



Universidad Autónoma del Estado de México

Facultad de Ciencias Agrícolas

**“EFECTO DEL REPOSO EN MASA PARA GALLETAS
ELABORADAS CON UNA MEZCLA DE HARINA DE
TRIGO Y TRITICALE”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO INDUSTRIAL**

PRESENTA:

**MIGUEL ANGEL BERNAL ESTRADA
(NO. DE CUENTA: 1122123, 39° GENERACIÓN)**

MODALIDAD: TESIS INDIVIDUAL

**ASESORA:
DRA. ADRIANA VILLANUEVA CARVAJAL**



**CAMPUS UNIVERSITARIO “EL CERRILLO PIEDRAS BLANCAS”, TOLUCA,
ESTADO DE MEXICO, OCTUBRE 2016**



Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Ciencias Agrícolas



“EFECTO DEL REPOSO EN MASA PARA GALLETAS
ELABORADAS CON UNA MEZCLA DE HARINA DE
TRIGO Y TRITICALE”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO INDUSTRIAL

PRESENTA:

MIGUEL ANGEL BERNAL ESTRADA

MODALIDAD: TESIS INDIVIDUAL

ASESORA

DRA. ADRIANA VILLANUEVA CARVAJAL

CAMPUS UNIVERSITARIO “EL CERRILLO PIEDRAS BLANCAS”, TOLUCA,
ESTADO DE MEXICO OCTUBRE 2016.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma del Estado de México por el apoyo otorgado para la realización de este proyecto y darme las herramientas necesarias para terminar mis estudios. A la Facultad de Ciencias Agrícolas por haberme brindado la oportunidad de pertenecer a ella y dejarme utilizar sus instalaciones durante 5 años.

A la Dra. Adriana por creer en mí, por aceptarme en su proyecto, por apoyarme a lo largo de esta investigación, por su forma de trabajar, por los valores inculcados y sobre todo por la paciencia que siempre me ha brindado, por confiar en mí, por todos los conocimientos compartidos, por las asesorías brindadas y por guiarme durante la investigación.

A mis revisores por apoyarme en esta investigación, por sus valiosas sugerencias y comentarios que me permitieron mejorar y enriquecer esta investigación.

Al Ing. Viquez, al Ing. Raymundo, a la Ing. Jessy, a la Dra. Adriana, al Dr. Néstor, a la Dr. Anacleto, al Dr. Aurelio, y al Dr. Gaspar por acompañarme durante mi formación profesional y personal, por los consejos, las experiencias y la confianza brindada, por guiarme durante la carrera y por brindarme su apoyo incondicional tanto personal como profesional. A todos los profesores que formaron parte de mi educación profesional por compartirme sus conocimientos.

A mis maestros quienes nunca desistieron al enseñarme, aun sin importar que muchas veces no ponía atención en clase, a ellos que continuaron depositando su esperanza en mí.

A mis amigos José Luis, Edgar, Rubén, Manuel, Alfredo y Daniel, por sus consejos y por el apoyo brindado tanto en los momentos buenos y malos. En general por haber compartido con todos ellos, divertidas ocurrencias en salidas de campo.

DEDICATORIAS

A dios

Por poder estar aquí y dejarme compartir este logro con mi familia, por bendecirnos y brindarnos salud, por estar junto a mí siempre y darme fuerza para poder continuar, por mostrarme el camino correcto hacia la felicidad, por todas y cada una de las enseñanzas que ha puesto en mi vida, pero sobre todo por regalarme a la mamá más maravillosa.

En especial a mis padres

A mi mamá Silvia por brindarme todo su amor y cariño, por ser la persona que más admiro, por ser la mujer perfecta, gracias por todos tus consejos que me han servido y servirán a lo largo de la vida, por estar a mi lado siempre que lo necesito, por ser el motor principal para lograr cada una de mis metas, gracias por ser mi mamá y amarme tanto. La quiero y la respeto mucho. Te amo con toda mi alma y corazón mamá. **A mi papá Miguel** por regalarme grandes momentos y enseñanzas que serán inolvidables, porque gracias a su apoyo y consejos he llegado a realizar una de mis metas, la cual constituye la herencia más valiosa que pudiera recibir. Con admiración y respeto, Padres les agradezco por brindarme la oportunidad de estudiar y superarme, pero sobre todo gracias por darme la vida.

A mi hermana, hermanos

por ser el ejemplo a seguir, por brindarme su ayuda en toda ocasión, por creer en mí, por el apoyo en momentos difíciles, por los consejos y regaños que me dieron para que me formara como una persona de bien. Los quiero y los respeto mucho. Gracias por la confianza puesta en mí y el logro alcanzado no solo me pertenece a mí sino a todos ustedes familia.

“Y, por último: deseo dedicar este momento tan importante e inolvidable; a mí mismo, por no dejarme vencer, ya que en ocasiones el principal obstáculo se encuentra dentro de uno...”

INDICE GENERAL

	Pág.
INDICE GENERAL.....	iii
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Generalidades del cultivo de triticale	3
2.2. El origen del triticale.....	4
2.3. Clasificación taxonómica	5
2.3.1. Morfología.....	7
2.3.2. Composición química del grano.....	8
2.3.3. Importancia como cultivo.....	9
2.3.4. Importancia agroindustrial	10
2.3.4.1. Panificación	12
2.3.4.2. Pasta para sopas.....	13
2.3.4.3. Malteado y fermentado.....	13
2.3.4.4. Tortillas de harina.....	14
2.3.5. El almidón en los cereales	14
2.3.5.1. Estructura y propiedades del almidón.....	15
2.4. Actividad enzimática.....	16
2.4.1. Alfa-amilasa.....	16
2.4.2. Beta-amilasa.....	17
2.4.3. Penstosanos	18
2.4.4. Azúcares libres.....	18
2.4.5. Actividad proteolítica	18

2.5.	Galletas.....	19
2.5.1.	Producción de galletas.....	19
2.5.2.	Masas	20
2.5.3.	Textura de alimentos.....	20
III.	OBJETIVOS.....	22
3.1.	Objetivo general.....	22
3.2.	Objetivos específicos.....	22
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
4.1.	Materiales	23
4.1.1.	Ubicación del sitio experimental	23
4.1.2.	Materia prima.....	23
4.1.3.	Equipo y reactivos	23
4.1.3.1.	Equipo	23
4.1.3.2.	Reactivos	24
4.2.	Métodos	25
4.2.1.	Molienda	25
4.2.2.	Tamizado	25
4.2.3.	Elaboración de galletas.....	26
4.2.3.1.	Formulaciones	26
4.2.3.2.	Preparación de la masa	26
4.2.3.3.	Horneado de la masa y obtención de galletas	28
4.2.4.	Evaluación de textura en masa.....	29
4.2.5.	Evaluación de textura en galletas	30
4.2.6.	Cuantificación de azúcares libres	31
4.2.7.	Evaluación sensorial	31
4.2.8.	Análisis del color.....	33
4.2.9.	Diseño experimental	33
4.2.10.	Análisis estadístico	33
V.	RESULTADOS Y DISCUSION	35
5.1.	Molienda del grano y obtención de harina.....	35

5.2.	Condiciones de reposo en masa y elaboración de galletas.....	35
5.3.	Textura en masa	36
5.4.	Textura en galleta.....	39
5.5.	Azúcares libres en masa y galleta	41
5.6.	Evaluación del color.....	43
5.7.	Evaluación sensorial	46
VI.	CONCLUSIONES	48
VII.	BIBLIOGRAFÍA	49

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Pág.
Cuadro 1. Composición química de grano de triticale, trigo y centeno	8
Cuadro 2. Contenido de aminoácidos en granos de triticale y trigo.	9
Cuadro 3. Usos del triticale en algunos países productores del cereal	11
Cuadro 4. Propiedades de almidones de algunos cereales.....	16
Cuadro 5. Formulación base para galletas.....	26
Cuadro 6. Tiempos y temperaturas de reposo de masa para galletas	27
Cuadro 7. Coeficientes de regresión y correlación por variable respuesta para masa y galletas	36

LISTA DE FIGURAS

Figura	Pág.
Figura 1. Estructura morfológica de la planta de triticale	7
Figura 2. Superficie cosechada de triticale a nivel mundial.	10
Figura 3. Estructura y propiedades del almidón.	15
Figura 4. Molino donde se realizó la molienda del grano de triticale.	25
Figura 5. Harina de triticale.....	25
Figura 6. Reposo de la masa.....	28
Figura 7. Discos de masa.....	29
Figura 8. Horneado de galletas.....	29
Figura 9. Medición de textura en masa.....	30
Figura 10. Prueba de textura en galletas.....	31
Figura 11. Evaluación sensorial en galletas.....	32
Figura 12. Análisis de color.....	33
Figura 13. Efecto de la temperatura y el tiempo de reposo en la dureza de la masa	38
Figura 14. Efecto de la temperatura y el tiempo de reposo en la adhesividad de la masa ...	39
Figura 15. Efecto de la temperatura y el tiempo de reposo en la cohesividad de la masa ...	39
Figura 16. Efecto de la temperatura y el tiempo de reposo en la fuerza a la fractura en galleta.....	41
Figura 17. Efecto de la temperatura y el tiempo de reposo en la cantidad de azúcares libres en masa	42
Figura 18. Efecto de la temperatura y el tiempo de reposo en la cantidad de azúcares libres en galleta.....	43
Figura 19. Correlación entre los azúcares libres cuantificados en galleta contra los azúcares libres cuantificados en masa.	43
Figura 20. Efecto de la temperatura y el tiempo de reposo en la luminosidad en galleta	45
Figura 21. Efecto de la temperatura y el tiempo de reposo en el parámetro a* en galleta ...	45
Figura 22. Efecto de la temperatura y el tiempo de reposo en el parámetro b* en galleta ...	46
Figura 23. Cantidad de azúcares libres y evaluación sensorial de galletas	47

RESUMEN

Efecto del reposo en masa para galletas elaboradas con una mezcla de harina de trigo y triticale

Miguel Angel Bernal Estrada. Ingeniero Agrónomo Industrial. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas.

Asesor: Dra. Adriana Villanueva Carvajal

1. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas. Campus universitario El Cerrillo, El Cerrillo Piedras Blancas Municipio de Toluca, Méx. Código postal 50200. Tel. 2-96-55-31 Ext. 152. adrcarvajal@gmail.com.

El presente proyecto tuvo como objetivo evaluar el efecto del reposo de masas para galleta elaboradas con una mezcla de harina de trigo y triticale mediante la cuantificación de azúcares libres tanto en masa como en galletas. Se realizó, así mismo, la evaluación de la textura de la masa a través del perfil de textura (TPA) y de la medición de fuerza a la ruptura en galletas. Los resultados indican que los parámetros antes descritos se modifican cuando, a una temperatura constante, aumenta el tiempo de reposo de la masa, verificando este comportamiento a 25°C y a 65°C. Por otro lado, se evaluó el color de las galletas obteniendo resultados con un comportamiento similar al comportamiento de azúcares y textura. Finalmente, se realizó una evaluación sensorial preliminar cuantificando el nivel de agrado de 93 consumidores. La prueba sensorial indicó que los consumidores evalúan con una mayor calificación tanto el sabor como la textura de las galletas que contienen mayor cantidad de azúcares libres. Se concluye que el reposo de masas para galleta elaboradas con harina de trigo y triticale promueve la generación de azúcares libres y que la textura, el color y el nivel de agrado de los consumidores se afecta por este parámetro.

Palabras clave: Galletas; Triticale; Tiempo de Reposo; Azúcares Libres; Textura.

ABSTRACT

Effect of holding time on cookies dough elaborated with a wheat-triticale mixture

Miguel Angel Bernal Estrada. Ingeniero Agrónomo Industrial. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas.

Asesor: Dra. Adriana Villanueva Carvajal

1. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas. Campus universitario El Cerrillo, El Cerrillo Piedras Blancas Municipio de Toluca, Méx. Código postal 50200. Tel. 2-96-55-31 Ext. 152. adrcarvajal@gmail.com.

The present project had as objective to evaluate the effect of holding time in cookie dough elaborated with a mixture of wheat and triticale flour, by means of the quantification of free sugars in dough and cookies. It had also been evaluated the texture of the dough through a Texture Profile Analysis (TPA) and the measurement of the breaking force in cookies. Results showed that parameters previously described are modified when, at a constant temperature, dough holding time increases, and this behavior is verified at 25°C and at 65°C. Besides, cookies' color had also been evaluated obtaining results that behave as sugar and texture. Finally, a preliminary sensory evaluation was conducted, quantifying cookies' liking degree with 93 consumers. The sensory test showed that consumers evaluated with a higher score taste and texture of the cookies with a higher content of free sugars. It is concluded that cookies dough holding time promotes the generation of free sugars and that texture, color and consumer's liking level is affected by this fact.

Keywords: Cookies; Triticale; Holding Time; Free Sugars; Texture.

I. INTRODUCCIÓN

El triticale es un cereal creado artificialmente por el hombre, mediante cruces entre trigo (*Triticum aestivum* L. o *Triticum turgidum* L.) y centeno (*Secale cereale* L.). La hibridación entre estos cereales se llevó a cabo para aprovechar algunas propiedades del trigo, tales como su valor proteico y energético, así como otras del centeno, entre las que destacan su actividad proteica y su resistencia agronómica.

