ANTECEDENTES	9
1.1 Importancia de los cereales en la alimentación	9
1.2 Producción de trigo	10
1.3 Composición química	12
1.4. Molienda de trigo	13
1.5 El gluten en productos de panificación	18
1.6 Productos enriquecidos con fibra	20
1.7 El farinógrafo en reología de masas	23
1.8 Mejoradores de masas	25
1.9 Hidrocoloides	25
2.0 Evaluación sensorial	31
2 OBJETIVOS	33
2.1 General	33
2.2 Particulares	33
3 MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1 Diagrama de trabajo	34
3.2 Materiales	35
3.3 Métodos	35
3.3.1 Determinación de material extraño y sanidad	35
3.3.2 Análisis químico	36
3.3.3 Determinaciones tecnológicas y fisicoquímicas	36
3.3.4 Evaluación reológica	36
3.3.5 Prueba de Panificación	36
Determinación de volumen del pan por desplazamiento de semilla de colza y/o pasta de munición	39
3.3.6 Evaluación sensorial	39

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
4.1 Aspecto sanitario general.....	43
4.2 Análisis proximal.....	44
4.3 Determinaciones tecnológicas y fisicoquímicas.....	47
4.3.1 Granulometría	47
4.3.2 Determinación del pH.....	50
4.3.3 Acidez titulable.....	51
4.3.4 Determinación de Pigmentos.....	52
4.4 Parámetros reológicos en Farinógrafo de Brabender.....	53
4.5 Prueba de panificación.....	60
4.5.1 Determinación de volumen del pan	60
4.5.2 Determinación de vida de anaquel	62
4.5.3 Evaluación sensorial	65
CONCLUSIONES.....	68
Recomendaciones.....	69
BIBLIOGRAFÍA.....	70
ANEXOS.....	75
Anexo 1. Material extraño	75
Anexo 2. Métodos.....	75
Análisis químico	75
Determinaciones tecnológicas y fisicoquímicas.....	77
Prueba de panificación.....	79
Anexo 3. Gomas de uso alimentario	81
Anexo 4. Parámetros reológicos en el Farinógrafo de Brabender.....	86
Evaluación reológica	88
Anexo 5. Elaboración de pan de caja a diferentes concentraciones de goma	89
Pan de caja con harina refinada y NaCMC, κ -Carragenina y Xantana	89
Anexo 6. Evaluación sensorial	90

Cuestionario prueba triangular.....91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales países productores de trigo (2003).....	10
Tabla 2. Constituyentes del trigo (%) y valores calóricos de diferentes partes del grano.....	12
Tabla 3. Composición de harinas de trigo sin fortificar a diferentes relaciones de extracción de germen y salvado de trigo	17
Tabla 4. Clasificación de algunas gomas	27
Tabla 5. Aspecto sanitario general	43
Tabla 6. Análisis Proximal	44
Tabla 7. Número de malla correspondiente a cada tamiz, y su abertura en mm.....	47
Tabla 8. Determinación del pH.	50
Tabla 9. Determinación de Acidez titulable.	51
Tabla 10. Determinación de pigmentos.....	52
Tabla 11. Muestras de harinas sin la adición de hirocoloides.....	53
Tabla 12. Resultados de los farinogramas obtenidos con harina refinada y con adición de hidrocoloides (gomas)	56
Tabla 13. Volumen del pande caja	60
Tabla 14. Determinación vida de anaquel por pérdida de humedad, muestra: harina refinada	62
Tabla 15. Determinación vida de anaquel por pérdida de humedad, muestra: harina integral.....	63
Tabla 16. Determinación vida de anaquel por pérdida de humedad, muestra: Mezcla (1) Harina refinada-harina integral (3:2)	64
Tabla 17. Diferentes concentraciones de hidrocoloide.....	65
Tabla 18. Aleatorización de las muestras y análisis estadístico para la prueba triangular	66
Tabla 19. Factor respectivo para obtener el valor real de proteína.....	76
Tabla 20. Nivel de aplicación κ -Carragenina:.....	81
Tabla 21. Especificaciones: κ -Carragenina	82
Tabla 22. Diferentes concentraciones de goma NaCMC, κ -Carragenina y Xantana.....	89
Tabla 23. Comparación entre el control y cada una de los hidrocoloides a diferentes concentraciones.....	90

Tabla 24. Valores teóricos para la Ji cuadrada, para diferentes niveles de significancia	92
Tabla 25. Aleatorización de las muestras y análisis estadístico para la prueba triangular	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sección longitudinal de un grano de trigo	13
Figura 2. Proteínas del trigo y sus diferentes fracciones (Pomeranz) (21)	18
Figura 3. Efecto que la estructura proteica del grano tiene en las propiedades viscoelásticas de la proteínas hidratadas (Scade John) (26)	20
Figura 4. Estructura química de los principales componentes de la fibra dietética en cereales.....	23
Figura 5. Farinógrafo de Brabender en el que se muestran algunos de sus elementos.	24
Figura 6. Farinograma correspondiente a harina refinada, sin adición de hidrocoloides.....	55
Figura 7. Farinograma correspondiente a harina integral, sin adición de hidrocoloides.....	55
Figura 8. Farinograma correspondiente a harina refinada con NaCMC	57
Figura 9. Farinograma correspondiente a harina refinada, con Xantana.....	57
Figura 10. Farinograma correspondiente a harina Integral, con κ -arragenina.....	58
Figura 11. Farinograma correspondiente a harina Integral, con Xantana.....	58
Figura 12. Farinograma correspondiente a Mezcla harina refinada y harina integral (2:3) con Xantana[0.50%]	59
Figura 13. Curva típica de un farinograma y parámetros de evaluación.....	86

INTRODUCCIÓN

La harina de trigo se utiliza para obtener una gran variedad de productos alimenticios que son únicos gracias a los atributos de aquella, ya que al añadir agua y amasar se forma una masa visco-elástica y cohesiva (el gluten), el cual se desarrolla gracias al esfuerzo mecánico, que junto con otros componentes de la harina quedan integrados en una red formando una matriz compleja (almidón-proteína-lípidos) (Wong) (30). El gluten es un complejo formado principalmente por glutenina y gliadina, proteínas que están determinadas genéticamente y son las principales responsables de las propiedades reológicas de la masa, éstas juegan un papel importante en la calidad del producto y es necesaria su determinación para predecir el comportamiento de distintos tipos de harinas durante el proceso de panificación. Por otra parte la calidad del gluten puede ser medida a través del análisis de masas (harina y agua) con instrumentos de reología tales como: el mixógrafo, alveógrafo, y el farinógrafo. Estos proporcionan información de las características de las masas que muestran buena correlación con los resultados de la panificación. La reología es la ciencia que estudia las propiedades de flujo y deformación de la materia al aplicarle una fuerza. Es capaz de darnos información sobre el tamaño y forma de las macromoléculas así como de los coloides, por otra parte, tiene indudables aplicaciones prácticas en tecnología de alimentos y la industria farmacéutica. Interesantes propiedades tales como: textura, y consistencia dependen en gran medida de las propiedades de flujo y deformación. También dependen de ellas apreciaciones sensoriales subjetivas, que muchas veces determinan la aceptación o no del producto por el público. (Sanz) (25).

De los equipos mencionados anteriormente el sistema habitualmente usado para medir las características reológicas de las masas es el Farinógrafo de Brabender. El fundamento de este equipo consiste en examinar el comportamiento de una harina durante el amasado, en otras palabras el comportamiento de las proteínas durante ese esfuerzo físico. (Fuerzas de amasado). El equipo registra la plasticidad y características de mezclado en una curva (farinograma) donde se calculan los parámetros: absorción de agua, la estabilidad e índice de tolerancia. De éstos el porcentaje de absorción de agua y la estabilidad son utilizados como buenos indicadores de las características del procesamiento en la producción comercial del producto final. Esta herramienta permite caracterizar las fuerzas de deformación en términos de esfuerzo y tensión del sistema en relación con el tiempo. Además, integrado al análisis químico, la evaluación sensorial y las determinaciones tecnológicas aplicadas a las harinas permiten el control de calidad y evaluación de productos horneados.

A pesar de que la harina integral tiene aproximadamente un 1% más de proteínas que la harina refinada, lo cierto es que este porcentaje adicional no se encuentra en las proteínas de gluten, lo cual hace que la masa del pan integral sea en cierto modo más débil que la del pan blanco. A menudo a la harina de trigo integral se le añade gluten fuerte y otros mejoradores para masas con el fin de compensar la falta de consistencia. Este es un factor que limita la calidad del producto final, además la presencia de fracciones de salvado modifica el comportamiento reológico del gluten formado e hidratado, provocando mayor absorción de agua durante el amasado, tiempos de consistencia más prolongados y puede producir inestabilidad de las masas.

1. ANTECEDENTES

1.1 Importancia de los cereales en la alimentación

Históricamente los cereales, constituyen un grupo de plantas de gran importancia para la humanidad, ya que son el alimento que contribuye con el mayor aporte energético para el organismo. Son ricos en proteínas, vitaminas y minerales, su importancia estriba en que son fáciles de almacenar y transportar, además se conservan por mucho tiempo, se transforman con facilidad en otros alimentos y se les puede utilizar como materia prima o como producto elaborado. Estos pertenecen a un grupo de plantas de la familia de las gramíneas presentes en prácticamente todos los países del mundo. El cultivo de cualquier cereal es relativamente sencillo y de bajo costo. Los principales cereales que se consumen son el trigo, el arroz, el maíz, el centeno, la cebada, la avena y el mijo. El desarrollo en la siembra de los cereales se ha dado dependiendo de la ubicación, el clima, los tipos de tierra y los hábitos de consumo de los pobladores, que esta estrechamente relacionada con su cultura. El trigo se consume principalmente en los países de Europa y el Norte de América, el maíz en Norte, Centro y Sudamérica, el arroz en Asia y en África además del mijo, también se consume trigo y ahora maíz. La avena y el centeno se consumen en menor proporción por los países del norte del planeta.

1.2 Producción de trigo

El trigo es una planta anual cultivada como alimento desde tiempos prehistóricos por los pueblos de las regiones templadas; ahora es el cereal más importante de dichas regiones, y uno de los más consumidos del mundo.

La producción mundial de trigo en el año 2003 fue aproximadamente 556 millones de toneladas métricas. China fue el principal productor, con 86.1 millones de toneladas. Le siguen la India con 65.1, Estados Unidos 63.5, Federación Rusa 34.0, Francia 30.5, y Canadá 23.5. Mientras que en México la producción fue de 3.2 millones toneladas métricas. Tabla 1

Tabla 1. Principales países productores de trigo (2003)¹

Pais	Toneladas métricas (MT)	Superficie cultivada Hectáreas (Ha)	Producción hectogramos / hectárea (Hg/Ha)
Argentina	14,530,000	7,000,000	20,757
Brasil	5,899,800	2,488,150	23,712
Canadá	23,552,000	10,467,400	22,500
China	86,100,250	22,040,070	39,065
Francia	30,582,000	4,905,000	62,349
India	65,129,300	24,886,200	26,171
México	3,000,000	626,517	47,884
Federación Rusa	34,062,260	19,960,400	17,065
Estados Unidos	63,589,820	21,383,410	29,738
Total (mundial)	556,348,627	208,765,010	26,650

¹ FAO Database (32)

El trigo es desde el punto de vista botánico, una planta de la familia *Gramíneas* (*Gramineae*), pertenece al género *Triticum*, existe un gran número de especies, aún perteneciendo todas al mismo género. Existen muchas especies de trigo, aunque se comercializan solo cuatro: *Triticum aestivum*, *Triticum monoccum*, *Triticum durum* y *Triticum turgidum*. Este se consume a través del pan, galletas, pasteles, pastas para sopa, tortillas, hojuelas, pulidos, en harinas refinadas o integrales, e incluso se hacen todo tipo de bebidas.

Actualmente en México se producen dos clases de trigo que presentan interés desde el punto de vista comercial. La norma Mexicana (NMX-FF-036-1994) (17) establece especificaciones de las especies más importantes de trigo (*Triticum aestivum* y *Triticum durum*) y define 5 grupos de calidad; ésta se basa en la evaluación de los atributos del grano: (peso hectolítrico, material extraño, granos dañados, contenido de humedad y cenizas).

La norma no considera características de calidad del gluten, que son las que finalmente determinan el desempeño que tiene el trigo para procesos específicos, tales como:

- La de la panificación con levadura
- La galletería, pastelería y elaboración de productos afines leudados con compuestos químicos.
- La producción de pastas.

1.3 Composición química

La cariósida madura de los cereales está compuesta de carbohidratos, compuestos nitrogenados, lípidos, vitaminas y sales minerales. Estos granos son clasificados como alimentos almidonosos, puesto que todos ellos contienen más de 60% de almidón.

Tabla 2. Constituyentes del trigo (%) y valores calóricos de diferentes partes del grano²

Parte del grano	Proteína cruda	Lípidos	Almidón	Azúcares reductores	Pentosanos ³	Celulosa	Cenizas	Calorías
Grano entero	12.1	1.8	59.2	2.0	6.7	2.3	1.8	314
Pericarpio	7.6	0.0	0.0	0.0	34.9	34.8	5.1	177
Aleurona	24.3	8.1	0.0	0.0	39	11.1	11.1	247
Endospermo	8.0	1.6	72.6	1.6	1.4	0.5	0.5	348
Embrión y escutelo	26.3	10.1	0.0	26.3	6.6	4.6	4.6	354

(Klaus J Lorenz) (10)

El grano se divide en tres diferentes partes: endospermo constituye 83%, el salvado con 14% y el germen 3% figura 1. La composición química de las diferentes partes morfológicas se presenta en la tabla 2. La variedad y las condiciones de cultivo afectan la composición química del trigo.

² 14% de humedad.

³ Con todos los carbohidratos.

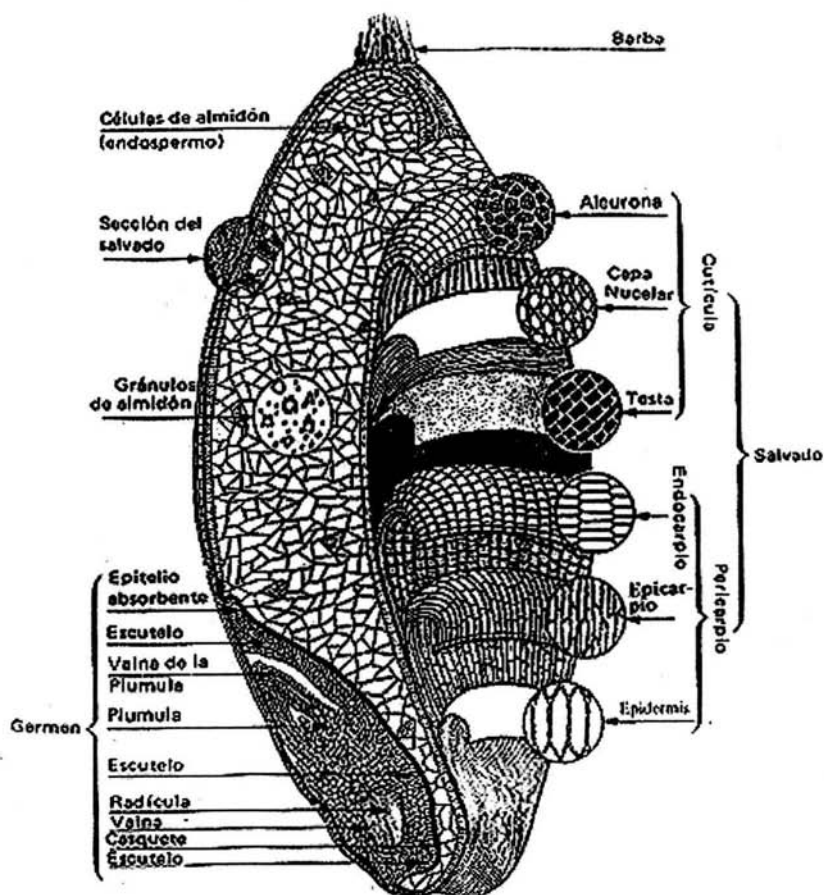


Figura 1. Sección longitudinal de un grano de trigo

1.4. Molienda de trigo

Se sabe que el hombre prehistórico sedentario, hace aproximadamente 10,000 años, utilizó distintos artefactos para la molienda primitiva de granos. Existen

claras evidencias del uso de morteros de piedra, metates e instrumentos similares, el grano parcialmente quebrado o molturado era más fácil de masticar ya que requería de menos energía y tiempo para cocinarse. Estos métodos fueron perfeccionándose con la introducción del molino de mano sobre una piedra hueca alrededor de 4000 años a.d.C. Estas piedras son las primeras señales de las técnicas de pulverización que iban a seguir. Las piedras giratorias, una de las cuales rodaba sobre la otra, fueron utilizadas alrededor del año 2000 a.d.C. Las hacían funcionar esclavos o los animales. Estas piedras estaban divididas en ranuras radiales para facilitar la separación de las partículas más pequeñas. Los griegos introdujeron el molino de una sola rueda sobre el año 500 a.d.C. Unos 200 años más tarde estas ruedas son remplazadas por las ruedas de agua romanas, con varias piedras. Desde el año 600 a.d.C. Los molinos de viento se usaron como motores de fuerza, siendo remplazados por la máquina de vapor hacia el año 1780-1800. A fines del siglo XIX, los rodillos de metal sustituyeron las piedras de molino.

