



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

CENTRO DE POSTGRADOS

MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA

MENCIÓN SISTEMAS AGROINDUSTRIALES

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER EN
AGROINDUSTRIA MENCIÓN SISTEMAS AGROINDUSTRIALES

TÍTULO:

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE ALFA-AMILASA Y
XILANASA EN LAS CARACTERÍSTICAS DEL PAN DE MOLDE

AUTOR:

JUAN GABRIEL GARZÓN CARRERA

DIRECTOR:

Ing. VICENTE DOMÍNGUEZ NARVÁEZ MsC.

Puyo – Ecuador

2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Juan Gabriel Garzón Carrera con cédula 1804310405, declaro que el contenido de este proyecto de innovación es de mi autoría exclusiva

Juan Gabriel Garzón Carrera

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El presente proyecto de innovación con el título “EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE ALFA-AMILASA Y XILANASA EN LAS CARACTERÍSTICAS DEL PAN DE MOLDE” fue revisado y aprobado por el tribunal de sustentación

Dra. Laura Scalvenzi Foglia, PhD

PRESIDENTE

MsC. Franklin Rolando Villafuerte Carrillo

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MsC. Juan Elías González Rivera

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primeramente a Dios por haber sido quien me ha guiado y guardado en todo este tiempo y además me ha regalado la vida, salud, e inteligencia, sin las cuales no hubiese sido posible culminar esta etapa de mi vida, así como también a mi Virgen La Morena de Guadalupe que la visitaré en cuanto haya la oportunidad de conocerla y agradecerle.

A mi madre Mireya Carrera una persona llena de sabiduría, ejemplo de lucha, por todo su apoyo, sus oraciones, su amor para con sus hijos, por ser una inspiración en mi vida, Dios le pague mamita que Diosito me la bendiga siempre. **TE AMO**.

Al Ing. Vicente Domínguez Narváez por tenerme paciencia y estar siempre presto a apoyar con sus conocimientos en la realización de este proyecto, a mis compañeros de estudios y Dr. Luis Bravo por las facilidades que me ha sabido dar y sobre todo por la paciencia que ha tenido.

Gabriel

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a Dios y, a la Virgen Morena de Guadalupe, porque me han sabido dar las fuerzas suficientes cuando las he necesitado, dedico este trabajo y mi profesión, le pongo todo en sus manos.

A mi linda madre porque sin su apoyo no habría podido llegar donde estoy, a mi familia ya que siempre han sido parte fundamental de todo mi proceso de formación profesional.

Gabriel

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación tuvo como propósito evaluar el efecto de la inclusión de alfa-amilasa y xilanasa en las características del pan de molde de tal manera que el mejor efecto determinó su frescura textural. Los resultados farinográficos de la harina de trigo de la variedad CWRS determinó un valor promedio de falling number de 339 segundos lo que indica una actividad de alfa-amilasa baja, así como también promedios de: humedad de 14,23%, absorción de agua de 65,78%, tiempo de desarrollo de 6,08 minutos, estabilidad de 20 minutos e índice de tolerancia de 59,23UB. Se empleó un diseño factorial 2^k , donde los factores seleccionados para su efecto fueron: alfa-amilasa (Enzymix 5000) y xilanasa (Panzea BG) con cuatro réplicas y sus variables reológicas como: tenacidad P (mm) con valores no significativos para alfa-amilasa y su interacción con xilanasa, mientras que xilanasa indica un valor significativo inferior a 0,05 a un nivel de confianza del 95%; y extensibilidad L (mm) con valores significativos tanto en alfa-amilasa, xilanasa y su interrelación; también se elaboró el pan de molde de acuerdo a la receta planteada en la metodología con su respectiva combinación enzimática en cada tratamiento. En el análisis de texturometría para su frescura textural los tratamientos del pan de molde fueron evaluados en intervalos de 1, 7, 14 y 21 días de almacenamiento, el mejor promedio experimental de fuerza fue de 464,8 g/f y una resiliencia de 0,36 correspondiente al tratamiento 4 siendo su combinación enzimática 150ppm de alfa-amilasa y 30ppm de xilanasa.

Palabras Claves: Enzimas, reología resiliencia, estabilidad.

ABSTRACT

The present research aimed to evaluate the effect of the inclusion of alpha-amylase and xylanase in the characteristics of sliced bread in such a way that the best effect determined its textural freshness. The farinographic results of the wheat flour of the CWRS variety determined an average value of falling number of 339 seconds, which indicates a low alpha-amylase activity, as well as averages of: humidity of 14.23%, water absorption of 65.78%, 6.08-minute development time, 20-minute stability and 59.23BU tolerance index. A 2k factorial design was used, where the factors selected for its effect were: alpha-amylase (Enzymix 5000) and xylanase (Panzea BG) with four replicates and their rheological variables such as: toughness P (mm) with non-significant values for alpha-amylase and its interaction with xylanase, whereas xylanase indicates a significant value less than 0.05 at a confidence level of 95%; and extensibility L (mm) with significant values both in alpha-amylase, xylanase and their interrelation; Sliced bread was also made according to the recipe outlined in the methodology with its respective enzymatic combination in each treatment. In the texture analysis for its textural freshness, the sliced bread treatments were evaluated at intervals of 1, 7, 14 and 21 days of storage, the best experimental force average was 464.8 gf and a resilience of 0.36 corresponding to treatment 3, its enzymatic combination being 50ppm of alpha-amylase and 30ppm of xylanase.

Key Words: Enzymes, rheology, resilience, stability.

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	- 1 -
1. INTRODUCCIÓN	- 1 -
1.1. PROBLEMA CIENTÍFICO	- 4 -
1.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	- 4 -
1.3. OBJETIVOS.....	- 4 -
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	- 4 -
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	- 4 -
CAPÍTULO II	- 5 -
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	- 5 -
2.1. El trigo	- 5 -
2.4. Aspectos nutricionales.....	- 7 -
2.5. Trigo importado en Ecuador.....	- 7 -
2.6. Harina de Trigo.....	- 8 -
2.8. La evolución de las enzimas en la panadería.....	- 9 -
2.9. Amilasas	- 10 -
2.9.1. Alfa-amilasa	- 10 -
2.10. Xilanasas	- 12 -
2.10.1. Estructura química de los pentosanos.....	- 12 -
2.10.1.1. Composición:.....	- 12 -
2.10.1.2. Solubilidad:	- 12 -
2.11. Reología	- 13 -
2.11.1. Parámetros reológicos.....	- 13 -
2.11.1.1. Extensibilidad.....	- 13 -
2.11.1.2. Elasticidad	- 14 -
2.11.1.3. Fuerza panadera.....	- 14 -
2.12. El pan	- 14 -
2.12.1. Beneficios del pan	- 15 -
CAPÍTULO III	- 16 -
3. MATERIALES Y MÉTODOS	- 16 -
3.1. Localización.....	- 16 -

3.2.	Tipo de Investigación	- 16 -
3.2.1.	Tipo de investigación descriptivo	- 16 -
3.3.	Métodos de Investigación.....	- 16 -
3.4.	Material Experimental	- 17 -
3.4.1.	Materiales de planta	- 17 -
3.4.2.	Equipos de laboratorio	- 17 -
3.5.	Tratamiento de Datos.....	- 18 -
3.5.1.	Descripción del Diseño Experimental.....	- 18 -
3.5.2.	Tipo de diseño experimental	- 18 -
3.5.3.	Unidad experimental (UE)	- 18 -
3.5.4.	Mediciones Experimentales	- 19 -
3.6.	Caracterización de la Harina de Trigo.....	- 19 -
3.6.1.	Procedimiento de análisis farinográfico	- 19 -
3.7.	Propiedades Reológicas de la Harina	- 20 -
3.7.1.	Procedimiento para determinación de las propiedades reológicas de la harina: ..	- 20 -
3.8.	Proceso de Elaboración del Pan de Molde	- 22 -
3.8.1.	Método de elaboración del pan de molde.....	- 23 -
3.9.	Frescura Textural Pan de Molde.....	- 25 -
3.9.1.	Procedimiento para evaluación textural del pan de molde:.....	- 25 -
CAPÍTULO IV		- 27 -
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	- 27 -
4.1.	Caracterización farinográfica	- 27 -
4.2.	Análisis de las Propiedades Reológicas en la Masa de Pan	- 30 -
4.2.1.	Análisis estadísticos de las propiedades reológicas	- 33 -
4.3.	Análisis Frescura Textural del Pan de Molde.....	- 35 -
4.3.1.	Análisis gráfico de la frescura textural.....	- 40 -
CAPÍTULO V		- 42 -
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	- 42 -
5.1.	CONCLUSIONES.....	- 42 -
5.2.	RECOMENDACIONES	- 43 -
CAPÍTULO VI.....		- 44 -

Bibliografía..... - 44 -

ANEXOS..... - 49 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentajes mínimos de gluten por producto.	- 9 -
Tabla 2. Características del plan de diseño factorial 2^k :	- 18 -
Tabla 3. Formulación utilizada para la elaboración de pan de molde:.....	- 22 -
Tabla 4. Resultados farinográficos de la harina de trigo variedad CWRS.....	- 27 -
Tabla 5. Resultados de las propiedades reológicas	- 30 -
Tabla 6. Análisis de Varianza. Resultados de las propiedades reológicas tenacidad (P).....	- 30 -
Tabla 7. Pruebas de comparación por pares de LSD tenacidad P (mm) por el factor alfa-amilasa.	- 31 -
Tabla 8. Pruebas de comparación de LSD tenacidad P (mm) por el factor xilanasas.	- 31 -
Tabla 9. Análisis de Varianza. Resultados de las propiedades reológicas extensibilidad (L). .	- 32 -
Tabla 10. Pruebas de comparación de LSD extensibilidad L (mm) por el factor alfa-amilasa. -	- 32 -
Tabla 11. Pruebas de comparación de LSD extensibilidad L (mm) por el factor xilanasas.	- 33 -
Tabla 12. Resultados Análisis frescura textural del pan de molde.....	- 35 -
Tabla 13. Análisis de Varianza. Resultados de la frescura textural fuerza (g/f).	- 36 -
Tabla 14. Pruebas de comparación de LSD fuerza (g/f) por el factor alfa-amilasa.	- 36 -
Tabla 15. Pruebas de comparación de LSD fuerza (g/f) por el factor xilanasas.....	- 37 -
Tabla 16. Pruebas de comparación de LSD fuerza (g/f) por el factor día.	- 37 -
Tabla 17. Análisis de Varianza. Resultados de la frescura textural resiliencia.....	- 38 -
Tabla 18. Pruebas de comparación de LSD Resiliencia por el factor alfa-amilasa.	- 38 -
Tabla 19. Pruebas de comparación de LSD Resiliencia por el factor xilanasas.	- 39 -
Tabla 20. Pruebas de comparación de LSD Resiliencia por el factor día.	- 39 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diferencias entre un gluten débil y un gluten fuerte, según la calidad de proteína.	- 9 -
Figura 2. Comportamiento alfa-amilasico del corte de pan, según el tiempo de caída (seg)....	- 11 -
Figura 3. Diagrama de flujo que resume el proceso de la elaboración del pan de molde	- 23 -
Figura 4. Resultados de la tenacidad de los tratamientos en intervalos de confianza Tukey al 95 %	- 34 -
Figura 5. Resultados de la extensibilidad de los tratamientos en intervalos de confianza Tukey al 95 %.....	- 34 -
Figura 6. Resultados de frescura textural del pan de molde fuerza (g/f) vs tiempo de almacenamiento en días	- 40 -
Figura 7. Resultados de frescura textural del pan de molde resiliencia vs tiempo de almacenamiento en días	- 41 -

INDICE DE ANEXOS

ANEXO I. Farinogramas de la harina de trigo.....	- 50 -
ANEXO II. Resultados en promedio de tenacidad y extensibilidad	- 51 -
ANEXO III. Resultados en promedio de texturometría.....	- 51 -
ANEXO IV. Fotografías del desarrollo en la elaboración del pan de molde.....	- 56 -
ANEXO V. Glosario:	- 60 -

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Los cereales a nivel mundial juegan un papel muy importante en la alimentación diaria de los seres humanos y ocupan aproximadamente un 60% de la superficie de tierra cultivable, Goesaert *et al.* (2005), indican que el trigo es el cereal más importante de todos, debido a que se cultiva en la mayor parte del mundo y además porque a partir de él se obtiene la harina para la producción de pan, siendo este uno de los alimentos más antiguos de la humanidad y no hay pueblo en el mundo que no lo haya incorporado dentro de sus costumbres alimenticias. *“El pan es el producto obtenido por la acción fermentativa de la levadura y a su vez interactuando con enzimas naturales de la harina de trigo sobre los azúcares liberados del almidón”* (Magaña *et al.*, 2011). *“La masa de harina de trigo es un material viscoelástico, característica particular conferida por la red de gluten”* (Mondal & Datta, 2007).

El pan es un producto que se deteriora rápidamente debido a que envejece, causando pérdidas económicas tanto al fabricante como al distribuidor y consumidor; el envejecimiento se manifiesta por alteraciones causadas por un conjunto de fenómenos complejos (retrogradación del almidón, pérdida de agua, alteraciones en los compuestos de aroma y del sabor) que ocurre simultáneamente y se relacionan entre sí, es por ello que el proceso de endurecimiento de la miga del pan comienza durante el enfriamiento, incluso antes de que el almidón se haya solidificado lo suficiente como para que la pieza de pan se corte ocasionando la pérdida de frescura y de la calidad del producto horneado (Tejero, 1995).

Normalmente los cambios físicos se manifiestan desde la miga hacia la corteza del pan durante el almacenamiento (Bechtel *et al.*, 1953). El cambio más importante es el gradual incremento de firmeza que se produce en la miga que está relacionado con los cambios físicos producidos en la fracción del almidón volviéndose más dura, seca y desmenuzable con una corteza ablandada y correosa, este proceso de endurecimiento está compuesto de dos subprocesos separados: el efecto del endurecimiento provocado por la transferencia de humedad de la miga hacia la corteza y, el endurecimiento intrínseco de las estructuras de los alvéolos que está asociado con la recristalización del almidón durante el almacenamiento (Guy *et al.*, 1983).

Se ha realizado investigaciones con el fin de encontrar la forma de inhibir o retardar el envejecimiento del pan, la mayoría de los cuales se han centrado en el uso de aditivos (hidrocoloides, gluten, pentosanos, monoglicéridos, entre otros) y enzimas mismas que ayudan a retardar el envejecimiento del pan; es por ello que Kim *et al.* (2006), Van Dam & Hille (1992), coinciden en las propiedades de las amilasas y su papel que desempeñan en la panificación, así también el estudio de Qi Si (1997), demuestra que con el uso de una exoenzima bacteriana en el proceso de horneado brinda estabilidad térmica intermedia favoreciendo al efecto antiendurecimiento del pan. Así mismo la adición de alfa-amilasa a la masa retrasa el endurecimiento de la miga durante el horneado (Dunnewind & Orsel, 2002).

