



Universidad Autónoma del Estado de México

Facultad de Ciencias Agrícolas

**“DISEÑO Y EVALUACION DE GALLETAS
FUNCIONALES A BASE DE TRITICALE
(X *Triticosecale* Wittmack)”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
**INGENIERO AGRONOMO INDUSTRIAL
GENERACION 37**

PRESENTA:

CLAUDIA NAYELI LÓPEZ TAPIA

MODALIDAD: TESIS INDIVIDUAL

ASESORA:

DRA. ADRIANA VILLANUEVA CARVAJAL



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



Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Ciencias Agrícolas



“DISEÑO Y EVALUACION DE GALLETAS FUNCIONALES A BASE
DE TRITICALE (*X Triticosecale Wittmack*)”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO INDUSTRIAL
GENERACIÓN 37

PRESENTA:

CLAUDIA NAYELI LÓPEZ TAPIA

MODALIDAD: TESIS INDIVIDUAL

ASESORA

DRA. ADRIANA VILLANUEVA CARVAJAL

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

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por haberme proporcionado la mejor educación y lecciones de vida, enseñarme que con esfuerzo, trabajo y constancia todo se consigue.

A mis maestros especialmente a mi asesora Dra. Adriana Villanueva Carvajal por transmitirme su conocimiento, por su apoyo, orientación, tiempo y dedicación, al Dr. Aurelio por apoyo y orientación.

A mis revisoras Dra. Lolita e Ing. Yessi por su tiempo y consejos para mejorar este trabajo.

A mis profesores y a todos los que me apoyaron para la realización de este trabajo en especial al Dr. Daniel Arizmendi y Dr. Cristóbal por su conocimiento y apoyo.

DEDICATORIAS

GRACIAS A MI FAMILIA, principalmente a mis padres y hermanas por estar a mi lado, su apoyo incondicional, por sus consejos, sus valores, por el ejemplo de perseverancia y constancia que me han brindado cada día y por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada por su amor. Agradezco el sacrificio y esfuerzo constante para lograr este objetivo el cual también es suyo.

A MIS AMIGOS por el apoyo mutuo durante nuestra formación profesional así como en los momentos difíciles, por sus consejos, tiempo y cariño.

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	iii
LISTA DE CUADROS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	8
II. REVISIÓN DE LITERATURA	10
2.1. Ventajas del triticale frente a otros cereales	10
2.2. El triticale como alimento.....	10
2.3. Características del triticale.....	10
2.3.1. Características físicas	11
2.3.2. Composición química	12
2.3.2.1. Carbohidratos	12
2.3.2.2. Proteínas	14
2.3.2.3. Actividad enzimática: alfa-amilasa	15
2.3.2.4. Lípidos	16
2.3.2.5. Minerales	17
2.3.2.6. Otros.....	17
2.4. Proceso de molienda del grano.....	18
2.4.1. Trituración.....	19
2.4.2. Clasificación.....	19
2.4.3. Limpieza de sémolas y semolinas	19
2.4.4. Compresiones	19
2.4.5. Desagregación	19
2.5. Calidad de harina	20
2.5.1. Propiedades funcionales de harina y masa.....	20
2.6. Triticale en la industria.....	20
2.6.1. Panificación	21
2.6.2. Galletería	21

2.6.2.1.	Definición de galleta	21
2.6.2.2.	Producción industrial de galletas.....	22
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1.	Materiales.....	23
3.1.1.	Ubicación del sitio.....	23
3.1.2.	Materia prima	23
3.1.3.	Equipo y reactivos.....	23
3.1.3.1.	Equipo.....	23
3.1.3.2.	Reactivos	24
3.2.	Métodos.....	24
3.2.1.	Molienda.....	24
3.2.2.	Tamizado	24
3.2.3.	Elaboración de galletas	25
3.2.3.1.	Preparación de la masa.....	25
3.2.3.2.	Horneado de la masa y obtención de galletas.....	26
3.2.4.	Evaluación de textura en galletas (dureza)	27
3.2.5.	Evaluación sensorial	28
3.2.6.	Evaluación de color.....	28
3.2.7.	Análisis bromatológico	28
3.2.7.1.	Humedad	28
3.2.7.2.	Cenizas.....	29
3.2.7.3.	Proteína	29
3.2.7.4.	Extracto etéreo	29
3.2.7.5.	Azúcares libres	29
3.2.8.	Análisis estadístico.....	29
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	30
4.1.	Molienda del grano y obtención de harina	30
4.2.	Elaboración de galletas.....	30
4.3.	Evaluación de color.....	30
4.4.	Evaluación de textura	32
4.5.	Evaluación sensorial	33
4.6.	Análisis bromatológicos	34

V. CONCLUSIONES	35
VI. BIBLIOGRAFÍA	37

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Composición química del grano de triticale en base seca	14
Cuadro 2: Composición de lípidos en harinas integral y refinada de triticale.....	17
Cuadro 3: Composición de harina para galletas	25
Cuadro 4: Peso y tamaño de galletas	30
Cuadro 5: Evaluación de color en galletas elaboradas a base de trigo y triticale	31
Cuadro 6: Resultados generales análisis bromatológicos y de textura de galletas	33
Cuadro 7: Resultados de la evaluación sensorial realizada a las galletas por tratamiento ...	34
Cuadro 8: Resultados de los análisis bromatológicos practicados a harina de trigo y harina de triticale.	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Corte transversal de trigo (izquierda) y granos de triticale (derecha). Fuente: A.E. León et.al., 2008	12
Figura 2. Molino utilizado para la obtención de harina de triticale	24
Figura 3. Discos de masa	26
Figura 4. Galletas horneadas	26
Figura 5. Galletas con igual diámetro.....	27
Figura 6. Espesor de la galleta.....	27
Figura 7. Prueba de textura en galletas.....	27
Figura 8. Colorímetro	28
Figura 9. Representación gráfica de las variables de color en galletas	32
Figura 10. Representación gráfica de los resultados obtenidos en la evaluación sensorial con consumidores.	34

RESUMEN

En el presente estudio se evaluó la sustitución parcial de harina de trigo integral por harina de triticale integral en la elaboración de galletas. Dicha sustitución se llevó a cabo de acuerdo a cuatro niveles de inclusión (tratamientos), los cuales fueron contrastados con una formulación testigo a base de harina de trigo sin harina de triticale. Con el fin de evaluar el efecto de la sustitución, se realizaron análisis de contenido de proteínas, extracto etéreo, cenizas, humedad y azúcares libres, así como la evaluación de color, textura y nivel de agrado con consumidores.

Como resultado, se encontraron diferencias significativas en color para los tratamientos propuestos, disminuyendo la luminosidad y aumentando el color rojo y amarillo al incrementarse la sustitución de trigo por triticale. La adición de triticale modifica la textura de las galletas aún en el porcentaje de menor sustitución (25%) dando como resultado galletas con una menor resistencia a la fractura respecto de las galletas elaboradas con 100% Trigo. Por otro lado, más del 50% de los consumidores otorgan una calificación de gusto positivo (“Me gusta mucho” y “Me gusta poco”) a las galletas elaboradas con 75% Trigo-25% triticale. En general, se considera que el tratamiento 75% Trigo-25% triticale es una opción viable para sustituir harina de trigo por harina de triticale en la elaboración de galletas.

Palabras clave: Galletas; Triticale; Sustitución de Harina; Propiedades Funcionales.

ABSTRACT

In the present study, the substitution of whole wheat flour by whole triticale flour to elaborate cookies was evaluated. Such substitution was done according to four inclusion levels (treatments) which were contrasted with a formulation based on wheat flour without triticale flour. In order to evaluate the effect of the substitution, protein, lipids, ash, moisture and free sugars analysis were done. Color, texture and a consumer liking degree test was done as well. Results showed significant differences in color between all treatments, decreasing luminosity and increasing red and yellow color with the increase of triticale content. Triticale addition modifies the cookie's texture even with the lowest substitution level (25%) giving rise to cookies with lower resistance to fracture when compared to 100% wheat cookies. Besides, more than 50% of the consumers give a rank of positive liking ("I like it a lot" and "I like it some") to the cookies elaborated with 75% wheat-25% triticale. In general, it is considered that 75% wheat-25% triticale treatment is a feasible option to substitute whey flour by triticale flour in cookie's production.