Se considera ambientalmente más flexible que otros cereales, ya que muestra al mismo tiempo una mejor tolerancia a la sequía, a bajas temperaturas, a plagas, enfermedades y a suelos relativamente pobres en relación a sus especies parentales (Darvey *et al.*, 2000); con rendimientos adecuados de grano y rastrojo (paja, salvado) y menores necesidades de insumos que otros cereales (Briggs, 2001). Es una buena alternativa para la producción de forraje y grano de calidad para la producción de harinas. Es un cultivo relativamente nuevo en México, del cual se estima se siembran anualmente entre 8 y 10 mil hectáreas para la producción de grano, principalmente en los Estados de Michoacán, Nuevo León, Puebla, Jalisco, México, Tlaxcala y Sonora, y más recientemente para uso forrajero, en Chihuahua, Coahuila y la Región Lagunera (Ye-Ceh *et al.*, 2001). La producción de grano ha sido favorecida debido a que además de su calidad nutricional, a su adaptabilidad a diversos ambientes, representan una alternativa para la producción durante el período Otoño-invierno cuando la precipitación pluvial es escasa.

El grano de triticale tiene una composición especial que da cualidades para ser utilizado como materia prima en ciertos sectores industriales, principalmente porque es rico en aminoácidos esenciales como lisina y triptófano. Algunos estudios han demostrado que las harinas de triticale producen masas para pan débiles, debido a su bajo contenido y

fuerza de gluten, así como por la alta actividad de la enzima amilolítica α -amilasa (Amaya y Peña, 1991).

El grano de triticale no es adecuado para la industria de la panificación, aunque en algunos casos se emplea como un sustituto del trigo blando, por ejemplo, en la producción de pasteles y galletas (Mergoum *et al.*, 2004, Glatthar *et al.*, 2002). Sin embargo, su alta actividad α -amilasa y polifenoles hacen que los productos sean relativamente dulces y con una coloración no convencional cuando la concentración de harina de triticale rebasa el 25% (Glatthar *et al.*, 2002).

El objetivo del presente trabajo consistió en promover el incremento de la actividad amilolítica del triticale mediante reposo, de quien a diferentes tiempos y temperaturas como medio para incrementar el dulzor del producto horneado. Se cuantificó la producción de azúcares solubles producidos, y se evaluó la textura del producto obtenido.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cultivo de triticale

El triticale es un cereal obtenido a partir de la hibridación de trigo (*Triticum aestivum*) y centeno (*Secale cereale*), desarrollado después de los años 60 y cultivado sobre todo como cereal de forraje. Esta hibridación se llevó a cabo para aprovechar las propiedades del trigo, como su alto valor proteico y energético, así como ciertas propiedades del centeno, tales como su calidad proteica y su resistencia agronómica. El triticale posee características que varían según el genotipo, tales como: tipo de grano, resistencia a plagas, acame, adaptación y fechas de siembra (Guerrero, 1999). Posee un alto potencial de rendimiento, incluso bajo condiciones marginales de crecimiento, motivo por el cual puede considerarse una alternativa muy atractiva para elevar la producción de cereales a nivel mundial (Peña, 2004).

De acuerdo con Santoyo y Quiroz (2010) el triticale representa un cultivo sobre el cual existe poca difusión respecto a sus bondades y usos. Es una buena alternativa a disposición de productores para la producción de forraje y grano de buena calidad nutricional, acentuada por su contenido de lisina, aminoácido deficiente en otros cereales. Actualmente, el grano de triticale se utiliza en mezclas con granos de trigo para producir harina sin gluten fuerte, así como en la elaboración de diferentes tipos de pan, es decir, su principal uso es semejante al del trigo. Por otro lado, parte del triticale producido se utiliza a nivel industrial como ingrediente para la elaboración de alimentos balanceados, principalmente para bovinos destinados a la producción de carne y leche, así como para ovinos, cerdos y aves.

Diversas investigaciones concluyen que el triticale se adapta mejor que otros cereales a diversos ambientes, mostrando mejor tolerancia a diversas enfermedades y plagas, respecto a sus parientes cercanos, lo que se manifiesta en mejores rendimientos de grano y biomasa respecto a otros cereales. Por consiguiente, el incremento significativo en el área de producción de triticale en los últimos años es un testimonio del futuro potencial de éste cultivo (Guerrero, 1999).

2.2.El origen del triticale

La primera planta fértil de triticale fue obtenida por Rimpau en 1888 (Alemania) al duplicar el número de cromosomas mediante el alcaloide colchicina (Varughese *et al.*, 1987). A partir de entonces, diversos centros de investigación en el mundo se han dedicado a su mejoramiento genético. Actualmente el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) ha logrado considerables progresos en este cultivo (Varughese *et al.*, 1996). Es un cereal de autofecundación (fecundación del óvulo de una flor por el polen de la misma planta). Fue obtenido artificialmente por el hombre a partir del cruzamiento de trigo (*Triticum* ssp.) con centeno (*Secale* ssp.). El nombre triticale es una combinación del prefijo de Triticum (derivado de Triticum) y el sufijo Secale, es decir, los géneros botánicos de las plantas progenitoras (Mellado *et al.*, 1993).

Fue desarrollado después de los años 70 y cultivado sobre todo como cereal para forraje. Esta hibridación se llevó a cabo para aprovechar las propiedades del trigo, tales como su alto valor proteico y energético, así como la calidad proteica y resistencia agronómica del centeno. Este cultivo tiene características que varían según la línea, tales como tipo de grano, resistencia, acame, adaptación y fechas de siembra, en la actualidad, las mejoras genéticas se dirigen hacia alimentación de ganado. Actualmente las investigaciones han

demostrado que el triticale es más flexible al ambiente que otros cereales, mostrando mejor tolerancia a muchas enfermedades y plagas respecto a sus parientes lejanos, lo que se refleja en mayor producción de grano y biomasa que otros cereales. Por consiguiente, el incremento significativo en el área de producción de triticale en los últimos años, es un testimonio del futuro potencial de este grano (Guerrero, 1999).

Inicialmente fueron varios los países donde se iniciaron trabajos de investigación sobre triticale, entre ellos Canadá, Polonia, España y Alemania. Sin embargo, a comienzos de la década de 1960, el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), México, se constituyó en la base del mejoramiento de triticale a nivel internacional (Mellado *et al.*, 1993).

2.3. Clasificación taxonómica

Los triticales obtenidos directamente del cruzamiento entre el trigo y el centeno se denominan primarios. Actualmente no se explotan comercialmente, porque son bastante pobres desde el punto de vista agronómico, por lo cual su interés reside en la obtención de otros tipos con el fin de ampliar la base genética de la especie. Los triticales secundarios se han obtenido después de cruzar los triticales primarios con un trigo o con otros triticales, con el objetivo de mejorar sus características (Royo, 1991).

Los triticales hexaploides se obtienen a partir del cruzamiento entre el trigo *durum* (especie tetraploide, con 28 cromosomas y fórmula genómica AABB) y el centeno (especie diploide con 14 cromosomas y fórmula genómica RR). La fórmula genómica del triticale hexaploide es AABBRR y posee 42 cromosomas, es decir la suma de los cromosomas de ambos padres. Por su baja calidad, estos triticales raramente se usan en consumo humano en su condición primaria (Lukaszewski, 2006).

Los triticales octoploides se obtienen a partir del cruzamiento entre el trigo harinero de 42 cromosomas (especie hexaploide de forma genómica AABBDD) y el centeno diploide de 14 cromosomas y fórmula genómica RR. Por lo tanto, la fórmula genómica del triticales octoploide es AABBDDRR, y posee 56 cromosomas, es decir la suma de los cromosomas de ambos progenitores. Aunque estos triticales son de mejor calidad panadera que los hexaploides, son muy inestables, por lo que su comportamiento en siembras comerciales es impredecible (Lukaszewski, 2006).

Los triticales completos son los que tienen la dotación cromosómica total del centeno, es decir, tienen sus 14 cromosomas. Debido a ello son superiores a los sustituidos bajo condiciones de estrés: disponibilidad de agua limitada, suelos ácidos, deficiencia de nutrientes o toxicidad, o alta precisión de enfermedades (Varuguese *et al.*, 1996).

Los triticales sustituidos son aquellos en los que uno o más cromosomas del genoma D del trigo harinero han sustituido a cromosomas R del centeno. En el caso del triticales llamado 'Armadillo', producto de un cruzamiento espontáneo de un triticales con un trigo harinero semienano desconocido, el cromosoma 2D del trigo harinero sustituyó al cromosoma 2R del centeno (Varughese *et al.*, 1987).

Se puede esperar que los triticales completos y sustituidos tengan características fenotípicas diferentes y se comporten de modo muy distinto agronómicamente. Se ha comprobado que los triticales completos poseen mayor productividad, tanto en zonas fértiles como en condiciones adversas, y son más adaptables y más resistentes a condiciones limitantes. Sin embargo, los triticales sustituidos han dado origen a más variedades, ya que son más estables y de mejor calidad panadera (Lukaszewski, 2006).

2.3.1. Morfología

Los muchos aspectos la planta de triticales tiene una apariencia intermedia entre la planta de trigo y la planta del centeno. Sus características dependen mucho de los parámetros utilizados, pero en general es más parecido al del trigo (Royo, 1991). De manera general, se puede decir que el triticales es más alto que el trigo, posee hojas más gruesas y grandes y las espigas son de mayor longitud que las del trigo y el centeno. En gran cantidad de triticales (muchos tipos de invierno son una excepción) (Figura 1). Las plantas presentan gran vigor, sobre todo en las primeras fases del ciclo productivo (Royo, 1991).

La morfología del grano de triticales es muy similar a la de sus progenitores. La cariósipide pierde las glumas en la trilla y por lo general es de mayor tamaño que la del trigo (10 - 12 mm de longitud y 3 mm de ancho) con un peso de aproximadamente 40 mg (Figura 1). Contiene el germen unido al endospermo con la capa exterior de aleurona; al exterior de la aleurona está la cubierta de la semilla, el pericarpio y restos de epidermis nucelar. El grano tiene un surco ventral a lo largo de su longitud, es de color pardo- amarillento y se caracteriza por plegamientos del pericarpio exterior producidos, aparentemente, por encogimiento (Osca, 2007).



Figura 1. Estructura morfológica de la planta de triticales (izquierda) y estructura anatómica del grano de triticales (derecha).

Fuente: Hosenev, 1991

2.3.2. Composición química del grano

En el cruzamiento entre el trigo y el centeno, la distribución de proteína se comporta de forma similar a la del centeno. En general las proteínas hidrosolubles y solubles en sales diluidas son más escasas en el triticale que en el centeno, además de ser ligeramente superior el contenido de prolaminas (Hoseney, 1991).

La calidad nutritiva del triticale es semejante a la del trigo y en algunos aspectos llega a superarlo, ya que posee mayor contenido de lisina, mejor digestibilidad proteica y el balance de minerales lo hacen especialmente adecuado para reemplazar o complementar a otros cereales en la alimentación humana o animal. La principal limitante del triticale es su contenido de lisina, no obstante, generalmente es superior al del trigo además de contar con un mejor balance de aminoácidos esenciales (Owens, 1999).

Las características físicas y químicas del grano de triticale ubican a este cereal en un lugar intermedio entre trigo y centeno, excepto lo que respecta su contenido de extracto etéreo (grasa), que presenta valores más bajos que sus progenitores (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición química de grano de triticale, trigo y centeno

Cereal	Proteína (%)	Almidón (%)	Fibra		Azúcares Libres (%)	Cenizas (%)
			Cruda (%)	Extracto etéreo (%)		
Triticale de Primavera	10.3-15.6	57-65	3.1-4.5	1.5-2.4	3.7-5.2	1.4-2.0
Triticale de Invierno	10.2-13.5	53-63	2.3-3.0	1.1-1.9	4.3-7.6	1.8-2.9
Trigo de Primavera	9.3-16.8	61-66	2.8-3.9	1.9-2.2	2.6-3.0	1.3-2.0
Trigo de Invierno	11.0-12.8	58-62	3.0-3.1	1.6-1.7	2.6-3.3	1.7-1.8
Centeno de Primavera	13.0-14.3	54.5	2.6	1.8	5	2.1

Fuente: Peña, 2004.

El contenido de lisina del triticale, así como su adecuado balance de aminoácidos esenciales, lo hacen recomendable para reemplazar a otros cereales en alimentación humana. Al mismo tiempo, la mejor calidad de la proteína podría permitir un menor uso de ingredientes químicos artificiales que muchas veces se agregan para suplir las deficiencias de las materias primas que conforman las raciones (Peña, 2004).

En el Cuadro 2 se muestra el contenido de aminoácidos presentes en granos de triticale y trigo.

Cuadro 2. Contenido de aminoácidos en granos de triticale y trigo.

Aminoácidos	Contenido de aminoácidos	
	%	
	Triticale	Trigo
Arginina	5.29	2.59
Fenilalanina	4.78	4.43
Histidina	2.53	3.16
Isoleucina	3.59	3.53
Leucina	6.82	6.12
Lisina	3.62	1.55
Metionina	1.79	1.41
Treonina	3.35	3.05
Valina	4.78	4.54

Fuente: NCR, 1998

2.3.3. Importancia como cultivo

De acuerdo con Hill (1991), aunque el triticale podría llegar a ser una buena fuente de proteína y energía en la alimentación humana, la principal objeción para fomentar una

mayor producción de este cereal es que se ha utilizado tradicionalmente para uso en la alimentación animal, pero muy poco para consumo humano (Peña, 2004).