Las amilasas han sido utilizadas como inhibidores del envejecimiento del pan a través de la disminución de la velocidad del endurecimiento de la miga, éstas a su vez hidrolizan parcialmente el almidón para la producción de dextrinas de bajo peso molecular durante el horneado, siendo así que los productos de la hidrólisis interfieren en la retrogradación de la amilopectina y en las interacciones almidón – gluten involucradas en el proceso de endurecimiento (Martínez *et al.*, 1998).

Las alfa-amilasas no pueden acceder a los gránulos de almidón intactos, sin embargo éstas hidrolizan el almidón dañado por medio de los enlaces alfa - (1-4) que se encuentran a lo largo de la cadena de almidón; esta acción se detiene en los puntos de ramificación alfa-(1-6) de la amilopectina, es por ello que la actividad de la alfa-amilasa es mínima por debajo de 55°C y depende de la cantidad de almidón dañado que exista en la harina, entre 58 y 78°C el almidón que está gelatinizando es atacado rápidamente, ralentizándose la velocidad de esta conversión por encima de este rango de temperaturas debido a la desnaturalización de la enzima (Fizman *et al.*, 2005).

La actividad de la enzima xilanasa en el proceso de panificación se inicia durante el amasado modificando las características viscoelásticas de la masa mejorando su extensibilidad y la disminución en la rigidez en la red proteínica, su estabilidad en la fermentación y el incremento de la retención de gas, así mismo, debido a que estos pentosanos intervienen en la absorción del

agua en masa favorece la tendencia de la retrogradación del almidón es decir, retiene su humedad en miga aportando frescura después de su horneado (Saulnier *et al.*, 2007).

Las xilanasas actúan específicamente en algunas fracciones de WUAX (arabinoxilano de agua no extraíble) obtenido mediante tratamiento alcalino, por lo tanto son de mayor interés en la elaboración de pan; los azúcares simples obtenidos de la acción enzimática xilooligosacáridos son considerados prebióticos lo que le confieren mayor funcionalidad al pan debido a que esos oligómeros no son hidrolizados y absorbidos en el tracto gastrointestinal durante la digestión estimulando selectivamente el crecimiento de bacterias benéficas en el colon (Courtin *et al.*, 2001).

De acuerdo a lo anterior, el propósito de este trabajo es evaluar el efecto de la inclusión de alfa-amilasa y xilanasas en las características del pan de molde.

1.1. PROBLEMA CIENTÍFICO

¿Qué efecto tendrá la inclusión de alfa-amilasa y xilanasa en las características texturales del pan de molde?

1.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

La inclusión de alfa-amilasa y la xilanasa tiene efecto en las características texturales del pan de molde.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la inclusión de alfa-amilasa y xilanasa en las características del pan de molde

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar las características reológicas de la harina de trigo CWRS.
- Analizar las propiedades reológicas de la masa con la inclusión en diferentes proporciones de enzimas alfa-amilasa y xilanasa.
- Evaluar la frescura textural del pan de molde.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. El trigo

Desde la antigüedad, el trigo (*Triticum* spp) es la base de la alimentación humana debido a su alto valor nutritivo, estudios revelan que hace 3 millones de años aproximadamente, el hombre era nómada, practicaba la caza y la agricultura para asegurar su alimentación, con el paso del tiempo poco a poco el nomadismo desaparece y se establece el sedentarismo que permite el cultivo de cereales (Panera, 2010).

Las especies más difundidas a nivel mundial son: el trigo pan (*Triticum aestivum*) y el trigo para fideo (*Triticum durum*), son relativamente nuevas en comparación con las antiguas especies progenitoras. Las referencias de las civilizaciones pasadas corresponden a formas primitivas del género *Triticum*; en el período paleolítico no se han encontrado rastros de este cereal, pero en el neolítico (10.000 - 2.500 años A.C.) sí se evidencia rastros ya que en muchas partes de Asia menor y Europa Central se hallaron restos de espigas y granos de distintas especies mezcladas (Gambarota, 2005).

2.2. Especies de trigo, origen y citogenética

El origen citogenético del trigo constituye un claro exponente de cómo ha evolucionado desde sus primeras formas del tipo *Triticum monococcum* y *Triticum dicoccum*, que eran recogidas por el hombre hace más de 10.000 años. Estos trigos tenían espigas muy frágiles, que al madurar no se sostenían, sino que caían al suelo con sus granos que estaban vestidos, siendo éstos dispersados. Siglos más tarde, se produjo el tránsito de la variedad silvestre a la forma cultivada (Callejo, 2002).

2.3. Clasificación del trigo

En la acotación de Martínez (2004), clasifica al trigo de la siguiente forma:

a. Clasificación de especies del género *Triticum*

La mayoría de las variedades cultivadas pertenecen a las especies:

- *Triticum durum*: Trigo duro, cristalino, de color ámbar y rojo, utilizando para la fabricación de pastas alimenticias.
- *Triticum aestivum*: Trigo “harino-panadero” destinado, prácticamente en su totalidad, al consumo humano. Ha sido y sigue siendo objeto de innumerables investigaciones en el mundo entero.

b. Clasificación del trigo en función de la textura del endospermo

La característica de vitreosidad y harinosidad depende de la microestructura del endospermo. Un trigo vítreo es aquel que tiene una estructura cristalina transparente mientras que uno harinoso posee estructura blanquecina, yesosa (Caballero, 2007).

Esta propiedad se asocia al contenido en proteína.

- Los trigos vítreos aparecen con mayor proporción en suelos sometidos a abonos nitrogenados.
- Los trigos harinosos, aparecen en mayor proporción en años lluviosos o en trigos que proceden de suelos arenosos y ligeros, tienen menos contenido en proteína y se asocian con mayor rendimiento.

c. Clasificación en función de su dureza.

La dureza “física” de los granos se define como la resistencia al aplastamiento, a la fragmentación o reducción. Es una característica molinera.

- Trigos duros: la manera de fragmentarse el endospermo tiende a producirse siguiendo las líneas que limitan las células; producen harina gruesa, arenosa fluida, y fácil de cernir, compuestos por partículas de forma regular, muchas de las cuales son células enteras de endospermo. Los vítreos tienden a ser duros y fuertes (Martínez, 2004).
- Trigos blandos: la fragmentación es de forma imprevista, al azar; producen harina muy fina compuesta por fragmentos irregulares de células de endospermo, se cierne con dificultad (Martínez, 2004).

2.4. Aspectos nutricionales

En los países donde el consumo del pan está extendido, el trigo representa una quinta parte del total de calorías consumidas en la dieta de la población. En su composición cuenta con un gran porcentaje de hidratos de carbono, aunque es pobre en contenido proteínico y muy bajo en grasa, aporta fibra, vitaminas, y sales minerales; sin embargo, el trigo solo al igual que el resto de cereales, no es capaz de proveer todos los aminoácidos esenciales necesarios para un apropiado desarrollo, ya que es deficiente en algunos aminoácidos esenciales como lisina (Gambarota, 2005).

2.5. Trigo importado en Ecuador

Desde 1973, a razón de una tasa del 12% se ha incrementado las importaciones de trigo llegando casi a una dependencia total que alcanzó en el año de 1997 a 96,5% de trigo importado frente a 3,5% de trigo nacional debido a su producción baja de 0,6 toneladas por hectárea cultivada ya que por la deficiente tecnología aplicada a su producción, así como la calidad de los suelos no se llega a tener un trigo con valores proteínicos similares al trigo importado (Álvarez, 2011).

En la industria molinera del Ecuador el trigo es el principal cereal demandado. Las importaciones, que provienen de Canadá, Estados Unidos y Argentina abastecen el 98,45% de la demanda nacional, pues la producción interna tan solo logra cubrir el 1,55% del requerimiento total. Según la calidad del trigo, es decir del contenido de proteínas, varía el precio del grano; para ello la Organización Mundial de la Salud denota su composición de la siguiente manera: carbohidratos 70%, proteínas 16%, humedad 10%, lípidos 2% y minerales 2%, (Panera, 2009).

En cuanto a su valor rico en carbohidratos, la calidad de la proteína de trigo le indica al industrial el tipo de proceso a realizar, es decir su aceptación o rechazo se rige por medio de la certificación de laboratorio con base en el análisis de gluten siendo importante ya que incide en la calidad por las características que existen entre diferentes variedades cultivadas de acuerdo a la estación climática de la zona, con respecto a la calidad molinera y panadera del trigo (Ramírez, 1987).

2.6. Harina de Trigo

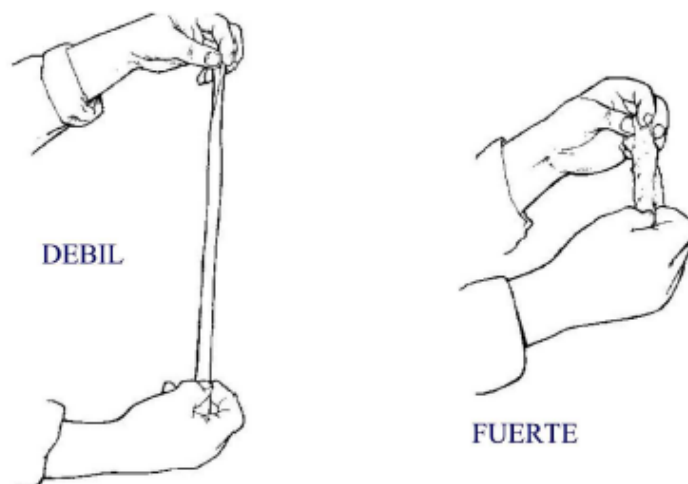
La harina es el producto pulverulento obtenido por la molienda gradual y sistemática de granos de trigo, contiene entre un 65% y un 70% de almidones, su contenido de proteína oscila del 10% al 15%; la harina de trigo se caracteriza por su capacidad para retener el gas que se origina durante el procesado de fermentación y a los pocos minutos de iniciado la cocción formando la estructura esponjada típica que conocemos del pan; esta capacidad se debe fundamentalmente a las proteínas del gluten de la harina de trigo aunque otros cereales contienen proteínas muy similares al gluten su capacidad de retención de los gases es limitada (Mesas, 2002).

2.7. El Gluten

El gluten, responsable de las propiedades viscoelásticas de la masa, es una proteína ergástica amorfa compuesta por gliadina y glutenina que éstas a su vez representan el 80% las proteínas del trigo; esta estructura proteínica es responsable de la elasticidad de la masa, lo que permite su fermentación, así como la consistencia elástica y esponjosa de los panes y masas horneadas (Chávez, 2014).

El gluten se forma cuando la harina de trigo es trabajada en presencia de agua, es decir gracias a la hidratación, las moléculas de proteína logran absorber partículas de agua capaces de formar nuevas estructuras moleculares; el gluten se puede obtener a partir de la harina de trigo y otros cereales, lavando el almidón; la acción del gluten durante el horneado del pan es cumplir con la retención de los gases de la fermentación en el interior de la masa, haciendo que ésta suba e impulsándola hacia arriba; después de la coagulación, el gluten es responsable de que la pieza de pan no se desinflen una vez cocido (Chávez, 2014).

En la composición de las proteínas predominan las gliadinas, los glútenes son blandos, pegajosos y muy extensibles, ya que la gliadina es cohesiva, pero con baja elasticidad siendo este gluten débil, también se presenta de manera firme, elástico y moderadamente extensible posee un alto contenido de gluteninas, éstos son considerados gluten fuerte, es por ellos que en la figura 1. Se observa la diferencia entre un gluten débil de un fuerte; es importante señalar que el contenido de proteína es bajo no siempre la masa suele ligar, este aspecto de calidad las proteínas del gluten son determinantes para el uso final (Jobet, 2005).



Fuente: Tomado de (Jobet, 2005)

Figura 1. Diferencias entre un gluten débil y un gluten fuerte, según la calidad de proteína.

Las harinas con deficiencia en la calidad o cantidad del gluten ocasionan una pobre capacidad de retención de gas en la masa por su baja tenacidad y extensibilidad (Martínez, 2004). Lo ideal es que la relación tenacidad – extensibilidad esté bien equilibrada para que la masa de pan ceda presión en su estructura y poder retener el CO₂, así mismo la tenacidad se encargará que la masa no se extienda ni se relaje (Martínez, 2004). Una harina con 12% de proteína contendrá tan solo 10% de gluten ya que al lavarlo se separa 2% de almidón, por ende un gluten suave con buen color gris claro generalmente indica un buen trigo panificable (Stanley *et al.*, 2002). En la tabla 1 se muestra el contenido de gluten para cada producto:

Tabla 1. Porcentajes mínimos de gluten por producto.

	Galletería	Panadería	Fideos/pastas	Pan especial	Panetton
Gluten, % min	9,0	10,0	9,5	11,0	13,0

Fuente: (Martínez, 2007)

2.8. La evolución de las enzimas en la panadería

En los últimos años las enzimas han tenido un avance significativo en la industria panadera así como también ha ido limitando el uso de los mejoradores comerciales, los principios activos tradicionales como el ácido ascórbico y los emulsionantes pueden actuar casi de la misma forma

en relación a las enzimas; es por eso que la cantidad y calidad de enzimas naturales que tiene la harina depende en gran medida de las condiciones climatológicas, la calidad del suelo y el aporte de minerales del trigo desde su siembra hasta su cosecha (Francisco, 2006).

En panificación para que las enzimas actúen necesitan que la harina esté hidratada, en el momento en que se añade el agua en la amasadora comienza lo que se denomina actividad enzimática de la harina, que consiste en la disgregación de parte del almidón en azúcares (Tejero, 1995).

2.9. Amilasas

El almidón se compone de dos tipos de moléculas de estructura diferente: la amilosa, que está formada por unidades de glucosa que forman cadenas lineales, y la amilopectina, cuyas cadenas de unidades de glucosa están ramificadas. La producción de azúcares fermentables para la levadura se realiza mediante la rotura de estas cadenas de moléculas de glucosa por acción de las amilasas, lo que se denomina hidrólisis enzimática (Hernández & Franco, 2016).

Las amilasas presentes en la harina al inicio del amasado comienzan su actividad en el momento en que se añade el agua; el almidón roto durante la molturación del grano de trigo es más rápidamente hidratado, y por tanto, más fácilmente atacable por las enzimas, éstas actúan en acción combinada: la alfa-amilasa va cortando las cadenas lineales en fracciones de menor longitud, llamadas dextrinas, mientras que la β -amilasa va cortando las cadenas en moléculas de maltosa, formada por dos unidades de glucosa. El contenido en dextrinas es importante en la capacidad de retención de agua y en la consistencia de la masa; si la harina procede de trigo germinado se produce una excesiva dextrinación y las masas resultan blandas y pegajosas (Tejero, 1995).