Keywords: Cookies; Triticale; Flour Substitution; Functional Properties

I. INTRODUCCIÓN

El triticale es un cereal producido 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 las propiedades del trigo, como su valor proteico y energético, y las propiedades del centeno, como es su capacidad 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 las bajas temperaturas, a las plagas y enfermedades y a los suelos relativamente pobres, que sus especies parentales (Darvey et al., 2000). Presenta, además, rendimientos adecuados de grano y rastrojo (paja, salvado) con menores necesidades de insumos que otros cereales (Briggs, 2001). Es una buena alternativa para la producción de forraje y grano de buena calidad. El triticale es un cultivo relativamente nuevo en México, del cual se estima que se siembran anualmente de 8 a 10 mil hectáreas para la producción de grano, principalmente en los Estados de Michoacán, Nuevo León, Puebla, Jalisco, Estado de México, Tlaxcala y Sonora, y más recientemente para uso forrajero, en Chihuahua, Coahuila y la Región Lagunera (Ye-Ceh et al., 2001). Este último destino ha sido más favorecido debido, además de su calidad nutricional, a la adaptabilidad de este cereal a diversos ambientes y como 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 le 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 débiles debido a su bajo contenido y fuerza de gluten y a su alta actividad de la enzima amilolítica α -amilasa (Amaya y Peña, 1992).

En la actualidad, el grano es utilizado en mezclas con harina de trigo, de gluten fuerte, en la elaboración de diferentes panes, esto a nivel productor y con un uso semejante al del trigo.

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

Este cereal, de acuerdo con Rakha et al. (2011) es rico en fibra dietética (FD) soluble e insoluble. La primera está conformada por oligosacáridos del tipo de los arbinosilanos (hasta 6.8% de la materia seca) y el β -glucano (hasta 6.5% de la materia seca) y la segunda básicamente por celulosa y hemicelulosa (Agil y Hosseinian, 2012).

Desde la perspectiva del uso del triticale como alimento humano, su alta concentración de α -amilasa, FD (arabinosilanos, β -glucanos y compuestos emparentados con la celulosa), compuestos polifenólicos y derivados del ácido fítico, hacen que este cereal se identifique como una fuente potencial de compuestos prebióticos y antioxidantes. Esto significa que su consumo cotidiano puede estimular el desarrollo de bacterias benéficas, tales como *Lactobacilli* y *Bifidobacterias* en el tracto gastrointestinal y en consecuencia, protegerlo de enfermedades ligadas con el cáncer (Vardakou et al., 2008).

Por lo antes expuesto, se busca elaborar un producto sólido rico en fibra dietética con contenido potencial en compuestos prebióticos, como alternativa de uso para beneficiar la flora intestinal y favorecer la motilidad del intestino. El presente trabajo tiene como objetivo elaborar un producto, galleta, a partir de mezclas de diferentes proporciones de harina de trigo y triticale.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Ventajas del triticale frente a otros cereales

El triticale (X *Triticosecale* Wittmack) es el primer cereal hecho por el hombre producido por el cruzamiento del trigo (*Triticum* spp.) con el centeno (*Secale cereale* L.). Es un cultivo rústico que tiene ventajas sobre el maíz y trigo en ambientes con baja precipitación y en suelos ácidos y alcalinos. Actualmente, hay variedades de triticale que igualan a los trigos, e inclusive, los superan en algunas características como, resistencia a las enfermedades, al acame, a la sequía y a las bajas temperaturas, entre otras. Por otro lado, esta especie es tolerante a las enfermedades más comunes que se presentan en la mayoría de los cereales (Hernández-Sierra *et al.*, 2004).

El valor nutritivo del grano de triticale es mejor que el de otros cereales, debido a que tiene mayor contenido de aminoácidos esenciales como lisina, treonina y triptofano. En general, la cantidad de proteína del grano de triticale es similar a la del trigo; sin embargo el grano de triticale tiene un mejor balance de aminoácidos esenciales y un mayor contenido de azúcares libres (Hernández-Sierra *et al.*, 2004).

2.2. El triticale como alimento

Las características físicas y composición química del grano de triticale son intermedias respecto de las de sus dos progenitores. El triticale puede ser molido hasta la obtención de harina usando procedimientos estándares de molido de para la obtención de harina de trigo o centeno (Kolkunova *et al.*, 1983), aunque el proceso de molido de trigo parece ser más apropiado para obtener tasas de extracción más altas. Sin embargo, las harinas de triticale producen masas débiles debido al bajo nivel de fuerza de gluten y altos niveles de actividad de alfa-amilasa (Macri *et al.*, 1986a).

Los triticales con textura de grano suave, son apropiados para la manufactura de productos de panadería basados en harina de trigo tipo suave, porque las propiedades de gluten débil que caracterizan al triticale, son favorables para el procesamiento y calidad de productos de trigo tipo suave. La calidad galletera del triticale es generalmente aceptable, pero puede ser mejorada agregando lecitina a la fórmula (Lorenz y Ross, 1986).

2.3. Características del triticale

Debido a que el triticale se parece más al trigo en cuanto a tamaño, forma y composición química del grano, sus características de calidad alimenticia se comparan generalmente con

las del trigo. La harina de triticale difiere de la del trigo en cuanto a características de panificación. Los triticales son adecuados para fabricar productos en los que se utiliza trigo suave, incluidas galletas, pasteles y tortillas de harina (Varughese, G., *et al.*, 1987).

El grano de triticale al igual que otros cereales está formado por una serie de características tanto físicas como químicas, las cuales determinan la estructura y morfología del grano.

2.3.1. Características físicas

La morfología del grano es semejante a la de sus progenitores (trigo y centeno). La cariópse o grano del triticale libre de glumas (grano desnudo), es generalmente más grande que la del trigo (10-12 mm de longitud y 3 mm de anchura) y pesa cerca de 40 mg. Está formado de un pericarpio, endospermo y germen; donde el pericarpio encierra a la semilla y está compuesto de varias capas de células. Básicamente esta estructura se divide en epicarpio, mesocarpio y endocarpio. Este último tejido, a su vez se subdivide en células intermedias, cruzadas y tubulares. La testa o envoltura de la semilla está firmemente adherida a la parte ventral de las células tubulares y consiste de uno o dos estratos de células. El endospermo está formado por la capa de aleurona, el endospermo periférico, el endospermo vítreo y el endospermo almidonoso (Sema-Saldivar, 1996).

El grano de triticale tiene un surco que recorre toda su longitud, su color pardo amarillento se caracteriza por los plegamientos producidos del pericarpio exterior, aparentemente por encogimiento del grano. El encogimiento del grano es un problema importante del triticale ya que provoca bajo peso hectolítrico, mal aspecto y bajo rendimiento en la molienda. La capa de aleurona en el triticale es de forma más irregular que en el trigo. Las células varían de tamaño y las paredes celulares tienden a variar de espesor. En los granos arrugados, las células de aleurona están fuertemente distorsionadas observándose lesiones en las que faltan secciones completas de aleurona y las células del endospermo (Hoseney, 1994).



Figura 1 Corte transversal de trigo (izquierda) y granos de triticale (derecha). Fuente: A.E. León *et.al.*, 2008

El grano de los primeros triticales tenía una apariencia arrugada que iba de ligera a severa. Los triticales desarrollados entre finales de 1960 y mediados de 1970 casi invariablemente producían granos arrugados; sin embargo, este defecto fue gradualmente corregido después que los genetistas empezaran a aplicar presión selectiva para obtener un grano lleno. Actualmente los cultivos mejorados de triticale tienen granos de llenos a ligeramente arrugados (Peña, 1995).

2.3.2. Composición química

La composición química del grano de triticale es esencial para determinar su potencial final de usos. Aunque se considera que los aspectos nutricionales de la composición del grano son probablemente más importantes para su uso como alimento animal, la funcionalidad de los componentes del grano resulta crítica para la elaboración de alimentos de consumo humano (Peña, 2004).

El grano de triticale está formado por: carbohidratos, proteínas, lípidos, minerales (cenizas) y otras sustancias, algunos de los cuales son nutrientes importantes en la dieta humana (Kent, 1987).