Actualmente para moler la harina se usa de forma universal la energía eléctrica. Por definición: se entiende por harina de trigo, al producto que se obtiene por molienda y tamizado de granos de trigo (*Triticum vulgare* y *Triticum durum*), sanos limpios, enteros o quebrados, sin cáscara, con un 73% de extracción mínimo aproximado, adicionado o no de aditivos permitidos (NMX-F007-1982) (16)

Los antiguos egipcios usaban un cedazo con el fin de producir harina relativamente fina, pero no fue hasta el año 1881 en que con la introducción de rodillos de acero pudo empezar a comercializarse la harina blanca tal como hoy la conocemos (Scade John)(26)

La pulverización del grano es un trabajo totalmente mecanizado, en el cual el trigo se somete a diversos tratamientos antes de convertirlo en harina, en los que se obtienen una serie de productos de características químicas diversas por ejemplo, el acondicionamiento o atemperado del trigo consiste en añadir agua al grano seco y dejarle reposar durante un periodo de tiempo, antes de molerlo. El objetivo del acondicionamiento tiene dos vertientes: 1).-Poner correoso el salvado para que se resista a ser dividido en pequeños trozos durante la molienda y 2).-ablandar y suavizar el endospermo para facilitar la molienda. La cantidad de agua que se añade al trigo varía dependiendo del contenido acuoso y dureza del grano. El trigo suave generalmente se acondiciona a 15-15.5% de humedad, mientras que el trigo duro se acondiciona a 16.5%. El tiempo que se concede para que el agua penetre al grano, también varía con la dureza de este. El trigo suave necesita tiempos mucho más cortos para el acondicionamiento que el trigo duro. (Hoseney) (23)

La obtención de la harina se lleva a cabo en molinos de reducción gradual, en los cuales se separa el salvado y el germen a través del cribado o tamizado, quedando principalmente el endospermo que a su vez es pulverizado y representa entre el 72 y 75% del grano (harina blanca o refinada). Tales valores llevan el nombre de rendimiento de molienda o grado de extracción la cual se refiere a la eficiencia de proceso y es usada para definir los grados de harina. Si el valor se aproxima al 100% implica la presencia de subproductos de la molienda (harinas enriquecidas con salvado y germen o harinas integrales)

Depende del tipo de harina y el uso que tenga, pero se considera que la harina blanca debe tener un 85 al 95% de extracción con tamaño de partícula menor a 150 μ m. es decir que pase la malla # 80. Las partículas deben ser lo más

uniformes posibles recomendándose las siguientes granulometrías aún dependiendo del tipo de trigo.

- harina de trigo suaves máximo 250 micrones
- harina de trigos duros máximo 150-400 micrones

El grano de trigo tiene la siguiente composición promedio en porcentajes: endospermo 83, cascarilla 14, germen 3. La composición de la harina de trigo varía considerablemente de acuerdo con la clase de trigo, a su país de origen, o a la proporción de las partes externas eliminadas en el proceso particular de la molienda. Debido a que las partes exteriores contienen más proteína, grasa, fibra y cenizas que en el endospermo rico en almidón, la proporción de cada uno de estos constituyentes disminuye a medida que es menor el porcentaje de extracción, la harina integral es de color parduzco, mientras que los grados más refinados (que contienen menos fibra, etcétera) son blancos.

El color de la harina depende de la clase de trigo, el sistema de molienda y la utilización de agentes blanqueantes. Estos agentes cambian el color de la harina, oxidando los pigmentos carotenoides en el endospermo, y en algún grado cambian también la materia colorante del salvado.

El blanqueo es un proceso de importancia en la producción de harinas. La oxidación de los carotenos se puede lograr con una serie de compuestos que, al mismo tiempo actúan como mejoradores de la cocción panaria. Como ejemplo de

agentes oxidantes que se han utilizado, el peróxido de benzoilo, $\text{Cl}_2\text{ClO}_2\text{ClONaNO}_2$ y N_2O_4 . También la lipoxigenasa tiene acción blanqueante.

Cuando se realiza con cloro gaseoso se obtienen valores menores a 6.0-6.8.

La harina de trigo difiere de la harina de otros cereales en que contiene una proporción considerable de gluten, por lo que resulta especialmente adecuada para la elaboración de pan.

Tabla 3. Composición de harinas de trigo sin fortificar a diferentes relaciones de extracción de germen y salvado de trigo

	Harina (72%)	Harina (80%)	Harina integral (95-100%)	Germen de trigo	Salvado de trigo
Humedad (%)	13-15	13-14.5	13-14	9-12	14
Proteína (%) (N*5.7)	8-13	8-14	10-15	25-30	12-16
Grasa (%)	0.9-1.4	1.0-1.6	1.5-2.5	8.5-11.0	3.0-4.0
Carbohidratos (%)	65-70	64-70	60-68	39-45	-
Fibra (%)	0.1-0.3	0.2-0.4	1.8-2.5	2.0-2.5	9-12
Cenizas (%) ⁴	0.3-0.5	0.6-0.9	1.2-2.0	4.0-4.5	4.0-6.0
Calcio (mg Ca/100g)	15	50	30	-	-
Fierro (mg Fe/100g)	1.2	1.7	2.5	-	-
Vitamina B1 (mg/100g)	0.10	0.25	0.40	2.1	0.70
Ácido nicotínico (mg/100g)	0.8	1.3	6	6.8	23.2
Riboflavina (mg/100g)	0.03	0.05	1.12	0.45	0.24
Aminoácido limitante	Lisina	Lisina	Lisina		

(R.S. Kirk) (24)

⁴ La mayoría de las harinas (con excepción de la harina integral) se fortifica con sulfato de calcio, lo cual aumenta las cenizas e introduce el equivalente de aproximadamente 125 mg. de Ca por cada 100g.

1.5 El gluten en productos de panificación

La composición del gluten presente tiene relación con las propiedades de "fuerza" y de retención de agua de la harina. Las proteínas que forman la mayor parte del gluten son la glutenina y la gliadina y, mientras que esta última parece ser idéntica en los trigos fuertes y débiles la primera se presenta en diferentes variedades. (R.S Kirk) (24)

Varias de las proteínas no están distribuidas uniformemente en el grano. De tal manera que estas se encuentran dispersas desde el interior del endospermo, el trigo consiste principalmente de prolaminas (gliadinas) y gluteninas (gluteninas), aparentemente en cantidades iguales. La proteínas del embrión consisten principalmente en nucleoproteínas (albúminas y globulinas), mientras que; en el salvado las que predominan son las prolaminas junto con pequeñas cantidades de albuminas y globulinas. Como puede observarse en la figura 2

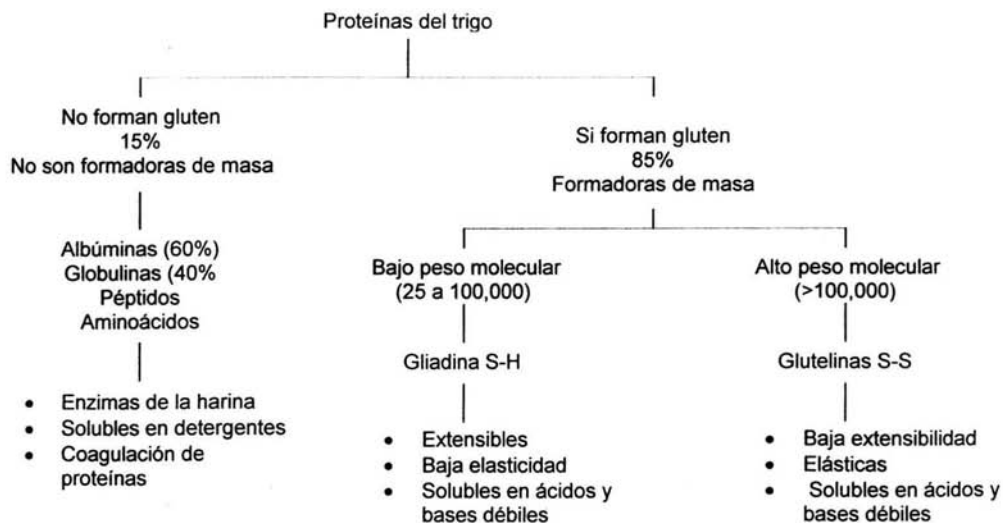


Figura 2. Proteínas del trigo y sus diferentes fracciones (Pomeranz) (21)

Cuando la harina de trigo es hidratada y sometida a acción mecánica adquiere propiedades únicas como elasticidad y distensión para la manufactura de pan, galletas y productos afines. Las glutelinas es la fracción proteica más difícil de extraer por su alto peso molecular y por el alto número de puentes bisulfuro. Para su extracción se requiere del uso de detergente, álcalis y/o mercaptoetanol. Las glutelinas son las principales proteínas estructurales del endospermo, básicamente se encuentran situadas dentro de la matriz proteica y asociadas con prolaminas. Se ha observado que el volumen del pan depende principalmente de las fracciones proteicas que en el amasado dan lugar a la formación del gluten. Además, las harinas reforzadas con fracciones proteicas enriquecidas en gliadina pero escasas en glutenina tienen un comportamiento diferente en la panificación. En efecto, las fracciones de pH más alto y por consiguientes ricas en gliadina y escasas en glutenina provocan la reducción apreciable del tiempo de amasado y de absorción de agua y un aumento de las necesidades oxidantes. (Serna) (27)

Por otra parte la calidad del gluten puede ser evaluada por medio de análisis de masas (de harina y agua) con instrumentos de reología tales como el mixógrafo y el farinógrafo. Estos producen información de las características reológicas de las masas que muestran una buena correlación con los resultados de panificación y de otros usos más específicos.

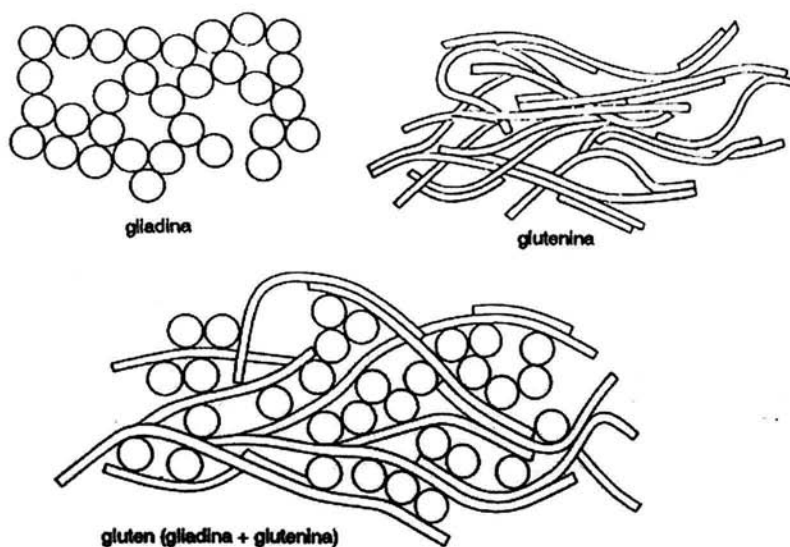


Figura 3. Efecto que la estructura proteica del grano tiene en las propiedades viscoelásticas de la proteínas hidratadas (Scade John) (26)

1.6 Productos enriquecidos con fibra

Los cereales se consideran la principal fuente de fibra dietética. Desde el punto de vista de la salud, la importancia de la fibra dietética ha aumentado en los últimos años; se le ha etiquetado como agente terapéutico para diabéticos, arterioscleróticos y personas con problemas digestivos.

Los componentes de la fibra dietética, fibra insoluble y soluble ejercen distintos efectos en la salud.

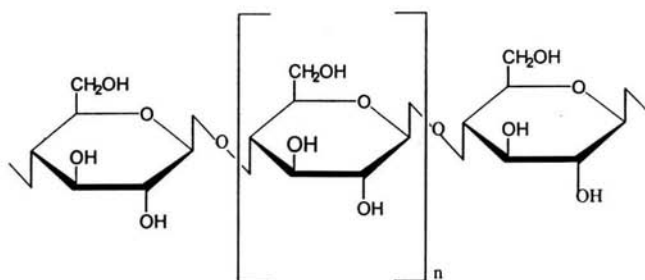
Químicamente la fibra dietética puede definirse como "la suma de polisacáridos y lignina" los cuales no son digeribles por las secreciones endógenas del tracto

gastrointestinal de los humanos. Sin embargo las bacterias intestinales pueden degradar parcialmente a la fibra dietética, la resistencia a las enzimas digestivas humanas produce ácidos grasos volátiles y otros compuestos que pueden ser absorbidos por el intestino que a su vez tienen influencia en la actividad y funcionalidad del colon y del recto. (Dreher)(13)

El componente que ha recibido más la atención es la fracción soluble, la cual es indigestible, pero es susceptible a ser desdoblada por la microflora presente en el intestino grueso. Esta hidrólisis baja el pH intestinal mediante la producción de ácidos grasos de cadena corta que se han asociado con la reducción del colesterol en la sangre. Por otra parte, la fibra insoluble afecta el tránsito intestinal y la tasa de absorción de nutrientes. Se le considera como agente engrosante o de relleno y como compuesto terapéutico para prevenir o combatir la constipación mediante la activación de los movimientos peristálticos. La fibra insoluble baja la biodisponibilidad de los minerales, pero ayuda a reducir la tasa de absorción de glucosa, lo cual es benéfico para diabéticos. Así mismo, la fracción insoluble tiene la propiedad de ligar o simplemente de minimizar la exposición de agentes carcinógenos al lumen intestinal. La fibra dietética soluble no es cuantificada por el análisis proximal. La llamada fibra cruda del análisis proximal es el residuo obtenido después de que la muestra se somete a una hidrólisis ácida seguida por una hidrólisis alcalina, los valores de la fibra cruda en cereales son bajos ya que no cuantifica a la fibra soluble ni a los compuestos proteicos indigeribles.