La razón por la que la utilización del grano de triticale es limitada en la alimentación humana es por diversos factores tales como: composición química del grano (alta actividad de alfa amilasa, baja cantidad y calidad de gluten), competitividad económica con otros granos (la textura arrugada del grano demerita su valor y ello hace que no se tenga un mercado establecido para este grano, y adicionalmente con el triticale se tienen bajos rendimientos de harina en comparación al trigo (Peña, 1995). De acuerdo con la FAO (2014) pese a la alta productividad del triticale, la producción global se incrementa lentamente (Figura 2), y el cultivo no se ha establecido de buena forma en los mercados internacionales ni locales.

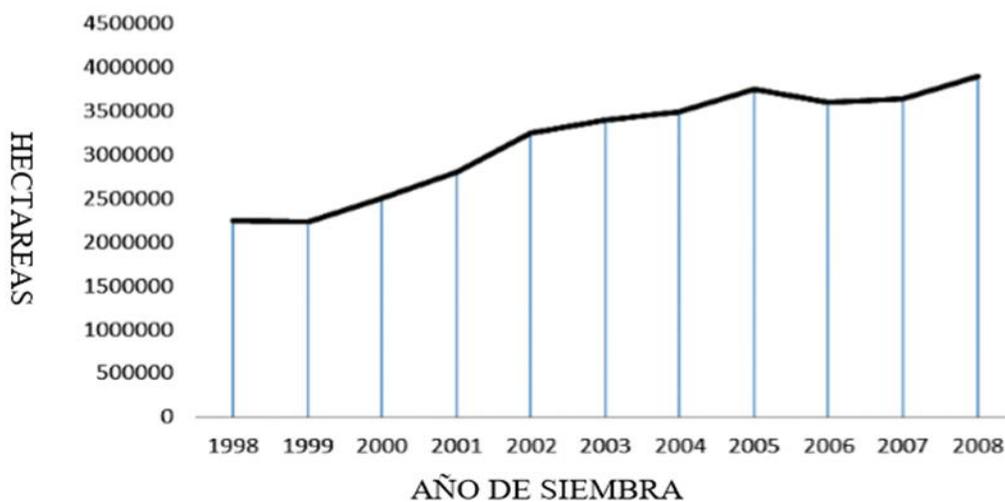


Figura 2. Superficie cosechada de triticale a nivel mundial.

Fuente: FAO, 2014

2.3.4. Importancia agroindustrial

La importancia agroindustrial de algunos cereales radica en su capacidad harinera, base para la fabricación de productos derivados de panificación. Las propiedades de molienda

y panificación de las especies progenitoras del triticale han sido estudiadas ampliamente (Royo, 1991). Numerosos estudios indican que este cereal es apropiado para la producción de varios productos para la industria alimentaria (Cuadro 3). Los factores que han limitado la difusión del uso del triticale como un cultivo comercial son: la abundancia de grano de trigo en el mercado mundial y la mejor calidad panadera que el trigo tiene sobre el triticale, propicia que este cereal sea un grano poco atractivo para la industria molinera y panadera; Sin embargo, las harinas que se obtienen de este grano tienen buena aptitud galletera y para la elaboración de tortillas (Peña, 1995).

Cuadro 3. Usos del triticale en algunos países productores del cereal

País	Producto	Proporción de harina de triticale
		mezclada con harina de trigo (%)
Australia	Panes, Galletas, Pasteles	100
Brasil	Variedad de panes	40-100
Alemania	Panes fermentados	40
Polonia	Panes tipo centeno	100
Rusia	Panes tipo centeno	100
E.U.A.	Capas de pastel	50

Fuente: Peña, 1995.

La utilización del grano de triticale en la industria molinera y panificadora es escasa, debido a la apariencia arrugada y al poco brillo de su grano, lo que lo hace menos atractivo en comparación al trigo. El poco desarrollo del endospermo y el poco llenado de su grano, genera bajos rendimientos de harina. La poca producción que se tiene a nivel nacional de este cereal es otro de los factores que frena su utilización en la industria molinera, ya que la industria requiere de una producción estable de materia prima para tener una buena producción (Peña, 1995).

El grano de triticale también puede ser usado en la industria cervecera y destiladora, con resultados excepcional, ya que llega a igualar la calidad de las cervezas obtenidas tradicionalmente con cebada (Torres *et al.*, 1993).

2.3.4.1. Panificación

Algunos estudios han demostrado que el triticale y el centeno presentan pocas diferencias de calidad respecto a sus propiedades de panificación para preparar productos de centeno blanco y trigo-centeno (Lorenz, 1972; Kolkunova *et al.*, 1983; Weipert, 1986). El triticale es aceptable como aditivo para la elaboración de pan de centeno porque los factores relacionados a la proteína del gluten, que son deficientes en el triticale, no son tan críticos respecto de su contenido en polisacáridos (almidón y pentosanos) y proteínas solubles. Macri *et al.* (1986a) y Amaya y Peña (1991) encontraron que las harinas de triticale producen masas débiles debido a sus altos niveles de actividad alfa-amilasa y al bajo contenido de gluten.

Las masas débiles no son apropiadas para la elaboración de panes fermentados, como aquellas que se consiguen con el uso de trigo, dado que requieren propiedades de masa media-fuerte a fuerte, particularmente los panes de caja y aquellos productos sometidos bajo condiciones de alta carga de trabajo, como ocurre en las plantas panificadoras industriales y panaderías altamente mecanizadas (Peña, 2004). No obstante, existe variabilidad en la calidad de panificación del triticale, y se ha descubierto que algunas líneas de este cereal poseen propiedades de masa de fuerza media, aceptable para producir pan (Sowa *et al.*, 1995; Sowa *et al.*, 1998; Gryka, 1998; Taht *et al.*, 1998; Tsvetkov y Stoeva, 2003).

2.3.4.2.Pasta para sopas

La harina de trigo ha sido evaluada ampliamente con fines de elaboración de pastas para sopa y para la elaboración de fideos orientales. Lorenz *et al.* (1972) compararon harina de triticale con harina de trigo en la preparación de fideos regulares con huevo. Los fideos regulares (sin huevo), secos, preparados con ambas harinas fueron quebradizos, mientras que los fideos de huevo fueron duros. Las propiedades de cocimiento de los fideos de triticale fueron inferiores a las de trigo. Las diferencias en calidad de cocimiento de las harinas de trigo y triticale disminuyeron cuando se agregó huevo, pero no se encontraron diferencias significativas en el sabor de los fideos. Los autores concluyeron que la harina de triticale es apta para la elaboración de fideos regulares y fideos de huevo.

En otro estudio, Shin *et al.* (1980) compararon tres trigos locales de invierno con triticales de primavera en la preparación de fideos tipo coreanos. La principal deficiencia encontrada en este estudio para algunas harinas de triticale fue el alto contenido de cenizas de la harina, lo que imparte a los fideos un color grisáceo indeseable. Los triticales modernos, particularmente aquellos con grano lleno, de color ámbar o blanco, podrían rendir harina refinada apta para la elaboración de fideos.

2.3.4.3.Malteado y fermentado

La actividad alfa-amilasa de triticale le permite desempeñarse bien en procesos de malteado y fermentación. En general, el triticale tiene mayores pérdidas en el malteado, pero produce extractos más concentrados, posee mayor poder diastático y mayor actividad alfa y beta-amilasa que la cebada (Pomernaz *et al.*, 1970). Una desventaja de la malta del triticale es que produce extractos con alto contenido de nitrógeno y alta actividad proteolítica, lo que promueve un color oscuro, inestabilidad y turbidez en la cerveza

(Pomernaz *et al.*, 1970; Gupta *et al.*, 1985; Lersrutaiyotin *et al.*, 1991). Pomerzan *et al.* (1970) encontraron que las cervezas elaboradas con triticale mostraban, en general, un color más oscuro que las de cebada y que seis de cada diez cervezas elaboradas con triticale tuvieron una claridad y estabilidad satisfactoria, mientras que siete mostraron una estabilidad gaseosa. El sabor de la cerveza de triticale fue aceptable.

2.3.4.4. Tortillas de harina

Serna *et al.* (2004) estudiaron diferentes combinaciones de harina de triticale y trigo para la elaboración de tortillas de harina. En este estudio la harina de triticale redujo significativamente la absorción óptima de agua y los tiempos de mezclado de las diferentes combinaciones. Por lo tanto, el rendimiento de las tortillas de triticale fue menor que el resto de las tortillas debido al menor contenido de humedad y absorción de agua. También se encontró que una combinación de harinas 50:50 producía masas con propiedades reológicas aceptables y tortillas de buena calidad. Por otro lado, se observó también que la adición de 1% de gluten vital a la combinación de harinas de triticale-trigo 75:25 o 2 % a la harina 100% triticale incrementaba significativamente la absorción de agua y el tiempo de mezclado, además de mejorar las propiedades de la masa y los rendimientos de la tortilla. Desde otro ángulo, pruebas de evaluación sensorial indicaron que el triticale podía sustituir el 50% del contenido de harina de trigo sin afectar la textura, color, sabor y aceptación general de las tortillas.

2.3.5. El almidón en los cereales

El almidón es el carbohidrato más importante de todos los cereales y constituye aproximadamente el 60% de la materia seca del grano y este compuesto es muy similar en triticale (Kent, 1987). El cereal almacena energía en forma de almidón. La cantidad de

almidón contenido en el grano de cereal, varia, pero generalmente oscila entre el 60 y 75 % del peso del grano. Por esto, gran parte del alimento consumido por los humanos esta en forma de almidón; una fuente excelente de energía (Hoseney, 1991).

Hoseney, (1991) citan que los almidones en los cereales se forman en plasticidios, estos plasticidios que forman el almidón se llaman amiloplastos, en los cereales que tienen los granos de almidón simples (trigo, maíz, centeno, cebada), cada plasticidio contiene un grano (Figura 3). En caso del arroz y avena, que tienen granos compuestos, se encuentran muchos granos en cada amiloplasto. El trigo, centeno y cebada tiene dos tipos de granos de almidón: los grandes lenticulares y los pequeños esféricos, los granos lenticulares se forman durante los 15 primeros días después de la polinización, los pequeños gránulos, representan un total de 88 % del número de granos aparecen a los 18- 30 días posteriores a la polinización.

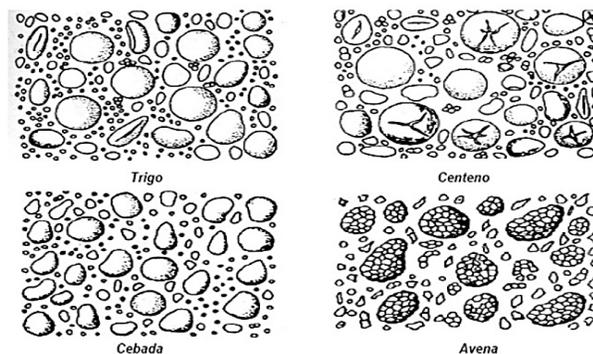


Figura 3. Estructura y propiedades del almidón.

Fuente: Hoseney, 1991.

2.3.5.1. Estructura y propiedades del almidón

El almidón está constituido básicamente por polímeros de α -glucosa, químicamente se pueden distinguir dos tipos de polímeros: a) amilosa, polímero lineal de α (1-4) glucosa

presente en un 15 a 20% en el almidón y b) amilopectina, estructura ramificada al azar de cadenas α -(1-4) glucosa unidas por ramificaciones α (1-6) (Kent, 1987), aunque las propiedades del almidón son muy similares a las de sus progenitores, debido a los niveles de almidón enzimáticamente dañado más altos (por la actividad de la alfa-amilasa) (Lorenz, 1972; Weipert, 1986).

Los almidones de algunos cereales varían ampliamente de tamaño, forma y propiedades de gelificación (Cuadro 4). El trigo, cebada y centeno las propiedades de gelificación de los almidones de estos tres granos, son muy semejantes ya que el 50 % de la pérdida de birrefringencia se produce a unos 53 °C. El almidón del triticale, resulta muy similar al de estos cereales.

Cuadro 4. Propiedades de almidones de algunos cereales.

Origen del almidón	Márgenes de temperatura de gelificación (°C)	Forma del grano	Tamaño del grano (n m)
Cebada	51-80	Redondo	20-25
		Lenticular	2-6
Triticale	55-62	Redondo	19
Trigo	58-64	Lenticular	20-35
		Redondo	2-10
Centeno	57-70	Redondo o	
		Lenticular	28
Avena	53-59	Poliédrico	3-10
Maíz	62-72	Redondo o	
		Poliédrico	15
Maíz céreo	63-72	Redondo	15
Sorgo	68-78	Redondo	25
Arroz	68-78	Poligonal	3-8

Fuente : *Hoseney*, 1991.