2.3.2.1. Carbohidratos

Los carbohidratos son compuestos químicos que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno, cuantitativamente son los componentes más importantes ya que constituyen del 77 al 87% de la materia seca total en el triticale (Kent, 1987). Los carbohidratos presentes en el grano de triticale son: el almidón (componente predominante), azúcares libres, fibra cruda y

pentosanos (Varughese et al., 1996). Estos compuestos constituyen la principal fuente energética en la dieta humana (del 40 al 80% del aporte energético). Por ejemplo, un gramo de carbohidratos proporciona al organismo 4 kcal de energía obtenido directamente de la glucosa (Bourges, 1982).

El almidón es el carbohidrato más importante contenido en los cereales y constituye aproximadamente el 60% de la materia seca del grano. Este compuesto es muy similar tanto en el triticale de primavera como en el de invierno (Cuadro 1). El almidón está constituido básicamente por polímeros de glucosa, químicamente se pueden distinguir dos tipos de polímeros: a) amilosa, polímero lineal formado por unidades de glucosa unidas por enlaces del tipo α (1-4), presente en un 15 a 20% en el almidón y b) amilopectina, polímero formado por unidades de glucosa unidas mediante enlaces α (1-4) con ramificaciones unidas mediante enlaces α (1-6) (Kent, 1987).

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, las variedades de triticale de invierno tienen mayor contenido de azúcares libres en comparación a las variedades de primavera (Cuadro 1).

La fibra cruda la constituyen aquellos carbohidratos estructurales que son insolubles (celulosa y hemicelulosa). Estos compuestos se encuentran en el grano de triticale en un rango de 2.3 a 4.5 % en el cual el triticale de primavera presenta mayor contenido de fibra cruda. La celulosa es un polisacárido constituido por unidades de glucosa, unidos por enlaces β -(1-4). Este carbohidrato es poco soluble en agua y en la mayoría de los disolventes, con excepción de los ácidos minerales concentrados, es higroscópico, ya que absorbe agua y se hincha, pero no se disuelve. Las hemicelulosas son polisacáridos insolubles en agua, pero solubles en álcalis, encontrándose asociadas a las sustancias pécticas y celulosa en la pared celular (Kent, 1987).

Cuadro 1: Composición química del grano de triticale en base seca

Cereal	Almidón (%)	Azúcares libres (%)	Fibra cruda (%)	Proteína (%)	Extracto etéreo (%)	Cenizas (%)	Otros compuestos (%)
Triticale primavera	57-65	3.7-5.2	3.1-4.5	10.3-15.6	1.5-2.4	1.4-2.0	5.3-23
Triticale invierno	53-63	4.3-7.6	2.3-3.0	10.2-13.5	1.1-1.9	1.8-2.9	8.1-29.3

Fuente: Varughese et al., 1996

Los pentosanos, los cuales son polímeros de azúcares pentosas tales como arabinosa y xilosa, son constituyentes de la pared celular, y juegan un papel importante en la determinación de las propiedades viscoelásticas de la masa del trigo y del centeno, además de que influyen en la calidad del pan, ya que éstos determinan el rendimiento, textura y volumen de la miga, razón por la cual estos compuestos adquieren importancia en el grano de triticale (Kent, 1987).

2.3.2.2. Proteínas

Las proteínas están formadas por unidades básicas llamadas aminoácidos unidos por enlaces peptídicos, y según su contenido e importancia en la dieta determinan la calidad biológica de la proteína, la cual es mayor cuanto mayor es la proporción de aminoácidos esenciales (Hoseney, 1994). Los aminoácidos son moléculas que tienen un grupo amino y un grupo ácido, en este caso un ácido carboxílico. Desde el punto de vista nutricional los aminoácidos se clasifican en esenciales y no esenciales. Los aminoácidos esenciales son ocho: lisina, fenilalanina, isoleucina, leucina, metionina, treonina, triptófano y valina (Lenhinger, 1976). El nivel de ácido glutámico, prolina, ácido aspártico y leucina es alto en el grano de triticale, pero el nivel de los aminoácidos más limitantes en la dieta humana como son la lisina, el triptófano, metionina y treonina es bajo en el grano de triticale. Sin embargo, a pesar de que estos aminoácidos son los que se encuentran en menor proporción en comparación al resto de los aminoácidos, su contenido en esta especie es superior a la de los otros cereales (Hoseney, 1994).

El contenido de proteína en el triticale varía del 10 al 16%, sin embargo el de sus proteínas solubles en NaCl (albúminas y globulinas) es mayor que en el trigo, aunque la proporción de

proteína de almacenamiento (insoluble en NaCl) es más baja en el triticale que en el trigo (Peña, 1996). Las proteínas de almacenamiento interactúan para formar gluten en el trigo y la cantidad y calidad del gluten es responsables de las propiedades viscoelásticas de la masa, y permite la producción de una gran variedad de panes leudados y no leudados. El contenido de proteína de almacenamiento (insoluble en NaCl) del triticale es considerablemente más bajo que el del trigo, y sólo una parte de ésta forma gluten. En el triticale, la porción de proteína de almacenamiento que no forma gluten como el trigo fue heredada del centeno. Estas diferencias en la cantidad y composición de proteínas de almacenamiento son los principales factores responsables de la calidad de panificación inferior del triticale comparada con el trigo. La masa panadera del triticale muestra una deficiente viscoelasticidad y propiedades pobres de manejo, resultando panes con poco volumen y miga compacta (Peña, 2004).

2.3.2.3. Actividad enzimática: alfa-amilasa

Los granos de triticale en el cereal maduro se caracterizan por muy bajos niveles de actividad enzimática. Una vez húmedos, los granos tienden a germinar, promoviendo un incremento en la actividad enzimática, hidrolizando al almidón y otros componentes del grano para sostener el desarrollo de una nueva planta. Niveles de actividad enzimática más altos de lo normal en granos germinados pueden promover el desarrollo de hongos durante el almacenamiento o pueden tener efectos perjudiciales en las características de procesamiento de los cereales. Algunos triticales muestran altos niveles de actividad de α -amilasa aún 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).

El triticale tiene una tendencia a germinar en precosecha y a producir altos niveles de actividad de α -amilasa. La germinación en precosecha es probablemente el factor más importante, relacionado al grano, que limita el uso de triticale como alimento. Particularmente en la elaboración de pan, ya que este factor altera significativamente las propiedades funcionales del almidón y de la masa obtenida. Los productos de la hidrólisis, azúcares y gomas, pueden también alterar negativamente la calidad final del pan (Peña, 2004).

2.3.2.4.Lípidos

El contenido de aceite y otros compuestos liposolubles presentes en los granos de los cereales se conoce también con el nombre de extracto etéreo. En el grano de triticale el extracto etéreo se encuentra en el rango de 1.1% a 2.4% (Jacobson, 1975). Los lípidos se dividen en polares y no polares. Dentro de los no polares, los triglicéridos son los que se encuentran en mayor cantidad tanto en harina integral como en harina refinada, sin embargo, en harina refinada este porcentaje es menor en comparación a la harina integral, debido a que durante la molienda se elimina el germen donde se encuentra gran cantidad de aceite (Cuadro 2). Las funciones de los lípidos en nuestro organismo son: aislantes térmicos cuando se depositan bajo la piel, actúan como vehículo alimentario de algunos compuestos liposolubles como las vitaminas liposolubles y suministran ácidos grasos indispensables, además son constituyentes estructurales de las membranas celulares y forman junto con las proteínas a las lipoproteínas. Los lípidos constituyen energía de reserva de alto potencial, aportando por cada gramo 9 kcal. La grasa es un constituyente necesario en la dieta ya que provee y facilita el metabolismo de vitaminas solubles en grasas (A, D, E y K), además de que provee volumen y sabor a las comidas. Sin embargo, ingerir mucha grasa rica en calorías causa obesidad y alta presión (Jacobson, 1975).