La fracción insoluble está formada básicamente por celulosa y hemicelulosa estas entidades químicas se localizan principalmente en las envolturas del grano (lema y

palea) y en el pericarpio como constituyentes estructurales de las paredes celulares. La celulosa está compuesta por polímeros lineales de glucosa unidos por enlaces β -1-4. La hemicelulosa es un polímero ramificado de diversos azúcares (xilosa, arabinosa, galactosa, ácido glucónico y glucosa). El peso molecular y la solubilidad en agua son muy variados. La fibra dietética soluble se conforma por β -glucanos y pentosanos. Los β -glucanos son polímeros de glucopiranosil unido por enlaces 1-4 o 1-3. La proporción de enlaces 1-4 a 1-3 es de aproximadamente 3.2:1. Estos polisacáridos se encuentran principalmente en las paredes celulares. Los pentosanos tienen estructura similar a la hemicelulosa y se conforman por pentosas como la arabinosa y la xilosa. Los β -glucanos y pentosanos tienen la propiedad de ligar agua, por lo que se les denomina comúnmente gomas. La fibra dietética soluble, también localizada en las paredes celulares, se asocia con compuestos fenólicos fluorescentes. La solubilidad en agua depende del tamaño y grado de ramificación de la cadena. Entre mayor sea el peso molecular y la ramificación, menor es el grado de solubilidad.

**Celulosa**

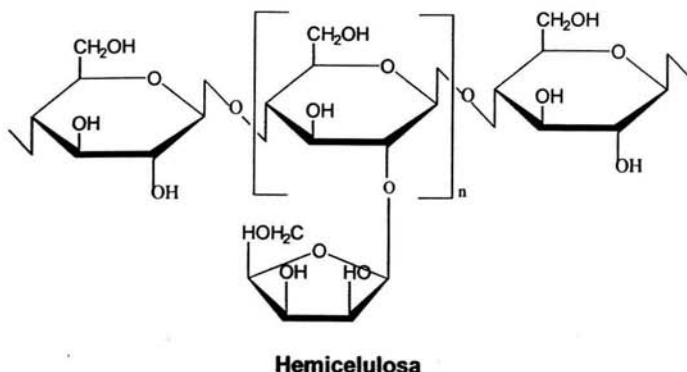


Figura 4. Estructura química de los principales componentes de la fibra dietética en cereales

Hasta hace aproximadamente 150 años, la mayor parte de las harinas de trigo eran integrales. La aparición de cribas de tela y otros materiales produjo un gran cambio en la producción harinera y permitió obtener productos más refinados, es decir harinas más blancas debido a la remoción parcial de pericarpio y germen. Las fracciones almidonosas más refinadas contienen menor cantidad de lípidos y fibra pero dan lugar a productos más blancos, homogéneos y sabor más delicado. En la actualidad la industria procesadora está desarrollando alimentos suplementados con subproductos de la molienda para elaborar productos con alta cantidad de fibra dietética (celulosa, hemicelulosa) (Badui) (4)

1.7 El farinógrafo en reología de masas

Se ha dicho que la masa es "desde el punto de vista reológico el más complicado de los productos hasta hoy conocidos por el hombre" (Mueller) (15) Dadas las conexiones existentes entre las propiedades reológicas de la masa, las técnicas usadas en panadería y las características de la harina, existen numerosos

sistemas de ensayo cuyo desarrollo tuvo lugar mucho antes que se entendiera adecuadamente el significado de las medidas visco-elásticas, de ahí que estas pruebas fueran empíricas y que todavía hoy sean muy usadas. Las pruebas reológicas nos permiten clasificar a los trigos de acuerdo con las propiedades físicas del gluten hidratado y formado por la acción del amasado en el proceso de panificación. Históricamente existen equipos cuyo ámbito de influencia está asociado a distintos países. Así por ejemplo, el Alveógrafo Chopin es muy empleado en Europa, sobre todo en Francia y España. Sin embargo, en Estados Unidos el Farinógrafo y Mixógrafo son los equipos más relevantes. El Alveógrafo y Farinógrafo son dos equipos complementarios como elementos predictivos, aunque estudian la masa en distintas situaciones, en un caso sobre la masa reposada y en el otro durante el amasado. En la figura 4 se muestra el Farinógrafo de Brabender.

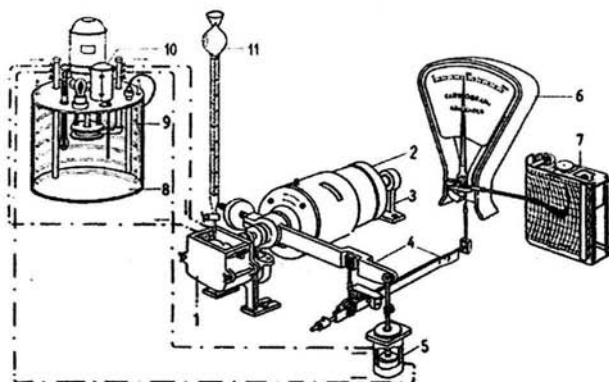


Figura 5. Farinógrafo de Brabender en el que se muestran algunos de sus elementos. (1) Tazón de mezclado, (2) Dinamómetro, (3) Soporte de eje, (4) Sistema de levas, (5) Válvula de aceite, (6) Sistema de escala, (7) Equipo registrador, (8) Termostato, (9) Resistencia (10) Termorregulador, (11) Bureta

1.8 Mejoradores de masas

En la elaboración de pan de forma artesanal, el productor utiliza su experiencia para compensar los cambios de calidad de las materias primas: flexibilidad de sus fórmulas, amasado a mano, y horneado; todos estos parámetros se pueden ajustar en orden de obtener el producto final deseado.

En la industria panadera la producción automatizada económica exige materias primas uniformes con propiedades también uniformes. Cuando es preciso se adicionan aditivos para ajustar las características de la harina a fin de controlar el proceso de panificación (por ejemplo disminución del tiempo de trabajo de la masa y aporte de energía bajo), los aditivos también se utilizan para asegurar que el producto final cumpla los estándares existentes. También se utilizan otros tipos de sustancias como mejorantes de masa. El estearil-2-lactado cálcico y otros emulsionantes similares se utilizan a bajas concentraciones (hasta 0.5%) para mejorar el mezclado de la masa y favorecer el aumento del volumen del pan, además se han utilizado las gomas (hidrocoloides) para aumentar la capacidad de retención del agua de las masas y para mejorar otras propiedades de éstas y de los productos horneados.

1.9 Hidrocoloides

Muchos hidrocoloides se utilizan ampliamente por las características singulares de textura, estructura y por sus propiedades funcionales que imparten a los alimentos, proporcionando estabilidad a emulsiones, suspensiones y espumas y por sus propiedades espesantes en general. La mayoría de estos productos,

clasificados a veces como gomas, proceden de fuentes naturales, aunque otros se modifican químicamente para conseguir las características deseadas. En sus orígenes, este término era empleado para referirse a los productos de la exudación de algunas plantas y árboles; sin embargo, en la actualidad su uso se ha extendido a un grupo muy amplio de polisacáridos de alto peso molecular. Las propiedades funcionales son afectadas por el tamaño molecular, orientación de sus moléculas, formación de puentes de hidrógeno, enlaces iónicos (uniones iónicas), tamaño de partícula, temperatura, concentración, las interacciones que tengan con otros constituyentes y muchos otros factores.

Muchos estabilizantes y espesantes son polisacáridos, como la goma arábiga, goma de guar, carboximetilcelulosa, carragenina, almidón y pectina. Puesto que todos los estabilizantes y espesantes eficaces son hidrofílicos y se dispersan en solución como coloides, se han denominado hidrocoloides. Las propiedades generales de los hidrocoloides útiles incluyen el grado de solubilización en agua, la capacidad de incrementar la viscosidad, y, en ocasiones de formar geles. Algunas funciones específicas de los hidrocoloides incluyen mejora y estabilización de la textura, inhibición de la cristalización, (azúcar-hielo), estabilización de emulsiones, y espumas, mejora la formación y recubrimiento de azúcar (disminuye la pegajosidad) de algunos productos de pastelería

Las gomas semisintéticas se elaboran a partir de un polímero natural que se somete a alguna transformación física o química; en esta categoría están los almidones modificados al igual que los distintos derivados celulósicos. Las gomas sintéticas son polímeros vinílicos y acrílicos que hasta la fecha no están

aprobadas para el consumo humano, aunque presentan muchas de las propiedades naturales.

Tabla 4. Clasificación de algunas gomas

Naturales	Semisintéticas	Sintéticas
Exudados de plantas	Derivados de celulosa	Polímeros vinílicos
Arábigo	carboximetilcelulosa	Polivinilpirrolidina
Tragacanto	Metilcelulosa	alcohol polivinílico
Karaya	hidroxipropilmetilcelulosa	polímeros carboxivinílicos
	hidroximetilcelulosa	
Semillas		Polímeros arílicos
Algarrobo	Gomas microbianas	Ácido poliacrílico
Guar	Dextranas	
	Xantanos	
Extractos de algas marinas		Poliacrilamida
Agar	Derivados de almidón	
Alginatos	almidón carboximetílico	
Carragenina	Almidón hidroxietílico	
	almidón hidroxipropílico	
Otros		Polímeros de óxido de etileno
Pectina	Otros	
Gelatina	pectina baja en metoxilo	
Almidón	alginato de de propilenglicol	

(Badui) (4)

Los hidrocoloides poseen excelentes propiedades funcionales para ser usados en la industria alimentaria en concentraciones que varían de 0.05 hasta 5%.

En la elaboración de productos horneados se está introduciendo su uso, aunque no existen estudios detallados sobre los efectos que su adición provoca en las propiedades reológicas de las masas y la calidad de los productos.

Carboximetil celulosa de sodio (NaCMC)

La NaCMC es un polímero aniónico derivado de la celulosa, soluble en agua, la NaCMC es posible utilizarla en un amplio rango de aplicaciones, en alimentos, industrias farmacéuticas y de cosméticos, etc. La estructura molecular de la celulosa esta compuesta por una cadena de repetidas unidades de anhidroglucósidas, donde n representa el número de unidades de cadena y se conoce con el grado de polimerización de la celulosa (DP). Cada unidad anhidroglucósida contiene tres grupos hidroxílicos. La NaCMC se obtiene sustituyendo algunos de los hidrógenos de éstos hidrófilos carboximetilicos

En el caso de productos de cereales se ha encontrado una gran gama de aplicaciones tanto para mejorar el producto por ejemplo, la presencia de NaCMC ejerce un efecto sinérgico en presencia del gluten de trigo, lo cual resulta en un menor tiempo de mezclado, aumentando la capacidad de retención de agua de las harinas y el volumen de las masa; durante el horneado aumenta el volumen y mejora la calidad del pan

Goma de Xantana

La goma de Xantana es un polisacárido natural producido por las bacterias *Xanthomonas campestris* presentes en las coles. Su importancia industrial se

basa en sus propiedades excepcionales como agente de control reológico en sistemas acuosos y como estabilizante de emulsiones y suspensiones.

Goma de Xantana: Es un polvo de color blanco cremoso, de fácil fluidez, soluble en agua caliente y fría, pero insoluble en la mayoría de los disolventes orgánicos. Incluso a bajas concentraciones las soluciones de goma de xantana presenta un alto grado de viscosidad, lo que la convierte en un espesante y estabilizante muy eficaz.

Es más pseudoplástica que cualquier otro hidrocoloide con lo que incrementa las cualidades sensoriales en los productos finales y garantiza un alto grado de mezclado, bombeado y vertido. Las soluciones de goma de xantana son muy resistentes a las variaciones de temperatura incluso en la presencia de sales y ácidos. A sí mismo presenta una excelente estabilidad frente a los ciclos de congelación/fusión sin que tenga lugar prácticamente sinéresis alguna.

Cuando se aplican tratamientos energéticos (esterilización, pasteurización) la viscosidad se recupera después de su enfriado.

goma de Xantana es insípida y no afecta el sabor de otros ingredientes, así mismo el valor calórico es muy bajo, ya que se digiere únicamente un 15%.

Carragenina

Carragenina es el nombre dado a la familia de polisacáridos sulfatados lineales obtenidos a partir de algas rojas de la clase *Rhodophyceae*. Tienen la propiedad de formar gran variedad de geles a temperatura ambiente; rígidos o semirígidos, suaves o fuertes, con alto o bajo punto de fusión. Los geles formados, son estables a ciclos repetidos de congelación-descongelación.

Carragenina Kappa es una carragenina pura denominada "grado natural" debido a que su proceso de obtención es diferente al tradicional.

Esta forma de obtención de carrageninas da productos de muy buena calidad, y funcionalidad.

La carragenina es un polvo de color beige inodoro e insípido constituido por una mezcla de carragenina refinada y goma de xantana y eventualmente estandarizada con dextrosa para una fuerza del gel constante. La carragenina se dispersa en agua fría y es totalmente soluble arriba de 70°C. No forma grumos.

2.0 Evaluación sensorial

La evaluación tiene como objetivo el análisis de alimentos u otros materiales por medio de los sentidos, esta es una técnica de medición y análisis tan importante como los métodos químicos, físicos y microbiológicos, etc. Este tipo de análisis tiene la ventaja de que la persona que efectúa las mediciones lleva consigo sus propios instrumentos de análisis, o sea sus cinco sentidos. Las técnicas de evaluación sensorial son tan científicas como las de los otros tipos de análisis y están fundamentadas en la estadística, la fisiología, la psicología y otras ramas de la ciencia. (Anzanldua) (2)

La norma Mexicana (NMX-F-159-1983) (18) establece especificaciones de calidad que debe cumplir el producto denominado pan de caja, entre los que se incluyen atributos sensoriales como:

Aspecto externo

Cada pieza de pan blanco de caja debe presentar la forma de un paralelepípedo rectangular simétrico pudiendo ser convexa la parte superior y sus arista ligeramente redondeadas.

Color exterior

La superficie de la corteza y de la base debe presentar un color uniforme.

Tipo de corteza

Debe ser delgada y suave.

Rebanado

Si el producto se presenta rebanado, el espesor de la rebanada debe ser uniforme.

Color de la miga

Puede ser blanco, crema o ligeramente amarilla con matiz uniforme, sin vetas, manchas ni coloraciones.

