



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

IDENTIFICACIÓN DE LOS EFECTOS SOBRE LAS PROPIEDADES
TECNOLÓGICAS, FISICOQUÍMICAS Y NUTRICIONALES DEL PAN
TIPO MOLDE EMPLEANDO LA ENZIMA -AMILASA.

LOPEZ CORDOVA GENESIS MARIA
INGENIERA EN ALIMENTOS

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

IDENTIFICACIÓN DE LOS EFECTOS SOBRE LAS PROPIEDADES
TECNOLÓGICAS, FISICOQUÍMICAS Y NUTRICIONALES DEL
PAN TIPO MOLDE EMPLEANDO LA ENZIMA -AMILASA.

LOPEZ CORDOVA GENESIS MARIA
INGENIERA EN ALIMENTOS

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

EXAMEN COMPLEXIVO

IDENTIFICACIÓN DE LOS EFECTOS SOBRE LAS PROPIEDADES TECNOLÓGICAS,
FISICOQUÍMICAS Y NUTRICIONALES DEL PAN TIPO MOLDE EMPLEANDO LA
ENZIMA -AMILASA.

LOPEZ CORDOVA GENESIS MARIA
INGENIERA EN ALIMENTOS

CARRION ESPINOSA WILSON EMMANUEL

MACHALA, 30 DE AGOSTO DE 2022

MACHALA
30 de agosto de 2022

IDENTIFICACIÓN DE LOS EFECTOS SOBRE LAS PROPIEDADES TECNOLÓGICAS, FISICOQUÍMICAS Y NUTRICIONALES DEL PAN TIPO MOLDE EMPLEANDO LA ENZIMA α -AMILASA

por Genesis María López Córdova

Fecha de entrega: 05-ago-2022 09:38p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1879330408

Nombre del archivo: UTRICIONALES_DEL_PAN_TIPO_MOLDE_EMPLEANDO_LA_ENZIMA_-AMILASA.pdf
(744.56K)

Total de palabras: 8490

Total de caracteres: 47760

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, LOPEZ CORDOVA GENESIS MARIA, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado IDENTIFICACIÓN DE LOS EFECTOS SOBRE LAS PROPIEDADES TECNOLÓGICAS, FISICOQUÍMICAS Y NUTRICIONALES DEL PAN TIPO MOLDE EMPLEANDO LA ENZIMA - AMILASA., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 30 de agosto de 2022



LOPEZ CORDOVA GENESIS MARIA
0706159506

DEDICATORIA

Dedico este presente trabajo de investigación a Dios por haberme concedido llegar a este momento de mi vida, a mis padres que han sido la base fundamental durante estos seis años de estudio con ellos todo esto fue posible, a mis familiares que de una u otra manera siempre estuvieron presentes. A todos mis profesores que a lo largo de la carrera siempre estuvieron prestos para compartirnos y ayudarnos con conocimientos en toda la carrera profesional.

Génesis María López Córdova

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a la vida por bendecirme durante todo el transcurso de mi carrera profesional por permitirme cumplir una de mis más grandes metas. Agradecida con mis Padres por el apoyo incondicional por haber estado siempre a mi lado esforzándose y guiándome durante todo este camino, a mi hermana y toda mi familia. A todos mis docentes que estuvieron siempre prestos para compartirnos sus conocimientos, experiencias y sobre todo a su amistad sincera, gracias a mi tutor Ing. Wilson Carrión por la paciencia y sus conocimientos que me ayudó a finalizar mi investigación.

Génesis María López Córdova

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación tiene como objetivo identificar los efectos sobre las propiedades tecnológicas, fisicoquímicas y nutricionales del pan tipo molde empleando la enzima α -amilasa.

La enzima α -amilasa fúngica se incorpora a la masa para pan tipo molde ya que esta mejora la textura y reduce el envejecimiento del mismo, en la industrias de los cereales y sus derivados en este caso la panificación actualmente utilizan enzimas como Glucosas oxidasas, liasas, isomerasa, oxidorreductasa en especial las hidrolasa que degradan los complejos de carbohidratos a complejos a simples que son utilizados por las levaduras en la fermentación y se aprovecha el sustrato, dentro de las hidrolasas se considera la enzima α -amilasa fúngica obtenida del *Aspergillus oryzae*, catalizador biológico que funciona directamente con la molécula del almidón.