Cuadro 2: Composición de lípidos en harinas integral y refinada de triticale

Lípidos	Harina integral (%)	Harina refinada (%)
Lípidos no-polares		
Monoglicéridos	1.5-2.4	2.4-3.5
Diglicéridos	4.0-5.5	3.2-7.0
Triglicéridos	50.5-65.0	26.0-31.0
Ácidos grasos Libres	5.5-7.0	3.5-5.0
Esteres estéril	1.0-9.1	2.0-2.4
Lípidos polares		
Monogalactosil Diglicéridos	2.4-4.0	3.3-6.0
Digalactosil Diglicéridos	2.0-9.6	8.8-13.5
Fosfatidil Inositol	1.3-3.7	2.7-5.1
Fosfatidil Etanolamina	3.7-10.0	2.7-14.4
Fosfatidil Colina	2.4-9.1	3.2
Linofosfatidil Colina	traza	traza

Fuente: Varughese et al., 1996

2.3.2.5. Minerales

Los minerales son elementos químicos necesarios para las funciones fisiológicas de nuestro organismo, son constituyentes de huesos y dientes, intermediarios metabólicos, reguladores del equilibrio ácido-base, ayudan a realizar las funciones nerviosas y musculares, así como del equilibrio de agua y electrolitos, son constituyentes de vitaminas y cofactores de enzimas. Por mencionar algunos de importancia fisiológica: el calcio, cloro, magnesio, fósforo, potasio y sodio en requerimientos mayores a 100 mg por día; el cromo, cobre, yodo, hierro, manganeso, molibdeno, selenio y zinc, se requieren en cantidades menores a 100 mg por día. El potasio y el fósforo son los minerales que se encuentran en mayor cantidad en el grano de triticale (Kent, 1987).

2.3.2.6. Otros

Dentro de este grupo están aquellos compuestos que se encuentran en pequeñas cantidades en los alimentos, pero que son indispensables en la nutrición humana. Entre estos se encuentran las vitaminas, las enzimas y los factores antinutricionales (Kent, 1987).

2.4. Proceso de molienda del grano

La molienda o molturación es la operación mediante la cual los granos son triturados y reducidos a partículas de diversos tamaños, separables entre sí por medios mecánicos. Hasta la obtención de la harina, se realizan diferentes operaciones con diferentes máquinas con el objetivo de obtener el mayor rendimiento posible en harina de la calidad deseada (Ferrerías, 2009).

A través de las fases de la molienda del trigo se obtienen una serie de productos de características químicas diversas: harina, harinilla, residuos de harina, salvado, salvado fino y deshechos de molienda. Considerando que la cariósida está formada de las siguientes partes: 12.5% salvado, 85% de albumen y 2.5% de germen, la molienda consiste en separar el 85% de albumen de la otra parte, transformándolo por consiguiente en harina. En teoría es posible alcanzar el 85% de harina de 100 partes de trigo, pero en la práctica, tales valores, conocido como rendimiento de molienda o grano de extracción, es siempre inferior aproximándose al 85% cuanto más intenso sea el proceso de molienda.

La medida porcentual de varios productos obtenidos en la molturación son los siguientes:

- Harina 75-78%
- Harinas finas 2.5-3.0%
- Salvado, salvados finos 20-22%
- Deshecho de molienda 0.2-2.0%

Como consecuencia de la localización heterogénea de los distintos componentes de la cariósida del trigo, resulta diferente la composición química de las harinas obtenidas en los diversos procesos de molienda, con diferentes rendimientos de extracción. El triticale puede ser molido para hacer harina usando procedimientos estándares de molienda de trigo o centeno (Kolkunova et al. 1983). Sin embargo, el proceso de molienda de trigo es más apropiado para obtener tasas de extracción máximas de harina de triticale, principalmente porque la molienda de harina de centeno imposibilita el uso de cilindros suaves lo que reduce las tasas de extracción (Peña, 2004). Para Peña y Amaya (1992), una manera de mejorar el desempeño de molienda del triticale es utilizando mezclas de trigo-triticale. Estos autores encontraron que mezclando trigo y triticale en una proporción de 75:25 antes de la molienda produce rendimientos de harina iguales a los del trigo molido individualmente. La calidad de

molienda del triticale no debería ser una restricción cuando se usa en productos de panificación con harina de alto contenido en ceniza e integrales (Peña, 2004).

La molienda del grano se lleva a cabo en distintas fases:

2.4.1. Trituración

Su objetivo es abrir el grano e intentar separar el endospermo del salvado. Mediante las trituraciones se pretende extraer o quitarles al salvado toda la harina evitando romper demasiado el salvado ya que se puede producir polvo de salvado que incrementaría el porcentaje de cenizas.

2.4.2. Clasificación

Consiste en la separación de las partículas obtenidas en los molinos según su tamaño. Mediante esta clasificación se pueden distinguir los siguientes grupos ordenados de mayor a menor tamaño de partícula: fractura gruesa, fractura fina, sémolas, semolinas y harinas. En general e independientemente del tamiz que se trate, se conoce como “producto cernido” al que atraviesa el tamiz y “producto rechazado o colas” el que siendo de mayor tamaño, no consigue atravesar el tamiz.

2.4.3. Limpieza de sémolas y semolinas

Se realiza una clasificación por peso específico y tamaño, de manera que para partículas de igual tamaño, aquellas con mayor proporción de endospermo son más densas, clasificándose en:

- a) Salvado volátil. La parte más ligera que no lleva endospermo por lo que se elimina por aspiración.
- b) Sémolas sucias. Partículas que serán enviadas a una desagregación con el objetivo de separar el salvado del endospermo.
- c) Sémolas limpias. Partículas que serán enviadas a las compresiones.

2.4.4. Compresiones

Reducción del tamaño de las partículas hasta obtener la harina.

2.4.5. Desagregación

Consiste en liberar las sémolas sucias o vestidas de las partes envolventes que llevan adheridas, obteniendo partículas de endospermo libres de salvado.

2.5. Calidad de harina

Se puede definir la calidad de la harina como su capacidad para dar un producto final de excelentes características organolépticas como el sabor y el olor, de buen valor nutritivo y de costo competitivo. Actualmente hay varias pruebas disponibles para determinar la calidad de la harina: % de proteína, % de cenizas, % de humedad y fuerza del gluten (Kent, 1987).

2.5.1. Propiedades funcionales de harina y masa

La viscosidad y otras propiedades de adherencia de agregados harina-agua dependen en gran medida de las propiedades del almidón. Aunque las propiedades del almidón de triticale son similares a las de sus progenitores, debido a los niveles de almidón enzimáticamente dañado (por la actividad de la α -amilasa más altos de lo normal), la viscosidad de la pasta de agregados harina-agua de triticale, es frecuentemente baja comparada a la del trigo (Lorenz, 1972; Weipert, 1986). Las propiedades reológicas de las masas de harina de triticale han sido extensamente estudiadas y comparadas con las del trigo y centeno. Estudios usando el farinógrafo y el mixógrafo (Lorenz *et al.*, 1972; Lorenz y Welsh, 1977; Macri *et al.*, 1986a; Rakowska y Haber, 1991) han mostrado que las masas de harina de triticale generalmente tienen menor absorción de agua, tiempos de desarrollo de la masa más cortos y menor tolerancia al mezclado que las masas de harina de trigo. Otros estudios utilizando el extensígrafo y el alveógrafo (Macri *et al.*, 1986a; Weipert, 1986) han mostrado que las harinas de triticale tienen valores de fuerza de masa usualmente menores que los del trigo. Weipert (1986) indicó que los farinogramas y extensigramas del triticale son más parecidos a los del centeno que a los del trigo. Por otra parte, Macri *et al.*, (1986a) y Peña *et al.*, (1998) han mostrado que existe gran variabilidad en el triticale con relación a las propiedades de fuerza de la masa; en algunos casos las masas de triticale son más parecidas a masas de trigo de débiles a medio-fuertes que a las masas de centeno. Pareciera que existen tipos de triticale que se acercan más a las propiedades del centeno y otros que se acercan más a las propiedades del trigo.

2.6. Triticale en la industria

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 generan bajos rendimientos de harina. La poca producción que se tiene a nivel nacional de

este cereal es otro de los factores que afecta 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 buenos resultados ya que llega a igualar la calidad de las cervezas obtenidas tradicionalmente con cebada (Gupta, 1985).