Grano

El grano debe ser tal que las celdillas de la miga sean pequeñas y uniformes. la superficie de la miga no debe presentar rasgaduras

Olor

Característico y agradable

Sabor

Característico y agradable

Textura

Suave firme y no debe ser desmoronable ni pegajoso; no debe ser seco

2 OBJETIVOS

2.1 General

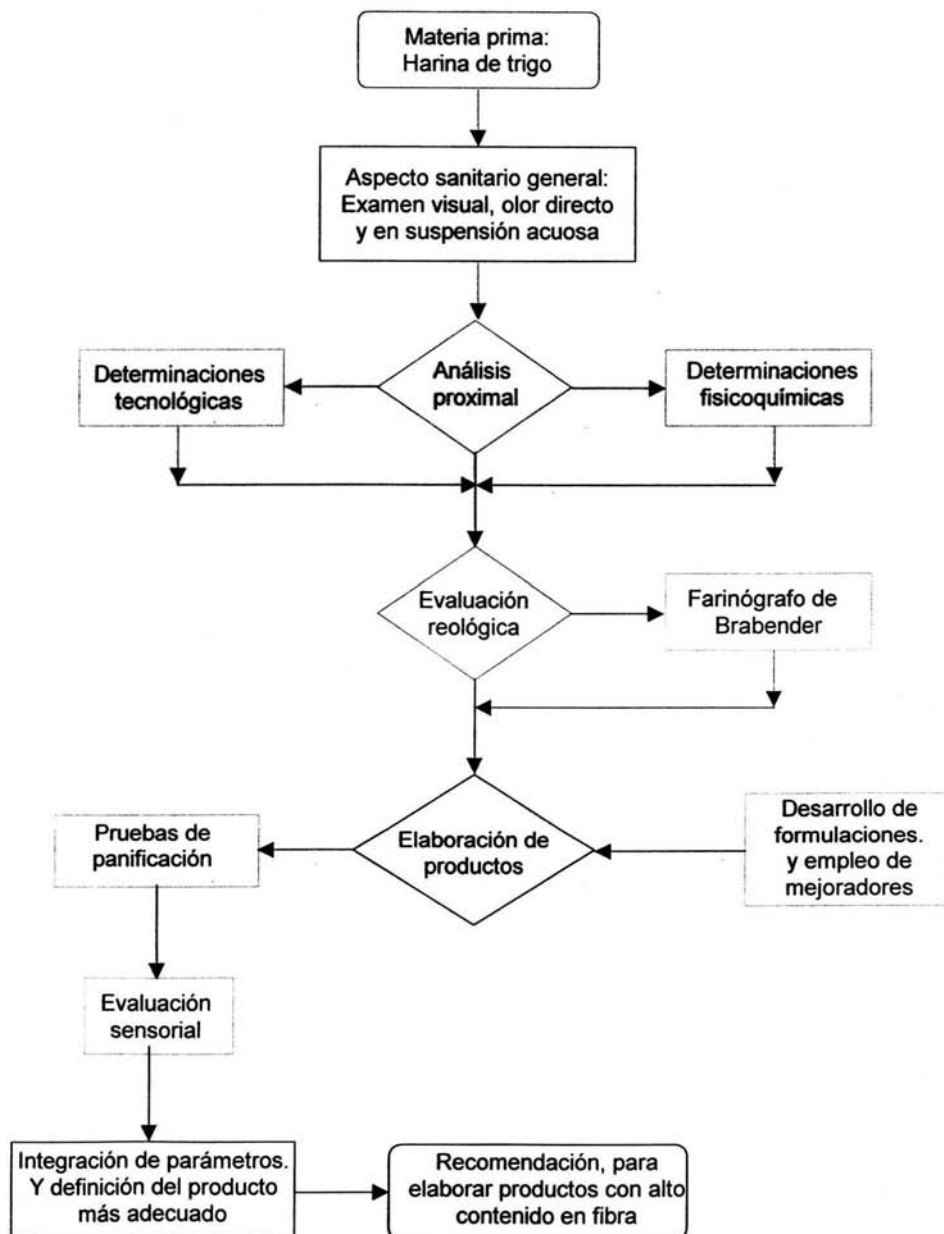
- Determinar las características reológicas y de calidad de harinas enriquecidas con fibra y de esta forma predecir su comportamiento durante el proceso de panificación.

2.2 Particulares

- Realizar e interpretar las pruebas fisicoquímicas para determinar la calidad de harinas enriquecidas con fibra
- Realizar e interpretar los farinogramas y relacionarlos con las pruebas fisicoquímicas para definir el uso más adecuado para el desarrollo de nuevos productos.
- Evaluar el efecto de la adición de mejoradores de masa gomas (hidrocolides), sobre las propiedades funcionales de la masa panaria y la calidad del pan
- Integrar la información de las pruebas reológicas, fisicoquímicas y de aditivos en la elaboración de productos de panificación.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Diagrama de trabajo



3.2 Materiales

Materia prima : harina de trigo comercial refinada e integral

Tabla 5. Se emplearon dos muestras de harina de trigo comercial y se preparo una mezcla (integral-refinada 3:2)

Harina	Cantidad (Kg.)
Refinada	7
Integral	7
Mezcla 3:2 (Integral:refinada)	7

Se emplearon hidrocoloides (gomas) grado alimenticio

Carboximetilcelulosa de sodio (NaCMC)

κ -carragenina

Xantana

3.3 Métodos

3.3.1 Determinación de material extraño y sanidad

Norma Oficial Mexicana (147-SSA-1-1996) (19) Norma Mexicana (NMX-F-365-S-1980)

3.3.2 Análisis químico

Humedad método (AACC 44-15) (1) cenizas método AACC 08-01^a, grasa cruda o extracto etéreo método Goldfisch. AOAC, proteína cruda método Kjeldahl AACC 46-13 (1).

3.3.3 Determinaciones tecnológicas y fisicoquímicas

Granulometría Norma Mexicana (NMX-F-007-1982) (16) pH. método AACC - 02-52, acidez titulable. método AACC - 02-51, Pigmentos método AACC - 02-51 (1)

3.3.4 Evaluación reológica

Farinógrafo Brabender, método AACC 54-21 (1).

3.3.5 Prueba de Panificación

Existen dos métodos importantes de panificación: sistema o método de esponja y el método de masa directa, éste último tiene la ventaja que desde un principio son mezclados todos los ingredientes y el tiempo de fermentación es más corto y se emplean 100 g de harina a caracterizar.

Definición: El pan de caja es el producto alimenticio elaborado mediante cocción por horneado de la masa fermentada; preparada con harina de trigo, agua potable, sal yodada, azúcar, manteca, levadura y otros ingredientes opcionales y aditivos permitidos para alimentos (NMX-F-159-1983) (18)

Formulación típica de pan de caja por el método directo o masa directa

Harina de trigo.....	100g
Agua.....	66ml
Levadura seca.....	3g
Sal.....	2g
Azúcar.....	8g
Manteca vegetal.....	3g

Cámara de fermentación con humedad controlada. (30°C y 85% HR),
fermentación primaria (2 horas), fermentación secundaria (1 Hora)

Temperatura de Horneado 200°C / 20 a 25 min.

Desmoldar, enfriar, rebanar

Empacado en bolsa de polietileno con cierre hermético (Zip Ploc) y
temperatura ambiente 15≈30°C.

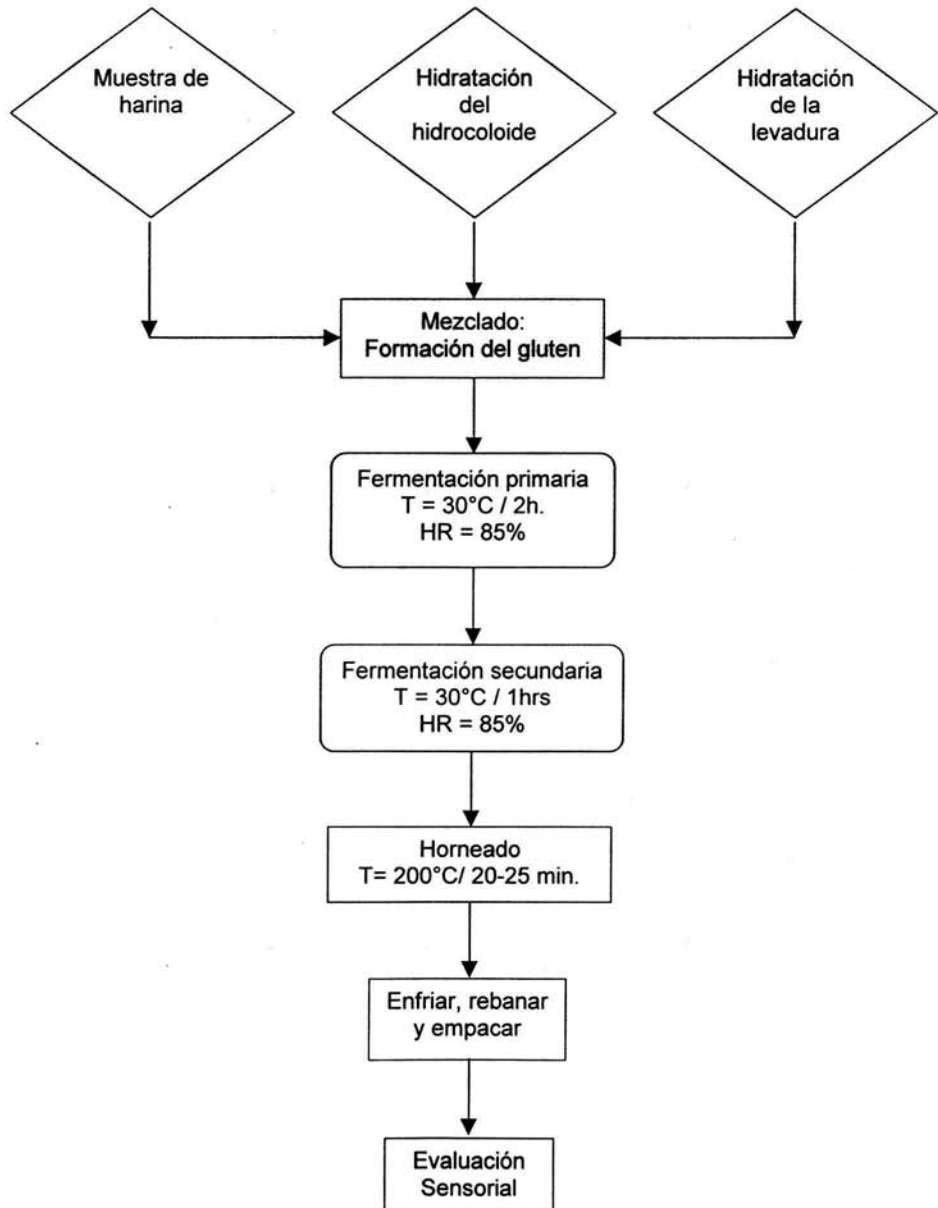
Evaluación de calidad y sensorial

Determinación de humedad durante 7 días método AACC 44-15

Método de masa directa

Diagrama de trabajo:

Elaboración de pan de caja con adición de hidrocoloides (gomas)



Determinación de volumen del pan por desplazamiento de semilla de colza y/o pasta de munición

La determinación del volumen del pan, se lleva a cabo a través del desplazamiento de semilla de colza, pero como esta es muy susceptible de contaminarse se puede realizar sustituyendo esta semilla con pasta de munición.

Determinación de vida de anaquel, por pérdida de humedad

La vida de anaquel en pan o productos de panificación es muy importante para su comercialización, ya que es un producto de consumo inmediato, por lo cual en la actualidad se utilizan diversos aditivos que aseguran la conservación del contenido de humedad y por lo tanto de la textura.

3.3.6 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial de los productos elaborados con y sin aditivos para masas (hidrocoloides) se llevo a cabo en dos etapas, la primera tiene como objetivo evaluar atributos generales, mientras que la segunda es establecer si hay diferencia sensorialmente perceptible en la elaboración de pan de caja con y sin la adición de mejoradores de masa a diferentes concentraciones.

Para ello se consideraron una clase de pruebas discriminativas que están basadas en una diferencia percibida entre dos productos, dentro de esta clase de pruebas se encuentran (prueba triangular, prueba dúo-trío, y prueba de comparación por pares). Se aplicó la prueba triangular, una de las ventajas de esta prueba es que no es necesario saber de antemano el parámetro de la diferencia entre las

muestras, sino que el juez simplemente escogerá la que “sea diferente” de las otras dos.

Primera etapa: descriptores generales.

Apariencia general.

Sabor: farináceo, característico del producto, sin sabor extraño o desagradable

Aroma: uno característico del producto, sin ningún olor extraño.

Color de la costra: blanco o ligeramente amarillo

Textura de la miga: delgada y suave.

distribución de las celdas: homogéneas y distribución uniforme

Segunda etapa:

Prueba triangular y utilización de un panel de jueces entrenados

Muestras

Se requiere que se presenten a los jueces tres muestras codificadas en las siguientes seis combinaciones: AAB, ABA, ABB, BBA, BAB BAA. Esta serie no necesariamente debe presentarse en una misma sesión; todo depende de la naturaleza del estímulo.

A = Concentración máxima del hidrocoloide (recomendada)

B = Concentración mínima del hidrocoloide (recomendada)

C = Control (pan sin la adición de hidrocoloide)

Planteamiento de la hipótesis.

En la estadística inferencial se plantea una hipótesis para poder tomar decisiones acerca de una población. La formulación de una hipótesis está estrechamente ligada a los objetivos del experimento propuesto. Es requisito indispensable que se estructure claramente la hipótesis antes de desarrollar el experimento.

- Hipótesis nula (H_0) = No hay diferencia significativa en el producto final al emplear diferentes gomas.
- Hipótesis alterna (H_1) = Si hay diferencia significativa en el producto final al emplear diferentes gomas.

Planteamiento estadístico

La Ji cuadrada (χ^2), como estadístico para pruebas de diferenciación, se utiliza para probar, de acuerdo a una cierta hipótesis en que grado una distribución de frecuencia observada se compara con una distribución esperada o teórica.

Distribución Ji Cuadrada χ^2

$$\chi^2 = \frac{[(X_1 - np) - 0.5]^2}{np(1-p)}$$

Donde:

X = número de opiniones acertadas.

n = número de ensayos practicados

o número de jueces por repeticiones efectuadas.

p = probabilidad de éxito en un ensayo único.

q = (1-p) probabilidad de falla en un ensayo único.

0.5 = factor de corrección por continuidad para la Ji cuadrada ajustada. El factor de corrección solo se aplica para un solo grado de libertad en el cual los resultados se consignan como "acierto y falta"

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Aspecto sanitario general

Las especificaciones sanitarias están orientadas a preservar la salud del consumidor y garantizar la calidad sanitaria del producto Norma Oficial Mexicana (NOM147-SSA1-1996) (19)

Las muestras de harina examinadas presentan atributos de calidad deseables para ser empleadas como materia prima. Tales como: el aspecto sanitario, que incluye: examen visual, olor directo y en suspensión acuosa, materia extraña e infestación. En los cuales dichos atributos son satisfactorios para la elaboración de productos de panificación, como se puede observar en la Tabla 7

Tabla 5. Aspecto sanitario general

Muestras	Examen Visual	Olor: directo	Olor: en suspensión	Material extraña e infestación
Integral	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
	Defectos: ninguno	Defectos: ninguno	Defectos: ninguno	Defectos: ninguno
Refinada	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
	Defectos: ninguno	Defectos: ninguno	Defectos: ninguno	Defectos: ninguno
Mezcla (3:2) Integral:refinada	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
	Defectos: ninguno	Defectos: ninguno	Defectos: ninguno	Defectos: ninguno

4.2 Análisis proximal

Una vez aprobada la calidad de la materia prima, se procedió a la caracterización química las muestras mediante el análisis proximal. En la tabla 8 se puede observar que se obtuvieron valores cercanos a los reportados en la literatura. En estos resultados se considera el grado de extracción, es decir: para la harina refinada disminuye el contenido de cenizas y lípidos, mientras que al incrementar el rendimiento de molienda o grado de la extracción (harinas integrales) aumentan los componentes mencionados anteriormente, debido a que el germen y el salvado son ricos en estos compuestos.

El contenido de humedad gráfica 1 debe controlarse para evitar el desarrollo microbiano, actividad enzimática e infestación, el máximo es de 14-15% (NMX-F-007-1982) (16)

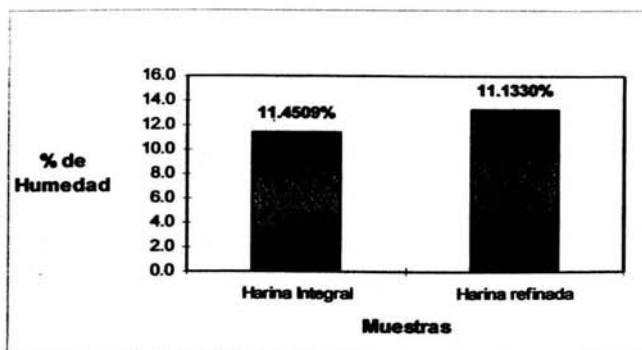
Mientras que en la gráfica 2 (contenido de cenizas) y .en la gráfica 3 (extracto etéreo, se espera que sea alto en harinas integrales, pero debe ser mínimo en harina refinada.