2.9.1. Alfa-amilasa

La actividad de la enzima alfa-amilasa se determina en forma indirecta a través del índice de caída, usando el almidón de la muestra como sustrato. El método se basa en la rápida gelatinización de una suspensión del producto molido, introducida en un baño maría a ebullición y la medición del tiempo de caída del vástago (en segundos), de la licuefacción del almidón contenido en la muestra determina la acción de la alfa-amilasa (Seghezzi, 2015).

De la actividad alfa-amilasica dependerá la calidad del pan. Harinas con bajo falling number (tiempo de caída) producirán un pan con una textura pobre, con miga pegajosa y difícil de procesar mientras que un pan producido con una harina de alto valor de falling number (tiempo de caída) tendrá un bajo volumen y una miga seca, es por ello que la vida útil de este pan se verá afectada negativamente, entonces es importante que antes de su uso la harina debe ser caracterizada y así poder ajustar su falling number de ser necesario con la adición correcta de alfa-amilasa (Uhart, 1998).

Un trigo brotado en planta tendrá alta actividad enzimática, lo que sólo puede ser corregido por la mezcla de trigos o harinas en proporciones adecuadas; la miga del pan será probablemente pegajosa, sus alveolos serán muy abiertos y su estructura deforme. Los trigos de baja actividad amilásica no son un problema difícil de solucionar, en general se usan aditivos que presentan en su formulación enzimas alfa-amilásicas; estos trigos darán panes de miga seca muy compacta y un volumen bajo (Caballero *et al.*, 2007).

En la figura 2 se observa tres cortes de pan con diferentes comportamientos (alfa-amilasicos) en donde el tiempo de caída (segundos) determina su falling number es así que: un falling number de 62 segundos indica una alta actividad alfa-amilasica, mientras que 250 segundos determina una actividad alfa-amilasica normal brindando buenas características al corte de pan y 400 segundos poca actividad alfa-amilasica.



Fuente: Tomado de (Caballero *et al.*, 2007)

Figura 2. Comportamiento alfa-amilasico del corte de pan, según el tiempo de caída (seg).

2.10. Xilanasas

En la industria de la panificación la actividad de las xilanasas inicia durante el amasado modificando las características viscoelásticas de la masa, continúa durante la fermentación del pan y en los primeros minutos de horneado hasta su desnaturalización por efecto de las altas temperaturas, estas enzimas son empleadas como coadyuvantes para el mejoramiento de los parámetros en su proceso y producto terminado (Caballero *et al.*, 2007).

El efecto de las xilanasas es incrementar el volumen específico de los panes, sin provocar un efecto colateral negativo en el manejo de la masa dando como resultado un mejoramiento del volumen del pan atribuyéndose a la distribución de agua de la fase del pentosano presente hacia el gluten, dando como resultando un mejor horneado (Polizeli *et al.*, 2005).

2.10.1. Estructura química de los pentosanos

Los pentosanos son componentes minoritarios (2% a 3%) que tienen una gran capacidad de absorción de agua, éstos a su vez se pueden diferenciar por su composición y por su solubilidad:

2.10.1.1. Composición:

- Xilanos: son polímeros que comprenden las tres cuartas partes de los pentosanos con uniones β -(1-4), con ramificaciones de arabinosa de enlaces β -(1-3) (Wong *et al.*, 1988).

La actividad xilanólítica en el proceso de panificación se inicia durante el amasado modificando las características viscoelásticas de la masa, continúa durante la fermentación y los primeros minutos de cocción hasta su desnaturalización por efecto de las altas temperaturas de horneado (Caballero *et al.*, 2007).

- Galactanos: Son polímeros de galactosa a través de uniones β -(1-4) (Wong *et al.*, 1988).

2.10.1.2. Solubilidad:

- Solubles: representan del 28 al 50% de los xilanos su funcionalidad en panificación es determinante.

- Insolubles: contiene un gran número de moléculas de arabinosa unidas al polímero xilosa, éstas ejercen un efecto negativo en el proceso de panificación.

Tecnológicamente los efectos de las xilanasas son poco conocidos en la industria panadera. Estas enzimas se emplean como coadyuvantes tecnológicos para tratar de mejorar los parámetros de procesamiento y calidad del producto final (Haros *et al.*, 2002).

2.11. Reología

La reología de los alimentos es el estudio de la deformación y flujo de materias primas, productos intermedios y productos terminados en la industria de los alimentos (Shoemaker *et al.*, 1987). La textura es un factor de aceptabilidad sensorial importante para la aprobación de algunos alimentos por parte del consumidor; las características físicas que dependen de los elementos estructurales del material y se relacionan con la deformación, desintegración y flujo por aplicación de una fuerza, la propiedad de un alimento se asocia con la textura es su comportamiento reológico (Hernández & Franco, 2016).

Los cambios reológicos son monitoreados por medio de un reómetro llamado Farinógrafo, los ensayos que se realizan son muy empleados en la industria, ya que, de los resultados obtenidos, permiten clasificar la harina de trigo en tres grupos principalmente: para panificación, para la elaboración de pastas y para la elaboración de galletas (Flecha, 2015).

2.11.1. Parámetros reológicos

2.11.1.1. Extensibilidad

La extensibilidad es la capacidad de la masa para dejarse estirar y moldear sin presentar roturas ni desgarros; en toda masa es necesario una cierta extensibilidad que le permita soportar las operaciones propias del proceso de elaboración y a la vez, ceder al impulso gaseoso de la fermentación y al posterior desarrollo del pan durante los primeros minutos de cocción (Flecha, 2015). La extensibilidad (L), mide la viscosidad de la masa ocasionada principalmente por las gliadinas, que junto con el índice de hinchamiento (G) da un valor proporcional a la extensibilidad (Oliver, 1992).

2.11.1.2. Elasticidad

La elasticidad es el comportamiento que presenta la masa para retornar a su forma inicial después de un proceso de formación. Al igual que la extensibilidad, es un factor necesario en las masas, ya que, en cierta medida, expresa el comportamiento de las masas durante la fermentación y cocción (Flecha, 2015).

2.11.1.3. Fuerza panadera

En cuanto a panificación, se refiere al conjunto de características físicas que contribuyen a obtener un correcto amasado obteniendo así, una dócil pero firme, manipulación y formado de la masa (Flecha, 2015). La fuerza máxima tiene lugar en cualquier tiempo durante el primer ciclo de compresión de un alimento; ésta se expresa en unidades (kg/ ms^2) (Rosenthal, 1999).

2.12. El pan

El pan es el producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal comestible y agua, fermentada por especies propias de la fermentación panaria como *Saccharomyces cerevisiae* (Tejero, 1995).

El componente más abundante del pan es el almidón, un hidrato de carbono complejo es decir, no se trata de azúcares simples, sino que el organismo tarda en metabolizarlo, sin embargo, contribuye con energía al cuerpo; su aporte es de 4kcal por gramo al igual que los hidratos que posee la fruta o la verdura, además es bajo en contenido graso (1 gramo por cada 100 gramos) y aporta proteínas procedentes del grano de trigo, vitaminas y minerales (Jobet, 2005).

En la elaboración del pan se incorpora una variedad de ingredientes utilizados para elaborar el pan como la harina, que es el componente principal, sal, levadura y agua, y en algunos otros casos se adiciona azúcar y grasa; la masa de trigo es un material viscoelástico, característica particular conferida por la red de gluten (Mondal, 2007). Las propiedades reológicas de las masas de trigo son determinantes para su manejo durante el proceso de panificación, reflejándose en las características de calidad del producto final (Bloksma *et al.*, 1988).

El pan de molde es un tipo de pan que se caracteriza por tener una textura muy blanda y ser comercializado en rebanadas; suele conservarse mucho más tiempo tierno en comparación al

resto de los panes; su contenido en grasas es mayor que el pan común, dentro de la industria uno de los problemas es mantener las características de frescura en el pan dentro de su tiempo de vida útil (Calaveras, 2004).

2.12.1. Beneficios del pan

Injustamente el pan es dejado de lado o eliminado de la dieta diaria por el mito de creer que por su contenido en grasa engorda, siendo una hipótesis falsa, este producto puede ser consumido a diario sin problemas por su aporte de calorías; el pan es fuente de potasio cuyo mineral ayuda al buen funcionamiento metabólico energético, así como para la salud del corazón, pues en equilibrio con el sodio regulan la presión arterial (Quaglin, 1991).

Un pan rico en fibra es muy saludable para personas con problemas de diabetes, la mejor alternativa es consumirlo por el aporte de salvado o semillas que son añadidas durante su proceso, estas fibras reducen la absorción de hidratos de carbono y el índice glucémico favoreciendo así una estabilidad en la glucosa de la sangre (Quaglin, 1991).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

Los ensayos de panadería fueron realizados en el centro de formación y capacitación de la empresa Industrias Catedral S.A ubicado en la Av. Rodrigo Pachano y Batallón Montecristi sector Atahualpa de la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua; mientras que la evaluación de la inclusión de enzimas se desarrolló en los laboratorios de Granotec ubicado en la vía a Daule Km 10.5 “Lotización Expogranos” Mz16 S4, en la ciudad de Guayaquil provincia del Guayas.

3.2. Tipo de Investigación

3.2.1. Tipo de investigación descriptivo

En este proyecto de investigación se planteó un enfoque de tipo descriptivo - experimental porque se evaluó los efectos de alfa-amilasa y xilanasas sobre las características texturales del pan de molde mediante la caracterización de la harina de trigo de la variedad Rojo de Primavera del Occidente de Canadá que por sus siglas en inglés es conocido como CWRS, los resultados reológicos de P (tenacidad) y L (extensibilidad), además se evaluó la frescura mediante mediciones de texturometría del pan basado en el método de compresión AACC 74-10A, para ello se realizó revisiones bibliográficas y experimentales mediante el uso de diferentes fuentes como: libros, artículos científicos, artículos de revistas, entre otros.

3.3. Métodos de Investigación

Este proyecto se orientó en una investigación experimental cuantitativa basado en una asociación de variables que permiten hacer un análisis del mejor efecto a través de un diseño 2^k es decir se tuvo k factores cada uno a dos niveles.

En el presente estudio se caracterizó la harina de trigo obteniendo como variables de respuesta: falling number (s), absorción de agua (%), tiempo de desarrollo (min), estabilidad (min) e índice de tolerancia (UB), así como también la tenacidad y extensibilidad de la masa y finalmente el análisis de texturometría.

3.4. Material Experimental

En el presente trabajo de investigación se utilizó como material experimental:

- Harina de Trigo CWRS
- Alfa amilasa (Enzymix 5000)
- Xilanasas (Panzea BG)
- Sal
- Azúcar
- Levadura
- Grasa
- Agua
- Propionato de calcio

3.4.1. Materiales de planta

- ✓ Recipientes plásticos
- ✓ Mesa de acero inoxidable
- ✓ Balanza gramera
- ✓ Amasador
- ✓ Cámara de leudado
- ✓ Bandejas de acero inoxidable
- ✓ Horno rotatorio
- ✓ Gas industrial
- ✓ Cuchillo tipo sierra

3.4.2. Equipos de laboratorio

- ✓ Farinógrafo
- ✓ Alveógrafo
- ✓ Texturómetro
- ✓ Balanza analítica

3.5. Tratamiento de Datos

En el experimento realizado se elaboró 16 unidades experimentales de pan de molde, cada experimentación contiene su respectiva combinación de alfa-amilasa y xilanasa siendo un diseño factorial 2^k con 4 réplicas respectivamente; así como también se evaluó la frescura textural del pan de molde con diez réplicas por tratamiento.

3.5.1. Descripción del Diseño Experimental

En la tabla 2 muestra las combinaciones con sus respectivos tratamientos que establecen como factores de interés las enzimas alfa-amilasa (enzymix 5000) y xilanasa (panzea BG) de acuerdo al plan de diseño factorial 2^k .

Tabla 2. Características del plan de diseño factorial 2^k :

Tratamientos	Código	Descripción nivel		Repeticiones
		ppm alfa-amilasa (Enzymix 5000) A	ppm xilanasa (Panzea BG) B	
T1	Y11	50	15	4
T2	Y21	150	15	4
T3	Y12	50	30	4
T4	Y22	150	30	4

Elaborado por: (Garzón, 2020)

3.5.2. Tipo de diseño experimental

El diseño experimental presentado para el estudio es un diseño factorial 2^k con cuatro repeticiones a un nivel de significancia del 5%.

3.5.3. Unidad experimental (UE)

El tamaño de la unidad experimental (UE) fue de 500 gramos en masa para el pan de molde. Se aplicó 4 tratamientos y 4 repeticiones con un total de 16 unidades experimentales.

3.5.4. Mediciones Experimentales

Las mediciones experimentales que se realizaron sobre la materia prima y al producto final fueron:

Análisis reológico según el método AACC (American Association of Cereal Chemistry) N° 54-20e ICC (International Association of Cereal Chemistry), sus variables a medir son:

- Valor P tenacidad medida en milímetros de agua (mm) parámetro que nos da la idea de la capacidad de retención de gases producto de la fermentación.
- Valor L extensibilidad medida milímetros (mm) parámetro que tiene relación con la harina para ser estirada cuando es mezclada con agua.
- En la frescura textural del pan de molde sus variables a medir fueron la fuerza y la resiliencia del pan mediante el funcionamiento del Analizador de Textura TVT 6700 de acuerdo al método adaptado a la prueba de compresión AACC 74-10A.

3.6. Caracterización de la Harina de Trigo

Para la caracterización de la materia prima: Falling Number expresado en (s.). Se utilizó el método de análisis farinográfico: método basado en Norma ISO no 3093 (1974), Norma ICC N°107/1 (1995) y Método AACC56-81B (1992); en donde se pesó $7,0 \pm 0,05$ g de harina, la muestra fue corregida midiendo el contenido de humedad basado en la homologación norma ISO 712:2001, de la misma, se vertió $25 \pm 0,2$ ml de agua destilada y se introdujo en el tubo viscosimétrico, mediante una vigorosa agitación del tubo se obtuvo una suspensión homogénea en donde se produce la degradación del almidón por la acción de la alfa-amilasa y se mide el tiempo de caída de un vástago dentro del tubo viscosímetro en donde se arroja resultados tales como: falling number (s), absorción de agua (%), tiempo de desarrollo (min), estabilidad (min) e índice de tolerancia (UB).

3.6.1. Procedimiento de análisis farinográfico

- Determinar la humedad de muestra de harina de trigo CWRS
- Colocar en el mezclador $7,0 \pm 0,05$ g de harina
- Llenar la bureta del equipo con agua a temperatura ambiente,

- Colocar el lapicero en el papel de registro en posición de 9 minutos,
- Encender el equipo por un minuto hasta que el lapicero se coloque en la línea de 0 minutos de la carta.
- En este momento se adiciona el agua de la bureta al mezclador hasta la cantidad esperada de absorción de agua de la harina, Cuando la masa empieza a formarse se raspa las paredes del mezclador con la espátula inmediatamente se cubre con la tapa, para evitar la evaporación del agua, Si la curva de mezcla se estabiliza en valores mayores que 500 UB es necesario agregar más agua.
- A primer intento de titulación raramente se obtiene una curva con la máxima resistencia centrada en la línea de 500 UB, por tanto, se ajusta aumentando o disminuyendo el agua hasta lograr centrar la curva en 500 UB.