2.4. Actividad enzimática

2.4.1. Alfa-amilasa

El triticale tiene una tendencia a germinar en precosecha y a producir altos niveles de actividad de alfa-amilasa. La germinación en precosecha es probablemente el factor

relacionado al grano más importante que limita al triticale como alimento. Particularmente en la elaboración de pan, este factor significativamente altera las propiedades funcionales del almidón y de la masa que contiene al almidón. Los productos del hidrólisis (azúcares y gomas) puede afectar también la calidad final (Peña, 2004). Las amilasas son enzimas que hidrolizan moléculas de almidón dando como productos dextrinas y polímeros compuestos progresivamente por unidades de glucosa (Asgher *et al.*, 2007). Esta familia de enzimas hidrolíticas está compuesta por proteínas catalíticas: alfa-amilasa, beta-amilasa y glucoamilasa. Se encuentran ampliamente distribuidas en tejidos vegetales, donde juegan un rol muy importante en la degradación del almidón en la germinación de las semillas (Tripathi *et al.*, 2007). La α -amilasa hidroliza almidones, se utiliza en la elaboración de productos de panadería y derivados del almidón (Belitz y Grosch, 1982). Los granos de cereales maduros se caracterizan por sus bajos niveles de actividad enzimática. Una vez húmedos, los granos tienden a germinar, promoviendo un incremento de actividad enzimática, que a su vez hidroliza al almidón y otros componentes del grano para sostener el desarrollo de una planta. Niveles de actividad enzimática más altos de lo normal en granos germinados pueden promover el desarrollo de hongos durante el almacenamiento o puede tener efectos perjudiciales en las características de procedimiento de cereales. Algunos triticales muestran niveles de actividad de alfa-amilasa aun en ausencia visual de germinación o humedad en la espiga (Peña y Balance, 1987; Mares y Oettler, 1991; Trethowan *et al.*, 1993; Trethowan *et al.*, 1994).

2.4.2. Beta-amilasa

Belitz y Grosch (1982) citan que esta enzima cataliza el hidrólisis de enlaces 1,4- α -D-glucosídicos en polisacáridos, por cuya acción las moléculas de maltosa son separadas una

tras otra por un extremo no reductor. A diferencia de la amilosa, la amilopectina no es hidrolizada totalmente; en cuanto se alcanza el punto de ramificación, la reacción no puede continuar. La β -amilasa se sintetiza en la malta de cereales en concentraciones más elevadas que las de alfa-amilasa

2.4.3. Penstosanos

Los pentosanos (arabinosa y xilosa) son polisacáridos de la pared celular que juegan un papel importante en la determinación de las propiedades de viscosidad de la masa de harina de centeno requeridas para producir pan de buena calidad (Drew y Seibel, 1976). Saini y Henry (1989), encontraron que el triticale contenía pentosanos totales y solubles similares o ligeramente más altos que los de trigo y más bajos que los de centeno. Las masas de triticale presentaron una calidad de panificación y propiedades de viscosidad inferiores comparadas con masas 100% de harina de centeno

2.4.4. Azúcares libres

La cantidad de azúcares libres en los cereales es del orden del 1 al 3%. Sin embargo, en el grano de triticale se encuentra en el rango de 3.7 a 7.6%, es por esta razón que los productos que se elaboran con harina de triticale tienen un sabor más dulce en comparación a los productos tradicionalmente elaborados con trigo, por otro lado, los triticales de invierno tienen mayor contenido de azúcares libres en comparación a los triticales de primavera (Kent, 1987).

2.4.5. Actividad proteolítica

La actividad proteolítica del triticale tiende a ser más alta que la de trigo y, en algunos casos, incluso más que la de centeno (Madl y Tsen, 1974; Macri *et al.*, 1986b). En algunos estudios relacionados con la elaboración de pan, se concluyó que la actividad proteolítica

moderadamente alta no resulta en detrimento de la calidad de panificación, ya que la harina de triticale mostró masas de fuerza aceptables (Madl y Tsen, 1974; Macri *et al.*, 1986a).

2.5.Galletas

De acuerdo a la NOM-247-SSA1-2008 se conoce como galleta , al producto elaborado fundamentalmente, por una mezcla de harina de trigo u otros cereales, grasas, aceites comestibles o sus mezclas y agua, con o sin relleno, adicionada o no de azúcares, de otros ingredientes opcionales y aditivos para alimentos, sometida a proceso de amasado o batido, y otros procesos como fermentación, modelado, troquelado y posterior tratamiento térmico, dando lugar a un producto de presentación muy variada, caracterizado por su bajo contenido en agua.

2.5.1. Producción de galletas

La fabricación de galletas constituye un sector importante de la industria de alimentos ya que existen varios tipos de galletas y son considerados alimentos con cierto aporte nutricional y con gran margen de conservación. Para la fabricación de galletas se emplea usualmente harina de trigo con bajo poder de absorción de agua, es decir harinas con bajo contenido proteico y de almidón lesionado.

El uso de harinas de otros cereales además del trigo, resulta interesante por el aporte de fibra dietética, almidón resistente y minerales, que convierte a estos productos de panadería en un alimento que además de saciar el hambre, puede llegar a promover beneficios a la salud, asociados a la disminución del colesterol, la prevención del estreñimiento y a la reducción de la tasa de absorción de glucosa. En el caso particular de la fibra dietética, ésta se reconoce como un agente terapéutico para los diabéticos,

arterioscleróticos, personas con problemas de las coronarias y con padecimientos digestivos (Villarroel, *et al.*, 2003; Bello *et al.*, 2000; Rebolledo, *et al.*, 1999).

2.5.2. Masas

La masa de un producto amiláceo se considera como un sistema complejo e inestable que se somete a una modificación continua en sus características físicas a través de las acciones de fuerzas físicas, químicas y biológicas (Rao y Rao, 1993). La masa pertenece a un grupo de materiales viscoelásticos, en el cual un alto grado de viscosidad y plasticidad se combina con una considerable elasticidad (Wang y Sun, 2002). Se puede considerar como un material compuesto, en el cual el gluten forma una matriz continua y los gránulos de almidón actúan como partículas de relleno dentro de la matriz (Edwards *et al.*, 2002). Según (Rodríguez *et al.*, 2005) las masas son un sistema alimenticio complejo e inestable que está conformado por una red polimérica, con gluten para el trigo y almidón gelatinizado para el maíz generando una estructura única que le otorga sus características texturales. Donde las características particulares de la masa de harina de trigo se atribuyen a la calidad de sus proteínas, la gliadinas de bajo peso molecular actúan como componente viscoso, y mientras que las gluteninas de alto peso molecular se distinguen por su carácter elástico

2.5.3. Textura de alimentos

La textura es un factor de aceptabilidad sensorial importante para la aprobación de algunos alimentos por parte del consumidor. Las propiedades texturales de un alimento son el grupo de características físicas que dependen de los elementos estructurales del material y se relacionan con la deformación, desintegración y flujo por la aplicación de una fuerza y se miden objetivamente como una función de masa, tiempo y distancia. Una propiedad

importante del alimento que se asocia con la textura es su comportamiento reológico. La reología es el estudio de la deformación y flujo de materias primas, productos intermedios y productos terminados (Bourne, 1982; Shoemaker *et al.*, 1987). Las propiedades texturales de un alimento son el grupo de características físicas que dependen de los elementos estructurales del material, se perciben por el sentido del tacto, se relacionan con la deformación, desintegración y flujo por la aplicación de una fuerza, y se miden objetivamente como una función de masa, tiempo y distancia (Bourne, 1982).

III. OBJETIVOS

3.1.Objetivo general

Evaluar la influencia de las condiciones de reposo con respecto al tiempo y temperatura de masas elaboradas con mezclas de harina de trigo y harina de triticale, mediante la cuantificación de azúcares solubles y análisis de textura en masa reposada y en galletas.

3.2.Objetivos específicos

- Elaborar masas para galleta con mezclas de harina de trigo y triticale.
- Someter a reposo las masas preparadas a diferentes condiciones de tiempo y temperatura y cuantificar la producción de azúcares solubles en masas y galletas.
- Evaluar la textura de las masas y las galletas producidas.
- Determinar el efecto del tiempo de reposo sobre la cantidad de azúcares solubles producidos y la textura de las masas y galletas.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales

4.1.1. Ubicación del sitio experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México, ubicada en el Cerrillo Piedras Blancas, específicamente en laboratorio de textura de Alimentos, y la Planta Piloto.

4.1.2. Materia prima

Se utilizó triticale previamente cosechado y seleccionado de la variedad Cerrillo TCL99 originalmente producido en la Facultad de Ciencias Agrícolas durante el ciclo Primavera-Verano de 2014. El cultivo fue sembrado bajo condiciones de temporal y cosechado en el Campus Universitario “El Cerrillo Piedra Blancas”.

Para la elaboración de las galletas se utilizó también harina de trigo integral marca Tres Estrellas, margarina marca La Villita, azúcar estándar comercial y huevo entero marca San Juan.

4.1.3. Equipo y reactivos

4.1.3.1. Equipo

- Texturómetro TA.XT.PLUS Texture Analyser (Stable Microsystems, Scarsdale NY, USA).

- Colorímetro Konica Minolta (Chroma Meter, modelo CR-400, Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japón).
- Micro-Kjeldahl (Labconco, (Mod.2127601, Kansas City).
- Espectrofotómetro (Rochester NY USA, Modelo Ganasya TQ-S, Equipos S.A. de C.V. Juan Sancehez Azcona 1447 Col. Del Valle)
- Horno de secado (Terlab, Modelo TE-H45 DM)
- Mufla (Thermo Scientific Termolyne, Modelo F 48 015)
- Estufa (RIOSSA, Modelo HCF.62.D, Aparatos para Laboratorio e Industria en General, México)
- Mezcladora (Kitchen Aid. Modelo Artisan, St. Joseph Michigan USA)
- Equipo Goldfish (Labconco Corporation, Catalogo 35001-00 serie 215366, Kansas City Missoori 64132)

4.1.3.2.Reactivos

- Ácido sulfúrico (Fermont, Productos químicos Monterrey S.A. de C.V. Mirador 201, Col. Mirador)
- Antrona (Sigma-Aldrich)
- Éter etílico (J.T. Baker, Avantor Performance Materials S.A de C.V., Xalostoc 55320, Estado de México, México)
- Glucosa, PM: 180.16 g/mol. Dextrosa Anhidra A.C.S., Fermont, Monterrey, Nuevo León, México)

4.2.Métodos

4.2.1. Molienda

La molienda se hizo en un molino dotado de dos piedras circulares de 35 cm de diámetro, de fabricación industrial (Figura 4).



Figura 4. Molino donde se realizó la molienda del grano de triticale.

Se pesaron 8 kg de grano de triticale, posteriormente se realizó la molienda tres veces a los 8 kg hasta obtener partículas muy pequeñas.

4.2.2. Tamizado

Después de la molienda se utilizaron cernidores de (malla #40 y #60) para tener una separación y llegar a una harina integral que contiene alrededor de 20 g de fibra / 100 g de harina, o bien harina con 20 % de fibra (Figura 5).



Figura 5. Harina de triticale.

Por otro lado, también se hizo pasar por estos mismos tamices la harina comercial, con el fin de conocer su composición en tamaño de partícula y poder repetir esta misma composición para la harina de triticale.

4.2.3. Elaboración de galletas

4.2.3.1. Formulaciones

El total de la harina para ser utilizada en todos los tratamientos se preparó con una proporción de 75 % de harina de trigo con 25 % de harina de triticale y la formulación de la masa para galleta se detalla en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Formulación base para galletas

Ingredientes		Gramos	Porcentaje
Harina	Trigo	75 g	44.1 %
	Triticale	25 g	14.7 %
Mantequilla		50 g	29.4 %
Azúcar		5 g	2.9 %
Huevo		15 g	8.9 %

4.2.3.2. Preparación de la masa

En una amasadora en espiral se mezclaron durante 2 minutos 294.2 g de margarina, 29.45 g de azúcar y 88.23 g de huevo. Posteriormente, se agregó la combinación de harina que incluía 441.18 g de trigo y 147.06 g de triticale y se mezcló durante 10 minutos. La cantidad de masa preparada producía galletas suficientes para realizar los análisis de

textura, azúcares libres y color. Este mismo procedimiento se realizó por triplicado. Para llevar a cabo la evaluación sensorial se repitió el procedimiento por separado, realizando las adecuaciones para preparar 100 galletas por tratamiento. Una vez preparada la masa, se sometieron porciones de 160 g a las condiciones de los diferentes tratamientos descritos en el Cuadro 6 en una estufa según lo ilustra la Figura 6. Una vez terminado el tiempo de reposo, 45 g de masa por tratamiento se almacenaron en bolsas herméticas de polietileno a una temperatura de 0°C para evitar que continuara la hidrólisis del almidón. Dichas muestras se sacaron del refrigerador para realizar los análisis de textura en masa. Por otro lado, se almacenaron 15 g de masa por tratamiento también a 0°C en bolsas de cierre hermético, para realizar la determinación de azúcares libres en masa. El análisis de textura en masa se realizó 10 minutos después de su almacenamiento y la cuantificación de azúcares libres en masa se realizó 24 horas después de mantener las muestras bajo condiciones de congelación. Los 100 g restantes se utilizaron para hornear las galletas correspondientes para cada tratamiento (Cuadro 6).