2.6.1. Panificación

Algunos estudios han mostrado que el triticale y el centeno presentan pocas diferencias de calidad respecto a sus propiedades de panificación, específicamente para preparar productos de centeno blanco y trigo-centeno (Lorenz, 1972; Kolkunova *et al.*, 1983; Weipert, 1986). El triticale es aceptable como aditivo para elaborar pan de centeno debido a factores relacionados con el gluten, el cual ayuda a mejorar las características de la masa y pan de centeno. Las harinas de triticale producen masas débiles debido al bajo contenido de gluten, fuerza interior del gluten y altos niveles de actividad de α -amilasa (Macri *et al.*, 1986a; Amaya y Peña, 1992). La masa débil no es apropiada para la elaboración de panes fermentados tipo trigo que requieren propiedades de masa media-fuerte a fuerte, particularmente los panes de caja y aquellos producidos 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 panificadora del triticale, y se ha descubierto que algunas líneas poseen propiedades de masa de fuerza media, aceptables para producir pan. La calidad galletera del triticale es generalmente aceptable, pero puede ser mejorada agregando lecitina a la fórmula (Lorenz y Ross, 1986; Leon *et al.*, 1996).

2.6.2. Galletería

2.6.2.1. Definición de galleta

De acuerdo a la NOM-247-SSA1-2008, galleta es el 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.

2.6.2.2. Producción industrial 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 (Villarreal, *et al.*, 2003; Bello *et al.*, 2000; Rebolledo, *et al.*, 1999). El aprovechamiento de estas harinas para la producción de alimentos con características nutricionales y funcionales, da un enfoque importante en el desarrollo de sistemas alimenticios hacia poblaciones con poca disponibilidad de niveles de energía y de nutrientes (Maldonado, *et al.*, 2000). Entre las propiedades de calidad más importantes de las galletas, están las relacionadas con las características físicas (contenido de humedad, actividad de agua, ópticas (color y apariencia), texturales (fuerza a la ruptura), sensoriales (aroma, sabor, color) y nutricionales (contenido de carbohidratos, proteínas, fibra, minerales) (Moiraghi, *et al.*, 2005). Sin embargo, de estas características, la actividad de agua y la textura suele ser la de mayor importancia como indicador de la estabilidad comercial del producto. En este sentido, la textura permite al consumidor de productos horneados, establecer algunos descriptores sensoriales para definir la preferencia por una galleta, tales como desmoronable, masticoso, pastoso, crujiente, harinoso, quebradizo, grumoso, cohesivo, seco, blando (suave) o duro (Maldonado, *et al.*, 2000). Aunque igualmente es conocido el efecto positivo del tratamiento térmico, como el horneado y tostado para definir lo atractivo del producto al consumidor, además de que este proceso mejora la digestibilidad del almidón (Méndez, *et al.* 1998; Jacob, *et al.*, 2007).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Ubicación del sitio

El experimento se realizó en la Facultad de Ciencias Agrícolas en el Laboratorio de Textura de Alimentos, Laboratorio de Bromatología y Planta Piloto, todos con ubicación en Campus Universitario “El Cerrillo Piedra Blancas”.

3.1.2. 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 2013. 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.

3.1.3. Equipo y reactivos

3.1.3.1. Equipo

- ❖ Texturómetro TA.XT.PLUS Texture Analyser (Stable Microsystems, Scarsdale NY, USA).
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 Missouri 64132)

3.1.3.2.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)

3.2.Métodos

3.2.1. Molienda

El grano entero de triticale fue molido en un molino de rodillos para nixtamal (Figura 2), hasta la obtención de harina la cual se separó por tamaño de partícula mediante un tamizado.



Figura 2. Molino utilizado para la obtención de harina de triticale

3.2.2. Tamizado

La harina obtenida de la molienda fue separada mediante cribado pasando el resultante de la molienda por mallas #40 (0.42 mm) y #60 (0.25 mm).

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.

3.2.3. Elaboración de galletas

3.2.3.1. Preparación de la masa

Se mezclaron todos los ingredientes descritos en la formulación de acuerdo a cada tratamiento, produciendo 100 g de masa por tratamiento. Se utilizó una fórmula tradicional de galletas según la siguiente composición: harina integral 58.82%, margarina 29.41%, huevo 8.83% y azúcar 2.94%, sustituyendo el contenido de harina por harina de triticale según las proporciones que se indican en el Cuadro 3. Una vez lista la masa, ésta se extendió sobre una mesa con un rodillo hasta lograr un grosor de 5 mm. Una vez logrado este grosor, se formaron discos de 5 cm de diámetro con la masa extendida, repitiendo este proceso por triplicado para cada tratamiento (Fig. 3).

Cuadro 3: Composición de harina para galletas

Tratamiento	Trigo (%)	Triticale (%)
1	100	0
2	75	25
3	50	50
4	25	75
5	0	100



Figura 3. Discos de masa

3.2.3.2. Horneado de la masa y obtención de galletas

Los discos de masa se hornearon a 180°C durante 15 minutos (Figura 4) para cada tratamiento con sus repeticiones (triplicado).



Figura 4. Galletas horneadas

Una vez horneadas, se retiraron las galletas del horno, se dejaron enfriar a temperatura ambiente y posteriormente se introdujeron en bolsas de polietileno con cierre hermético para su análisis posterior. Las dimensiones de las galletas frías fueron 53.48 ± 0.1 mm de diámetro, 5.58 ± 0.1 mm de espesor con un peso de 10 ± 1 g (figuras 5 y 6). Estos datos representan la media de 35-40 galletas medidas y pesadas por tratamiento (cuadro x).



Figura 5. Galletas con igual diámetro



Figura 6. Espesor de la galleta

3.2.4. Evaluación de textura en galletas (dureza)

Para la evaluación de la textura de las galletas producidas se tomó como base la metodología propuesta por Kawai *et al.*, (2013). Las muestras, a temperatura ambiente, se colocaron sobre dos placas metálicas situadas a 21 mm de distancia entre ellas con el fin de que una punta con forma de diente frontal midiera la fuerza necesaria para lograr la ruptura de la galleta al pasar por en medio de las dos placas metálicas (Figura 5). Los datos recabados corresponden a promedios entre 35 - 45 mediciones por tratamiento.



Figura 7. Prueba de textura en galletas

3.2.5. Evaluación sensorial

Se evaluó la aceptación general de las galletas producidas utilizando 100 consumidores no entrenados quienes contestaron un cuestionario (Anexo 1) que mostraba una escala hedónica de 5 puntos.

3.2.6. Evaluación de color

Las lecturas para la determinación del color se tomaron directamente sobre las galletas de cada tratamiento (entre 44 y 45 repeticiones por tratamiento). Se obtuvieron valores para L^* , a^* , y b^* .



Figura 8. Colorímetro

3.2.7. Análisis bromatológico

Las determinaciones de humedad, extracto etéreo y cenizas se realizaron en el laboratorio de Análisis de Alimentos en la Facultad de Ciencias Agrícolas. La determinación de proteína se realizó en el Laboratorio de Análisis de Suelos y la determinación de azúcares libres se realizó en el laboratorio de Textura de Alimentos, ambos ubicados en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento de la Facultad de Ciencias Agrícolas. Todas las determinaciones se realizaron en tres muestras independientes por cada repetición realizada por tratamiento.

3.2.7.1. Humedad

Para la determinación de la humedad de las muestras de galleta para cada tratamiento, se realizó la determinación gravimétrica de la pérdida de masa por el método oficial de análisis 925.098 publicado por la Association of Official Analytical Chemists (Asociación Oficial de Químicos Analíticos, AOAC) (1990).

3.2.7.2.Cenizas

La determinación de cenizas se realizó de acuerdo al método oficial de análisis 923.03 publicado por la AOAC (1990).

3.2.7.3.Proteína

La determinación de proteína se realizó por el método de micro-Kjeldahl ($N \times 6.25$) de acuerdo a la metodología oficial 960.52 publicada por el AOAC (1990).

3.2.7.4.Extracto etéreo

Para realizar la determinación del extracto etéreo se utilizó un equipo Goldfish realizando la extracción con éter etílico según la metodología oficial reportada en el método 920.39 de la AOAC (1990).

3.2.7.5.Azúcares libres

La determinación de azúcares libres se realizó adaptando la técnica descrita en el artículo publicado por Laurentin y Edwards (2003) utilizando una curva patrón de glucosa con concentraciones entre 0.01 – 0.1 mg/mL y realizando las lecturas espectrofotométricas a una longitud de onda de 631 nm.