Tabla 6. Análisis Proximal

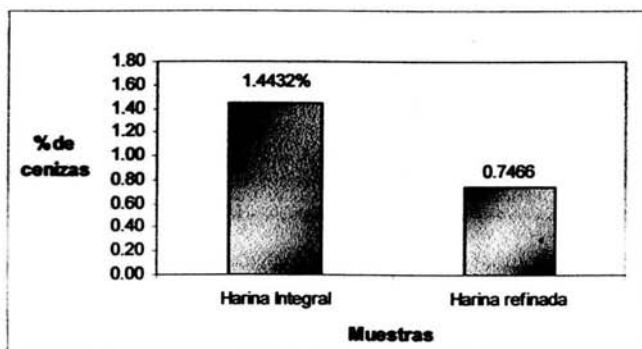
Muestras	% de Humedad	% de Cenizas	% de Grasa	% de Proteína	% de Carbohidratos ¹
Harina Integral	11.4509	1.4432	1.4603	11.7806	76.8650
Harina refinada	13.3416	0.7466	1.3394	10.5301	74.0423

¹ La cantidad de carbohidratos se determina por diferencia

Gráfica 1 determinación del contenido de humedad

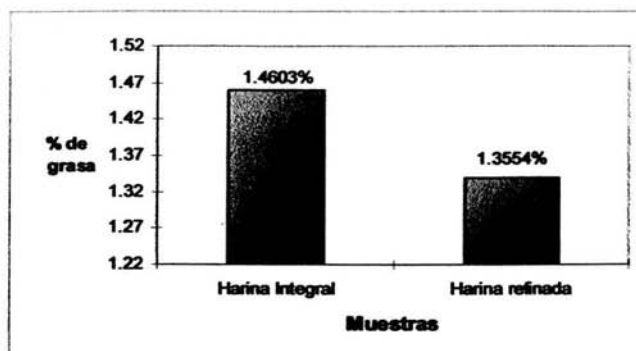


Gráfica 2 determinación del contenido de cenizas



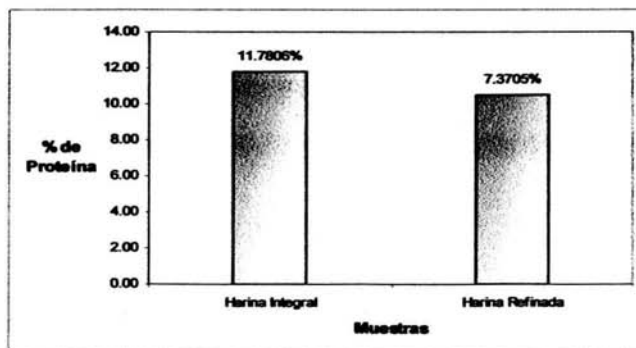
Para la harina refinada disminuye el contenido de lípidos, mientras que al incrementar el rendimiento de molienda o grado de la extracción (harina integral) incrementa el componente mencionado anteriormente. Debido a que el germen es ricos en lípidos

Gráfica 3 determinación de extracto etéreo



En la gráfica 4 se muestran los valores obtenidos de proteína, las harinas aptas para la elaboración de productos de panificación deben contener como mínimo un 9.5% de proteína para el desarrollo óptimo de gluten, y en este caso se observa que la harina refinada tiene un contenido menor lo que posiblemente afecte al pan elaborado con esta harina. En cuanto a la harina integral el contenido de proteína es mayor, este incremento se debe a proteínas que no forman parte del gluten, pero que están presentes en pequeñas proporciones en el germen y salvado, que son fracciones características de una harina integral

Gráfica 4 Determinación de proteína cruda



4.3 Determinaciones tecnológicas y fisicoquímicas

Después del análisis proximal, se llevó a cabo una serie de determinaciones alternas, y estas dependen de los productos a que es destinada la harina y sus mezclas, entre los que se incluyen:

4.3.1 Granulometría

Como se observa en la Tabla 10, al llevar a cabo el tamizado hay mas fracciones retenidas en mezclas de harinas con subproductos de la molienda, Mientras que para la harina refinada las fracciones retenidas en los diferentes tamices son menores, debido al tamaño de partícula.

Este parámetro es de vital importancia puesto que partículas más pequeñas favorecen la hidratación, reduciendo el tiempo de amasado con una rápida formación de gluten sin puntos blancos que corresponden a partes no hidratadas

Tabla 7. Número de malla correspondiente a cada tamiz, y su abertura en mm.

Malla #	20	40	50	60	70	80
Diámetro (mm)	0.841	0.420	0.297	0.250	0.210	0.177

En la tabla 10 se observa que en harina integral la mayor retención de las partículas ocurre en los aberturas menores de los tamices, es decir en a los diámetros correspondientes a 0.250, 0.210 y 0.177mm. Es decir el tamaño de partícula es mayor que para la harina refinada.

Tabla 10 tamizado de la harina integral

Harina Integral Cantidad (25.0024g)		Malla #20 0.841mm	Malla #40 0.420mm	Malla #50 0.297mm	Malla #60 0.250mm	Malla #70 0.210mm	Malla #80 0.177mm	Sin retención
A	Fracción (%)	3.3661	9.0463	22.2959	14.7583	12.9740	8.1968	23.3358
B	Fracción (%)	3.3099	15.0946	34.2304	19.9580	11.0607	2.9838	11.1555
C	Fracción (%)	3.5849	9.5313	16.1573	19.9978	13.1994	4.2103	28.3439
Promedio (A, B, C)	Fracción (%)	3.4203	11.224	24.2279	19.2380	12.4114	5.1303	20.9451

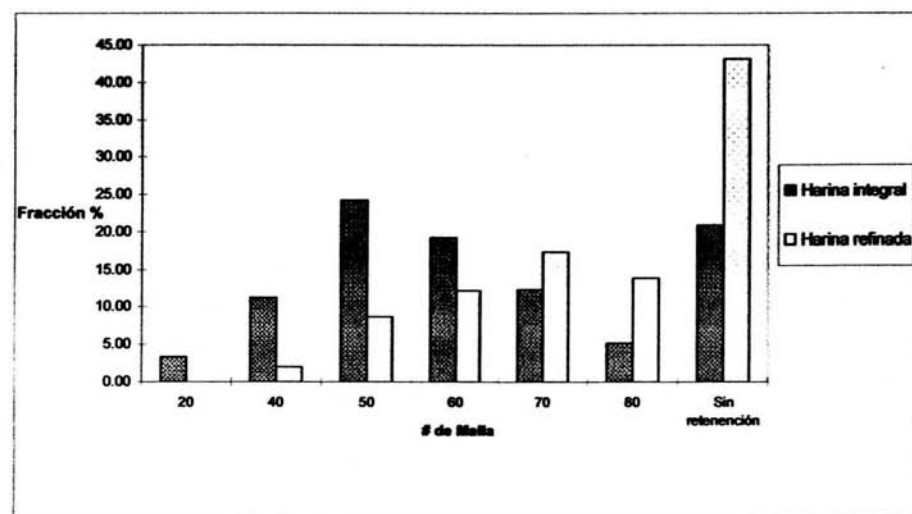
Tabla 12 tamizado de la harina refinada.

Harina Refinada Cantidad (25.4800g)		Malla #20 0.841mm	Malla #40 0.420mm	Malla #50 0.297mm	Malla #60 0.250mm	Malla #70 0.210mm	Malla #80 0.177mm	Sin retención
A	Fracción (%)	0	2.4498	9.8347	9.1343	15.5429	10.7550	49.6672
B	Fracción (%)	0	1.9036	4.0143	15.1662	18.0168	16.7308	41.3444
C	Fracción (%)	0	1.5138	12.0123	12.5364	18.5284	14.2161	38.4909
Promedio (A, B, C)	Fracción (%)	0	1.9557	8.6204	8.6204	12.2790	17.3627	43.1617

Es mayor la retención en los tamices correspondientes a mallas 50, 60 y 70, que equivalen a 0.297, 0.250 y 0.210mm Estos resultados se pueden apreciar mejor en la gráfica 5

La harina de trigo para panificación: no debe reportar retención e tamiz (de 0.177mm de abertura de malla; equivalente a 80) y puede aceptarse un máximo de 10% de retención en un tamiz (de 0.125 mm de abertura de malla equivalente a 120) (NMX-F-007-1982) (16) La harina reinada analizada tiene % de retención mayor al 10% en la malla de #70 por lo que no cumple con o especificado en la norma

Grafica 5. Fracciones retenidas de cada una de las muestras en los diferentes tamices con su correspondiente número de malla.



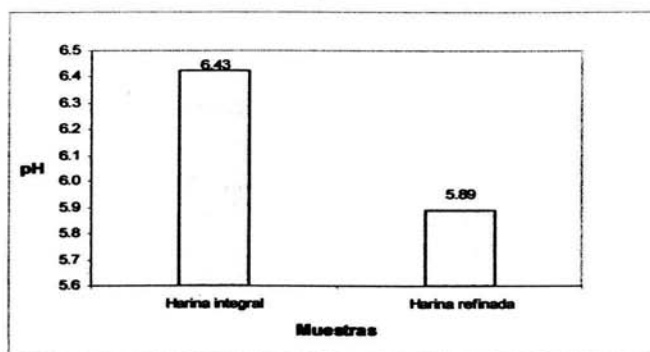
4.3.2 Determinación del pH.

Las mezclas examinadas muestran un pH dentro del intervalo antes mencionado, sin embargo se espera que este valor sea menor para harinas refinadas o blancas como se observa en la Tabla 13 y en la gráfica 6.

Tabla 8. Determinación del pH.

Muestras		pH.
Harina Integral	A	6.2
	B	5.89
	C	6.6
	Promedio (A, B ,C)	6.43
Harina refinada	A ²	6.1
	B	5.87
	C	5.91
	Promedio (A, B ,C)	5.89

Gráfica 6 Determinación del pH. de las muestras analizadas



² No se detectaron procesos de blanqueo en las muestras estudiadas con cloro gaseoso, ya que los valores obtenidos son menores a 6.0-6.8

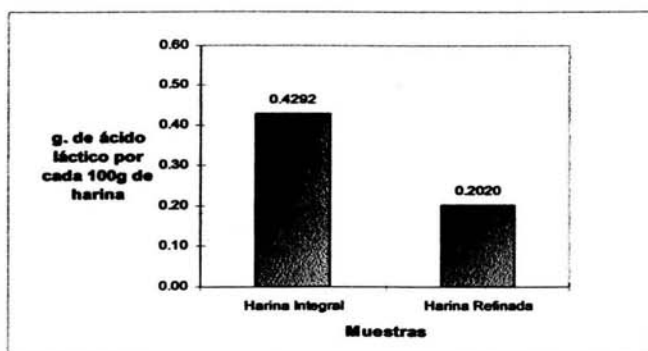
4.3.3 Acidez titulable.

Un aumento en la acidez indica el deterioro por almacenamiento, como puede observarse en la tabla 14 la acidez es mayor en la harina integral, debido a que está compuesta de diferentes fracciones entre ellas el germen que a su vez contiene lípidos y son fácilmente susceptibles a la oxidación

Tabla 9. Determinación de Acidez titulable.

Muestras		g. de ácido láctico por cada 100g de harina
Harina Integral	A	0.4208
	B	0.1515
	C	0.4376
	Promedio =	0.4292
Harina Refinada	A	0.2356
	B	0.3871
	C	0.1683
	Promedio =	0.2020

Gráfica 7 Determinación de acidez titulable



4.3.4 Determinación de Pigmentos

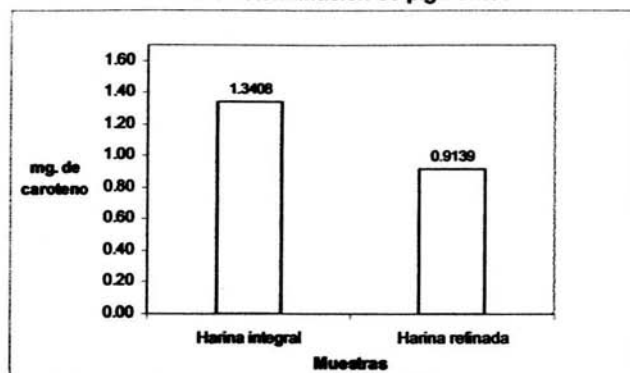
Otra de las determinaciones tecnológicas consistió en determinar el color que a su vez esta relacionado con los pigmentos. Si el acondicionamiento no fue bien realizado y el tamizado no permitió una buena separación del salvado y germen entonces habrá la presencia de partículas que den color. En la Tabla 15. se muestra que se cuantificó mayor cantidad de caroteno en la harina integral, mientras que, en la harina refinada se observa una disminución, lo que indica un acondicionamiento y tamizado satisfactorios de la harina refinada.

Tabla 10. Determinación de pigmentos³

Muestras		mg. de caroteno por cada 100g de muestra
Harina refinada	A	0.9079
	B	0.9199
	C	1.4791
	Promedio (A, B)	0.9139
Harina integral	A	1.2686
	B	1.3829
	C	1.3709
	Promedio (A, B, C)	1.3408

³ Donde 1mg de caroteno en 100ml de solución de n-butanol saturado en agua tiene una absorbividad de 1.6632 a 435.8nm. Método AACC -02-51

Gráfica 8 determinación de pigmentos



4.4 Parámetros reológicos en Farinógrafo de Brabender

Los parámetros reológicos de los farinogramas sin la adición de mejoradores para masa (hidricoloides) se resume en la tabla 16

Tabla 11. Muestras de harinas sin la adición de hirocoloides.

Muestras	Absorción de agua (ml.)	Tiempo de llegada a las 500 UB (min)	Tiempo de desarrollo de la masa (min.)	Estabilidad (min.)	Índice de tolerancia al mezclado ITM (UB)	Tiempo de salida (min.)
Refinada	55.2	2	5	22	20	>20
Integral	59	14	17	>20	30	>20

La absorción del agua representa el volumen necesario para alcanzar una consistencia de 500 Unidades Brabender (UB) en el amasado; depende de la cantidad y calidad de gluten y del almidón.

La absorción de agua incrementa en la harina integral, esto se debe a que es una muestra que contiene fracciones de salvado y germen la cuales tienen la capacidad de absorber mayor cantidad de agua durante el amasado. El tiempo de desarrollo de la masa o tiempo óptimo de amasado, es mayor en la harina integral, lo cual significa que para alcanzar la máxima consistencia de la masa es notablemente más largo 17 min comparado con la harina refinada que es de 5 min, esto significa que hay una mayor consistencia de la masa en la harina refinada, y esto se ve reflejado en la estabilidad que es el intervalo de tiempo durante el cual la masa mantiene la máxima consistencia es decir que esta se mantiene por encima de las 500 (UB)

La estabilidad indica la fuerza de la masa durante el proceso de amasado. es decir: mayor fuerza en la harina refinada, lo cual sugiere una masa más fuerte e ideal para productos de panificación. Como puede observarse en el farinograma 1. Finalmente el (índice de tolerancia al mezclado ITM) valores altos indican harinas con poca estabilidad, si este valor es alto se corre el riesgo de sobremezclado, como es el caso de la harina integral 30 UB farinograma 2

Figura 6. Farinograma correspondiente a harina refinada, sin adición de hidrocoloides

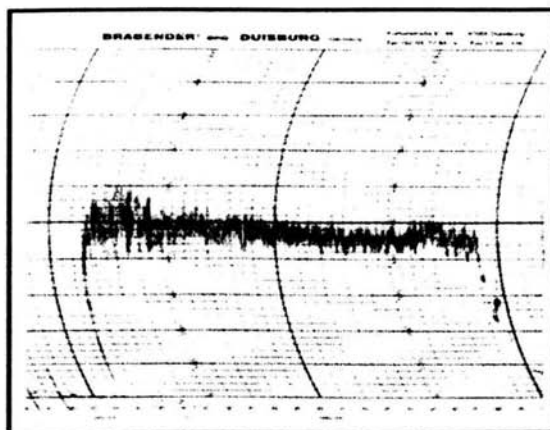
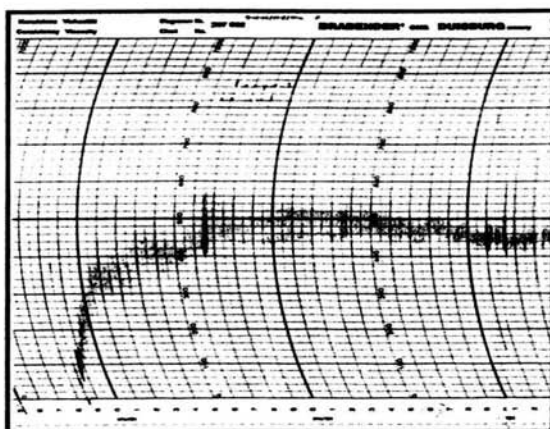


Figura 7. Farinograma correspondiente a harina integral, sin adición de hidrocoloides



El efecto al adicionar hidrocoloides (gomas) se resume en la tabla 17.