3.7. Propiedades Reológicas de la Harina

Para el análisis de las propiedades reológicas de la harina: valor P (tenacidad), valor L (extensibilidad) se utilizó el Método Alveolab de hidratación constante basado en el funcionamiento del equipo Alveógrafo de Chopin de acuerdo al Método AACC (American Association of Cereal Chemistry) 54-30, Norma ISO 27971, GOST 51415-99, se necesitó de 250gr de harina y 125ml solución de cloruro de sodio al 2,5% de concentración (el valor de la solución fue ajustado por su porcentaje de humedad) en un tiempo estandarizado de ocho minutos; la masa fue laminada y colocada en cinco discos los mismos que reposaron por 28 minutos a 25°C en una cabina especialmente diseñada por el fabricante, una vez transcurrido el tiempo la muestra fue colocada en una base, sujeta con un aro y se infla con aire que fluye a velocidad constante, este proceso dio lugar a una burbuja de masa prácticamente esférica la presión necesaria para inflar la burbuja se registra hasta que ésta se rompe.

3.7.1. Procedimiento para determinación de las propiedades reológicas de la harina:

Amasado

- Determinar la humedad de la harina y con ese resultado añadir la cantidad de solución de cloruro de sodio al 2,5% (125ml).

- Llenar la bureta con solución salina.
- Colocar en el mezclador $250 \pm 0,5g$ de harina, iniciar el mezclado (se inicia el conteo en el cronómetro), inmediatamente agregar la solución a través del agujero, debe ser rápido no sobrepasar los 20 segundos.
- Luego de 1 minuto se detiene el mezclador, limpiar la harina que aún queda de las paredes con la espátula, Esta operación debe ser completada en menos de 1 minuto.
- Continuando con el amasado al minuto 8 y a una temperatura de $25^{\circ}C$, el motor se detiene automáticamente, mientras continúa el amasado, se debe aplicar una película uniforme de aceite a la plantilla de extrusión, laminilla, rodillo y platina de la bomba.

Extrusión, formación y reposo de los plastones

- Es necesario abrir totalmente la compuerta de extrusión, el brazo del amasador es invertido pulsando la tecla EXTRACCIÓN, poniéndose en marcha la amasadora presionando la tecla ARRANQUE.
- La lengüeta de masa será expulsada en tira, a continuación, cortar y descargar los primeros 2cm de la masa.
- Cuando la masa expulsada llegue a la marca de la platina se corta rápidamente la masa, arranque la platina de recepción y deslice la masa en la placa previamente aceitada, simultáneamente hasta completar las 4 piezas.
- Adelgazar las masas con el rodillo, corriendo a lo largo de la barra 12 veces seguidas (6 idas y 6 vueltas).
- Con la ayuda de un cortador circular cortar las piezas de masa, retirar la masa sobrante, colocar las piezas de masa a la placa de reposo.
- Se coloca cada pieza de reposo dentro del compartimiento siguiendo el orden de salida de cada masa del mezclador, dejar en reposo hasta el minuto 28 desde el inicio del amasado.

Ensayo de probetas de masa en el alveógrafo

- Es importante la creación de un registro en donde los datos son ingresados al sistema alveográfico como la humedad.
- Cumplido el tiempo de reposo la masa es colocada en el centro de la platina fija, a continuación, se coloca el disco para después enroscar y ajustar.
- Se retira el disco y se enciende la bombilla de tal manera que se ejerce presión por el interior de la masa permitiendo su expansión para formar una burbuja).
- Con la primera rotura de la burbuja el equipo genera de inmediato la curva en la pantalla del alveograma en donde se reflejan los valores de P (Tenacidad) y valores de L (Extensibilidad).

3.8. Proceso de Elaboración del Pan de Molde

Los ensayos de panificación se realizaron en base a la formulación propuesta para pan de molde en donde se utilizó 1 kilo (1000gr) de harina para cada tratamiento, a su vez la incorporación de las enzimas.

Tabla 3. Formulación utilizada para la elaboración de pan de molde:

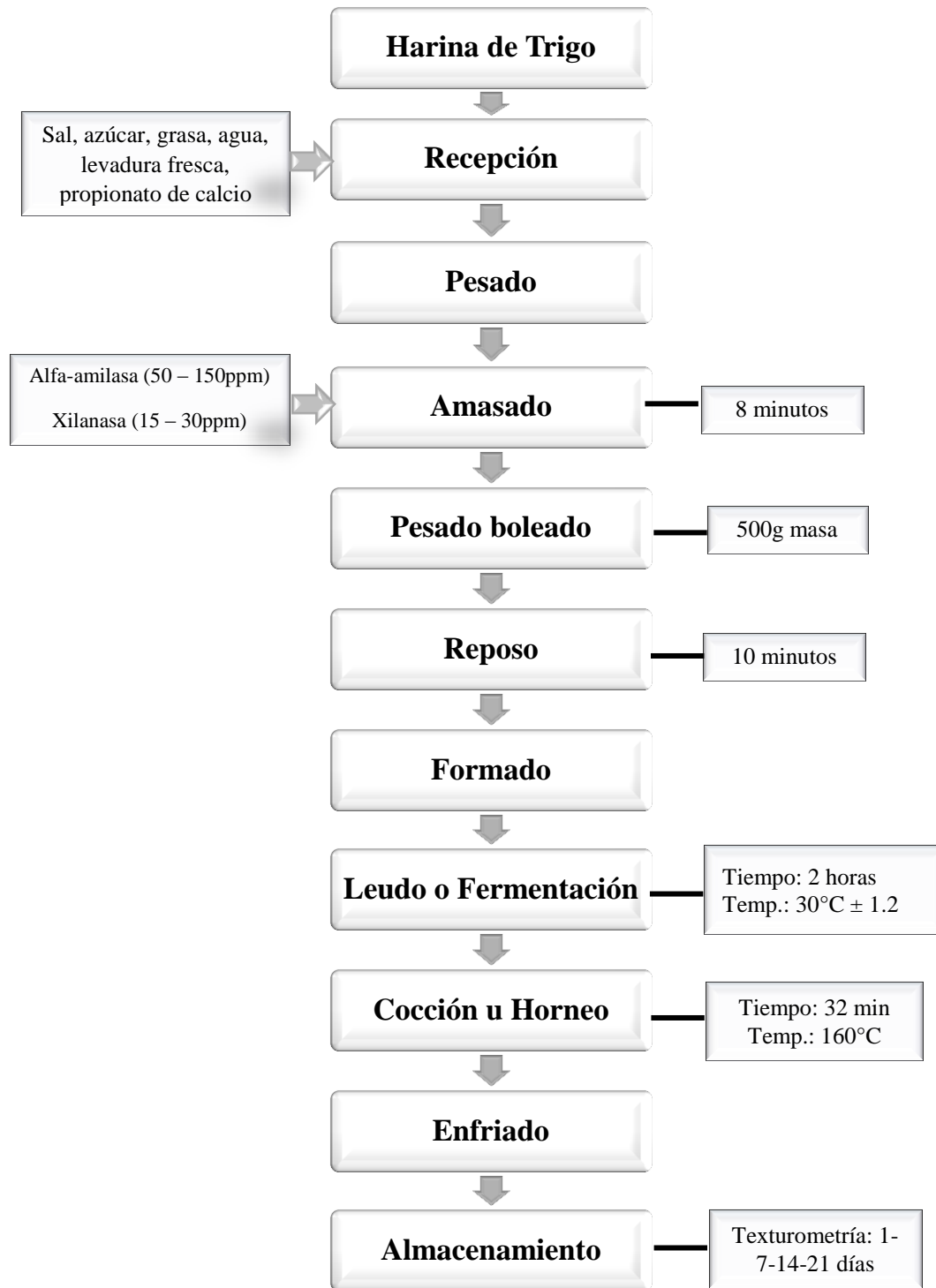
INGREDIENTES		CANTIDAD (g)			
Harina CWRS		1000	1000	1000	1000
Agua		650	650	650	650
Sal		20	20	20	20
Azúcar		50	50	50	50
Grasa		30	30	30	30
Levadura		30	30	30	30
Propionato de calcio		7	7	7	7
ENZIMAS					
Niveles	Alfa-amilasa	50 ppm	150 ppm	50 ppm	150 ppm
	Xilanasas	15 ppm	15 ppm	30 ppm	30 ppm

Elaborado por: (Garzón, 2020)

Como se muestra en la tabla 3 los niveles de alfa amilasa y xilanasas corresponden a valores calculados en base a la formulación estándar utilizada en la elaboración de la masa de pan de molde, a la cual se le añadió los valores respectivos según el tratamiento establecido.

3.8.1. Método de elaboración del pan de molde

En el diagrama de flujo presentado en la figura 3 se muestra el proceso de elaboración del pan de molde que se siguió en la fase experimental del estudio.



Elaborado por: (Garzón, 2020)

Figura 3. Diagrama de flujo que resume el proceso de la elaboración del pan de molde

Descripción del proceso de elaboración del pan de molde:

- **Recepción:** Una vez caracterizada la Harina de Trigo, ingresaron los ingredientes como: sal, azúcar, grasa, agua, levadura fresca, propionato de calcio y enzimas comerciales al centro de formación y capacitación panadero de la empresa Industrias Catedral S.A.
- **Pesado:** En base a 1000 gramos de harina los ingredientes fueron pesados y colocados en recipientes separados y adaptándose a la formulación antes presentada: 650g de agua, 20g de sal, 50g de azúcar, 30g de grasa, 30g de levadura, 7g de propionato de calcio y las respectivas enzimas (alfa-amilasa entre 50 y 150mg y xilanasas entre 15 y 30mg) utilizando una balanza analítica.
- **Amasado:** En esta parte del proceso se añaden los ingredientes secos y la combinación enzimática más el agua, para esto se utilizó un amasador de gancho con capacidad de 10 kilos para una perfecta oxigenación de la masa en un tiempo de 8 minutos.
- **Pesado y boleado:** Con la ayuda de una balanza gramera se dividió la masa en piezas de 500g c/u para luego ser boleadas usando las dos manos sobre la superficie de la mesa, hasta obtener una formación redonda reconstruyendo así su estructura.
- **Reposo:** Las piezas boleadas fueron dejadas en reposo por un tiempo de 10 minutos para que se recupere de la desgasificación sufrida durante el pesado y boleado.
- **Formado:** La pieza de masa reposada es aplastada con la ayuda de un bolillo estirando su estructura en forma de lámina para facilitar su enrollado de forma cilíndrica para luego ser colocada en el molde previamente engrasado.
- **Leudo o Fermentación:** Las piezas de masa moldeadas fueron llevadas a la cámara de fermentación por el tiempo de 1 a 2 horas aproximadamente, se evidenció un incremento en el diámetro y altura producto de la fermentación llevada a cabo por las levaduras.
- **Cocción u Horneo:** Con la ayuda un horno rotatorio previamente calentado, las piezas de masa fermentada fueron sometidas al proceso de horneo lo que conlleva a la evaporación

del etanol producido en la fermentación, además del agua contenida, logrando la coagulación de las proteínas, transformación del almidón en dextrinas, azúcares menores y pardeamiento de la corteza; este proceso tuvo una duración de 32 minutos a 160°C.

- **Enfriado:** Las piezas de pan de molde horneadas fueron colocadas a temperatura ambiente 25°C por 5 horas.
- **Almacenamiento:** El pan de molde fue colocado en bolsas ziploc, y reposaron a temperatura ambiente 25°C, cabe indicar que para el análisis de texturometría el muestreo fue para cada día planteado según el método adaptado a la prueba de compresión AACC 74-10A para su evaluación textural.

3.9. Frescura Textural Pan de Molde

Para evaluar la frescura textural del pan de molde se utilizó el analizador de textura TVT 6700 de acuerdo al método adaptado de compresión AACC 74-10A para la frescura del pan blanco; en este análisis una vez enfriado las piezas de pan fueron cortadas en rodajas de 25mm de espesor (2 rodajas de cada pieza), descartándose las cortezas de cada pieza. Según la investigación realizada por Dahle & Sambucci (1987), indica que en el centro de cada rodaja de pan se sometió a dos ciclos de compresión - descompresión para obtener la curva de TPA (Análisis de Perfil de Textura).

Una vez terminado el primer análisis, las piezas de pan fueron colocadas en bolsas de polietileno, para después almacenarlas a una temperatura de 25°C y ser medidos en intervalos de tiempo (1, 7, 14 y 21 días). De la Llave (2004), afirma que la firmeza del pan es un indicador de frescura y ésta se ve afectada por el envejecimiento dando lugar a cambios en los componentes principales como almidones, proteínas, lípidos y agua.

3.9.1. Procedimiento para evaluación textural del pan de molde:

- Desempacar la muestra de pan almacenada.
- Con la ayuda de un cuchillo de sierra cortar 2 rodajas por cada pieza de pan en espesor de 25mm cada una.

- Colocar la rodaja en la base diagonal a la caída del punzón.
- Iniciar el proceso de compresión y descompresión en dos ciclos de medida con el objetivo de obtener la curva de TPA (Análisis de Perfil de Textura) de fuerza y resiliencia.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización farinográfica

A continuación, se presenta el análisis de farinografía, el cual permitió reproducir en forma visual el conjunto de características de calidad de la harina de trigo, en donde se midió la consistencia de la harina, observando su desarrollo y cómo se fue modificando al transcurrir el tiempo.

Tabla 4. Resultados farinográficos de la harina de trigo variedad CWRS

	Falling Number (Seg)	Humedad (%)	Absorción de agua (%)	Tiempo de desarrollo (min)	Estabilidad (min)	Índice de tolerancia (UB)
Tratamientos						
1	330	14,5	61,33	5,50	20	56,70
2	330	14,10	60,87	6,30	20	63,30
3	341	13,70	64,27	6,50	20	63,60
4	355	14,60	72,20	6,00	20	53,30
Promedio	339	14,23	65,78	6,08	20	59,23
Desviación	11,86	0,41	5,81	0,44	0	5,07
CV	0,03	0,03	0,08	0,07	0	0,08

Elaborado por: (Garzón, 2020)

En la tabla 4. Se observa los resultados farinográficos en donde la harina de trigo demuestra características físico químicas en el estudio con promedios de falling number, humedad, absorción de agua, tiempo de desarrollo, estabilidad e índice de tolerancia. A continuación, se interpreta los resultados:

Falling number

El valor óptimo en harinas de panadería varía en tiempos de caída entre 270 a 320seg, un valor bajo refleja mayor presencia de alfa-amilasa y un valor alto indica una menor presencia de ésta; si está por encima de 400seg, las harinas ofrecerán producto de baja calidad con migas muy pegajosas, poco volumen y mucho color, si el valor es muy bajo las fermentaciones serán

demasiado lentas y el desarrollo del pan escaso (Osorio, 2009), sin embargo en la investigación se presenta un valor promedio de 339seg lo que indica que la actividad alfa-amilásica es baja.