3.2.8. Análisis estadístico

Se realizaron Análisis de Varianza para determinar las diferencias estadísticas entre tratamientos para cada variable evaluada utilizando Statgraphics Centurion XVI.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1.Molienda del grano y obtención de harina

Con el fin de mantener condiciones similares para la sustitución de harina de trigo por harina de triticale, 100 g de harina de trigo comercial se hicieron pasar por tamices #40 y #60 para que de esta manera se obtuviera la composición porcentual en tamaño de partícula. La composición de la harina de trigo correspondió a 57.8 % para la malla #40 y 42.2 % 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 triticale obtenida.

4.2.Elaboración de galletas

Se midieron y se pesaron 35-40 galletas por tratamiento con el fin de confirmar la homogeneidad de las mismas y para obtener un peso y una medida promedio de éstas, obteniendo los resultados que se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4: Media del peso y diámetro de galletas

Tratamiento	Peso (g)	Diámetro (mm)
100T	10.1950	53.4688
75T-25t	10.4050	53.4713
50T-50t	10.2688	53.4725
25T-75t	10.3750	53.4700
100t	10.6350	53.4725

100T (100% Trigo); 75T-25t (75% Trigo-25% triticale)
50T-50t (50% Trigo-50% triticale); 100t (100% triticale)
Medias de 8 muestras por tratamiento

4.3.Evaluación de color

Los resultados de la evaluación del color de las galletas se reportan en el Cuadro 5, donde se observa, en general, que a medida que aumenta la cantidad de triticale en la formulación de la masa se obtienen galletas menos luminosas (L^*), más rojas (a^*) y más amarillas (b^*).

Respecto de esta variable, se encontraron específicamente diferencias significativas entre los tratamientos con 100% harina de trigo (100T) y las muestras con 75% harina de trigo-25% harina de triticale (75T-25t) con el resto de los tratamientos evaluados para luminosidad y color rojo, mientras que para color amarillo se encuentran diferencias significativas entre las muestras elaboradas con 100% harina de trigo (100T) y las muestras elaboradas con 100% harina de triticale (100t). La figura 7 ilustra el comportamiento del color en función de la proporción de harina de triticale utilizada en las formulaciones donde se señalan las diferentes regiones de cambios de coloración en una gráfica con los tres ejes representados.

Cuadro 5: Evaluación de color en galletas elaboradas a base de trigo y triticale

Tratamiento ¹	L*	a*	b*
100T	64.22 ^c	7.69 ^a	22.19 ^a
75T-25t	64.22 ^c	7.76 ^a	22.98 ^{ab}
50T-50t	60.6 ^b	8.93 ^b	23.48 ^{bc}
25T-75t	60.47 ^b	9.46 ^b	24.42 ^{cd}
100t	57.8 ^a	10.31 ^c	25.22 ^d

¹Medias de 44-45 repeticiones por tratamiento

100T (100% Trigo); 75T-25t (75% Trigo-25% triticale); 50T-50t (50% Trigo-50% triticale);

25T-75t (25% Trigo-75% triticale); 100t (100% triticale)

^{a,b,c,d}: Superíndices indican diferencias significativas entre columnas (p<0.05)

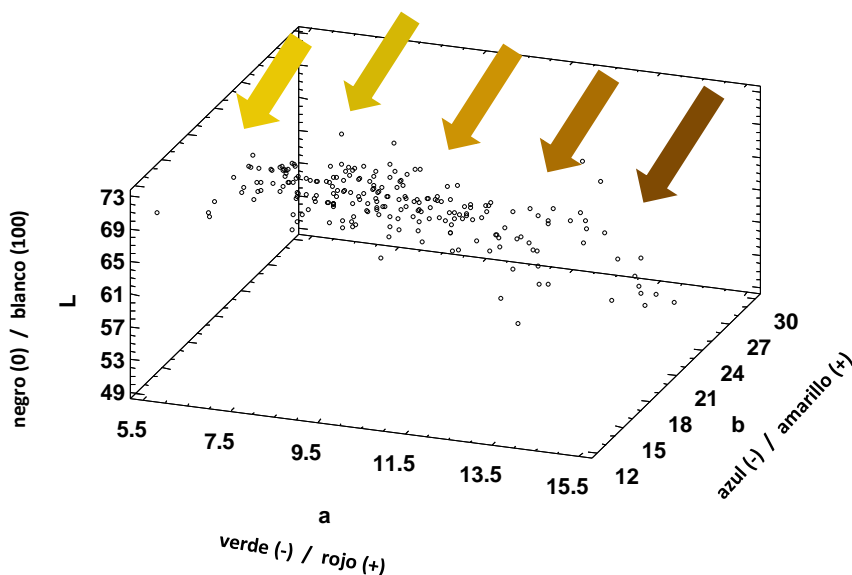


Figura 9. Representación gráfica de las variables de color en galletas

4.4.Evaluación de textura

La sacarosa es un ingrediente fundamental en la preparación de galletas. Además de aportar el sabor dulce, promueve reacciones de caramelización, lo cual aporta color a las mismas. Por otro lado, se ha reportado que contribuye a dar una textura más crujiente a las galletas al incorporar aire a la masa y cristalizar en la superficie de éstas durante la deshidratación en el horneado (Pareyt, et al. 2009). Cabe destacar que una masa para galleta sin azúcar no muestra una textura adecuada en el amasado ni en el horneado por lo que se decidió utilizar la cantidad mínima necesaria para lograr la formación de galletas (2.9%) realizando pruebas preliminares que no se muestran como resultados en el presente estudio. Los resultados de la evaluación de textura, reportado como máxima fuerza a la ruptura (N), se incluyen en el Cuadro 6 donde se observa que existe diferencia significativa entre las galletas elaboradas únicamente con harina de trigo respecto de las galletas elaboradas con triticale. Este mismo cuadro muestra que no hay diferencia significativa entre los tratamientos donde se mezcla harina de trigo y triticale respecto de las galletas elaboradas con 100% harina de triticale. León et al. (1996) indican que aunque es sabido que las proteínas del triticale son una limitante en la calidad panadera de este cereal, no sucede lo mismo con su calidad galletera, ya que la diferencia en el tipo de proteína del triticale respecto del tipo de proteínas del trigo no afecta su calidad galletera. Los resultados obtenidos muestran que para masas con sustitución de harina de trigo por harina de triticale igual o mayor al 25% la dureza a la ruptura es menor que para galletas elaboradas con 100% trigo.

Cuadro 6: Resultados generales análisis bromatológicos y de textura de galletas

Muestra	Dureza ¹ (N)	Proteína ² (%)	Grasa ² (%)	Humedad ² (%)	Cenizas ² (%)	Azúcares libres ² (%)
100T	17.07 ^b	20.66 ^{NS}	22.43 ^{bc}	1.20 ^{NS}	19.93 ^{ab}	3.55 ^{ab}
75T-25t	13.68 ^a	21.10 ^{NS}	20.73 ^b	1.16 ^{NS}	23.16 ^b	3.95 ^b
50T-50t	13.16 ^a	24.00 ^{NS}	23.83 ^c	1.16 ^{NS}	21.43 ^{ab}	3.06 ^a
25T-75t	13.30 ^a	23.60 ^{NS}	20.56 ^b	1.16 ^{NS}	21.90 ^{ab}	3.55 ^{ab}
100t	13.50 ^a	24.76 ^{NS}	17.60 ^a	1.20 ^{NS}	18.06 ^a	3.88 ^b

100T (100% Trigo); 75T-25t (75% Trigo-25% triticales); 50T-50t (50% Trigo-50% triticales);
25T-75t (25% Trigo-75% triticales); 100t (100% triticales)

¹ Media de 35-41 repeticiones por tratamiento

² Media de triplicados por tratamiento

^{a,b,c}: Superíndices indican diferencias significativas entre renglones ($p < 0.05$)

4.5. Evaluación sensorial

El modelo del cuestionario utilizado para realizar la evaluación sensorial se encuentra en los anexos del presente documento. El Cuadro 7 muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial realizada a 100 consumidores habituales de galletas. Si bien la escala utilizada contiene 5 puntos de nivel de agrado, con el fin de analizar los resultados se sumaron los consumidores que eligieron “Me gusta mucho” y “Me gusta poco” y por otro lado se sumaron los juicios de los consumidores que eligieron “Me disgusta mucho” y “Me disgusta poco”. Considerando lo anterior, los resultados indican que el 64% de los consumidores calificaron las galletas elaboradas con 75% Trigo-25% triticales como “Me gusta mucho” y “Me gusta poco”. Por otro lado, las galletas elaboradas con 25% Trigo-75% triticales son las que mostraron menor nivel de agrado con un 43% de consumidores que las calificaron como “Me disgusta mucho” y “Me disgusta poco”. La Figura 7 muestra la representación gráfica del resultado de la evaluación sensorial de las galletas.