Los resultados obtenidos mediante la incorporación de la enzima α -amilasa son beneficiosos en la industria de panificación, ayudando a la termoestabilidad, alineación de la estructura y al rendimiento que resalta la importancia para determinar la estabilidad y especificidad molecular en condiciones óptimas.

Palabras clave: enzima - α -amilasa – panificación – propiedades tecnológicas.

ABSTRACT

The objective of this research work was to identify the effects on the technological, physicochemical and nutritional properties of pan-type bread using the enzyme α -amylase.

The fungal α -amylase enzyme is incorporated into the dough for mold-type bread since it improves its texture and reduces its aging. In the cereal and derivative industries, in this case, baking currently uses enzymes such as glucose oxidases, , isomerase, oxidoreductase, especially the hydrolases that degrade carbohydrate complexes to simple complexes that are used by yeasts in fermentation and the substrate is used, within the hydrolases the fungal α -amylase enzyme obtained from *Aspergillus oryzae* is considered, biological catalyst that works directly with the starch molecule.

The results obtained by incorporating the α -amylase enzyme are beneficial in the baking industry, helping thermostability, structure alignment and performance, which highlights the importance of determining molecular stability and specificity under optimal conditions.

Keywords: enzyme - α -amylase – baking – technological properties.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
I. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	11
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
II. DESARROLLO.....	12
2.1.PAN.....	12
2.1.1. HISTORIA.....	12
2.1.2. PRODUCCIÓN DE PAN EN ECUADOR.....	12
2.1.3. PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN EN ECUADOR.....	13
2.1.4. DEFINICIÓN Y TIPOS DE PAN.....	14
2.1.5. MATERIAS PRIMAS EN LA ELABORACIÓN DE PAN TIPO MOLDE	14
2.1.6. PROCESO DE ELABORACIÓN DE MASA MADRE.....	17
2.1.7. FORMULACIÓN DEL PRODUCTO.....	18
2.1.8. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL PAN TIPO MOLDE.....	19
2.1.9. FERMENTACIÓN.....	21

2.1.10. CONTROL DE CALIDAD.....	22
2.1.11. PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DEL PAN.....	22
2.1.12. FISICOQUÍMICAS DEL PAN.....	23
2.1.13. PROPIEDADES NUTRICIONALES DEL PAN.....	25
2.2. ENZIMAS.....	26
2.2.1. ENZIMAS EN EL PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS.....	26
2.2.2.USO DE ENZIMAS.....	26
2.2.3.CLASIFICACIÓN.....	28
2.3. α -AMILASA.....	29
2.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ENZIMA α -AMILASA.....	30
2.3.2. PARAMETROS OPTIMOS.....	31
2.3.3. EFECTOS FAVORABLES.....	31
2.3.4. α - AMILASA DENTRO DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA	32
2.4. PRODUCCIÓN DE α -AMILASA FÚNGICA.....	33
III. CONCLUSIONES.....	36
IV. BIBLIOGRAFÍA.....	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Formulación.....	18
Tabla 2: Diagrama de flujo de elaboración de pan de molde.....	19
Tabla 3: Clasificación de las enzimas.....	28
Tabla 4: Características de diferentes procedencias.....	30
Tabla 5: Ejemplo de la enzima α-amilasa más utilizada en alimentos y su fuente de obtención.....	32
Tabla 6: Comportamiento de la α – amilasa fúngica.....	35

I. INTRODUCCIÓN

La producción de pan se dio en la edad media ya que es un alimento básico en la alimentación diaria de las personas. La harina de trigo en Ecuador se produce mayoritariamente en la ciudad de Bolívar el sembrío se da en 4500 has, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura y Carchi, los cuales abastecen a los mercados internos del país e incrementando la demanda anual del 3% es decir el 97 % es importado para poder abastecer el consumo total (Achundia et al., 2019).