Por medio de este método se puede determinar el grado de brotación del grano de trigo debido a las condiciones del ambiente en donde se almacena, el método está basado en la rápida gelatinización de una suspensión de harina en agua caliente, mediante una fuerte agitación. Cuando mayor es la aglutinación el tiempo de caída será más prolongado, en cambio en los trigos germinados sucederá lo contrario, obteniéndose al panificar con esta harina defectuosa un pan de miga húmeda y pegajosa. El tiempo de caída puede oscilar según el estado del trigo de 1 a 5 minutos.

Humedad

Los resultados de humedad obtenidos y presentados en la tabla 4 determinaron un promedio de 14,23%, de acuerdo a la norma INEN 616 2015-01 reporta que el valor máximo de humedad es de 14,5% encontrándose dentro del parámetro; así mismo en el estudio realizado por Martínez (2004), reporta que el valor promedio de humedad fue del 14,00% de humedad, corroborando la calidad de las harinas.

Absorción de agua

La absorción representa la cantidad necesaria de agua para alcanzar una consistencia de amasado de 500 unidades Brabender “UB”. En la investigación de García *et al.* (2007), reportaron valores promedios con un mínimo de 64,80% y un máximo de 66,20% de absorción de agua, para una harina utilizada en panificación. Otros autores como Dendy *et al.* (2004), señalan que el porcentaje de absorción para una masa de pan francés varía entre un 64 y 70% sobre el peso de la harina.

El valor arrojado de absorción de la harina CWRS la cual fue utilizada para la elaboración del pan de molde determinó un promedio del 65,78% encontrándose dentro de los valores máximos y mínimos de acuerdo a lo expuesto anteriormente.

Tiempo de desarrollo

El tiempo de desarrollo determina la formación de la masa, hasta alcanzar las 500 UB es decir es la velocidad con que la harina absorbe agua y forma el gluten, de acuerdo a Bernal & Rivadeneira

(2015), reportaron valores promedios con un mínimo de 2,50 y un máximo de 4,70 minutos de desarrollo; en el estudio realizado por Calaveras (1996), menciona que el tiempo de desarrollo fue de 4,5 minutos considerándose una harina fuerte. Los resultados obtenidos de la investigación muestran tiempos por encima de los comparados con bibliografía necesitando amasar por más tiempo hasta formar la red de gluten siendo su promedio de 6,08 minutos considerándose una harina fuerte.

Estabilidad de la harina

La estabilidad es un parámetro muy importante para calificar una harina fuerte o débil, corresponde al tiempo en que la curva alcanza la línea de 500 unidades farinográficas (valor estandarizado de consistencia óptima) el resultado se muestra cuando la línea de respuesta cruza la curva antes estipulada.

La estabilidad proporciona una indicación sobre la tolerancia al mezclado de las harinas, los valores reportados en el estudio de Yagual (2017), indica promedios con un mínimo de 9 y un máximo de 16,20 minutos de estabilidad para una harina utilizada de panificación, razón por la cual, al compararlos con los resultados obtenidos en los tratamientos de este estudio presentó un promedio de 20 minutos en donde no se evidencia diferencias.

Índice de tolerancia

El comportamiento de la masa permitió diferenciar la tolerancia máxima y mínima a los resultados obtenidos en el estudio de Chávez (2014), los valores promedios con un mínimo de 20 y un máximo de 50 UB pudo compararse a los datos obtenidos en la investigación con un promedio de 59,23 UB siendo así los tratamientos 1 y 4 los más cercanos a los reportados en bibliografía.

4.2. Análisis de las Propiedades Reológicas en la Masa de Pan

En el análisis de las propiedades reológicas se determinó los valores obtenidos de tenacidad y extensibilidad de los tratamientos de estudio a partir de cuatro réplicas, de los cuales se determinaron su promedio y desviaciones estándar como se indica en la tabla 5.

Tabla 5. Resultados de las propiedades reológicas

Factor A (alfa-amilasa)	Factor B (xilanasa)	Tenacidad P (mm)		Extensibilidad L (mm)	
		Promedio	Desviación	Promedio	Desviación
50	15	168,25	± 2,50	54,00	± 2,45
150	15	164,50	± 2,65	53,75	± 0,95
50	30	159,25	± 2,87	59,25	± 2,22
150	30	159,75	± 3,69	53,25	± 0,95
Promedio global		162,94		55,06	
Desviación global		2,93		1,65	
Coeficiente de variación global		0,018		0,030	

Elaborado por: (Garzón, 2020)

A continuación, se analiza estadísticamente los resultados de las propiedades reológicas tenacidad P (mm), tal cual como se muestra en la tabla 6 Análisis de Varianza (ADEVA):

Tabla 6. Análisis de Varianza. Resultados de las propiedades reológicas tenacidad (P)

Fuente de variación	DF	SS	MS	Razón-F	Probabilidad
Rep	3	13,688	4,563		
Alfa-amilasa (Enzimix 5000)	1	10,563	10,563	1,04	0,3348
Xilanasa (Panzea BG)	1	189,062	189,062	18,58	0,0020
Alfa-amilasa (Enzimix 5000) Y Xilanasa (Panzea BG)	1	18,062	18,062	1,78	0,2155
Error	9	91,563	10,174		
Total	15	322,938			

Gran Media 162,94

CV 1,96

Elaborado por: (Garzón, 2020)

El ADEVA que se aprecia en la tabla 6 con respecto al efecto de la tenacidad (P) con la inclusión de alfa-amilasa en las características del pan de molde determina un valor no significativo es decir desde el momento que inicia la fermentación comienza la producción de gas y por ende la

degradación progresiva del almidón, sin afectar la capacidad de resistir a la deformación textural del pan; por otro lado el efecto de la xilanasa tiene un valor de P 0,002 que es inferior a 0.05 lo que indica que es altamente significativo a un nivel de confianza de 95%, lo que quiere decir que la presencia de xilanasa influye de gran manera sobre la calidad, obteniéndose productos de panadería con mejor textura y sabor (McCleary, 1992); en la combinación para la interrelación de alfa-amilasa y la xilanasa se aprecia un valor de P 0,2155 considerándose como no significativo para su efecto esto quiere decir que los dos factores en estudio no interactúan en lo referente a la tenacidad del pan.

Tabla 7. Pruebas de comparación por pares de LSD tenacidad P (mm) por el factor alfa-amilasa.

Alfa-amilasa (ppm)	Media	Grupos Homogéneos
50	163,75	A
150	162,13	A

Elaborado por: (Garzón, 2020)

Alpha 0,05 Error estándar para comparación 1,5948

Como se aprecia en la tabla 7 el Análisis de Diferencia Mínima Significativa (LSD al 5%) se muestra una sola clase estadística que corrobora el resultado del ADEVA, se puede apreciar que la tenacidad (P) por el factor alfa-amilasa de acuerdo a la investigación de Célleri & Delgado (2006), que obtuvieron valores promedios mínimos de 156,23 y máximos 172,56 mm, el valor obtenido en promedio se encuentra entre el rango referido.

Tabla 8. Pruebas de comparación de LSD tenacidad P (mm) por el factor xilanasa.

Xilanasa (ppm)	Media	Grupos Homogéneos
15	166,38	A
30	159,50	B

Elaborado por: (Garzón, 2020)

Alpha 0,05 Error estándar para comparación 1,5948

Según el análisis (LSD al 5%) de la tabla 8, realizado sobre la variable tenacidad (P) se observa que el factor de concentración xilanasa indica dos clases estadísticas distintas de las cuales la de mayor efecto corresponde al grupo homogéneo A con 15ppm de enzima alcanzando 166,38 mm, de acuerdo a la investigación de Célleri & Delgado (2006), menciona que el rango de tenacidad ésta entre 156,23 y 172,56 mm, lo que ubica los resultados dentro del nivel reportado.

Tabla 9. Análisis de Varianza. Resultados de las propiedades reológicas extensibilidad (L).

Fuente de variación	DF	SS	MS	Razón-F	Probabilidad
Rep	3	5,187	1,7292		
Alfa-amilasa (Enzimix 5000)	1	39,063	39,0625	10,63	0,0098
Xilanasa (Panzea BG)	1	22,562	22,5625	6,14	0,0351
Alfa-amilasa (Enzimix 5000) Y Xilanasa (Panzea BG)	1	33,063	33,0625	9,00	0,0150
Error	9	33,063	3,6736		
Total	15	132,937			

Gran Media 55,063 CV 3,48

Elaborado por: (Garzón, 2020)

Los valores que se presentan en la tabla 9 indican que para el efecto de la extensibilidad (L) con la inclusión de alfa-amilasa en las características del pan de molde, determinan un valor de P 0,0098 comparándolo con la significancia del 5% éste es altamente significativo, esto quiere decir que los niveles de alfa-amilasa utilizados en el estudio, afectan la respuesta experimental del pan de molde con respecto a la extensibilidad e influyen en la producción de gas, la degradación progresiva del almidón y en las características texturales del pan, permitiendo así que la masa sea más manejable al momento de su manipulación; por otro lado el valor P 0,0351 para el efecto de la xilanasa es significativo, esto indica que la proporción de enzima utilizada en el proceso de elaboración de pan afecta de forma evidente la extensibilidad del mismo, aunque en menor grado que la alfa amilasa es decir la cantidad de esta enzima mantiene su calidad en productos de panadería; además existe interrelación de significancia entre la alfa-amilasa y xilanasa ya que los dos factores utilizados en este estudio interactúan logrando el efecto en sus características texturales del pan.

Tabla 10. Pruebas de comparación de LSD extensibilidad L (mm) por el factor alfa-amilasa.

Alfa-amilasa (ppm)	Media	Grupos Homogéneos
50	56,63	A
150	53,50	B

Elaborado por: (Garzón, 2020)

Alpha 0,05 Error estándar para comparación 0,9583

En la tabla 10 se puede apreciar que los niveles de alfa-amilasa utilizados en el estudio son estadísticamente distintos para la extensibilidad L, según lo expuesto por Loja (2015), la harina de trigo puede alcanzar valores promedio mínimos de 44,70 y 55,30 mm, la proporción de 150ppm de la enzima la pone dentro del rango declarado, mientras que cuando se incorpora 50ppm se tiene valores superiores a este nivel.

Tabla 11. Pruebas de comparación de LSD extensibilidad L (mm) por el factor xilanasa.

Xilanasa (ppm)	Media	Grupos Homogéneos
15	56.25	A
30	53.88	B

Elaborado por: (Garzón, 2020)

Alpha 0,05 Error estándar para comparación 0,9583

Los resultados de la tabla 11 LSD con una significancia de 5% muestran 2 clases estadísticas distintas, evaluando la variable extensibilidad el de mayor efecto corresponde a 15ppm de xilanasa con 56.25 L, es preciso señalar que los resultados de este factor en todos sus niveles se enmarcan de acuerdo al estudio de Loja, (2015).

4.2.1. Análisis estadísticos de las propiedades reológicas

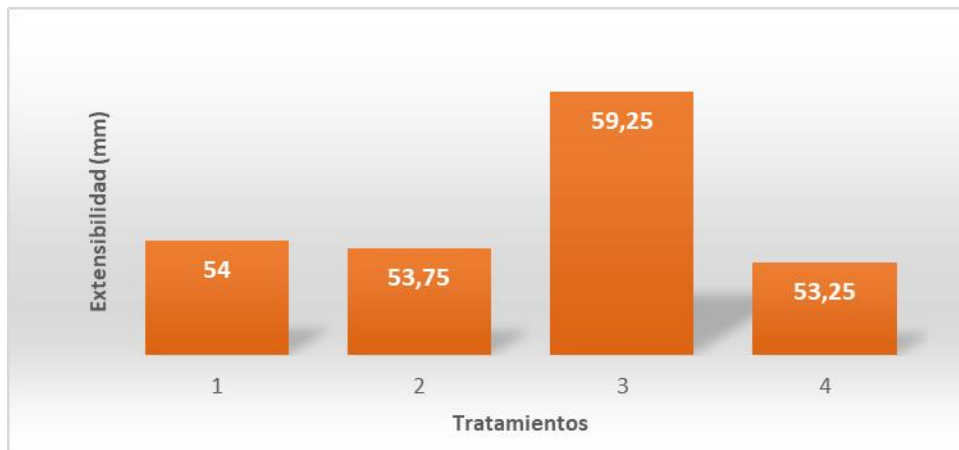
El análisis estadístico de las propiedades reológicas se realizó en el programa Statistix 8.1, el cual mediante la prueba de Tukey al 0,05% de significancia, determinó que los tratamientos de la presente investigación son de característica tenaz mayor a 60mm según indica la investigación realizada por Calaveras (1996), el tratamiento 1 presenta mayor tenacidad (168,25 mm) lo cual impide que tenga un buen levantado de la masa no manejable (Mesas & Alegre, 2002) mientras que en la combinación del tratamiento 3 (50ppm alfa-amilasa – 30ppm xilanasa) muestra un valor de 159,25mm es decir, la resistencia de la masa a ser estirada o deformada es poco estable y manejable, como se observa en la figura 4.



Elaborado por: (Garzón, 2020)

Figura 4. Resultados de la tenacidad de los tratamientos en intervalos de confianza Tukey al 95 %

En la figura 5 muestra que los tratamientos 1, 2 y 4 son de baja extensibilidad sin embargo el tratamiento 3 presenta débil extensibilidad de 59,25mm, en el estudio realizado por Loja (2015), la harina de trigo puede alcanzar valores promedio mínimos de 44,70 y 55,30 mm, la proporción de 50ppm de alfa-amilasa y 30 ppm de xilanas hace que sea más extensible y a la vez corrobora la afirmación de Alvarado (1996), en donde menciona que la extensibilidad está relacionada con la capacidad de retención de gas durante la fermentación del pan.



Elaborado por: (Garzón, 2020)

Figura 5. Resultados de la extensibilidad de los tratamientos en intervalos de confianza Tukey al 95 %

A partir de los análisis de tenacidad y extensibilidad se identificó que el tratamiento 3 con 50ppm de alfa-amilasa y 30ppm de xilanasa es el más adecuado para conseguir las propiedades reológicas más apropiadas porque mejoran la estabilidad de la masa, la tolerancia al amasado y la sobre-fermentación.