Cuadro 7: Resultados de la evaluación sensorial realizada a las galletas por tratamiento

Nivel de agrado	% consumidores				
	100T	75T-25t	50T-50t	25T-75t	100t
Me disgusta mucho	5	2	7	14	9
Me disgusta poco	14	11	17	29	17
No me gusta ni me disgusta	25	23	27	21	29
Me gusta poco	42	48	34	26	28
Me gusta mucho	14	16	15	10	17
Disgusto total	19	13	24	43	26
Gusto total	56	64	49	36	45

100T (100% Trigo); 75T-25t (75% Trigo-25% triticale); 50T-50t (50% Trigo-50% triticale); 25T-75t (25% Trigo-75% triticale); 100t (100% triticale)

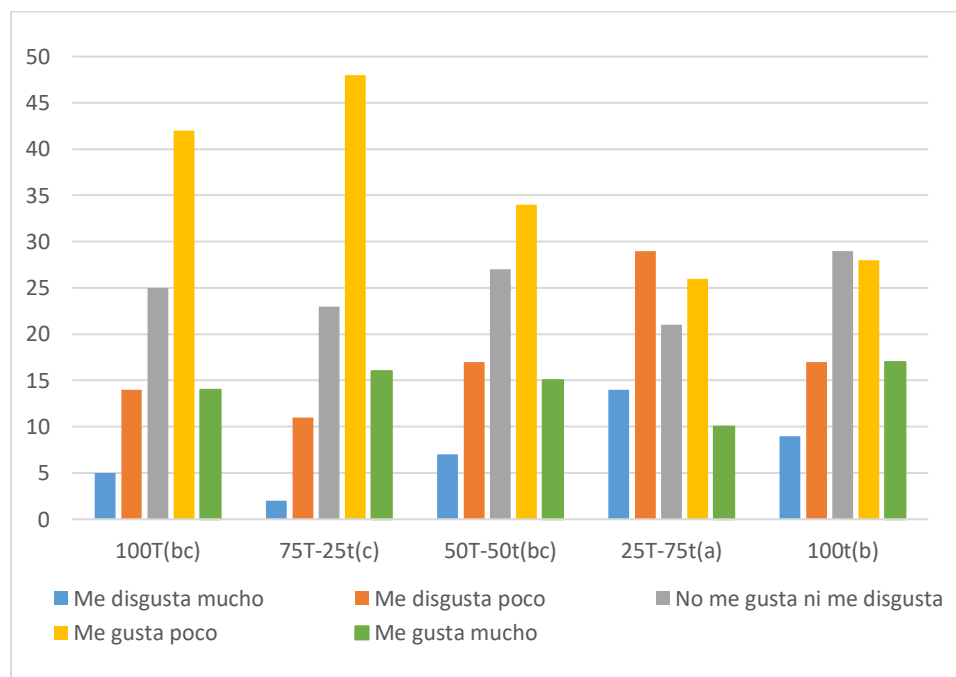


Figura 10. Representación gráfica de los resultados obtenidos en la evaluación sensorial con consumidores.

4.6. Análisis bromatológicos

Los resultados de los análisis bromatológicos realizados a la harina de trigo y de triticale, permiten identificar diferencias respecto del aporte nutrimental básico de las mismas y al mismo tiempo permite identificar factores que pueden contribuir a las diferencias encontradas en el resto de las variables analizadas en el presente estudio. El Cuadro 8 muestra

los resultados obtenidos de dichos análisis para harina de trigo y de triticale donde se observa que no existen diferencias significativas en el contenido de cenizas, proteína, grasas y humedad, por lo que las diferencias encontradas en color, textura, y nivel de agrado no se debe al contenido total de estos componentes en la harina de la cual se partió.

Cuadro 8: Resultados de los análisis bromatológicos practicados a harina de trigo y harina de triticale.

Muestra	Cenizas* (%)^{BS}	Proteína* (%)^{BS}	Grasa* (%)^{BS}	Humedad* (%)
Harina trigo	17.00 ^{NS}	18.70 ^{NS}	1.40 ^{NS}	1.23 ^{NS}
Harina triticale	21.73 ^{NS}	20.13 ^{NS}	1.66 ^{NS}	1.16 ^{NS}

*Media de triplicados por tratamiento

^{BS}Resultados en base seca

^{NS}Diferencias no significativas por columna (p<0.05)

Respecto de los resultados de los análisis bromatológicos practicados a las galletas elaboradas con las formulaciones propuestas, el Cuadro 6 indica que no existen diferencias significativas en el contenido de proteína y humedad entre los tratamientos, mientras que para el contenido de grasa, cenizas y azúcares libres se encontraron diferencias entre algunas formulaciones evaluadas. Dichas diferencias pueden deberse al diferente contenido de grasas y cenizas en el huevo utilizado para la elaboración de cada tratamiento dado que este ingrediente no se estandarizó y provenía de lotes diferentes. Las diferencias en el contenido de azúcares libres pudo deberse a la actividad diastásica que en el caso del triticale es mayor que en el trigo pero debido a que no se consideró esta variable para el diseño experimental y dado que no se evaluó específicamente esta variable, no puede establecerse una relación entre el contenido de azúcar libre y la actividad enzimática de las amilasas presentes.

V. CONCLUSIONES

En el presente estudio quedó de manifiesto que es posible elaborar galletas sustituyendo parcial y totalmente harina de trigo por harina de triticale. Por otro lado, también puede concluirse que a mayor porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de triticale el

color de las galletas obtenidas es más oscuro, tendiendo al rojo y amarillo. Es importante resaltar el hecho de que la adición de triticale modifica la textura de las galletas aún en el porcentaje de menor sustitución (25%) dando como resultado galletas con una menor resistencia a la fractura. Finalmente, la sustitución de harina de trigo por harina de triticale resulta agradable para más del 50% de los consumidores cuando la formulación incluye 75% harina de trigo y 25% de harina de triticale. Dado lo anterior, se podría concluir que es factible la sustitución de harina de trigo por harina de triticale y que a un nivel del 25% de sustitución se obtienen resultados favorables para la producción de galletas.

VI. BIBLIOGRAFÍA

A.E. León, G.T. Pérez, P.D. Ribotta, (2008), *Triticale Flours: Composition, Properties and Utilization*, Global Science Books. Facultad de Ciencias Agropecuarias Cordoba Argentina. www.globalsciencebooks.info/Online/

Agil, R., Hosseinian, F (2012). Dual Functionality of Triticale as a Novel Dietary Source of Prebiotics with Antioxidant Activity in Fermented Dairy Products. *Plant Foods for Human Nutrition*, 67, 88-93.

Bello, L., S. Sayazo, L. Villagomez y L. Montiel, 2000. Almidón de plátano y calidad sensorial de dos tipos de galletas. *Agrociencia*. 34:553-560.

Briggs, K., 2001. The Growth Potential of Triticale in Western Canada. *Alberta Agriculture, Food, and Rural Development*, Edmonton, AB. 1-114.

Bourges H. 1982. *Nutrición y Alimentos. Su problemática en México*. Editorial C.E.C.S.A. México, D. F.

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).

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, 181-187.

Gupta, N.K., Singh, T., and Bains, G.S. 1985. Malting of triticale. Effect of variety, steeping moisture, germination and gibberellic acid.

Ferreras Charro, Rebeca, 2009. Análisis reológico de las diferentes fracciones de harina obtenidas en la molienda de grano de trigo. Tesis de Especialidad. Universidad de Salamanca.

Hernández-Sierra, A., Santoyo-Cuevas, E., Macario-Becerril, R., & Mira-Ramos, A. 2004. El triticale, su cultivo, su potencial productivo y nutritivo en el Estado de México. ICAMEX, México, pp. 1-20.

Hoseney, C. R. 1994. Principles of Cereal: Science and Technology Second Edition. Edit. ACRIBIAA, S.A. Zaragoza, España.