Cuadro 6. Tiempos y temperaturas de reposo de masa para galletas

Tratamiento	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
1 (control)	25 (temp. amb.)	0
2	25	10
3	25	25
4	45	17.5
5	65	10
6	65	25



Figura 6. Reposo de la masa

4.2.3.3. Horneado de la masa y obtención de galletas

Una vez lista la masa, se colocó en una laminadora para obtener una lámina de 0.5 cm de espesor, los cortes se realizaron con un cortador metálico de 8 cm de diámetro para obtener galletas homogéneas, con un peso entre 10-12 g aproximadamente. Posteriormente, se colocaron en una charola de acero inoxidable (Figura 8), la cual se introdujo en un horno precalentado a 180°C y se mantuvieron a esta temperatura durante 20 minutos. Los tiempos y temperaturas propuestos como tratamientos (Cuadro 6) se decidieron con base en la temperatura de actividad óptima de las amilasas en los cereales (60°C-70°C) (García-Garibay *et al.* 1993) que se presume actuarán durante el reposo de las masas y que hidrolizarían el almidón del triticale y del trigo para producir cadenas de carbohidratos más pequeñas y algunos azúcares libres.



Figura 7. Discos de masa

Los discos de masa se hornearon a 180°C durante 20 minutos (Figura 9) para cada tratamiento con sus repeticiones (triplicado).



Figura 8. Horneado de galletas

Una vez horneadas, las galletas se retiraron del horno y se dejaron enfriar a temperatura ambiente para realizar posteriormente los análisis correspondientes. Las galletas se almacenaron en bolsas de polietileno con cierre hermético.

4.2.4. Evaluación de textura en masa

Se sacaron las muestras almacenadas en el refrigerador y se verificó su peso (45 g de masa). Se moldearon esferas de 5 cm de diámetro y se realizó un análisis de TPA (Texture

Profile Analysis), el cual incluye la medición de dureza, adhesividad y cohesividad. Este análisis se realizó por triplicado para cada tratamiento según la metodología reportada por Gasca y Casas (2007) utilizando un cilindro de aluminio de 75 mm de diámetro comprimiendo un 40 % del diámetro original de la esfera de masa (2.5 cm). Las muestras se comprimieron dos veces consecutivamente a una velocidad 49 .8 mm/ min (Figura 9).



Figura 9. Medición de textura en masa

4.2.5. Evaluación de textura en galletas

La prueba de textura en galletas para cada tratamiento se realizó una hora después del horneado, cuando las galletas se estabilizaron a la temperatura ambiente dentro de bolsas de polietileno con cierre hermético para evitar que absorbieran humedad. La prueba consistió en medir la resistencia a la ruptura a través de la prueba de los tres puntos, siguiendo la metodología propuesta por Kawai *et al.* (2013). Las muestras se colocaron sobre dos placas metálicas situadas a 22 mm de distancia entre ellas con el fin de que una

punta con forma de diente frontal de 5 cm de ancho midiera la fuerza necesaria para lograr la ruptura de la galleta al pasar por en medio de las dos placas metálicas a una velocidad de 1 mm/min (Figura 10). Se realizaron mediciones de textura de 30 galletas por tratamiento.

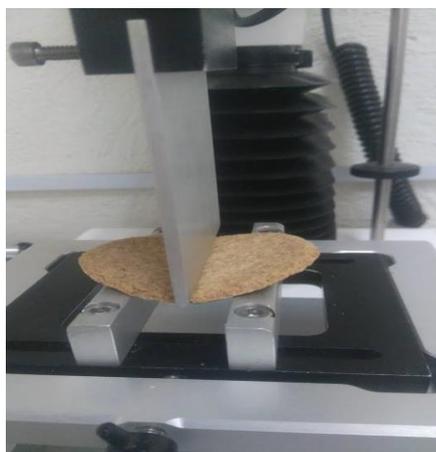


Figura 10. Prueba de textura en galletas

4.2.6. Cuantificación de azúcares libres

Se sacaron del congelador y se verificó el peso de 15 g de masa con lo que se realizaría el análisis de azúcares libres para masa. En el caso de las galletas, el análisis se realizó con las muestras utilizadas previamente para la determinación de textura en galletas.

Con el fin de determinar los azúcares libres en masa y galleta se utilizó la metodología de la Antrona (Anthrone) propuesta por Laurentin y Edwards (2003). Todos los análisis se realizaron por triplicado.

4.2.7. Evaluación sensorial

En esta evaluación participaron 100 jueces consumidores, estudiantes de la Facultad de Ciencia Agrícolas con un rango etario de 17 a 23 años. La prueba incluía la evaluación del nivel de agrado mediante una escala hedónica de 15 cm, estructurada con tres puntos,

0, 7 y 15 cm, en la cual cada panelista eligió entre las opciones, me disgusta mucho (0), no me gusta ni me disgusta (7), y me gusta mucho (15). Los atributos evaluados en el estudio fueron la textura y el sabor para los 6 tratamientos. Las pruebas fueron realizadas en el área de Evaluación Sensorial ubicada dentro del Taller Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agrícolas que cuenta con las adecuaciones necesarias para realizar las evaluaciones como contar con espacios individuales, control de luz y un ambiente tranquilo para disminuir la distracción. Cada panelista fue ubicado en cada uno de los espacios frente a 6 galletas (una por cada tratamiento) (Figura 11). Las muestras codificadas con tres cifras de números aleatorios fueron presentadas de forma también aleatoria para la evaluación. Cada panelista debía enjuagar su boca con agua entre cada muestra. El cuestionario utilizado se muestra en el Anexo 1.



Figura 11. Evaluación sensorial en galletas

4.2.8. Análisis del color

El análisis de color para galletas fue realizado con un medidor de colorimetría CR-400, en el laboratorio de Investigación II de Ingeniería Bioquímica, en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional. Las muestras sometidas a esta evaluación fueron 7 galletas de cada tratamiento y los análisis se realizaron por triplicado bajo el sistema CIE L*a*b* (Figura 12).



Figura 12. Análisis de color

4.2.9. Diseño experimental

El experimento fue conducido bajo un diseño factorial 2^2 considerando como factor “A” la temperatura en dos niveles, 25 y 65 °C, y como factor “B” al tiempo de reposo en dos niveles, 10 y 25 minutos.

Además de los puntos del diseño, se adicionó un punto testigo con 25°C sin tiempo de reposo, y un punto central al diseño, el cual correspondía a 45°C y 17.5 min de reposo.

4.2.10. Análisis estadístico

Las variables respuesta fueron sometidas a Análisis de Varianza con un diseño completamente al azar con 3 repeticiones. Al encontrar diferencias estadísticas significativas en las variables respuesta con respecto a los tratamientos propuestos, se

realizó una comparación de cada factor por prueba de Tukey al 5%. Se realizaron pruebas de correlación entre las variables evaluadas con el fin de determinar la interdependencia entre ellas (azúcares de masa, azúcares de galleta, color de galleta, dureza de galleta, dureza de masa, adhesividad de masa, cohesividad de masa). Para dichos análisis se utilizó Statgraphics Centurion XVI.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1.Molienda del grano y obtención de harina

Una vez molidos los granos de triticales, la composición de la harina obtenida correspondió a la composición de la harina de trigo comercial utilizada, es decir, 20.0 % para la malla #40 y 80.0 % para la malla # 60. Cabe mencionar que las partículas de la malla #40 se componían prácticamente por salvado de trigo, por lo que se repitió esta composición en la harina de triticales obtenida.

5.2.Condiciones de reposo en masa y elaboración de galletas

El Cuadro 7 resume los resultados de los coeficientes de regresión y las correlaciones obtenidas para las variables respuesta de acuerdo al modelo planteado, evaluando la contribución del efecto lineal para la temperatura y el tiempo, así como sus efectos cuadráticos y la interacción entre estas dos variables. Sin embargo, se analizará cada una de estas variables por separado mostrando el efecto en las figuras 13-18 y 20-22.

Cuadro 7. Coeficientes de regresión y correlación por variable respuesta para masa y galletas

Variable respuesta	Constante	A	B	A²	AB	B²	R²
Azúcares libres masa ¹	2.73	0.005	0.18	---	0.0024	---	0.8435
Azúcares libres galleta ¹	2.22	0.046	0.2506	---	---	---	0.8501
Dureza masa ¹	15.77	-0.152	0.152	---	---	---	0.5504
Adhesividad masa ¹	-1.6464	0.0071	---	---	---	0.0016	14.7471
Cohesividad masa ¹	0.213	0.00032	-0.0012	---	---	---	0.4293
Fuerza a la fractura galleta ²	11.34	---	-0.377	---	0.043	0.005	0.1636
Luminosidad galleta ¹	56.61	0.5344	-0.065	-0.0065	---	---	0.4913
Parámetro a* galleta ¹	4.58	0.028	0.032	---	---	---	0.4052
Parámetro b* galleta ¹	28.76	---	0.068	0.003	---	---	0.279

A: Temperatura (°C); B: Tiempo (min); A² y B²: efecto cuadrático;

AB: interacción

¹: Valores calculados con 9 repeticiones por tratamiento

²: Valores calculados con 90 repeticiones por tratamiento

---: El efecto no es significativo

(p<0.05)

5.3. Textura en masa

Los resultados de la evaluación del Perfil de Textura de las masas de galleta sometidas a los diferentes tratamientos se reportan en las figuras 13-15 donde se observa el comportamiento de la masa respecto de los tres parámetros que incluye el perfil de textura (dureza, adhesividad y cohesividad). Se puede apreciar que la dureza de la masa (Figura

13) aumenta conforme aumenta el tiempo de reposo cuando se mantiene la temperatura constante, pero aumentar la temperatura disminuye el valor de esta variable. Este efecto se puede verificar ya que para una temperatura de 25°C y 0 minutos de reposo (control) la dureza es de 11.01 N y al aumentar el tiempo de reposo a 10 minutos, la dureza es significativamente ($p < 0.05$) mayor (13.74 N). Lo mismo sucede al aumentar a 25 minutos el tiempo de reposo ya que a este tiempo la dureza resultó de 16.33 N, significativamente ($p < 0.05$) mayor. En el caso de las muestras con tiempos de reposo de 65°C, el aumento en el tiempo de reposo de 10 a 25 minutos no mostró diferencias significativas (8.59 N y 8.35 N, respectivamente). El efecto es inverso con aumentos de temperatura manteniendo un tiempo constante de reposo dado que las muestras sometidas a un tiempo de reposo de 10 minutos a temperatura de 25 muestran una dureza de 13.74 N mientras que las muestras a 65°C disminuyen su dureza significativamente ($p < 0.05$) a un valor de 8.59 N. Este efecto se verifica con las muestras sometidas a un tiempo de reposo de 25 minutos, ya que la dureza que presentaron a 25°C fue de 16.33 N y a una temperatura de 65°C disminuyó significativamente ($p < 0.05$) a 8.35 N. Cabe resaltar que el efecto observado es lineal, no se encontró un efecto cuadrático significativo y tampoco fue significativa la interacción entre variables. En el caso de la adhesividad (Figura 14), se observa un efecto significativo, inverso y lineal para la temperatura, es decir, al aumentar la temperatura, la adhesividad disminuye. Para este parámetro del TPA no se encontró efecto lineal ni cuadrático debido al tiempo de reposo, tampoco resultó significativa la interacción del tiempo y la temperatura. Finalmente, se evaluó la cohesividad (Figura 15), la cual mostró efectos lineales significativos ($p < 0.05$) aunque contrarios para temperatura y tiempo. Es decir, al aumentar la temperatura, la cohesividad aumenta, mientras que al incrementarse

el tiempo de reposo, la cohesividad disminuye. No se encontró efecto cuadrático ni interacción entre temperatura y tiempo. Por otro lado, se puede observar que el efecto del tiempo es mayor aun y cuando ambos factores resulten significativos. El aumento en la dureza de la masa como resultado del incremento en el tiempo de reposo podría deberse a la disminución de la humedad durante este periodo. Este efecto se verifica para 25°C, mientras que para 65°C las diferencias no son significativas, por lo que se puede decir que a 25°C hay poco efecto de la hidrólisis del almidón dado que no es la temperatura de actividad óptima de las enzimas amilolíticas. Este mismo puede explicar que el efecto de la temperatura sea en sentido contrario, ya que aun cuando la masa sufre cierta deshidratación, a 65°C la dureza disminuya dado que se estaría reposando la masa a la temperatura óptima de las amilasas, por lo que la degradación del almidón modificaría la matriz de la masa disminuyendo su dureza. Es posible que esta misma explicación pueda aplicarse a la disminución de la adhesividad dado que al hidrolizarse el almidón se pierde la capacidad de éste para gelificar disminuyendo la adhesividad con el aumento de la temperatura y de la actividad diastásica.