4.3. Análisis Frescura Textural del Pan de Molde

El análisis textural se determinó a partir de 10 réplicas hasta el día 21 de reposo en cada uno de los tratamientos. En la tabla 12 se indica los resultados de promedios y desviaciones de fuerza (g/f) y resiliencia obtenidos en las metodologías de estudio, con el fin de identificar cuáles fueron los mejores tratamientos y qué tan dispersos estuvieron los resultados.

Tabla 12. Resultados Análisis frescura textural del pan de molde.

Tratamientos	Factor A Alfa-amilasa	Factor B Xilanasa	día	Fuerza (g/f)		Resiliencia	
				Promedio	Desviación	Promedio	Desviación
T1	50	15	1	68,00	1,83	0,51	0,03
	50	15	7	205,10	10,70	0,43	0,05
	50	15	14	288,90	7,43	0,40	0,00
	50	15	21	450,80	15,84	0,37	0,05
T2	150	15	1	63,70	5,83	0,48	0,04
	150	15	7	206,70	10,60	0,42	0,06
	150	15	14	315,80	14,57	0,40	0,00
	150	15	21	456,60	13,33	0,41	0,06
T3	50	30	1	71,30	3,20	0,50	0,05
	50	30	7	210,30	9,39	0,44	0,05
	50	30	14	300,30	15,94	0,41	0,06
	50	30	21	379,30	9,55	0,43	0,05
T4	150	30	1	69,80	2,62	0,49	0,03
	150	30	7	196,10	10,93	0,39	0,03
	150	30	14	321,70	11,20	0,42	0,04
	150	30	21	464,80	9,48	0,36	0,05

Elaborado por: (Garzón, 2020)

Tabla 13. Análisis de Varianza. Resultados de la frescura textural fuerza (g/f).

Fuente de variación	DF	SS	MS	Razón-F	Probabilidad
Rep	9	785	87		
Alfa-amilasa (Enzimix 5000)	1	9181	9181	43,41	0,0000
Xilanasa (Panzea BG)	1	1102	1102	5,21	0,0240
Tiempo en días	3	2942048	980683	4636,64	0,0000
Alfa-amilasa (Enzimix 5000) y Xilanasa (Panzea BG)	1	2341	2341	11,07	0,0011
Alfa-amilasa (Enzimix 5000) * Tiempo en días	3	17972	5991	28,32	0,0000
Xilanasa (Panzea BG) * Tiempo en días	3	9957	3319	1569	0,0000
Error	138	29188	212		
Total	159	3012573			

Gran Media 254,33

CV 5,72

Elaborado por: (Garzón, 2020)

Los valores que se presentan en la tabla 13 analizan las distintas variables utilizadas en el estudio y su relación con el tiempo en lo referente a la fuerza que presenta el pan de molde, los resultados del ADEVA para alfa-amilasa es de P 0,0000, para xilanasa el valor de P es de 0,0240, mientras que para el tiempo medido en días P es 0,0000, en las interacciones, alfa-amilasa y xilanasa P 0,0011, alfa-amilasa tiempo P 0,0000 y xilanasa tiempo P 0,0000, todas las observaciones son altamente significativas al 5%, esto quiere decir que la alfa-amilasa influye en la fuerza textural del pan, de igual manera que la xilanasa y el tiempo de almacenaje también modifica este atributo en el pan de molde, además las interacciones entre enzimas y tiempo de almacenamiento altera de forma significativa la frescura textural fuerza del pan.

Tabla 14. Pruebas de comparación de LSD fuerza (g/f) por el factor alfa-amilasa.

Alfa-amilasa (ppm)	Media	Grupos Homogéneos
150	261,90	A
50	246,75	B

Elaborado por: (Garzón, 2020)

Alpha 0,05 Error estándar para comparación 2,2995

En la tabla 14 se aprecia dos clases estadísticas en el (LSD al 5%) aplicado en la fuerza del pan en donde el factor alfa-amilasa según el estudio de Hernández & Duran (2012), señala que el pan de agua elaborado en la panaderías artesanales presenta propiedades reológicas (corteza y miga) similares durante los ocho días de análisis; se comprueba que los datos medios son significativamente diferentes entre sí, siendo 261,90 gr/f perteneciente al grupo homogéneo A el valor que presentó mayor resistencia de medida de fuerza.

Tabla 15. Pruebas de comparación de LSD fuerza (g/f) por el factor xilanasa.

Xilanasa (ppm)	Media	Grupos Homogéneos
15	256,95	A
30	251,70	B

Elaborado por: (Garzón, 2020)

Alpha 0,05 Error estándar para comparación 2,2995

Se puede apreciar en la tabla 15 (LSD al 5%) que la fuerza (g/f) por el factor xilanasa reporta dos estadísticas distintas siendo la de mayor resistencia el grupo homogéneo A con 256,95 g/f; es importante señalar que de acuerdo al estudio realizado por Morales Hernández & Silva Doddoli (2011), reporta valores de fuerza de 350,46 y 250 g/f situando la muestra dentro de lo normal.

Tabla 16. Pruebas de comparación de LSD fuerza (g/f) por el factor día.

Día	Media	Grupos Homogéneos
21	437,87	A
14	306,67	B
7	204,55	C
1	68,20	D

Elaborado por: (Garzón, 2020)

Alpha 0,05 Error estándar para comparación 3,2520

En el Análisis de Diferencia Mínima Significativa (LSD al 5%) se muestran cuatro clases estadísticas distintas que corroboran el resultado del ADEVA, se puede apreciar que la fuerza (g/f) es modificada por el tiempo medido en días, según el estudio de Morales Hernández & Silva Doddoli (2011), acota en su bibliografía durezas de hasta 879,22 g/f sin embargo en la presente investigación la máxima a los 21 días como indica en el grupo homogéneo A es de 437,87 g/f.

Tabla 17. Análisis de Varianza. Resultados de la frescura textural resiliencia.

Fuente de variación	DF	SS	MS	Razón-F	Probabilidad
Rep	9	0,04900	0,00544		
Alfa-amilasa (Enzimix 5000)	1	0,00900	0,00900	4,75	0,0310
Xilanasas (Panzea BG)	1	0,00025	0,00025	0,13	0,7170
Tiempo en días	3	0,24925	0,08308	43,85	0,0000
Alfa-amilasa (Enzimix 5000) y Xilanasas (Panzea BG)	1	0,00900	0,00900	4,75	0,0310
Alfa-amilasa (Enzimix 5000) * Tiempo en días	3	0,00650	0,00217	1,14	0,3339
Xilanasas (Panzea BG) * Tiempo en días	3	0,00325	0,00108	0,57	0,6346
Error	138	0,26150	0,00189		
Total	159	0,58775			

Gran Media 0,4287

CV 10,15

Elaborado por: (Garzón, 2020)

En la tabla 17 de ADEVA referente a la resiliencia textural del pan de molde al analizar los diferentes factores del estudio vs. el tiempo en días arrojan los siguientes resultados: alfa-amilasa P 0,0310 significativo, xilanasas P 0,7170 no significativo, tiempo en días P 0,0000 altamente significativo, interrelación alfa-amilasa xilanasas P 0,0310 significativo y para las dos enzimas vs tiempo en días son no significativos, esto implica que al evaluar el atributo textural de resiliencia solo la alfa-amilasa y el tiempo en días modifica la deformación textural del pan, en el estudio realizado por Bolaños *et al.* (2009), al utilizar harina de trigo para panificación después de los 14 días obtuvo valores de fuerza de 319,25 g/f y resiliencia de 0,4 que son semejantes a los obtenidos en esta investigación y se verificó que al aumentar el tiempo de reposo la fuerza aumenta e igual que la resiliencia. Esto indica que gracias a la dosificación enzimática 150ppm de alfa-amilasa y 30 ppm de xilanasas correspondiente al (T4) mantiene su frescura textural.

Tabla 18. Pruebas de comparación de LSD Resiliencia por el factor alfa-amilasa.

Alfa-amilasa (ppm)	Media	Grupos Homogéneos
50	0,44	A
150	0,42	B

Elaborado por: (Garzón, 2020)

Alpha 0,05 Error estándar para comparación 6,88 E-03

Se observa que en el análisis (LSD al 5%) de la tabla 18 realizado sobre la variable resiliencia el factor alfa-amilasa reporta dos clases estadísticas distintas de los cuales se evidencia que en el nivel de 50ppm de alfa-amilasa presenta mayor deformación; sin embargo en el estudio realizado por Hernández & Franco (2016), indica que la energía de deformación de las muestras pueden recuperarse luego de su primera deformación entendida técnicamente como resiliencia, no logran establecer una tendencia significativa.

Tabla 19. Pruebas de comparación de LSD Resiliencia por el factor xilanasa.

Xilanasa (ppm)	Media	Grupos Homogéneos
2	0,43	A
1	0,42	A

Elaborado por: (Garzón, 2020)

Alpha 0,05 Error estándar para comparación 6,88 E-03

El análisis de diferencia mínima significativa (LSD al 5%) que se muestra en la tabla 19 se observa una sola clase estadística que corrobora el resultado del ADEVA, en el estudio referente a resiliencia no logran establecer una tendencia significativa entre las medias, sin embargo, está dentro de los rangos establecidos de acuerdo al estudio realizado por Hernández (2016).

Tabla 20. Pruebas de comparación de LSD Resiliencia por el factor día.

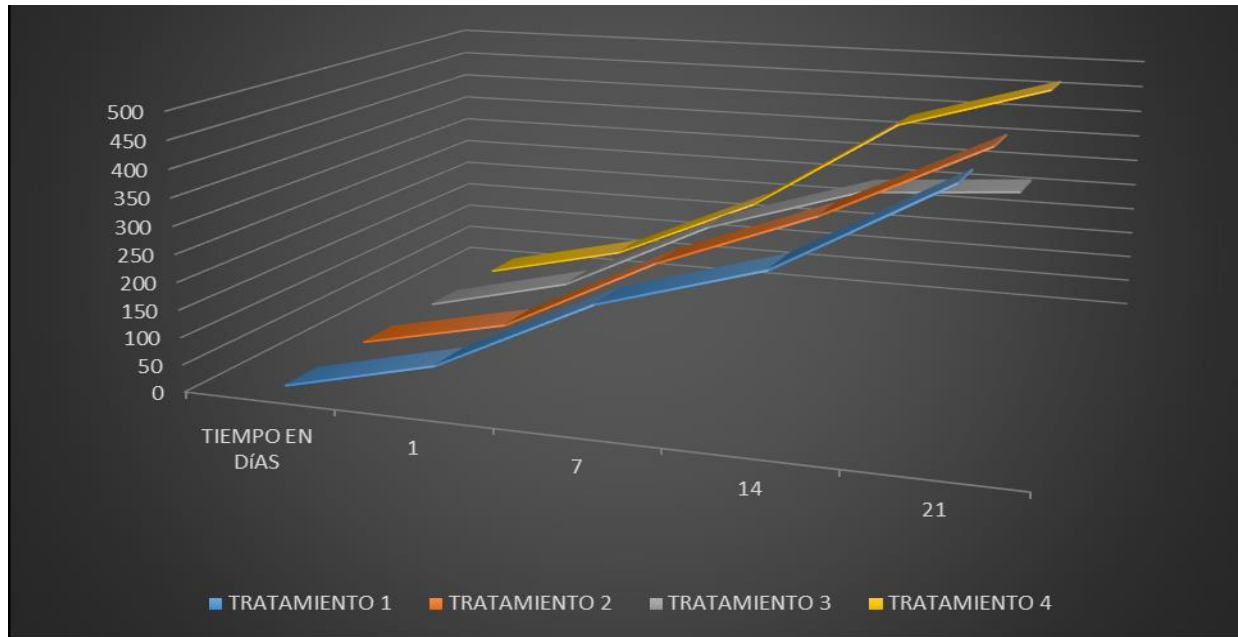
Día	Media	Grupos Homogéneos
21	0,49	A
14	0,42	B
7	0,41	BC
1	0,39	C

Elaborado por: (Garzón, 2020)

Alpha 0,05 Error estándar para comparación 9,73 E-03

En el análisis de diferencia mínima significativa (LSD al 5%) realizado en la variable resiliencia se aprecia que el factor tiempo en días indica tres clases distintas desde el punto de vista estadístico siendo el de mayor valor a los 21 días con 0,49 correspondiente a la clase A, la clase B se ubica entre 0.42 y 0.41 y la clase c entre 0.41 y 0.39, mostrándose que mientras más tiempo avance mayor probabilidad tiene el pan de molde de volver a su forma original luego de recibir una presión externa.

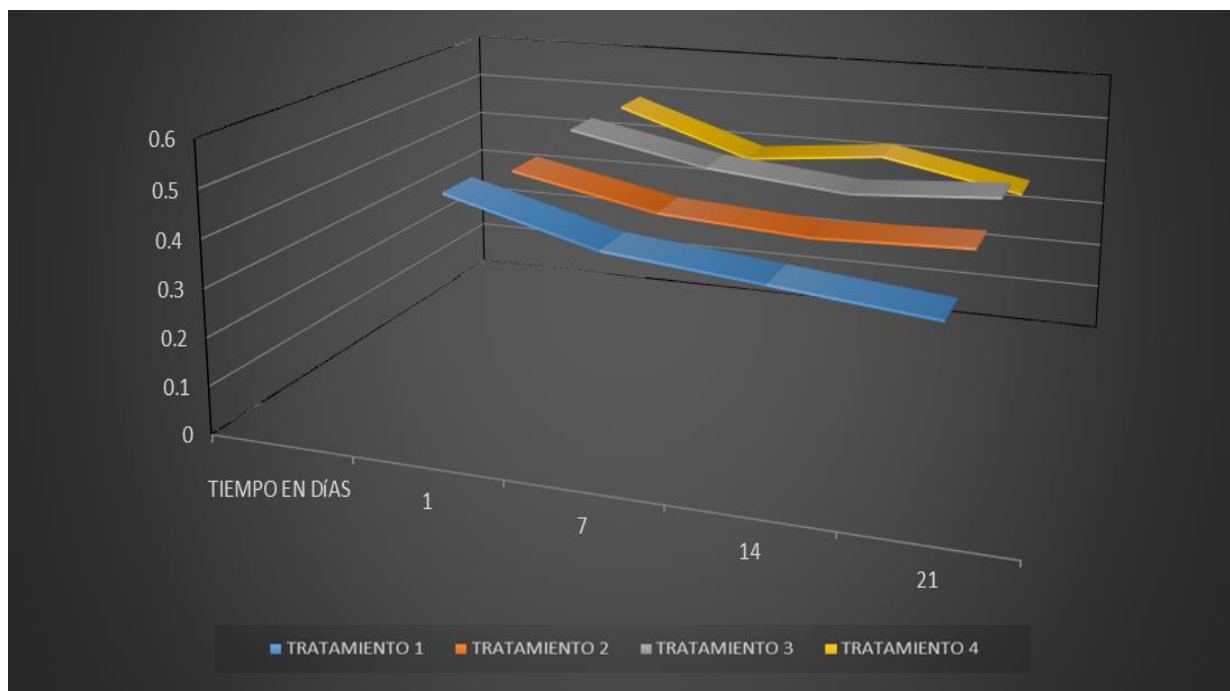
4.3.1. Análisis gráfico de la frescura textural



Elaborado por: (Garzón, 2020)

Figura 6. Resultados de frescura textural del pan de molde fuerza (g/f) vs tiempo de almacenamiento en días

En la figura 6 se muestra el incremento de fuerza textural por el endurecimiento de la miga del pan de molde conforme avanza el tiempo de almacenamiento, este aumento es de forma sistemática hasta lograr estabilizarse en el día 21.