Jacob, J. and K. Leelavathi. 2007. Effect of fat-type on cookie dough and cookie quality. *J. Food Eng.* 79(1):299-305.

Jacobson, M. F. 1975. Nutrition Scoreboard. Your guide to better eating. Avon Books. USA.

Kawai, K, Matsusaki, 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. *Food Chemistry* 141, 223–228.

Kent N. L. 1987. Tecnología de los cereales (introducción para estudiantes de ciencia de Los alimentos y agricultura). Editorial ACRIBIA. Zaragoza, España.

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, pp. 415-418. Amsterdam, Elsevier Scientific Pub. Co.

Laurentin, A. and Edwards, Ch. A. (2003). A microtiter modification of the anthrone-sulfuric acid colorimetric assay for glucose-based carbohydrates. *Analytical Biochemistry* 315, 143–145.

Lenhinger, A. L. 1976. Curso breve de bioquímica, ediciones Omega

Leon, A. E., Rubiolo, A. & Anon, M.C. 1996. Use of triticale flours in cookies: quality factors. *Cer. Chem.*, 73: 779-784.

Lorenz, K., Dildaver, W. & Lough, J. 1972. Evaluation of triticale for the manufacture of noodles. *J. Food Sci.*, 37: 764-767.

Lorenz, K., & Welsh, J., 1977. Agronomic and baking performance of semi-dwarf triticales. *Cer. Chem.*, 54: 1049-1056.

Lorenz, K., & Ross, M. 1986. Baking properties of NZ grown triticales. *Food Tech.*, 26: 66-74.

Macri, L.J., Balance, G.M. & Larter, E.N. 1986a. Factors affecting the breadmaking potential of four secondary hexaploid triticales. *Cer. Chem.*, 263-267.

Maldonado, R. y E. Pacheco. 2000. Elaboración de galletas con una mezcla de harina de trigo y de plátano verde. *Arch. Latinoam. Nutr.* 50(4):387-393.

Mares, D.J. & Oettler, G. 1991. Alpha-amylase activity in developing triticale grains. *J. Cer. Sci.*, 13: 151-160.

Méndez, C., S. Ferreira y M. Gomes. 1998. Efeito do teor de água, amilose, amilopectina e grau de gelatinização no crescimento do biscoito de amido de mandioca obtido por fermentação natural. *Cienc. Tecnol. de Alim.* 18(1):98-105.

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, pp. 11-22.

Moiraghi, M., P. Ribotta, A. Aguirre, G. Pérez y A. León. 2005. Análisis de la aptitud de trigos pan para la elaboración de galletitas y bizcochuelos. *Agriscientia*. 22(2):47-54.

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.

Pareyt, B., Talhaoui, F., Kerckhof, G., Brijs, K., Goesaert H., Wevers, M., Delcour, J.A. (2009). The role of sugar and fat in sugar-snap cookies: Structural and textural properties. *Journal of Food Engineering* 90, 400–408.

Peña, R.J. & Balance, G.M. 1987. Comparison of gluten quality in triticale: a fractionation-reconstitution study. *Cer. Chem.*, 64: 128-132.

Peña, R.J. & Amaya, A. 1992. Milling and breadmaking properties of wheat-triticale grain blends. *J. Sci. Food Agric.*, 60: 483-487.

Peña R J. (1995). Factors affecting triticale as food crop. 3rd. International Triticale. Symposium, Lisbon, Portugal. CIMMYT: México, D.F.

Peña, R.J. (1996). Factors affecting triticale as a food crop. In H. Guedes-Pinto, N. Darvey & V.P. Carnide, eds. *Triticale: today and tomorrow*, Dordrecht, Netherlands, Kluwer Academic Press, pp. 141-148.

Rakha, A., Aman, P., Andersson, R. (2011). Dietary fiber in triticale grain: Variation in content, composition, and molecular weight distribution of extractable components. *Journal of Cereal Science*, 54, 324-331.

Rakowska, M. & Haber, T. 1991. Baking Quality of winter triticale. In. Proc. 2nd Int. Triticale Symp., Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brazil, 1-5 Oct. 1990, Mexico, D.F., CIMMYT, pp. 428-434.

Rebolledo, M., E. Sangronis y G. Barbosa. 1999. Evaluación de galletas dulces enriquecidas con germen de maíz y fibra de soya. Arch. Latinoam. Nutr. 49(3):253-259.

Serna-Saldívar, S. R O. 1996. *Química*, Almacenamiento e Industrialización de los cereales. Primera Edición. AGT. Editor S. A.

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.

Trethowan, R.M., Peña, R.J. & Pfeiffer, W.H. 1994. Evaluation of pre-harvest sprouting in triticale compared with wheat and rye using a line source rain gradient. Aust. J. Agric. Res., 45: 65-74.

Vardakou, M., Nueno Palop, C., Christakopoulos, P., Faulds, C.B., Gasson, M.A., Narbad, A. (2008). Evaluation of the prebiotic properties of wheat arabinoxylan fractions and induction of hydrolase activity in gut microflora. International Journal of Food Microbiology, 123, 166-170.

Varughese, G., T. Baker y E. Saari, 1987. CIMMYT, México, D.F. 32pp

Varughese G., W. H. Pfeiffer, and R.J. Peña. 1996. Triticale: A Successful Alternative Crop (Part 1 y 2). CIMMYT: México, D. F.

Villarroel, M., M. Acevedo and 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.

Weipert, D. 1986. Triticale processing in milling and baking. In N. Darvey, ed. Proc. Int. Triticale Symp., Sydney, Australia, 1986, Occasional Publications, No. 24, Sydney, Australia, Australian Institute of Agricultural Science, pp. 402-411.

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.

ANEXO 1

ESCOLARIDAD: _____

EDAD: _____

SEXO: _____

1. ¿Te gustan las galletas?
a. Si b. No
2. ¿Cada cuánto consumes galletas?
a. Una vez por semana b. Dos veces por semana c. Tres veces o mas
3. La galleta ___ de acuerdo a mi nivel de agrado
a. Me disgusta mucho b. Me disgusta poco c. No me gusta ni me disgusta d. Me gusta poco
e. Me gusta mucho
4. La galleta ___ de acuerdo a mi nivel de agrado
a. Me disgusta mucho b. Me disgusta poco c. No me gusta ni me disgusta d. Me gusta poco
e. Me gusta mucho
5. La galleta ___ de acuerdo a mi nivel de agrado
a. Me disgusta mucho b. Me disgusta poco c. No me gusta ni me disgusta d. Me gusta poco
e. Me gusta mucho
6. La galleta ___ de acuerdo a mi nivel de agrado
a. Me disgusta mucho b. Me disgusta poco c. No me gusta ni me disgusta d. Me gusta poco
e. Me gusta mucho
7. La galleta ___ de acuerdo a mi nivel de agrado
a. Me disgusta mucho b. Me disgusta poco c. No me gusta ni me disgusta d. Me gusta poco
e. Me gusta muc
8. ¿Qué galleta fue tu preferida?

ESCOLARIDAD: _____

SEXO: _____

9. ¿Te gustan las galletas?
c. Si d. No
10. ¿Cada cuánto consumes galletas?
d. Una vez por semana e. Dos veces por semana f. Tres veces o mas
11. La galleta ___ de acuerdo a mi nivel de agrado
f. Me disgusta mucho g. Me disgusta poco h. No me gusta ni me disgusta i. Me gusta poco
j. Me gusta mucho
12. La galleta ___ de acuerdo a mi nivel de agrado
f. Me disgusta mucho g. Me disgusta poco h. No me gusta ni me disgusta i. Me gusta poco
j. Me gusta mucho
13. La galleta ___ de acuerdo a mi nivel de agrado
f. Me disgusta mucho g. Me disgusta poco h. No me gusta ni me disgusta i. Me gusta poco
j. Me gusta mucho
14. La galleta ___ de acuerdo a mi nivel de agrado
f. Me disgusta mucho g. Me disgusta poco h. No me gusta ni me disgusta i. Me gusta poco
j. Me gusta mucho
15. La galleta ___ de acuerdo a mi nivel de agrado
f. Me disgusta mucho g. Me disgusta poco h. No me gusta ni me disgusta i. Me gusta poco
j. Me gusta mucho
16. ¿Qué galleta fue tu preferida?