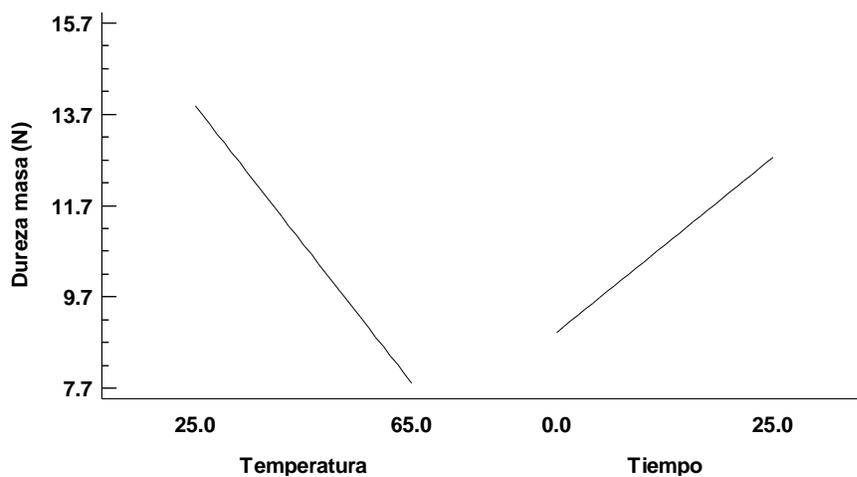


Figura 13. Efecto de la temperatura y el tiempo de reposo en la dureza de la masa

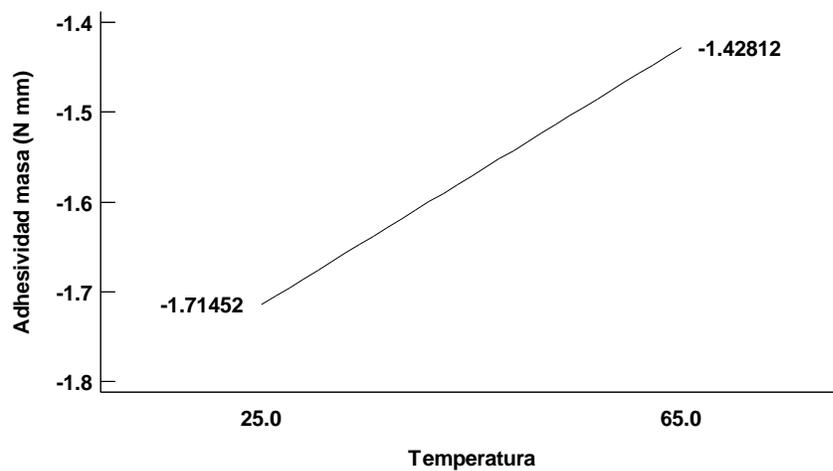


Figura 14. Efecto de la temperatura y el tiempo de reposo en la adhesividad de la masa

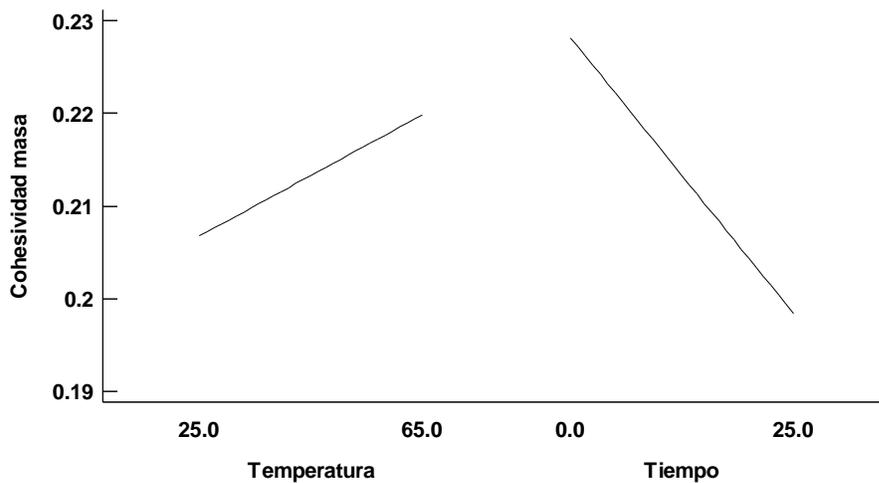


Figura 15. Efecto de la temperatura y el tiempo de reposo en la cohesividad de la masa

5.4. Textura en galleta

En el caso del producto horneado, galleta, el análisis de la textura se centra en la fuerza necesaria para fracturar o romper el producto, por lo que no se evalúa otro parámetro además de la fuerza a la ruptura medida en N. Los resultados de la medición de este

parámetro se reportan en el Cuadro 7 y se ilustran en la Figura 16. En este caso el factor tiempo tiene un efecto lineal y cuadrático significativo, mientras que el efecto de la temperatura es no significativa para ningún caso, sin embargo, la interacción resulta significativa ($p < 0.05$) por lo que el modelo podría predecir la fuerza a la ruptura de cierta combinación temperatura-tiempo o podría generar combinaciones adecuadas para obtener cierta fuerza a la ruptura. En este caso la correlación indica que el modelo explica solo el 16.36% de la variabilidad, por lo que sería conveniente buscar otro modelo que explicara un mayor porcentaje de la variabilidad para este parámetro específicamente. Por otro lado, se observa que a una temperatura de 25°C a un tiempo cero (muestra control) la fuerza a la ruptura es de 10.03 N y que este parámetro disminuye significativamente ($p < 0.05$) cuando aumenta el tiempo de reposo a 10 y 25 minutos (7.880 N y 6.410 N respectivamente). También, a una temperatura de 65°C la fuerza a la ruptura de las muestras reposadas durante 10 minutos fue significativamente menor (7.142 N) que la fuerza reportada para las muestras reposadas 25 minutos (8.464 N) sin encontrar diferencias significativas con el tratamiento intermedio de 45°C y 17.5 minutos de reposo. Se puede observar que las muestras sometidas al tratamiento control presentan la mayor fuerza a la ruptura, siendo significativamente diferentes al resto de los tratamientos. La disminución en la fuerza a la ruptura de las galletas elaboradas con masa reposada a 25°C puede deberse a generación de una matriz menos resistente conforme aumenta la hidrólisis del almidón. Por otro lado, el aumento en la fuerza a la ruptura de las muestras sometidas a 65°C, sobre todo aquellas reposadas durante 25 minutos, puede ser indicativo de que la cantidad de azúcares libres generada por la hidrólisis del almidón provocan una estructura

más quebradiza al recristalizarse durante el horneado. Sin embargo, este efecto no consigue igualar la dureza que presenta la muestra control.

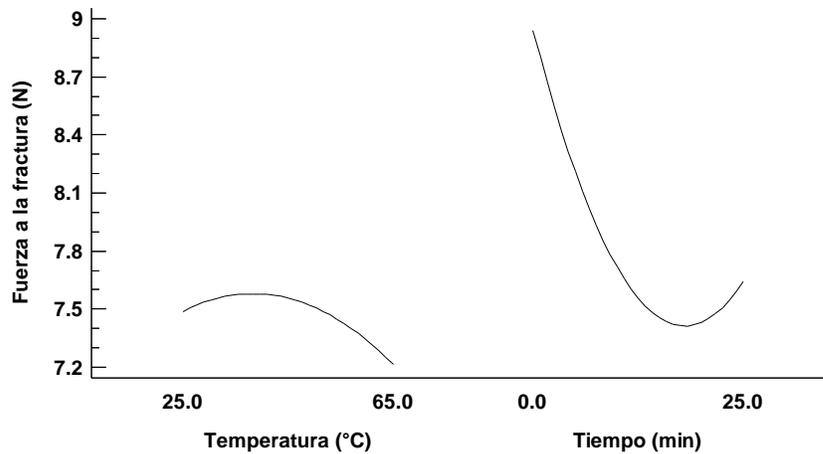


Figura 16. Efecto de la temperatura y el tiempo de reposo en la fuerza a la fractura en galleta

5.5. Azúcares libres en masa y galleta

Los resultados obtenidos de la cuantificación de azúcares libres tanto en las masas reposadas como en las galletas obtenidas de éstas se encuentran en el Cuadro 7 y en la Figura 17. Tanto en el cuadro como en la figura se observa que la cantidad de azúcares aumenta con el tiempo y con la temperatura de reposo, mostrando un efecto lineal y una interacción significativos, mientras que los efectos cuadráticos resultaron no significativos. En ambos casos, al aumentar tanto la temperatura como el tiempo de reposo, aumentan los azúcares libres, aunque los incrementos en el tiempo provocan mayores aumentos en esta variable respuesta. En este caso, el modelo explica el 84.35% de la variabilidad por lo que puede decirse que el aumento en el tiempo y la temperatura de reposo generan mayor cantidad de azúcares libres en la masa. Este efecto se observa

en el hecho de que las muestras sometidas al tratamiento control (25°C durante 0 minutos) muestran la menor cantidad de azúcares libres cuantificados (3.553 mg/100 mg) y las muestras sometidas al tratamiento de mayor temperatura y tiempo de reposo (65°C durante 25 minutos) muestran la mayor cantidad de azúcares libres cuantificados (11.638 mg/100 mg). El efecto por la interacción de ambos factores en este caso resulta significativo. Por otro lado, la Figura 18 muestra un comportamiento similar para los azúcares cuantificados en galletas, explicando el 85.60% de la variabilidad ($p < 0.05$). Este efecto puede deberse a la hidrólisis del almidón, que aumenta significativamente conforme aumenta el tiempo de reposo y también al aumentar la temperatura. En este caso, solamente se verifica el efecto lineal, no resulta significativo el efecto cuadrático para ambos factores ni el efecto de la interacción ($p < 0.05$). Por otro lado, la correlación entre la cantidad de azúcares libres encontrados en masa y en galleta es de 0.8560 indicando que se mantiene este comportamiento después de horneadas las galletas (Figura 19).

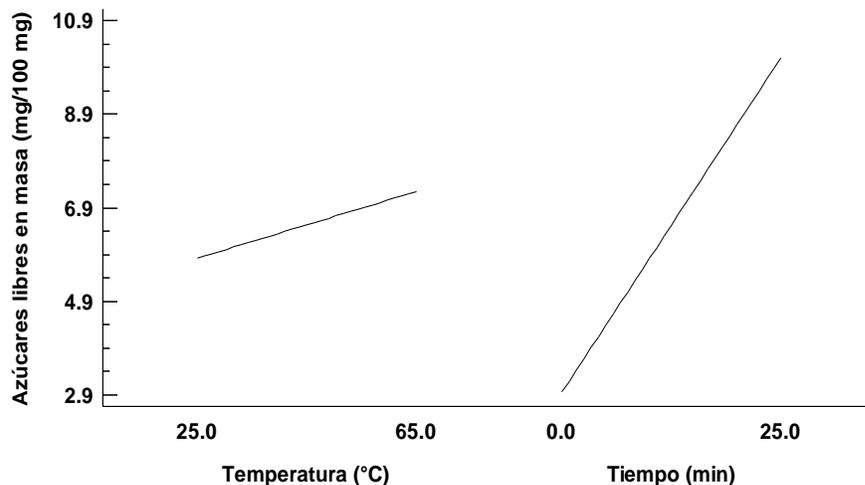


Figura 17. Efecto de la temperatura y el tiempo de reposo en la cantidad de azúcares libres en masa

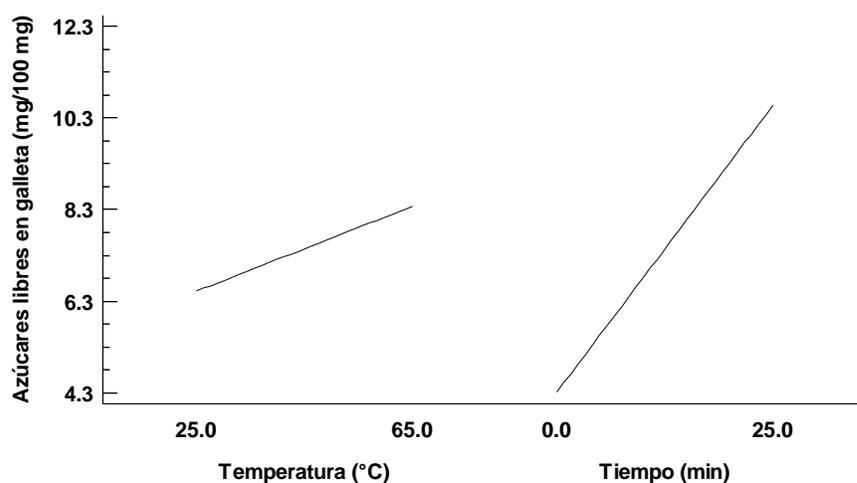


Figura 18. Efecto de la temperatura y el tiempo de reposo en la cantidad de azúcares libres en galleta

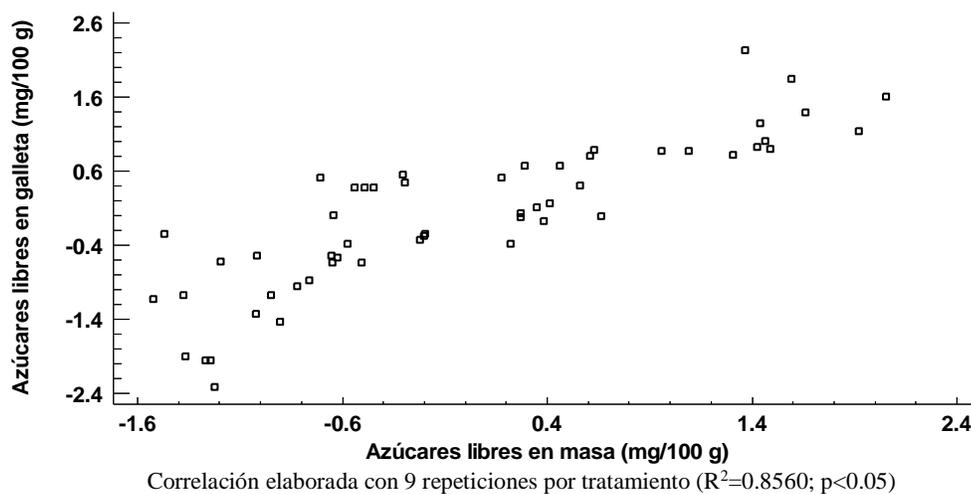


Figura 19. Correlación entre los azúcares libres cuantificados en galleta contra los azúcares libres cuantificados en masa.