Tabla 12. Resultados de los farinogramas obtenidos con harina refinada y con adición de hidrocoloides (gomas)

Muestra	Hidrocolide (goma)	Absorción de agua (%)	Tiempo de llegada a las 500 UB (min)	Tiempo de desarrollo de la masa (min)	Estabilidad (min)	Tiempo de salida (min)
Harina refinada	NaCMC	62.0	2.2	3.0	15.1	17.3
	Xantana	63.0	2.4	3.3	2.5	-
Harina integral	κ - carragenina	61.5	2.5	3.0	-	-
	Xantana	65.5	3.8	4.2	3.8	-
Mezcla (2:3) Refinada:integral	Xantana	65.5	2.7	3.5	2.8	-

En las tres muestras estudiadas, la absorción de agua incrementa al adicionar hidrocoloides,. El aumento es debido a la capacidad de retención de agua que presenta cada uno, a su estructura química que es diferente para cada uno. Una alta absorción es observada al adicionar goma de xantana, seguida de NaCMC y de κ -carragenina

Los parámetros como tiempo de El tiempo requerido para el desarrollo de la masa o tiempo necesario para alcanzar las 500UB. de consistencia de amasado, fue modificado de manera diferente por cada hidrocoloide

Figura 8. Farinograma correspondiente a harina refinada con NaCMC

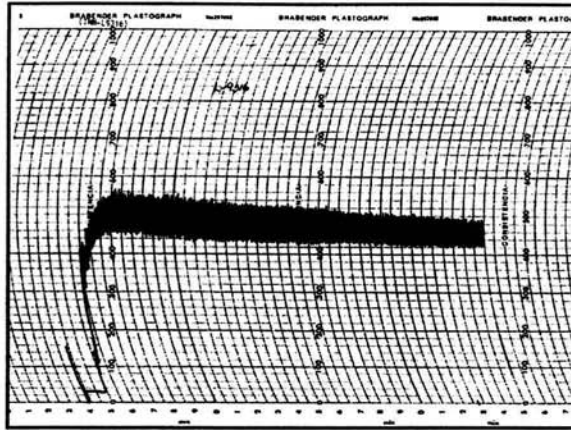
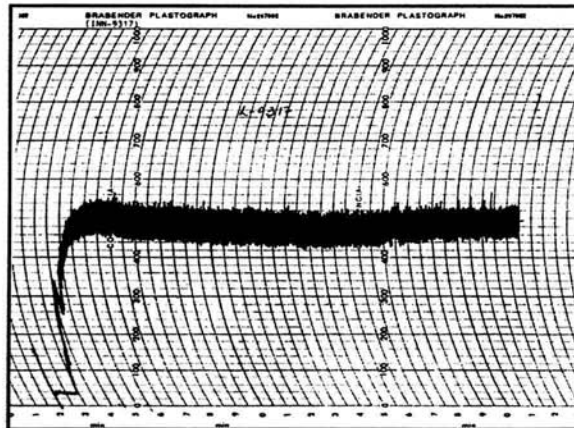


Figura 9. Farinograma correspondiente a harina refinada, con Xantana



Se observa que al adicionar hidrocoloides, los parámetros reológicos de la harina refinada incrementan, como son: la absorción de agua, el tiempo de desarrollo de la masa; mientras que la estabilidad de misma permanece constante. Este comportamiento es más evidente al adicionar la goma de Xantana.

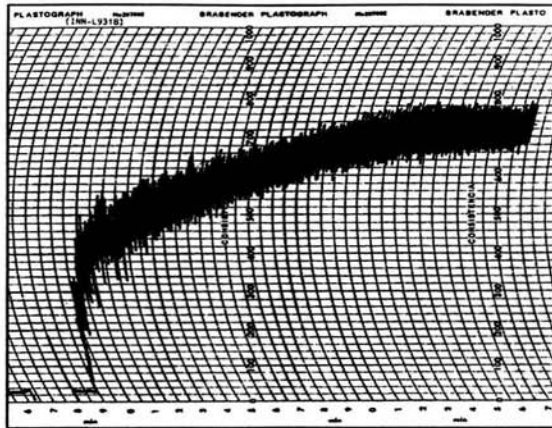
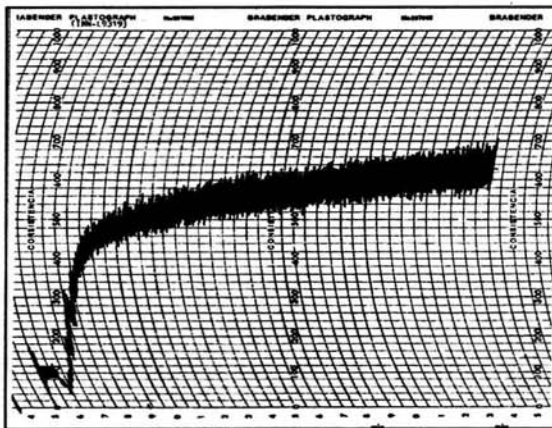
Figura 10. Farinograma correspondiente a harina Integral, con κ -arragenina

Figura 11. Farinograma correspondiente a harina Integral, con Xantana

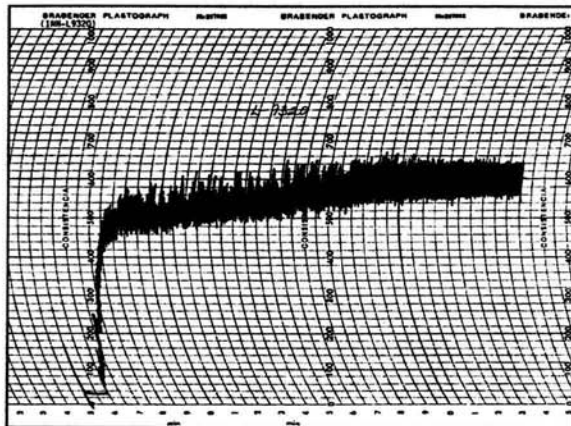


Al enriquecer la harina refinada con salvado y germen, el comportamiento reológico del gluten es afectado por estas fracciones; parámetros como la absorción de agua, tiempo de llegada, y tiempo de desarrollo de la masa son mayores, a los obtenidos con la harina refinada, mientras que el tiempo de salida

esta indeterminado, esto se debe a la presencia del hidrocoloide, que junto con las fracciones antes mencionadas puede llegar a provocar inestabilidad en las masas.

El farinograma de la mezcla (3:2) se observa que los parámetros con la adición de Xantana son más constantes comparados con los de la harina integral, esto sugiere un desarrollo de masa más estable, para elaborar productos de panificación con levadura

Figura 12. Farinograma correspondiente a Mezcla harina refinada y harina integral (2:3) con Xantana[0.50%]



4.5 Prueba de panificación

Pan de caja elaborado con harina refinada, harina integral y mezcla (3:2) (harina integral-refinada) por el método de masa directa. con y sin la adición de mejoradores de masa (hidrocoloides)

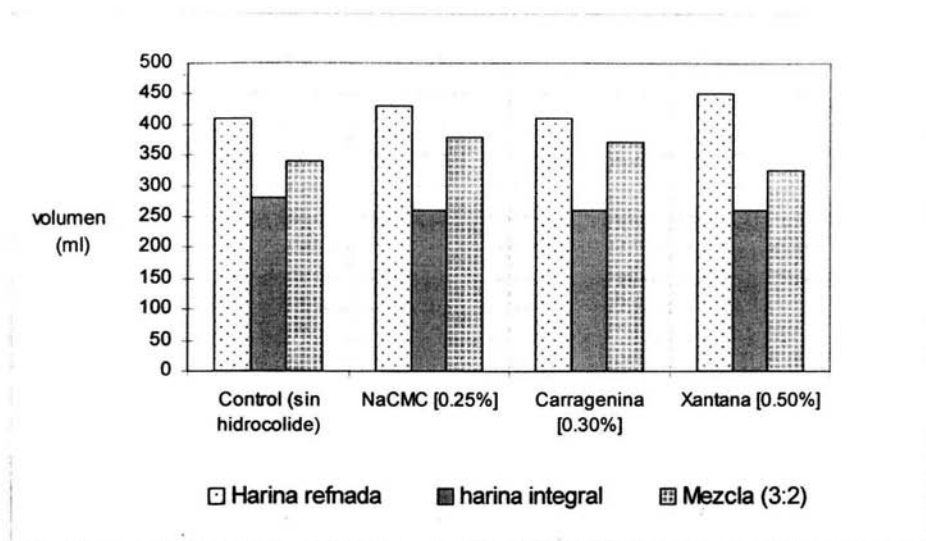
4.5.1 Determinación de volumen del pan

En la tabla 18 se observa el mayor incremento de volumen para a harina refinada con NaCMC y Xantana y para la mezcla con NaCMC y κ -carragenina y para la harina integral el volumen se ve disminuido con la adición de gomas

Tabla 13. Volumen del pande caja

Muestras	Volumen total del pan (ml.)		
	Harina refinada	harina integral	Mezcla (3:2)
Control (sin hirocoloide)	410	280	340
NaCMC [0.25%]	430	260	380
κ -carragenina [0.30%]	410	260	370
Xantana [0.50%]	450	260	324

Gráfica 9. Determinación del volumen del pan



De acuerdo con los datos obtenidos en la gráfica 12 se establece que la utilización de hidrocoloides como mejoradores de masa en muestras con salvado y germen es adecuado para elaborar productos de panificación con atributos de calidad deseables como: volumen de la miga, y una adecuada distribución de las celdas

4.5.2 Determinación de vida de anaquel

Tabla 14. Determinación vida de anaquel por pérdida de humedad, muestra: harina refinada

% de Humedad				
Tiempo (días)	Control (sin hidrocolide)	NaCMC [0.10%]	Carragenina [0.30%]	Xantana [0.50%]
0	35.3598	32.6571	32.2830	35.4477
1	35.2784	32.0572	31.5907	35.0184
2	35.1163	31.8820	31.3447	34.8117
3	34.4715	31.2408	31.0090	33.0977
7	33.4636	31.0682	30.0565	32.1012

Gráfica 10. Determinación de la vida de anaquel por pérdida de humedad muestra harina refinada

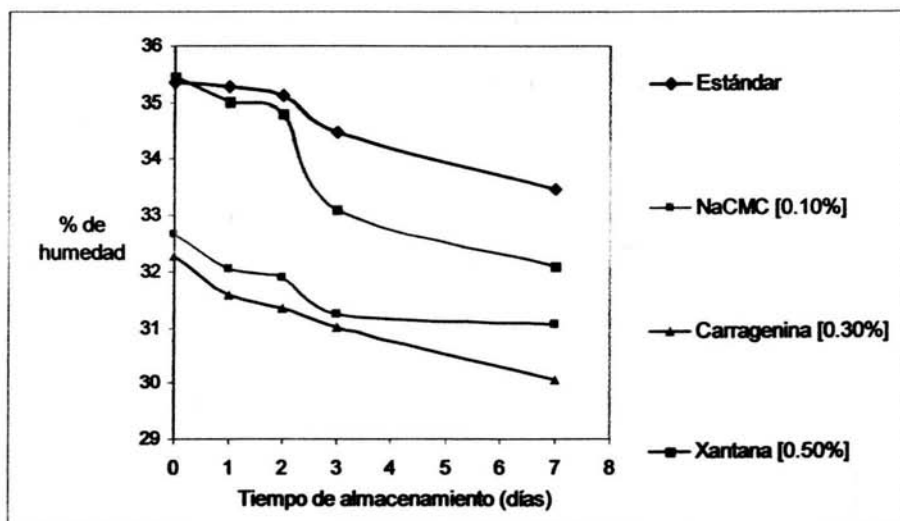


Tabla 15. Determinación vida de anaquel por pérdida de humedad, muestra: harina integral

% de Humedad				
Tiempo Días	Control (sin hidrocolide)	NaCMC [0.10%]	Carragenina [0.30%]	Xantana [0.50%]
0	35.1815	30.6792	31.1906	35.3269
1	33.1932	31.9085	31.2663	34.0816
2	32.7439	31.7087	32.7505	31.8297
5	32.5025	32.4512	33.0084	31.6828
6	32.4339	32.0493	32.3242	30.2841
7	32.6854	31.1595	32.3557	30.8020

Gráfica 11 Determinación de vida de anaquel por pérdida de humedad producto pan de caja muestra harina integral

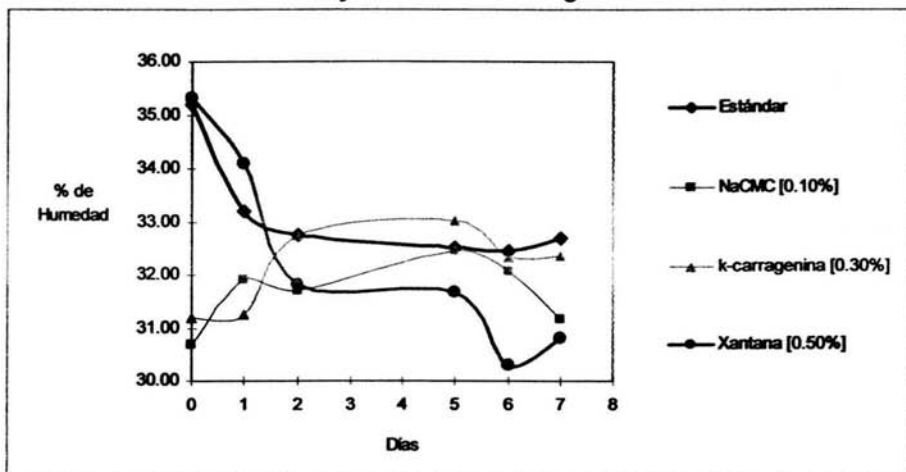
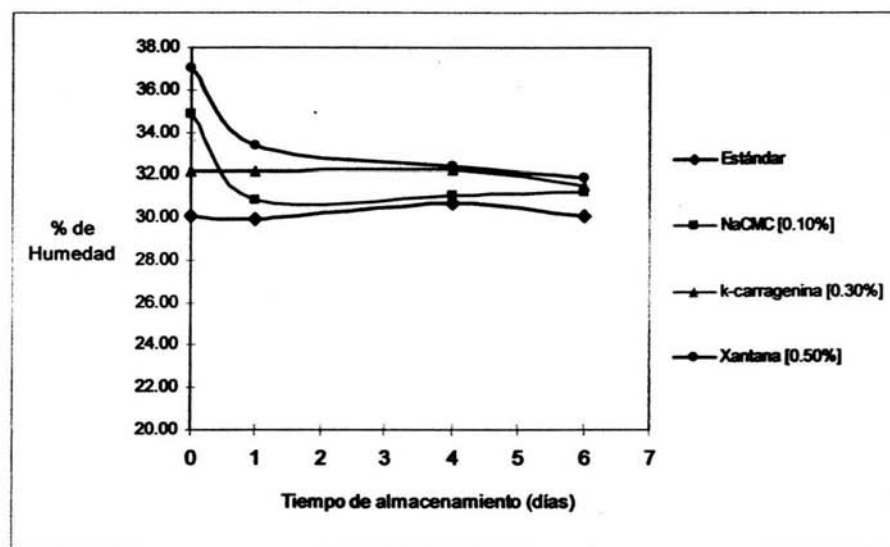


Tabla 16. Determinación vida de anaquel por pérdida de humedad, muestra: Mezcla (1)
Harina refinada-harina integral (3:2)

% de Humedad				
Tiempo Días	Control (Sin hidrocoloide)	NaCMC [0.10%]	Carragenina [0.30%]	Xantana [0.50%]
0	30.1175	34.8409	32.1672	37.0165
1	29.9282	30.8452	32.1672	33.3347
2	30.6587	31.0860	32.2534	32.4108
3	30.0468	31.2231	31.5025	31.8684

Gráfica 12. Determinación de vida de anaquel pérdida de humedad, muestra: Mezcla (1)
Harina refinada-harina integral (3:2)



4.5.3 Evaluación sensorial

Se elaboró pan de caja con las siguientes muestras (harina refinada, harina integral y una mezcla [3:2] de harina integral:harina refinada), a las cuales se adiciono a la formulación mejoradores de masa (NaCMC, κ -Carragenina y Xantana) en las concentraciones mínimas y máximas recomendadas por los proveedores para productos de panificación

En la primera etapa se generaron los siguientes descriptores (apariencia general textura de la miga, distribución de las celdas, color de la costra, aroma y sabor).