Elaborado por: (Garzón, 2020)

Figura 7. Resultados de frescura textural del pan de molde resiliencia vs tiempo de almacenamiento en días

En la figura 7 se representa los valores de resiliencia del pan de molde en almacenamiento, este valor como se lo mencionó anteriormente indica la deformación estructural de la miga del pan y se mantiene en niveles bastante homogéneos durante los 21 días de análisis, por lo que se asegura que la metodología utilizada tiene un equilibrio sobre la capacidad del producto que tiene para superar la deformación y adaptarse al medio donde se encuentra.

A partir de los análisis de fuerza y resiliencia se identificó que el tratamiento 4 con proporciones de 150ppm de alfa-amilasa y 30ppm de xilanasa es el más adecuado para conseguir las propiedades reológicas deseadas.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

De acuerdo a las características reológicas de la harina de trigo CWRS, se obtuvo un valor promedio de falling number de 339seg lo que indica una actividad alfa-amilasica baja, en relación al promedio de humedad se presentó un valor de 14,23%, así como también un 65,78% de absorción de agua manteniéndose dentro de los parámetros establecidos en el estudio, pero en el tiempo de desarrollo de la masa su promedio fue de 6,08 minutos superando los valores comparados con otros autores, ahora es importante resaltar que dentro de esta caracterización la estabilidad jugó un papel muy importante debido a que en todas las réplicas se mantuvo un promedio de 20 minutos, cabe mencionar también que el índice de tolerancia fue de 59,23 UB siendo en la réplica 1 y 4 las más cercanas al dato bibliográfico, por lo tanto la harina de trigo CWRS es la idónea para poder evaluar las características reológicas en el pan de molde modificado con enzimas alfa-amilasa y xilanasas.

Al analizar las propiedades reológicas de la masa, la tenacidad P (mm) y la extensibilidad L (mm) fueron variables muy importantes que indicaron la capacidad de resistir la deformación y el volumen máximo de aire que puede contener burbuja de masa. Mediante el método alveográfico, los resultados obtenidos estuvieron dentro de los rangos comparados con bibliografía, siendo el tratamiento 3 con 50ppm de alfa-amilasa y 30ppm de xilanasas el más adecuado para conseguir las propiedades reológicas deseadas.

Evaluando la frescura textural del pan de molde a partir de la fuerza (g/f) y resiliencia cada tratamiento presentó ciertas características, a los 21 días después de su elaboración se concluye que el tratamiento 4 con 150ppm de alfa-amilasa y 30ppm de xilanasas es el más conveniente para mantener su frescura textural ya que al tratarse de un pan destinado al consumo durante su tiempo de vida la suavidad de este producto garantizará la satisfacción del cliente por su frescura de la miga.

5.2. RECOMENDACIONES

Se sugiere emplear concentraciones adecuadas de enzima alfa-amilasa dependiendo de la farinografía de la harina, además su reología es determinante para establecer cantidades proporcionadas al momento de elaborar su masa ya que la adición de este catalizador sin un sustento (validación) apropiado, puede provocar que el comportamiento de la harina sea afectado al momento de ser utilizada para panadería, incluso puede cambiar su aspecto sensorial.

La utilización de conservantes también es una opción importante sobre todo para el industrial y el artesano, empresas dedicadas al desarrollo biotecnológico buscan componentes enzimáticos para prologar tiempos de vida anaquel sin la necesidad de desnaturalizar la levadura, sin embargo el método actual que se maneja para la elaboración del pan es la colocación del propionato de calcio, es por ello que se recomienda utilizarlo como una alternativa de conservación del pan sin exceder el 1% de adición.

Hoy en día las grandes empresas de levaduras, molinerías, graseras, etc. dictan talleres técnicos a sus clientes por eso se recomienda implementar programas de capacitación para el uso adecuado de enzimas en el sector panadero haciendo hincapié en las ventajas y desventajas del por qué utilizarlo en sus productos.

CAPÍTULO VI

Bibliografía

- Alvarado, J. (1996). *"Principios de Ingeniería aplicados a los Alimentos"*. Quito: Radio Comunicaciones.
- Álvarez, D., & Macas, M. (2011). *Reingeniería del farinógrafo y extensógrafo de los laboratorios de investigación en tecnología de alimentos perteneciente a la facultad de ciencia e ingeniería de alimentos de la Universidad Técnica de Ambato*. Ambato: Universidad Técnica de Amnato. Recuperado el 22 de 12 de 2020, de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3204/1/T-ESPE-031068.pdf>
- Bechtel, W., Meisner, D., & Bradley, W. (1953). The effect of the crust on the staling of bread. *Cereal Chemistry*, 160-168.
- Bernal, I., & Rivadeneira, G. (2015). *Sustitución parcial de la harina de trigo con diferentes harinas de camote y su efecto en la calidad panadera*. Caceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. Recuperado el 22 de 12 de 2020, de <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/443/1/TAI95.pdf>
- Bloksma, A.H, A., & Bushuk, W. (1988). Rheology and chemistry of dough. (American Association of Cereal Chemists, Ed.) *Wheat Chemistry and Technology*, 3, 131-217. Recuperado el 10 de 2020
- Bolaños, E., Guemez, N., Hernández, J., Soto, S., & Totosaus, A. (2009). Propiedades de textura de masa y pan dulce tipo concha fortificados con proteínas de suero de leche. *Ciencia y Tecnología de Alimengos*, 29(1), 70-75. Recuperado el 29 de 12 de 2020, de <https://www.scielo.br/pdf/cta/v29n1/v29n1a11.pdf>
- Caballero, A., Ruiz, L., Copa-Patiño, J., Soliveri, J., & Popper, L. (2007). Efectos de la adición exógena de complejos enzimáticos con actividad principal xilanasas sobre las propiedades viscoelásticas de las masas de harina de trigo. Recuperado el 09 de 2020
- Calaveras , J. (1996). *Tratado de panificación y bollería* (Primera ed.). Madrid, España: A. Madrid Vicente Ediciones.
- Calaveras, J. (2004). *Nuevo Tratado de Panificación y Bollería* (Segunda ed.). Madrid, España: Mundi Prensa. Recuperado el 10 de 2020
- Célleri, A., & Delgado, M. (2006). *Pan precocido con especies*. Quito: Universidad San Francisco. Recuperado el 29 de 12 de 2020, de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3826/1/98184.pdf>
- Chávez, Y. (2014). *Evaluación de las propiedades reológicas de masas funcionales (Sin gluten)*. Saltillo: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Recuperado el 23 de 12 de 2020, de

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/553/62919s.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Courtin, C., Gelders, G., & Delcour, J. (2001). Use of two Endoxylanases with Different Substrate Selectivity for Understanding Arabinoxylan Functionality in Wheat Flour Breadmaking. *Cereal Chemistry*, 564 - 571.
- De la Llave, A. (2004). Efecto de la adición de fibra soluble sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en un producto de panificación. 36. Puebla.
- Dendy, D., & Dobraszczyk, B. (2004). *Cereales y Productos Derivados*. Zaragoza, España: Acribia.
- Dunnewind, T., & Orsel, R. (2002). Effect of oxidative enzymes on bulk rheological properties of wheat flour doughs. *Journal of Cereal Science*, 357-366.
- Fizman, S., Salvador, A., & Varela, P. (2005). Methodological developments in bread staling assessment: application to enzyme-supplemented brown pan bread. *European Food Research & Technology*, 616-623. Recuperado el 04 de 02 de 2020
- Flecha, M. (2015). Procesos y técnicas de panificación. *Revista Mexicana Agrícola*, 4-6, 8-12, 30-38. Recuperado el 09 de 2020
- Francisco, T. (2006). *El Libro de los Maestros Panaderos*. Barcelona, España: Montagud Editores. Recuperado el 11 de 2019
- Gambarota, L. (2005). *Caracterización de las fracciones de harina de trigo pan*. Universidad de Belgrano, Buenos Aires.
- García, A., Pacheco, E., Pérez, E., & Tovar, J. (2007). Caracterización fisicoquímica y funcional de las harinas de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) para sopas instantáneas. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 5(5), 384-393. Recuperado el 22 de 12 de 2020, de https://www.researchgate.net/publication/28232416_Caracterizacion_fisicoquimica_y_funcional_de_las_harinas_de_arracacha_Arracacia_xanthorrhiza_para_sopas_instantaneas
- Goesaert, H., Veraberbeke, W., Courtin, C., Gebruers, K., & Delcourt, J. (2005). Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends in Food Science & Technology*, 12-30.
- Guy, R., Hodge, D., & Robb, J. (1983). Effect of waxy barley starch and reheating on firmness of bread crumb. *Cereal Chemistry*, 281-285.
- Haros, M., Rosell, C., & Benedito, C. (2002). Effect of different carbohydrases on fresh bread texture and bread staling. *European Food Research and Technology*, 215, 425-430. Recuperado el 09 de 2020
- Hernández, M., & Duran, D. (2012). Características reológicas del pan de agua producto autóctono de Pamplona (Norte de Santander). *Revista de la Facultad de Ciencias*, 10, 61-74. Recuperado el 03 de 01 de 2021, de revistabistua@unipamplona.edu.co

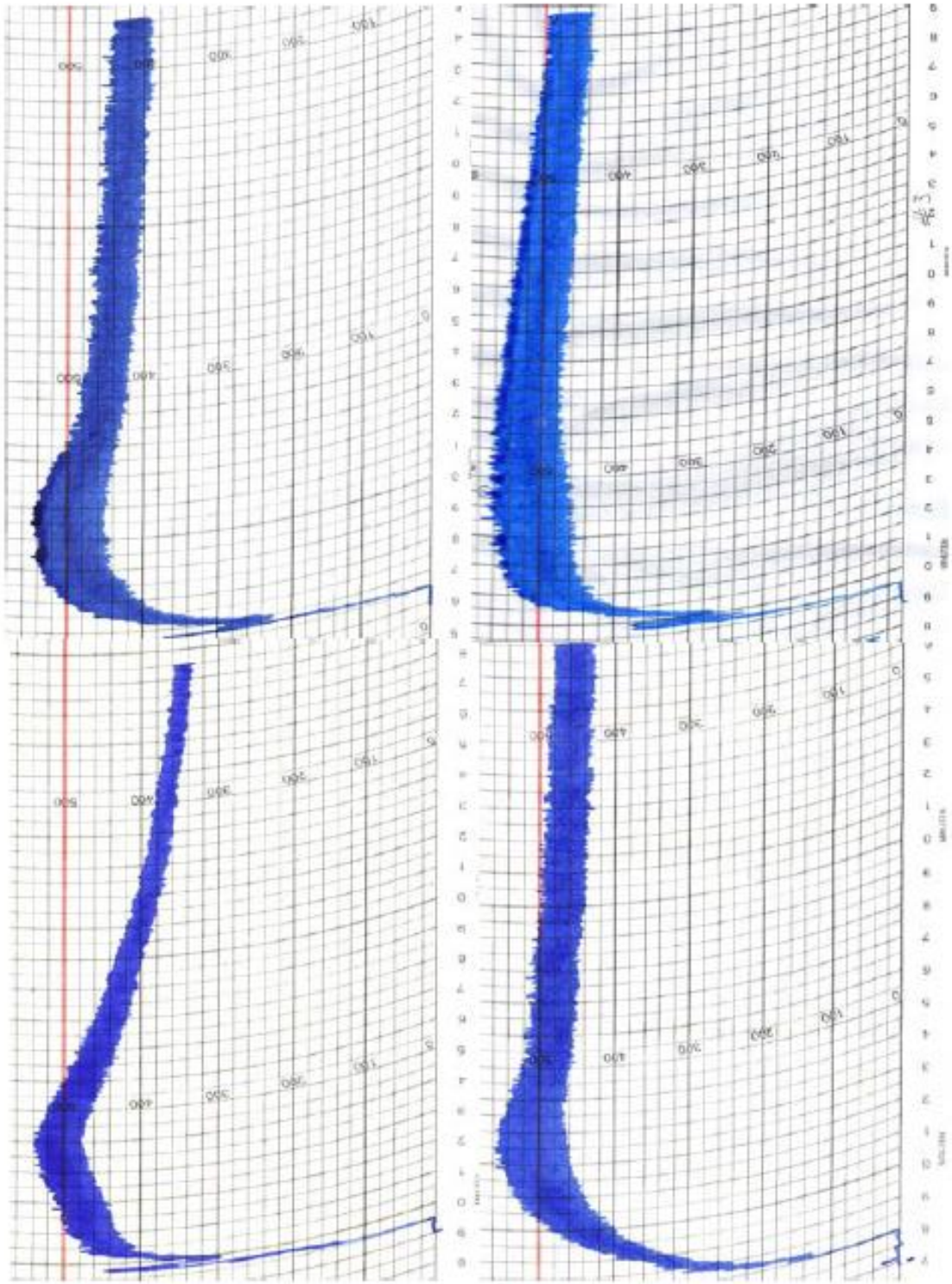
- Hernández, O., & Franco, I. (2016). Efecto sobre las propiedades reológicas y panificables de la enzima transglutaminasa en masas con almidón de yuca (*Manihot esculenta*). *RIDTEC*, 12(2). Recuperado el 03 de 01 de 2021
- Jobet, C. (2005). *Trigo - pan: Calidad fundamental en la cadena*. Recuperado el 11 de 2019, de <http://www.tattersall.cl/revista/Rev192/pan.htm>
- Kim, J., Tomoko, M., & Naofumi, M. (2006). Effect of fungal α -amylase on the dough properties and bread quality of wheat flour substituted with polished flours. *Food Research International*, 117-126. Recuperado el 11 de 09 de 2020, de www.elsevier.com/locate/foodres
- Loja, J. (2015). *Sustitución de la harina de trigo (*Triticum spp*) por la harina de babano (*Musa cavendish*), y su influencia en las características reológicas de la masa (Elasticidad y tenacidad) para la elaboración de pan común*. Machala: Universidad Técnica de Machala. Recuperado el 29 de 12 de 2020, de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/2870/1/CD000007-TRABAJO%20COMPLETO-pdf>
- Magaña, E., Ramírez, B., Torres, P., Sánchez, D., & López, J. (2011). Efecto del contenido de proteína, grasa y levadura en las propiedades viscoelásticas de la masa y calidad de pan tipo francés. *Interciencia*, 248-255.
- Martinez, J. L. (2004). *Control de Calidad en la Molienda de Trigo Duro y Trigo Pan realizado en los Molinos Faucett de la empresa Alicorp S.A.A*. Ayacucho.
- Martinez, M., Devesa, P., Escrivá, P., & Collar, C. (1998). Effects of the combination of starch and enzymes in regulating bread quality and shelf life. *Food Science and Technology International*, 4, 425 - 435.
- McCleary, B. V. (1992). Measurement of endo-1,4- β -D-Xylanase". *Xylans and Xylanases*. Elsevier Science Publishers B.V., 161 – 169. Recuperado el 01 de 2021
- Mesas, J., & Alegre, M. (2002). El Pan y su Proceso de Elaboración. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 3.
- Mondal, A., & Datta, K. (2007). Bread baking a review. *Journal Food Eng*, 465-474.
- Morales Hernández, N., & Silva Doddoli, M. (2011). PERFIL SENSORIAL DE PAN BLANCO DE CAJA Y SU COMPARACIÓN ENTRE EL ANÁLISIS INSTRUMENTAL Y MICROSCOPIA ÓPTICA. *Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos* (págs. 41-49). México: RESPYN. Recuperado el 12 de 2020
- NTE INEN 616 2015-01. (2015). *Harina de Trigo. Requisitos*. Servicio Ecuatoriano de Normalización, Quito.
- Oliver, J., & Allen, H. (1992). The prediction of bread baking performance using the farinograph and extensograph. *Journal of Cereal Science*, 15, 79-89. Recuperado el 10 de 2020