5.6.Evaluación del color

El resultado de la evaluación del color para las galletas elaboradas con masas reposadas se reporta en el Cuadro 7 y las figuras 20.21 y 22. Específicamente la figura 20 se relaciona

con la luminosidad de las galletas, donde se observa que la temperatura muestra un efecto lineal y cuadrático significativo mientras que en el caso del tiempo, solamente resulta significativo ($p < 0.05$) el efecto lineal. Conforme aumenta la temperatura, la luminosidad aumenta, pero en algún momento comienza a disminuir (efecto cuadrático). Por otro lado, mientras aumenta el tiempo de reposo, la luminosidad disminuye de manera lineal. Para una temperatura de 25°C , la luminosidad disminuye, pero las diferencias no son significativas ($p < 0.05$). Este mismo efecto se observa al incrementar el tiempo de reposo en las muestras sometidas a una temperatura de 65°C , donde las galletas con un reposo de 25 minutos (61.56) muestran significativamente ($p < 0.05$) menos luminosidad que las muestras reposadas durante 10 minutos (63.86). Respecto del parámetro a^* , los resultados se muestran tanto en el Cuadro 7 como en la Figura 21. En este caso, ambos factores muestran un comportamiento similar, mostrando significancia únicamente el comportamiento lineal. A mayor tiempo y/o temperatura de reposo, el parámetro a^* aumenta, esto quiere decir que si bien todos los tratamientos muestran coloración hacia el rojo, esta tendencia aumenta con el aumento del tiempo y la temperatura siendo las muestras con temperatura de reposo de 65°C y un tiempo de 25 minutos aquellas con coloración roja significativamente ($p < 0.05$) más intensa (7.71). Este mismo comportamiento se observa en el parámetro b^* (Cuadro 7 y Figura 22), donde a mayor tiempo de reposo a una temperatura constante, se intensifica la coloración amarilla siendo la muestra sometida a 65°C durante 25 minutos aquella que muestra una coloración más amarilla (26.25) de manera significativa ($p < 0.05$). En este caso no se presentan efectos cuadráticos ni interacciones. La menor luminosidad de las muestras sometidas a mayor temperatura durante un mayor tiempo de reposo puede indicar que se han promovido

reacciones de oscurecimiento no enzimático dado que aumentó el contenido de azúcares libres y probablemente se refleja este efecto en una mayor tendencia hacia el color café (mayor rojo y mayor amarillo).

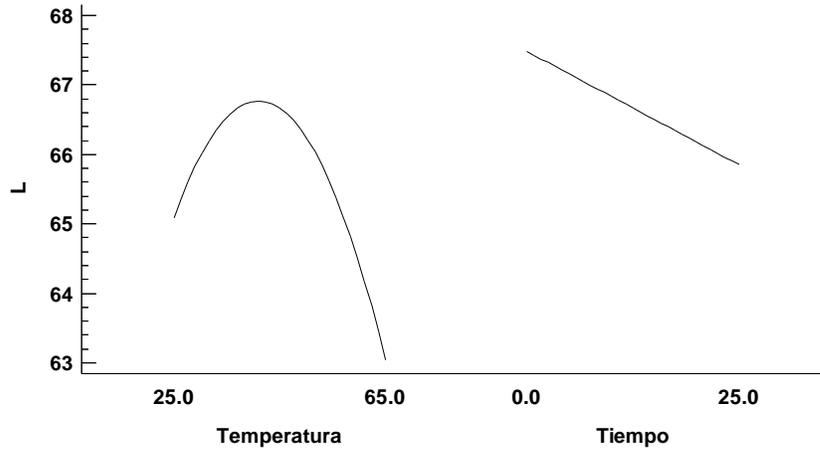


Figura 20. Efecto de la temperatura y el tiempo de reposo en la luminosidad en galleta

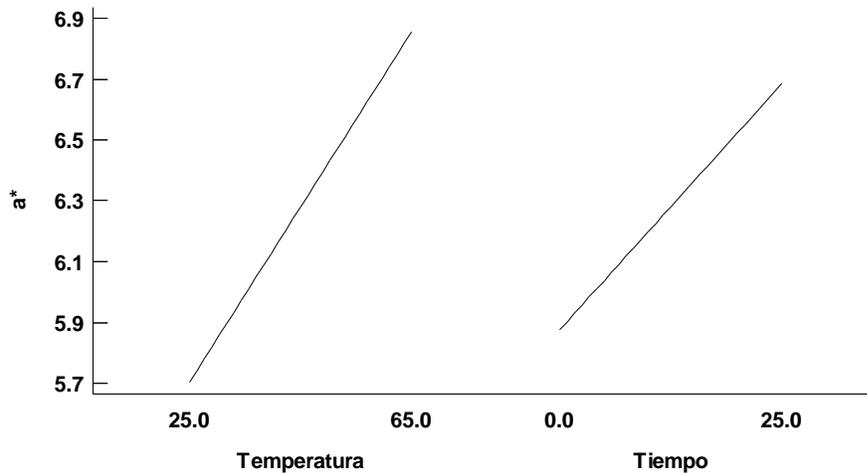


Figura 21. Efecto de la temperatura y el tiempo de reposo en el parámetro a* en galleta

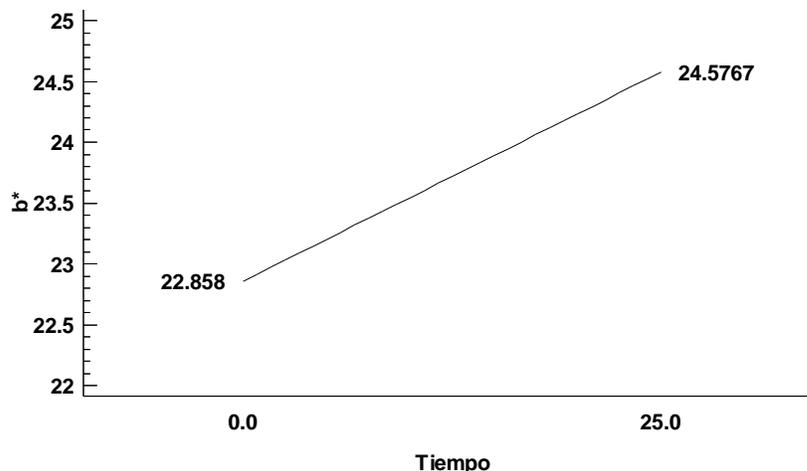
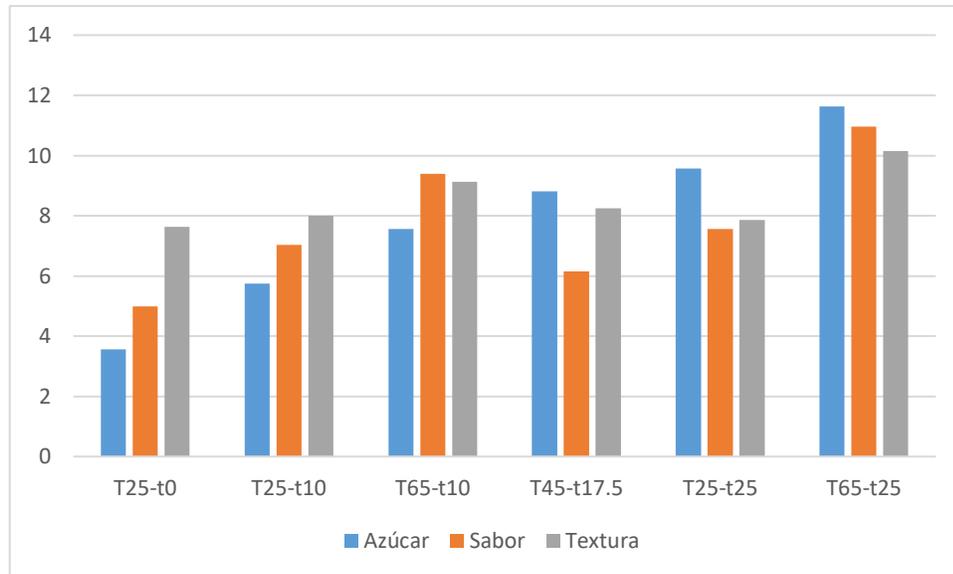


Figura 22. Efecto de la temperatura y el tiempo de reposo en el parámetro b* en galleta

5.7.Evaluación sensorial

El análisis sensorial practicado a las galletas se realizó con el apoyo de 100 alumnos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México, con un promedio de edades de 20.03 años. Dado que algunos de los consumidores no llenaron adecuadamente los datos de su evaluación se desearon 7 juicios, por lo que los resultados presentados se basaron en el promedio de 93 juicios, utilizando el cuestionario encontrado en el Anexo 1. Con el fin de verificar que los estudiantes evaluadores fueran consumidores se aplicaron algunas preguntas filtro de donde se obtuvieron los siguientes resultados: el 21.5% de los evaluadores consumía galletas al menos 3 veces a la semana, el 51.6% consumía galletas una vez a la semana y el 26.9 % consumía al menos 1 vez al mes. La figura 23 muestra los resultados obtenidos de la evaluación de nivel de agrado para sabor y textura comparándola con los resultados obtenidos de la cuantificación de azúcares por tratamiento.



Azúcar: Medias de 9 repeticiones por tratamiento (mg/100 mg)

Sabor y textura: Medias de 93 juicios por tratamiento (escala 0-15)

Figura 23. Cantidad de azúcares libres y evaluación sensorial de galletas

Esta gráfica permite observar que, en general, a medida que aumenta el contenido de azúcares libres cuantificados en las galletas preparadas con los diferentes tratamientos, el nivel de agrado para la textura y el sabor aumenta, aun cuando se observan algunas diferencias frente a este comportamiento. El sabor de las galletas preparadas con la masa reposada a 65°C por 10 minutos (9.39) es evaluada con un mayor nivel de agrado significativamente mayor ($p < 0.05$) que las galletas preparadas con masa reposada a 45°C durante 17.5 minutos (6.15) y que las galletas elaboradas con masa reposada a 25°C durante 25 minutos (7.55). La textura presenta un comportamiento similar pero las diferencias no son significativas ($p < 0.05$). Podría decirse que las galletas elaboradas con masas reposadas a 65°C durante 25 minutos presentan la evaluación con el mayor nivel de agrado para sabor y textura.

Por otro lado, se preguntó a los consumidores qué atributo les hacía preferir una galleta sobre otra durante su consumo cotidiano y el 37% indicaron que el sabor era el atributo

determinante en su preferencia, el 31.2% señalaron a la textura, el 24.7% al dulzor y el 6.5% al color lo que indica que el sabor, la textura y el dulzor están relacionados con la preferencia general en el consumo de galletas.

VI. CONCLUSIONES

Durante el presente estudio se realizaron galletas a base de masas elaboradas con harina de trigo y triticale las cuales fueron sometidas, previo al horneado, a diferentes temperaturas y tiempos de reposo. La cantidad de azúcares libres cuantificada para las masas y las galletas horneadas aumentó significativamente con el tiempo y la temperatura de reposo, mostrando una correlación significativa ($R=0.8560$; $p<0.05$) entre masa y galletas.

El perfil de textura para masas de galletas indica que, a una temperatura constante, la dureza y la adhesividad de la masa aumenta con el tiempo de reposo, mientras que la cohesividad muestra un efecto contrario, es decir, disminuye con el tiempo de reposo. Una vez horneadas las masas, el efecto del tiempo de reposo sobre la fuerza a la ruptura de las galletas es inverso, a mayor tiempo de reposo, disminuye significativamente ($p<0.05$) la fuerza a la ruptura de las galletas.

Por otro lado, el color de las galletas se modifica significativamente con el aumento en el tiempo de reposo obteniendo galletas menos luminosas, más amarillas y más rojas.

Finalmente, los consumidores que evaluaron las galletas elaboradas con las masas reposadas muestran un mayor nivel de agrado por aquellas galletas reposadas a 65°C

durante 25 minutos, coincidiendo con aquellas galletas con mayor contenido de azúcares libres.

Dado lo anterior, se puede concluir que el aumento en la cantidad de azúcares libres puede deberse a la hidrólisis del almidón, actividad que aumenta conforme aumenta el tiempo y la temperatura de reposo. Este aumento modifica las características del producto obtenido reflejándose en efectos atribuibles a la falta de estructura que provee el almidón, pero al mismo tiempo a la generación de color, sabor y modificación de la textura por la recristalización de los azúcares producidos.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Amaya, A., & Peña R.j., 1991. Triticale industrial quality improvement at CIMMYT: past, present and future. In: Proc. 2nd Int. Triticale Sump. CIMMYT, Mexico,412-421.
2. Asgher M, Javaid M, Rahman U, & Legge L., 2007. Thermostable α -amylase from a moderately thermophilic bacillus subtilis strain for starch processing. *J Food Eng* ;79(3), 950-955.
3. Belitz , H.D., & Grosch, W., 1982. Química de los alimentos .Springer Verlag Berlin, ed. Acrivia , pp. 128, 126, 127, 257 y 577.
4. Bello, L., S. Sayazo, L. Villagomez & L. Montiel, 2000. Almidón de plátano y calidad sensorial de dos tipos de galletas. *Agrociencia*. 34:, 553-560.
5. Bourne, M. C., 1982. Food texture and viscosity: concept and measurement, San Diego, Academic Press, pp 119.
6. Briggs, K., 2001. The Growth Potential of Triticale in Western Canada. Alberta Agriculture, Food, and Rural Development, Edmonton, AB, pp .1 y 114.