Para establecer si hay diferencia en el pan de caja elaborado con mejoradores de masa (hidrocoloideos) se aplico la prueba triangular empleando un panel de jueces entrenados. En la tabla 22 se muestra el uso de diferentes hidrocoloideos y su concentración empleada en la formulación del pan de caja

Tabla 17. Diferentes concentraciones de hidrocoloide

Mejorador de masa (hidrocoloide)	Concentración (%)	Muestra
NaCMC	0.10	A
NaCMC	0.25	B
κ -carragenina	0.20	A
κ -carragenina	0.30	B
Xantana	0.05	A
Xantana	0.50	B
Control	-	C

A = Concentración máxima del hidrocoloide (recomendada)

B = Concentración mínima del hidrocoloide (recomendada)

C = Control (Pan sin la adición de hidrocoloide)

A continuación se describe en la tabla 23 un ejemplo de aleatorización de las de muestras de pan de caja elaborado con harina refinada y NaCMC al 0.10% y el análisis estadístico para la prueba triangular.

De esta misma forma se realizó la aleatorización de las muestras del pan elaborado con harina integral y la mezcla [3:2] adicionadas de las otras dos gomas (κ -Carragenina y Xantana) con las concentraciones máximas y mínimas recomendadas por el proveedor

Tabla 18. Aleatorización de las muestras y análisis estadístico para la prueba triangular

Juez	Comparaciones A-B, A-C y B-C			Número de opiniones acertadas	Comparación o número total de ensayos	Probabilidad de éxito	Probabilidad de falla en un ensayo único	Factor de Corrección para la Ji-cuadrada
#	Aleatorización			X	N	p	(1-p)	
1	ABA	ACA	BCB	1	3	0.333	0.667	0.5
2	BAB	AAC	BBC	3	3	0.333	0.667	0.5
3	AAB	CCA	ABB	2	3	0.333	0.667	0.5
4	ABA	ACA	BCB	3	3	0.333	0.667	0.5
5	BAB	AAC	BBC	2	3	0.333	0.667	0.5
6	AAB	CCA	ABB	3	3	0.333	0.667	0.5
7	ABA	ACA	BCB	2	3	0.333	0.667	0.5
8	BAB	AAC	BBC	3	3	0.333	0.667	0.5
9	ABA	ACA	BCB	3	3	0.333	0.667	0.5
			Total =	22	27			
Distribución χ^2 Observada = 26.092								

En el caso de la harina refinada con la adición de NaCMC al 0.10% Se puede observar que los jueces detectan diferencia sensorialmente perceptible en el pan de caja elaborado con la presencia de mejoradores de masa (hidrocoloides) y otro con ausencia del mismo

CONCLUSIONES

Las harinas de diferente grado de extracción variaron considerablemente en el contenido nutrimental; al enriquecer la harina refinada con salvado y germen se observa la disminución de la funcionalidad del gluten para panificación, y ésta a la vez afecta la calidad del producto final, principalmente en atributos de volumen y textura. Por lo tanto la vida de anaquel y la aceptación del producto.

Las características reológicas del gluten en mezclas de harinas enriquecidas con subproductos de la molienda, presentaron una buena correlación con el análisis químico, las especificaciones tecnológicas y fisicoquímicas. En la prueba reológica, los parámetros físicos son mayores a los de la harina refinada, debido a que uno de los factores que afectan el comportamiento reológico de la masa es la presencia de salvado y germen, los cuales dan como resultado mayor porcentaje de absorción de agua y tiempos prolongados de amasado, como se demuestra en los farinogramas correspondientes a cada muestra.

Al adicionar mejoradores para masa (gomas), los parámetros obtenidos en el farinógrafo de Brabender (porcentaje de absorción de agua, estabilidad e índice de tolerancia al amasado) incrementan en las tres muestras estudiadas, siendo más evidente en los farinogramas con harina integral. Debido a que las propiedades funcionales del gluten se ven reforzadas con la presencia de mejoradores.

Cuando la κ - carragenina y la Xantana se agregan a la máxima concentración 0.25 y 0.5 % respectivamente la estabilidad de la masa, parámetro relacionado con el proceso de panificación y de tolerancia al mezclado, no se alcanzan a determinar en el farinógrafo. Mientras que en la mezcla Integral-refinada (3:2) es posible la determinación de estos parámetros en dicho proceso.

La prueba de panificación nos permite evaluar la calidad del gluten en cuanto al volumen del pan y textura, observándose un volumen mayor en harina refinada seguida por la mezcla y la harina integral; también se evaluó la dosificación mínima y máxima recomendada de los mejoradores o gomas. La xantana y la carboximetilcelulosa mejoraron las propiedades de volumen y textura del pan e incrementaron la vida de anaquel del mismo. Al enriquecer la harina refinada con subproductos de la molienda, el volumen y la vida de anaquel del pan disminuyen de manera gradual.

Recomendaciones

Finalmente la integración de todos estos resultados nos permite recomendar el uso de estas harinas y sus mezclas con los mejoradores, en la elaboración de otros productos leudados elaborados a base de harina de trigo y enriquecidos con fibra. Podemos resumir sus atributos como sigue: Incremento del valor nutrimental, prolongamiento de la vida de anaquel, y de atributos de calidad como volumen y textura, así como la aceptación del producto.

Y se recomienda específicamente para algunos tipos de productos nuevos como: base para pizza, pan para hot dogs y pan para hamburguesas.

BIBLIOGRAFÍA

1. AACC. 1983. Approved Methods. American Association of Cereal Chemists. 8th Edition. St Paul, MN. USA.
2. Anzaldúa, Morales Antonio. 1994. Evaluación Sensorial de los Alimentos. Acribia, S.A. Zaragoza España.
3. AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. Association, The Association, 9th Edition. St Paul, MN. USA.
4. Badui, D.S. 1996. Química. de los Alimentos. Alhambra Mexicana 3^o Edic. México D.F. Pág. 117-119, 538-540.
5. C.M Rosell, J.A. Rojas, C. Benedito de Barber. 2001 Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. Foods Hydrocolloids 15(75-81).
6. Diccionario de especialidades para la industria alimentaria. PLM: 2000. México. D.F. 10^o Edición.
7. Fennema, Owen R. 1993. Química de los Alimentos, S.A. Zaragoza España. Pág 749-750.

8. Hebert Stone, Joel L. Sidel. 1985. Sensory Evaluation Practices. Academic Press, Inc. San Diego, California. USA. Cap 5.
9. Kent, N.L. 1987. Tecnología de los cereales. Acribia, S.A. Zaragoza España. 3° Edic. Pág. 113-119.
10. Klaus J. Lorenz, Karel Kulp. 1991. Hand book of Cereal Science and Technology. Marcel Dekker, Inc. New York, New York. USA. Pag 42, 441-445, 687.
11. Lewis M.J. 1987. Propiedades Físicas de los Alimentos y los Sistemas de Procesado. Acribia, S.A. Zaragoza España. Pág. 148, 153, 538-540.
12. Manual de Prácticas Productos de Cereales y Leguminosas. 2004. Facultad de Química UNAM 3ª Edición.
13. Mark L. Dreher. 1987. Handbook of Dietary fiber An Applied Approach. Marcel Drekker, Inc. New York, New York. USA.
14. Marques Mejía, 2001. Empleo de gomas en panificación para alargar la vida de anaquel. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química UNAM. México.
15. Mueller, H.G. 1973. Introducción a la Reología de los alimentos. Acribia, S.A. Zaragoza España. 3° Edic. Pág.113-142.

16. Norma Mexicana (NMX-F-007-1982) Harina de Trigo. Wheat Flour.
17. Norma Mexicana (NMX-F-036-1996) Productos alimenticios no industrializados. Cereales. Trigo (*Triticum Aestivum L.* y *Triticum Durum Desf.*) Especificaciones y métodos de prueba.
18. Norma Mexicana (NMX-FF-159-1983) "Alimentos Pan blanco de caja Foods Packed White Bread"
19. Norma Oficial Mexicana NOM -147-SSA1 -1996. Cereales y sus productos.
20. Pedrero, F. Daniel, Rose Marie Pangborn. 1989. Evaluación Sensorial de los Alimentos Métodos Analíticos. Alhambra Mexicana, S.A de C.V. México D.F. Pág 77-126,217-218.
21. Pomeranz Y. 1987. Modern Cereal Science and Technology. VCH Publishers, Inc. New York, New York. USA. Pág 42, 176-171.
22. Quaglia. 1987. Ciencia y Tecnología de la Panificación. Acibia, S.A. Zaragoza España. 2° Edic. Pág. 1,31, 35-42, 51-56.
23. R. Carl Hosney. 1991. Principios de ciencia y tecnología de los cereales. Acibia, S.A. Zaragoza España.

24. R.S. Kirk. R. Sawyer. H. Egan. 1996. Composición y análisis de los alimentos de Pearson. Compañía editorial continental. S.A. de C.V. 2° Edición. México. D.F.
25. Sanz, Pedrero. 1992. Físicoquímica para Farmacia y Biología. Ediciones científicas y técnicas, S.A. Barcelona España. Cap. 27.
26. Scade, John. 1981. Cereales. Acribia, S.A. Zaragoza España. Pag 11-24.
27. Serna, Sergio. R. 1996. Química Almacenamiento e industrialización de los Cereales. A.G.T Editor, S.A. México D.F. Pág. 10-14, 88-81, 443-485.
28. Thomas E. Furia. 1975 Hndbook of Additives. CRC Press. Cleveland Ohio USA. Pág 295.
29. Vaenkateswara, G.R Haridas, R. 1993. Methods for determining rheological characteristics of dough. A critical Evaluation. Journal of Food Science and Technology 30: (2) 77-78.
30. Wong. Dominic. W. S. 1995. Química de los alimentos mecanismos y teoría. Acribia, S.A. Zaragoza España. Pág 56.
31. <http://dgcnesyp.inegi.gob.mx/BDINE/> Página del Instituto Nacional Estadística Geografía e Informática.

32. <http://faostat.fao.org/faostat/> Página de La Food and Agriculture Organization.
33. <http://www.alimentos.unam.mx/cgi-bin/inter.pl> Página del Programa Universitario de Alimentos Codex Alimentarius.
34. <http://www.economia-noms.gob.mx/> Página de la Secretaría de Economía - Normas Oficiales

ANEXOS

Anexo 1. Material extraño

Norma Oficial Mexicana NOM-147SSA-1

Después de someter la muestra a una hidrólisis ácida, el material considerado como materia extraña ligera se captura por flotación en aceite mineral y posteriormente es retenido en papel filtro para su observación al microscopio.

Anexo 2. Métodos

Análisis químico

Determinación de humedad

Método AACC 44 15A

Condiciones:

- Pesafiltros a peso constante
- Secado en estufa a 130°C. /1h.
- % de Humedad = $[(\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) / \text{Peso inicial} * 100]$

Determinación de cenizas

Método AACC 08-01A

Condiciones:

- Crisoles a peso constante
- Cantidad de muestra 3-5 g.
- % de Cenizas = $[(\text{Peso final}) / \text{Peso inicial} * 100]$
- Ignición con mechero, combustión en mufla 550 - 600°C

Determinación de grasa cruda o extracto etéreo

Método Goldfisch. AOAC (2)

Condiciones:

- Equipo de extracción Goldfish.
- Vasos Goldfisch a peso constante
- Extracción directa con éter etílico anhidro a reflujo.
- Cantidad de muestra 4 - 5 g.
- % de Grasa = [(Peso inicial) / Peso final * 100]

Determinación de proteína cruda

Método Kjeldahl AACC 46-13 (1)

Condiciones:

- Digestor de Proteína Buchi.
- Precalentamiento a 253°C, tiempo de digestión = 120 min.
- Cantidad de muestra 0.5 g. + catalizadores K_2SO_4 , $CuSO_4 \cdot 5H_2O$.
- Se recibió el destilado en ácido bórico con indicadores (fenolftaleína 0.035%, rojo de metilo 6.6%, y verde de bromocresol 3.3%), posterior titulación con HCl 0.1N valorado.
- Volumen del Blanco = 0.4ml.
- % Nitrógeno = [(Vol. titulado – Vol. blanco) * meq.N * N_{HCl} * 100] / g. muestra]
- % de Proteína = (% de Nitrógeno * Factor)

Tabla 19. Factor respectivo para obtener el valor real de proteína

Alimento o grupo de alimento	Factor
Trigo grano (Integral)	5.83
Trigo (Harina Refinada)	5.7
Trigo (cascarilla o salvado)	6.31
Harina de Centeno	5.98
Factor general	6.25

Determinaciones tecnológicas y fisicoquímicas

Granulometría

Condiciones:

- Juego de tamices limpios y secos.
- Cantidad de muestra 25g.
- Tiempo de tamizado = 5 min.
- Fracción retenida = (Cantidad retenida en el tamiz / cantidad de muestra)*

100

Determinación de pH.

Método AACC - 02-52. (1)

Condiciones:

- Calibración del potenciómetro Buffer 7.0
- Cantidad de muestra: 10g en 100ml de H₂O recientemente hervida y fría a 25°C.
- Maceración durante 30 min. agitación frecuente, posterior filtración y medición del pH.

Determinación de Acidez titulable.

Método AACC - 02-51 (1)

Condiciones:

- Cantidad de muestra: 10g en 100ml de H₂O recientemente hervida y fría a 25°C.
- Maceración durante 30 min. agitación frecuente, posterior filtración y titulación con NaOH valorada 0.2N.