- Osorio, H. (2009). Influencia de la variedad de yuca y nivel de sustitución de harinas compuestas sobre el comportamiento reológico en panificación. Bogotá.
- Panera. (2010). Molinería, Panadería y Pastelería. 18.
- Polizeli, M., Rizzatti, C., Monti, R., Terenzi, H., Jorge, J., & Amorim, D. (2005). Xylanases from fungi: properties and industrial applications. *Appl Microbiol Biotechnol*, 67, 577-591. Recuperado el 09 de 2020
- Qi Si, J. (1997). Synergistic effect of enzymes for breadbaking. *Cereal Foods World*, 802-807.
- Quaglin, G. (1991). *Ciencia y Tecnología de la Panificación*. Zaragoza: Acribia.
- Ronquillo, H. (2012). *Estudio del efecto de la adición de la enzima alfa amilasa en un pan tipo muffin, elaborado con diferentes tipos de harina de trigo*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Recuperado el 22 de 12 de 2020, de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3093/1/AL491.pdf>
- Rosenthal, A. (1999). Relation Between Instrumental and Sensory Measures of Food Texture. *Aspen Publisher*, 10-12. Recuperado el 09 de 2020, de andrew.rosenthal@nottingham.ac.uk
- Saulnier, L., Branlard, G., Sado, P., Charmet, G., & Guilon, F. (2007). Wheat arabinoxylan: exploiting variation in amount and composition to develop enhanced varieties. *Journal Cereal Chemistry*, 261-281. Recuperado el 10 de 2019
- Seghezzo, M. (2015). Calidad en Trigo Candeal. En M. L. Seghezzo. Buenos Aires: Ediciones INTA. Recuperado el 10 de 2019
- Shoemaker, C., Lewis, J., & Tamura, M. (1987). Instrumentation for rheological measurement of food. *Food Technol*, 41, 80-84. Recuperado el 10 de 2020
- Stanley, P., Cauvain, L., & Baketran, Y. (2002). *Producción de Pan*. Zaragoza - España: Acribia.
- Tejero, F. (1995). Panadería Española II. En *Panadería Española II; Harina, Masas, Procesos, Elaboración* (págs. 67-70). Barcelona: Montagud Editores SA. Recuperado el 11 de 2019
- Uhart, S. (1998). Calidad de Productos Agrícolas. En L. Aguirrezábal, & F. Andrade (Edits.). INTA-UNMDP.
- Van Dam, H., & Hille, J. (1992). Yeast and enzymes in bread making. *Cereal Foods World*, 245-252. Recuperado el 07 de 2020
- Wong KKY, K., Tan, L., & Saddler, J. (1988). Multiplicity of beta-1,4-xylanase in microorganisms: functions and applications. *Microbiol Reviews*, 52(3), 305-317. Recuperado el 10 de 2020
- Yagual, D. (2017). *Plan de negocios de la producción de pan a base de harina de quinua (Quinupan)*. Samborondon: Universidad Espíritu Santo. Recuperado el 22 de 12 de 2020, de

[http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/2074/1/Plan%20de%20negocio%20Q
uinupan%20final.pdf](http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/2074/1/Plan%20de%20negocio%20Q
uinupan%20final.pdf)

ANEXOS

ANEXO I. Farinogramas de la harina de trigo.



ANEXO II. Resultados en promedio de tenacidad y extensibilidad

Factor A	Factor B	rep/toma	Resultado	
			P	L
50	15	1	172	54
50	15	2	167	57
50	15	3	167	54
50	15	4	167	51
150	15	1	168	53
150	15	2	162	53
150	15	3	163	54
150	15	4	165	55
50	30	1	160	57
50	30	2	157	58
50	30	3	157	62
50	30	4	163	60
150	30	1	155	54
150	30	2	160	52
150	30	3	164	54
150	30	4	160	53

ANEXO III. Resultados en promedio de texturometría

factor A	Factor B	día	rep/toma	Resultado 1	
				Fuerza	Resiliencia
50	15	1	1	65	0,5
50	15	1	2	67	0,5
50	15	1	3	69	0,5
50	15	1	4	65	0,5
50	15	1	5	69	0,5
50	15	1	6	70	0,5
50	15	1	7	68	0,5
50	15	1	8	68	0,5
50	15	1	9	69	0,5
50	15	1	10	70	0,6
50	15	7	1	221	0,4
50	15	7	2	218	0,4
50	15	7	3	197	0,5
50	15	7	4	210	0,4
50	15	7	5	216	0,4
50	15	7	6	206	0,4
50	15	7	7	193	0,4

50	15	7	8	194	0,5
50	15	7	9	194	0,5
50	15	7	10	202	0,4
50	15	14	1	295	0,4
50	15	14	2	281	0,4
50	15	14	3	302	0,4
50	15	14	4	278	0,4
50	15	14	5	286	0,4
50	15	14	6	283	0,4
50	15	14	7	290	0,4
50	15	14	8	286	0,4
50	15	14	9	293	0,4
50	15	14	10	295	0,4
50	15	21	1	474	0,4
50	15	21	2	449	0,4
50	15	21	3	440	0,3
50	15	21	4	444	0,3
50	15	21	5	464	0,4
50	15	21	6	475	0,3
50	15	21	7	457	0,4
50	15	21	8	437	0,4
50	15	21	9	434	0,4
50	15	21	10	434	0,4
150	15	1	1	62	0,5
150	15	1	2	68	0,4
150	15	1	3	52	0,5
150	15	1	4	58	0,5
150	15	1	5	62	0,5
150	15	1	6	61	0,5
150	15	1	7	66	0,4
150	15	1	8	69	0,5
150	15	1	9	68	0,5
150	15	1	10	71	0,5
150	15	7	1	192	0,4
150	15	7	2	201	0,4
150	15	7	3	221	0,4
150	15	7	4	218	0,4
150	15	7	5	218	0,3
150	15	7	6	205	0,4
150	15	7	7	216	0,4
150	15	7	8	201	0,5

150	15	7	9	200	0,5
150	15	7	10	195	0,5
150	15	14	1	307	0,4
150	15	14	2	337	0,4
150	15	14	3	303	0,4
150	15	14	4	307	0,4
150	15	14	5	331	0,4
150	15	14	6	304	0,4
150	15	14	7	336	0,4
150	15	14	8	317	0,4
150	15	14	9	319	0,4
150	15	14	10	297	0,4
150	15	21	1	462	0,3
150	15	21	2	452	0,4
150	15	21	3	474	0,4
150	15	21	4	441	0,4
150	15	21	5	449	0,4
150	15	21	6	437	0,5
150	15	21	7	459	0,4
150	15	21	8	448	0,4
150	15	21	9	474	0,4
150	15	21	10	470	0,5
50	30	1	1	73	0,5
50	30	1	2	72	0,5
50	30	1	3	69	0,5
50	30	1	4	75	0,5
50	30	1	5	72	0,4
50	30	1	6	70	0,5
50	30	1	7	65	0,5
50	30	1	8	76	0,5
50	30	1	9	69	0,6
50	30	1	10	72	0,5
50	30	7	1	190	0,5
50	30	7	2	215	0,4
50	30	7	3	209	0,5
50	30	7	4	220	0,4
50	30	7	5	207	0,4
50	30	7	6	217	0,4
50	30	7	7	215	0,4
50	30	7	8	221	0,5
50	30	7	9	203	0,5

50	30	7	10	206	0,4
50	30	14	1	305	0,4
50	30	14	2	278	0,4
50	30	14	3	303	0,4
50	30	14	4	316	0,3
50	30	14	5	314	0,4
50	30	14	6	310	0,4
50	30	14	7	287	0,5
50	30	14	8	295	0,5
50	30	14	9	320	0,4
50	30	14	10	275	0,4
50	30	21	1	372	0,5
50	30	21	2	374	0,4
50	30	21	3	381	0,4
50	30	21	4	400	0,4
50	30	21	5	389	0,4
50	30	21	6	382	0,4
50	30	21	7	369	0,4
50	30	21	8	381	0,4
50	30	21	9	374	0,5
50	30	21	10	371	0,5
150	30	1	1	72	0,5
150	30	1	2	69	0,5
150	30	1	3	67	0,5
150	30	1	4	73	0,5
150	30	1	5	65	0,5
150	30	1	6	73	0,5
150	30	1	7	70	0,5
150	30	1	8	68	0,4
150	30	1	9	70	0,5
150	30	1	10	71	0,5
150	30	7	1	189	0,4
150	30	7	2	181	0,4
150	30	7	3	183	0,4
150	30	7	4	193	0,4
150	30	7	5	194	0,4
150	30	7	6	209	0,4
150	30	7	7	212	0,3
150	30	7	8	199	0,4
150	30	7	9	209	0,4
150	30	7	10	192	0,4

150	30	14	1	337	0,4
150	30	14	2	313	0,4
150	30	14	3	330	0,4
150	30	14	4	337	0,4
150	30	14	5	329	0,4
150	30	14	6	320	0,5
150	30	14	7	317	0,4
150	30	14	8	306	0,4
150	30	14	9	320	0,5
150	30	14	10	308	0,4
150	30	21	1	456	0,3
150	30	21	2	457	0,4
150	30	21	3	466	0,3
150	30	21	4	473	0,3
150	30	21	5	466	0,3
150	30	21	6	466	0,4
150	30	21	7	465	0,4
150	30	21	8	480	0,4
150	30	21	9	447	0,4
150	30	21	10	472	0,4

ANEXO IV. Fotografías del desarrollo en la elaboración del pan de molde

Recepción y pesado de las materias primas



Harina



Agua



Grasa



Azúcar – Sal



Enzimas



Materias Primas

Proceso de elaboración:



Integración de ingredientes



Trabajo de amasado



Dividido, Boleado y Reposo de la Masa



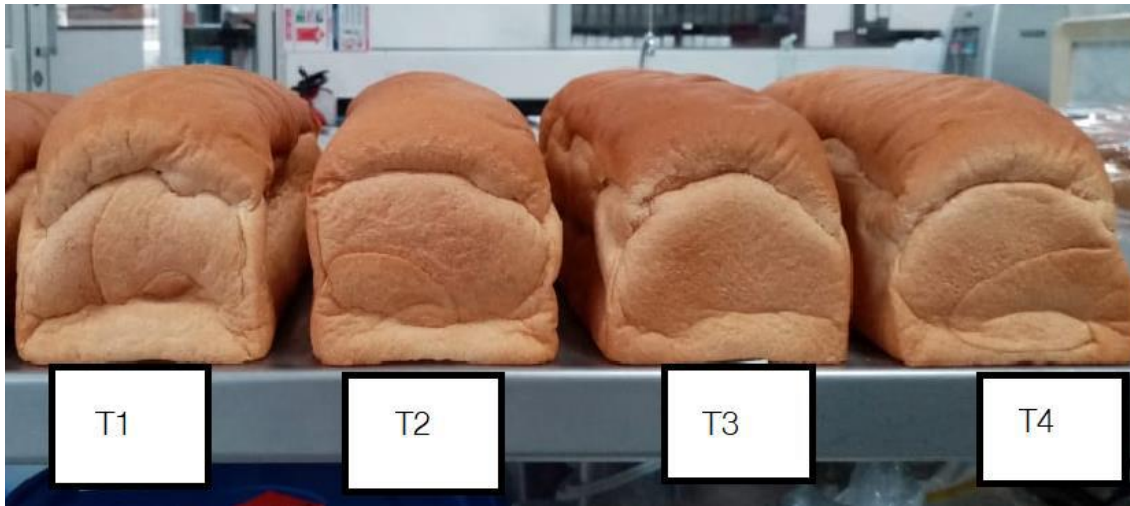
Formado



Leudo



Cocción



Enfriado y almacenado de muestras por tratamiento



Muestras para pruebas de texturometría

ANEXO V. Glosario:

Boleado: También llamado entornado, y consiste en formar piezas aproximadamente esféricas.

Cereales: Denominación que engloba varias especies de las gramíneas (cultivadas por su semilla) que son importantes productos alimenticios.

Elasticidad: Es el comportamiento que presenta la masa para retomar a su forma inicial después de un proceso de formación.

Extensibilidad: Definida como la capacidad de la masa para dejarse estirar y modelar sin presentar roturas ni desgarros.

Farinograma: Se realiza en el farinógrafo y es empleado para evaluar la absorción de las harinas, tiempo de desarrollo de la masa y estabilidad (tolerancia).

Fuerza: Es la medida de la capacidad de una harina para producir una pieza de pan bien crecida y de gran volumen.

Molturación: Se trata de un proceso progresivo de reducción o degradación del grano de trigo.

Recristalización: Es una técnica de purificación para separar un producto cristalino de alto valor de las impurezas no deseadas disueltas.

Reología: La reología es el estudio de la deformación y flujo de materias primas, productos intermedios y productos terminados.

Solubilidad: La proporción en que una cantidad determinada de una sustancia se disolverá en una cantidad determinada de un líquido, a una temperatura dada. En términos generales, es la facilidad con que un sólido puede mezclarse homogéneamente con el agua para proporcionar una solución química.

Tolerancia: Capacidad de una harina para soportar un proceso de fermentación durante un período de tiempo superior al que normalmente es necesario, dando aún un pan satisfactorio.