7. Darvey, N.L., Naeem, H., & Gustafson, J.P., 2000. Triticale: Production and utilization. In: K., Kulp, J., Ponte (Eds.), Handbook of Cereal Science and Technology. 2nd Ed. Marcel Dekker, NY, pp. 257-271
8. Drew, E., & Seibel, W., 1976. Bread-baking and other uses around the world. In. W. Bushuk, ed. Rye: production, chemistry, and technology,. pp127-178. St. Paul, MN, USA, Am. Assoc. of Cer. Chem. Inc. pp. 181.
9. Edwards, N. M., Dexter, J. E. & Scanlon, M. G.,2002. Starch participation in durum dough linear viscoelastic properties en Cereal Chemistry, Vol. 79, No. 6, 850-856.
10. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), 2014.
11. García-Garibay, M., Quintero, R., & López-Munguía, A. (1993). Biotecnología Alimentaria. Editorial Limusa, pag. 270-277.
12. Gasca-Mancera, J.C., & Casas-Alecáster, N.B., 2007. Addition of nixtamalized corn flour to fresh nixtamalized corn masa. Effect on the textural properties of masa and tortilla. Revista Mexicana de Ingenieria Química 6, 317-328.
13. Glatthar, J., Heinisch, J.J., & Senn, T., 2002 . A study on the suitability of unmalted triticale as a brewing adjunct. Journal of the American Society of Brewing Chemists, 60 -181 y 187.
14. Gupta, N.K., Singh, T., & Bains, G.S., 1985. Malting of triticale. Effect of variety, steeping moisture, germination an gibberellic acid. Brewers Dig., 60:, 24-27.

15. Gryka, J., 1998. Study on the breadmaking quality in winter triticale: In P. Juskiw. Ed. Proc. 4th Int. triticale Symp., Red Deer, Alberta, Canada, 170-172. International Triticale Association.
16. Guerrero, A. 1999. Cultivos Herbáceos Extensivos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. p. 197-200.
17. Hill, G.M., 1991. Quality: Triticale in animal nutrition. In Proc. 2nd Int. Triticale Symp., Passo Fundo. Rio Grande do Sul, Brazil , 1-5 Oct. 1990, Mexico D.F., CIMMYT, 422 -427.
18. Hosney, R. Carl 1991. Principios de ciencia y Tecnología de los cereales. Ed. Acribia, Zaragoza, España. p. 29, 74, 83.
19. Kawai, K., Matsusak, K., Hando, K., & Hagura, Y., 2013. Temperature-dependent quality characteristics of pre-dehydrated cookies: Structure, browning, texture, in vitro starch digestibility, and the effect on blood glucose levels in mice. Japan. ScienceDirec, 223-227.
20. Kent N. L. 1987. Tecnología de los cereales (introducción para estudiantes de ciencia de Los alimentos y agricultura). Editorial ACRIBIA. Zaragoza, España.
21. Kolkunova, G.K., Maksimchuk, B.M., Moslova, N.M., & Vendernikova, E.I., 1983. Processing triticale into flour. In Proc. 7th Cereal and Bread Cong., Prague, Czechoslovakia, Amsterdam, Elsevier Scientific Pub. Co., 415-418.
22. Laurentin, A., & Edwards, C.A., 2003. a microtiter modification of the anthrone-sulfuric acid colorimetric assay for glucose-based carbohydrates. University of Glasgow, Yorkhill NHS Trust, Glasgow, G38SJ, Scotland, UK. Analytical biochemistry, 143-144.

23. Lersrutaiyotin, R., Shigenaga, S., & Utsunomiya, N., 1991. Malting quality of hexaploid triticale in comparison with that of barley, wheat, and rye. *Japan J. Crop. Sci.*, 60:, 291-297.
24. Lorenz, K., 1972. Food uses of triticale. Hybrid of wheat and rye can be used in breads, rolls, and noodles. *Food Tech.*, 26, 66-74.
25. Lorenz, K., Dildaver, W., & Lough, J., 1972. Evaluation of triticale for the manufacture of noodles. *J. Food Sci.*, 37:, 764-767.
26. Lukaszewski, A, 2006. Cytogenetically engineered rye chromosomes 1R to improve bread-making quality of hexaploid Triticale. *Crop Science* 46:2183-2194
27. Macri, L.J., Balance, D.M., & Larter, E.N., 1986a. Factors affecting the breadmaking potential of four secondary hexaploid triticales. *Cer. Chem.*, 263-267.
28. Macri, L.J., Balance, G.M., & Larter, E.N., 1986b. Changes in Alpha-amylase and protease activities of four secondary hexaploid triticales during kernel development. *Cer. Chem.*, 63:, 267-270.
29. Madl, R.L., & Tsen, C.C., 1974. The Proteolytic enzyme system of triticale. In C.C. Tsen, ed. *Triticale: First man-made cereal.* St. Paul, MN, USA, American Association of cereal chemists, 157-167.
30. Mares, D.J., & Oettler, G., 1991. Alpha-Amylase activity in developing triticale grains. *J. Cer. Sci.*, 13:, 151-160.
31. Mellado, M., A. Castro, y M. Ponce. 1993. Comparación de triticales con variedades de trigo en suelos de riego y de secano. *IPA Quilamapu N° 56*. Pp. 33-35.

32. Mergoum, M., Pfeiffer, W.H., Peña, R.J., Ammar, K., & Rajaram, S., 2004 .
Triticale crop improvement: the CIMMYT programme. In: Mergoum, M., Gómez-Macpherson, H. (Eds.), Triticale Improvement and Production. FAO Plant Production and Protection Paper 179, 11-22.
33. NORMA Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba.
34. NRC. 1988. Nutrient requirements of dairy cattle. Pp. 89-109. National Research Council (NRC). National Academy Press, Washington D.C., USA.
35. Owens, F. N. 1999. El impacto de la fuente de los granos y de su procesamiento, en la performance del feedlot bovino. Congreso Nacional de engorde a corral. 15 y 16 de junio, Bs. As Argentina.
36. Peña R J. 1995. Factors affecting triticale as a food crop. 3rd Internacional Triticale Symposium, Lisbon, Portugal CIMMYT: México, D.F
37. Peña, R.J., 2004. Food uses of triticale. In: Mergoum, M., Gómez-Macpherson, H. (Eds.), Triticale improvement and production. FAO, Rome, 37-48 .
38. Peña, R.J., & Balance, G.M., 1987. Comparison of gluten quality in triticale: A fractionation- reconstitution study. Cer. Chem., 64: 128-132.
39. Pomeranz, Y., Burkhart, B.A., & Moon L.C., 1970. Triticale in malting and brewing. In Proc. Annual Meeting, 40-46. American Society Brewing Chemists.

40. Rao, V. G. & Rao, H. P., 1993. Methods for determining rheological characteristics of doughs: A critical evaluation, en *Journal of Food Science and Technology* (Mysore), Vol. 30, No. 2, 77-87.
41. Rebolledo, M., Sangronis E., & Barbosa G. 1999. Evaluación de galletas dulces enriquecidas con germen de maíz y fibra de soya. *Arch. Latinoam. Nutr.* 49(3):, 253-259.
42. Rodríguez Sandoval, E., Fernández Quintero, A., & Ayala Aponte, A., 2005. Reología y textura de masas: aplicaciones de trigo y maíz. *Ingeniería e investigación*. Vol.25, núm.1:, 72-78.
43. Royo, C., 1991. *El Triticale : bases para el cultivo y aprovechamiento*. Madrid , Mundi-Prensa. Pp. 1-20.
44. Sahai, D.; Buendía, M. O. & Jackson, D. S., 2001. Analytical techniques for understanding nixtamalized corn flour: Particle size and functionality relationships in a masa flour simple, en *Cereal Chemistry*, Vol. 78, No. 1, 14-18.
45. Saini, H.S., & Henry, R.J., 1989. Fractionation an evaluation of triticale pentosans: comparison with wheat and rye. *Cer. Chem.*, 66: 11-14.
46. Santoyo, C. M., & Quiroz, M. J. 2010. *Guía para el cultivo de cereales en el Estado de México*. Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México, ICAMEX. SEDAGRO. Metepec, Edo. de México. p. 10.
47. Serna-Saldívar, S. O., Guajardo-Flores, S., & Viesca-Rios, R., 2004. Potential of triticale as a substitute for wheat in flour tortilla production. *Cereal Chemistry*, 81:, 220-225.

48. Shin, H.K., Bae, S.H., & Pack, M.Y., 1980. Nutritional quality and food making performance of some triticale lines grown in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 12:,59-65.
49. Shoemaker, C. F., Lewis; J. I. & Tamura, M. S., 1987. Instrumentation for rheological measurements of food. en *Food Technology*, Vol. 41:, 80-84.
50. Sowa, W., Cygankiewicz, A., Gielo, S., & Krysiak, H., 1995. High Gluten content and good baking Quality of new triticale strains. *Hodowla Roslin Aklimatyazacja I Nasiennictwo*, 39:, 81-84.
51. Sowa, W., Peña, R.J., & Bushuk, W., 1998. RAH-116, a good bread-marking winter triticale from- Poland. In P. Juskiw. ed. *Proc.4th Int. Triticale Sump.*, Red Deer, Alberta, Canada ,pp. 180-182.
52. Taht, R., Kann, A., Kasearu, P., Jaama, E., & Vijand, M., 1998. Baking qualities of winter triticale grown in Estonia. In . P. Juskiw, ed. *Proc. 4th Int. Triticale Symp.*, Red Deer, Alberta, Canada,26-31 July 1998, 183-185.
53. Torres, P. M. R & Betancourt, G. A. 1993. *Investigación Tecnológica del Grano de Triticale (X Triticamecak Wittmack)*. Tesis profesional para obtener el título de Químico Fármaco biólogo. Puebla, México.
54. Trethowan, R.M., Peña. R.J., & Pfeiffer, W.H., 1994. Evaluation of pre-harvest sprouting in triticale compared with an rye using a line source rain gradient, *Aust. J. Agric. Res.*, 45:, 65-74.
55. Trethowan, R.M., Pfeiffer, W.H., Peña, R.J., & Abdalla, O.S., 1993. Pre-harvest sprouting tolerance in three triticale biotypes. *Aust. J. Agric. Res.*, 44:, 1789-1798.

56. Tripathi P, Leggio L, Mansfeld J, Ulbrich-Hofmann R, & Kayastha A., 2007. Apha-amylase of mung bean (*vigna radiata*) correlation of biochemical properties and terciary structureby homology modeling. *Phytochemistry* ;68(12):, 1623-1631
57. Tsvetkov, M., & Stoeva, I., 2003. Bread making quality of winter hexaploid triticale (X *Triticosecale* Wittmack) in Bulgaria. *Bulgarian J. Agric. Sci.*, 9:, 203-.208.
58. Varughese, G, W.H. Pfeiffer & R.J. Peña., 1996. Triticale: Successful Alternative Crop (part 2). *Specialty Grains* 41 (7):, 635,641 y 642.
59. Varughese, G., T. Barker, & E. Saari, 1987. Triticale. Pp. 32, CIMMYT, D.F. México.
60. Varughese, G., T. Baker & E. Saari, 1987. Problems and prospects of the Triticale option for Kenya, CIMMYT, México, D.F, 32.
61. Varuguese, G., W. Pfeiffer, & R. Peña, 1996, Triticale (Part 2). A successful alternative crop. *Cereal Food World*. 41: 635-645.
62. Villarroel, M., M. Acevedo & C. Yanez. 2003. Propiedades funcionales de la fibra del musgo *Sphagnum magellanicum* y su utilización en la formulación de productos de panadería. *Arch. Latinoam. Nutr.* 53(4),400-407.
63. Weipert, D., 1986. Triticale processing in milling and baking. In N. Darvey, ed. *Proc. Int. Triticale Symp.*, Sydney, Australia, Institute of Agricultural Science. Occasional Publications, No.24 , 402-411.

64. Ye-Ceh, W.E., Díaz Solís, H., Lozano del Río, A.J., Zamora Villa, V.J., & Ayala Ortega, M.J., 2001 . Agrupamiento de germoplasma de triticale forrajero por rendimiento, ahijamiento y gustosidad. *Técnica Pecuaria en México*, 39, 15-29

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
 PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO CON CONSUMIDORES

Nombre del juez: _____

Edad: _____

Fecha: _____

Antes de proceder a la evaluación conteste las siguientes preguntas:

- a) ¿Le gustan las galletas? Si ____ No ____
- b) ¿Cómo es su consumo de galletas? Tres veces a la semana o más ____ Una vez a la semana ____
 Una vez al mes o menos ____
- c) ¿Qué es lo que más le gusta de una galleta? Color ____ Dulzor ____ Textura ____ Sabor ____

Instrucciones:

Frente a usted tiene 6 galletas. De izquierda a derecha pruebe la primera y señale con una línea vertical sobre la escala qué tanto le gusta, donde 0 es "me disgusta mucho" , 7.5 es "no me gusta ni me disgusta" y 15 es "me gusta mucho".

Muestra: _____	Textura			
		0	7.5	15
	Sabor			
		0	7.5	15
Muestra: _____	Textura			
		0	7.5	15
	Sabor			
		0	7.5	15
Muestra: _____	Textura			