Determinación de Pigmentos

AACC (1)

Extracción de los pigmentos carotenoides con una solución de n-butanol saturado en agua, posteriormente se lee en el espectrofotómetro, donde 1 mg de caroteno en 100ml de n-butanol tiene una absorptividad de 1.6632 a 435.8nm

A = Absorbancia

e = coeficiente de absorptividad molar

C = concentración

L = longitud de la celda

Como L = 1 cm basta dividir A/e

Prueba de panificación

Existen dos métodos importantes de panificación: sistema de esponja o método de esponja y el método de masa directa, éste último tiene la ventaja que desde un principio son mezclados todos los ingredientes y el tiempo de fermentación es más corto y se emplean 100 g de harina a caracterizar.

Elaboración de pan de caja por el método directo o masa directa

Agua.....	66ml ¹
Levadura seca.....	3g
Sal.....	2g
Azúcar.....	8g
Manteca vegetal.....	3g

Cámara de fermentación con humedad controlada. (30°C y 85% HR), fermentación primaria (2 horas), fermentación secundaria (1 Hora)

Temperatura de Horneado 200°C / 20 a 25 min.

Desmoldar, enfriar, rebanado

Empacado bolsa de polietileno con cierre hermético (Zip Ploc) y temperatura ambiente 15≈30°C.

¹ La cantidad de agua varía de acuerdo a los parámetros obtenidos en los farinogramas, (% de Absorción). También el contenido de humedad determinado en el análisis proximal, el tipo de harina o mezcla. Además se toma en consideración el empleo de mejoradores para masas (hidrocoloides)

Determinación de humedad durante 7 días método AACC 44-15²

Determinación de volumen³

Evaluación de calidad y sensorial⁴

² Las determinaciones se realizaron cada 24 horas, hasta antes que esta presentara deterioro por ingestación con hongos)

³ Cuando el volumen del pan es mayor a 400ml. se emplea un recipiente de mayor capacidad en el caso del pan elaborado con harina refinada se utiliza un recipiente de 1000ml

⁴ La evaluación sensorial se lleva a cabo con un panel de jueces entrenados en pruebas triangulares

Anexo 3. Gomas de uso alimentario

Carragenina

Descripción: Carragenina es el nombre dado a la familia de polisacáridos sulfatados lineales obtenidos a partir de algas rojas, Tienen la propiedad de formar gran variedad de geles a temperatura ambiente; rígidos o semirígidos, suaves o fuertes, con alto o bajo punto de fusión. Los geles formados, son estables a ciclos repetidos de congelación-descongelación.

Carragenina Kappa es una carragenina pura denominada "grado natural" debido a que su proceso de obtención es diferente al tradicional.

Esta forma de obtención de carrageninas da productos de muy buena calidad, y funcionalidad.

La carragenina M594 es un polvo de color beige inodoro e insípido constituido por una mezcla de carragenina refinada y goma de xantana extraído de algas rojas de la clase *Rhodophyceae* y eventualmente estandarizada con dextrosa para una fuerza del gel constante. La carragenina M594 se dispersa en agua fría y es totalmente soluble arriba de 70°C. No forma Grumos.

Tabla 20. Nivel de aplicación κ -Carragenina:

Productos de baja inyección como jamones y entrecot:	0.2 a 0.3%
Pasteles, salchichas, mortadela	0.2 a 0.3%
Productos de panadería y alta inyección como jamones tipo económico y popular	0.4 a 0.6%

Tabla 21. Especificaciones: κ -Carragenina

Humedad	8-10%
pH.	8-10
Fuerza del ge (solución 2% a 25°C)	700-750g/cm ³
Viscosidad (solución 1.5% a 75°C)	110-130cps
Metales pesados	Menos que 20ppm (como Pb)
Cuenta total en placa	Máx. 10,000 col/g
Hongos y levaduras	Máx. 100col/g
<i>Salmonella</i>	Negativa 1g.
<i>E. Coli</i>	Negativa 1g.

Almacenamiento:

Debe ser almacenada a una temperatura mínima de 25°C en un lugar seco con un máximo de 75% HR. Bajo estas condiciones, el producto tiene una vida media de 12 meses sin ningún problema.

Goma de Xantana

Espesante estabilizante gelificante

DESCRIPCIÓN:

La goma de Xantana es un polisacárido natural producido por las bacterias *Xantanomonas campestris* presentes en las coles. Su importancia industrial se basa en sus propiedades excepcionales como agente de control reológico en sistemas acuosos y como estabilizante de emulsiones y suspensiones.

legislación

Goma de Xantana está registrada en Code of Federal Regulations (21 CFR 172.695) y cumple con los estándares de CEE, FAO, FCC USP, JSFA.

Propiedades:

Goma de Xantana: Es un polvo de color blanco cremoso, de fácil fluidez, soluble en agua caliente y fría, pero insoluble en la mayoría de los disolventes orgánicos. Incluso a bajas concentraciones las soluciones de goma de xantana presenta un alto grado de viscosidad, lo que la convierte en un espesante y estabilizante muy eficaz

Goma de xantana es más pseudoplástica que cualquier otro hidrocoloide con lo que incrementa las cualidades sensoriales en los productos finales y garantiza un alto grado de mezclado, bombeado y vertido. Las soluciones de goma de xantano son muy resistentes a las variaciones de temperatura incluso en la presencia de sales y ácidos. A sí mismo presenta una excelente estabilidad frente a los ciclos de congelación/fusión sin que tenga lugar prácticamente sinéresis alguna.

Cuando se aplican tratamientos energéticos (esterilización, pasteurización) la viscosidad se recupera después de su enfriado.

Goma de Santana es insípida y no afecta el sabor de otros ingredientes, así mismo el valor calórico es muy bajo, ya que se digiere únicamente un 15%

Usos:

- Aderezos fluidos
- Pastelería y panadería
- Bebidas
- Sopas y salsas
- Productos congelados
- Confitería y repostería
- Queso cotagge y cremas
- Patés y salchichas

Carboximetil celulosa de sodio (NaCMC)

Descripción:

La NaCMC es un polímero aniónico derivado de la celulosa, soluble en agua, que tiene las siguientes propiedades funcionales:

- Disuelve fácilmente en agua fría o caliente
- Retiene el agua
- Actúa como agente filmógeno resistente a aceite, grasas y solventes orgánicos
- Actúa como ligante y colioide protector.
- Regula las propiedades de flujo y actúa como agente de control reológico
- Es fisiológicamente inerte

Estas propiedades de la NaCMC hacen que sea posible utilizarla en un amplio rango de aplicaciones, en alimentos, industrias farmacéuticas y de cosméticos, del papel, detergentes, textil, iodios, de perforación, pinturas, adhesivos, cerámicas, pasta dental, flotación, y peletización de minerales, industria del cuero, etc.

Composición química de la NaCMC

La NaCMC (carboximetilcelulosa de sodio) es un polímero aniónico soluble en agua. Este éter celulósico se produce haciendo reaccionar alcalicelulosa con monocloroacetato de sodio bajo estrictas condiciones de proceso.

En la reacción se obtienen como subproductos cloruro de sodio y glicolato de sodio, estas sales son posteriormente removidasobteniendose la carboximetilcelulosa de sodio altamente purificada.

La estructura molecular de la celulosa esta compuesta por una cadena de repetidas unidades de anhidroglucósidas, donde n representa el número de unidades de cadena y se conoce con el grado de polimerización de la celulosa (DP). Cada unidad anhidroglucósida contiene tres grupos hidroxílicos

Anexo 4. Parámetros reológicos en el Farinógrafo de Brabender

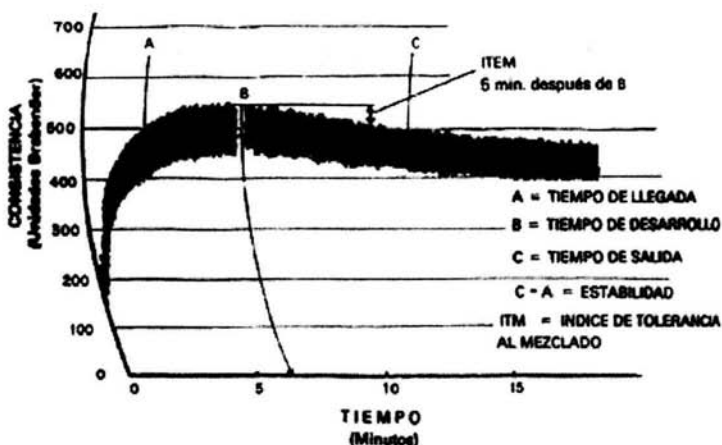


Figura 13. Curva típica de un farinograma y parámetros de evaluación

A Tiempo de llegada.

Es el tiempo que tarda la masa en adquirir una consistencia de 500 UB, es una medida del grado de hidratación de la harina, este tiempo se incrementa al aumentar la concentración de proteínas.

B Tiempo óptimo de desarrollo *Peak time*.

Tiempo en que tarda la curva en alcanzar el punto más alto, este último representa la consistencia máxima, se correlaciona con el tiempo de mezclado en equipos comerciales.

C Estabilidad.

Es el tiempo en que la curva permanece tocando por lo menos un punto de la línea de los 500 UB, se mide desde el tiempo de llegada hasta que la curva abandona la línea de 500 U, indica que tan estable es la masa durante el proceso, las harinas panaderas poseen estabilidades alrededor de 12 min. o más, mientras que para las galleteras es de 4 a 6, a mayor estabilidad mayor tolerancia al mezclado.

D Tiempo de partida.

Es la suma del tiempo de llegada y la estabilidad, se registra desde el tiempo cero hasta que la curva abandona la línea de 500 UB, tiene una relación directa con el Índice de tolerancia al mezclado; valores altos nos indican harinas con buena tolerancia al amasado.

E Índice de tolerancia al mezclado (ITM).

Valores altos indican harinas con poca estabilidad. Se mide trazando una línea horizontal desde el tiempo óptimo de desarrollo hasta 5 min. Después, al final de ésta se dibuja una línea perpendicular hasta tocar la superficie de la curva; la magnitud de esta última representa el ITM, si este es alto se corre el riesgo de sobremezclado.

F Tiempo de caída.

Para obtener este parámetro trazamos una línea paralela 30UB por debajo de la línea de los 500 UB, y ubicamos el punto en el cual la curva está centrada, se registra desde el tiempo cero hasta dicho punto, que indica el momento en que la estructura se rompe.

Evaluación reológica

Método AACC 54-21 (1) Farinógrafo Brabender, Tazón de mezclado de 300g

Condiciones:

- Pesar 50g. de la harina a caracterizar, colocarla en la cámara de mezclado (tazón) previamente limpio y calibrado a 30°C.
- Bajar la plumilla a (Cero Unidades Brabender UB) y (tiempo cero $t = 0$ min.)
- Encender la cámara de mezclado, y adicionar agua* con la bureta.
- Una vez adicionada la cantidad de agua, tapar la cámara de mezclado, raspar las paredes de la cámara frecuentemente, para obtener un mezclado homogéneo.

(*)El punto en el que se considera como la cantidad ideal de agua que absorbe la harina para desarrollar una masa con consistencia óptima es 500UB si el máximo de la curva sobrepasa las 500 UB entonces se repite la prueba pero se adiciona más agua y viceversa. Se agrega agua a prueba y error hasta centrar la gráfica en 500 UB.

Anexo 5. Elaboración de pan de caja a diferentes concentraciones de goma**Pan de caja con harina refinada y NaCMC, κ -Carragenina y Xantana**Tabla 22. Diferentes concentraciones de goma NaCMC, κ -Carragenina y Xantana

Muestra	Hidrocoloide (Goma)	Concentración (%)
A	NaCMC	0.10
B	NaCMC	0.25
C	Control	-
A	κ -Carragenina	0.20
B	κ -Carragenina	0.30
C	Control	-
A	Xantana	0.05
B	Xantana	0.50
C	Control	-

Anexo 6. Evaluación sensorial

Tabla 23. Comparación entre el control y cada una de los hidrocoloideos a diferentes concentraciones

Muestra	Hidrocoloide (Goma)	Concentración (%)	Comparaciones (con el control y entre las gomas)	Hipótesis	
				$H_0:$	$H_1:$
A	NaCMC	0.10	A-B	$A=B=C$	$A \neq B \neq C$
B	NaCMC	0.25	A-C		
C	Control	-	B-C		
A	NaCMC	0.10	A-B	$A=B=C$	$A \neq B \neq C$
B	NaCMC	0.25	A-C		
C	Control	-	B-C		
A	NaCMC	0.10	A-B	$A=B=C$	$A \neq B \neq C$
B	NaCMC	0.25	A-C		
C	Control	-	B-C		

Cuestionario prueba triangular

Evaluación de pan de caja con harina refinada a diferentes concentraciones de hidrocoloide (goma)

Nombre _____ Fecha _____

Frente a usted tiene tres muestras de pan, 2 de ellas son iguales y una diferente.

Comience con la triada 1, probando las muestras de izquierda a derecha, marque con una X la muestra que es diferente. Enjuague al finalizar cada triada.

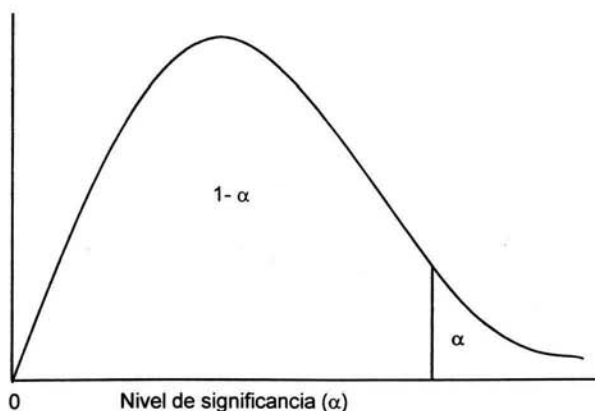
Triada 1	551	786	943
Triada 2	432	291	388
Triada 3	045	733	483

Planteamiento estadístico

Tabla 24. Valores teóricos para la Ji cuadrada, para diferentes niveles de significancia

gl	Una cola							
	0.25	0.15	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0005
	Dos colas							
	0.50	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.455	1.074	1.642	2.706	3.841	5.412	6.635	10.827
2	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	7.824	9.210	13.815
3	2.366	3.665	4.642	6.2541	7.815	9.837	11.345	16.266
5	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	11.688	13.277	18.467
5	4.351	6.064	7.298	9.236	11.070	13.388	15.086	20.515

Distribución Ji-cuadrada (χ^2)



Aleatorización de las muestras:

A continuación se describe un ejemplo de aleatorización de muestras de pan de caja elaborado con harina refinada con NaCMC y análisis estadístico para la prueba triangular y de esta misma forma se realizó la aleatorización de los panes elaborados con harina integral y la mezcla adicionadas de las otras dos gomas

Tabla 25. Aleatorización de las muestras y análisis estadístico para la prueba triangular

Juez	Comparaciones A-B, A-C y B-C			Número de opiniones acertadas	Comparación o número total de ensayos	Probabilidad De éxito	Probabilidad de falla en un ensayo único	Factor de Corrección para la Ji-cuadrada
#	Aleatorización			X	N	p	(1-p)	
1	ABA	ACA	BCB	3	3	0.333	0.667	0.5
2	BAB	AAC	BBC	3	3	0.333	0.667	0.5
3	AAB	CCA	ABB	3	3	0.333	0.667	0.5
4	ABA	ACA	BCB	3	3	0.333	0.667	0.5
5	BAB	AAC	BBC	3	3	0.333	0.667	0.5
6	AAB	CCA	ABB	3	3	0.333	0.667	0.5
7	ABA	ACA	BCB	3	3	0.333	0.667	0.5
8	BAB	AAC	BBC	3	3	0.333	0.667	0.5
9	ABA	ACA	BCB	3	3	0.333	0.667	0.5
			Total =	27	27			