En la panificación es importante identificar los efectos sobre las propiedades tecnológicas, fisicoquímicas y nutricionales del pan tipo molde empleando la enzima α -amilasa detallando los parámetros óptimos para la aplicación de la misma indagando sobre las propiedades tecnológicas, físico químico y nutricional del pan tipo molde y describir los efectos favorables que se producen (Monobanda, 2017).

En las industrias alimentarias se han utilizado enzimas para avances biotecnológicos y tecnológicos, las enzimas se han venido incorporando dentro de la panificación para mejorar la calidad de los productos como pan integral dentro de este tipo de pan está el de molde, se buscan alternativas para ofertar en el mercado con la calidad requerida con materias primas de alta calidad y las formulaciones optimicen los recursos (Aguirre , 2019).

Las enzimas provienen de diferentes fuentes animales, plantas y microbianas que demuestran varias ventajas al ser utilizadas dentro de las industrias como el rendimiento de los productos, ayuda a facilitar los procesos de producción posteriores y rinde con productos de alta calidad (Fernandes, 2018).

La α -amilasa se obtiene comúnmente de diferentes hongos como *Aspergillus oryzae* y microorganismos en particular los *Bacillus* que se enfocan en determinar los parámetros de pH, temperatura y concentración de la actividad máxima de la enzima (Pulloquina, 2011).

“La α -amilasa de origen fúngico se produce por fermentación de una cepa de hongo *Aspergillus niger* es la más utilizada en la fabricación del pan, las amilasas, como todas las enzimas, se inactivan con el incremento de temperatura de 60° C que se produce al entrar al horno: son proteínas y, por tanto, termolábiles” (Ronquillo, 2012).

1.1. OBJETIVO GENERAL

Identificar los efectos sobre las propiedades tecnológicas, fisicoquímicas y nutricionales del pan tipo molde empleando la enzima α -amilasa.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Indagar sobre las propiedades tecnológicas, físico químico y nutricional del pan tipo molde.
- Detallar los parámetros óptimos para la aplicación de la enzima α -amilasa.
- Describir los efectos favorables que produce la enzima α -amilasa en el pan tipo molde.

II. DESARROLLO

2.1.PAN

2.1.1. HISTORIA

En la edad media la producción de panes se mejoraron los molinos y la agricultura, ya que el pan es un alimento básico de la población y también era un símbolo de status, es una de las principales fuentes de energía que lo constituyen, en la historia es un alimento que forma parte de la dieta de algunos lugares en el mundo recomendado por la Organización Mundial de la Salud el cual se debe consumir aproximadamente 200 a 250g/día. La elaboración de pan se realiza por un fermento designado base, se lo realiza con doce horas de anticipación consta de agua, levadura y azúcar, el tiempo de reposo, la base entra en proceso de autólisis beneficiando la elasticidad e incrementa la estructura del gluten, en Ecuador la fabricación de pan es diversa ya que en cada región del país se lo elabora según una tradición gastronómica (Fierro et al., 2018).

2.1.2. PRODUCCIÓN DE PAN EN ECUADOR

Ecuador es un país que se ha caracterizado por el consumo de pan a diario y la producción utiliza como materia prima primordial la harina de trigo (*triticum aestivum sativum*) los países donde se cosechan son: Estados Unidos, India, China, Australia, Canadá, Rusia, Ucrania, Irán, Turquía, Argentina, Pakistán y Kazajstán. En Ecuador la mayor producción de trigo es en Bolívar (4500 has), Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura y Carchi; constituyendo sólo el 2% (9000 TM), las cuales no abastecen los mercados internos del país, e incrementando una demanda anual de 2 a 3 % (Achundia et al., 2019).

La especie mayormente cultivada en Ecuador es la (*tricum aestivum o vulgare*) es la especie utilizada para la producción de harina del país y con el 95% de cultivos en el mundo.

En la industria alimentaria se busca nuevas alternativas para la panificación, como es el caso el empleo de aditivos, para así ofertar en el mercado el cual es exigente a un buen precio y con la calidad requerida, las investigaciones en el medio se han llevado a cabo en el desarrollo de materias primas con un mejor rendimiento y formulaciones que optimicen recursos (Monobanda, 2017).

En la industria de la panificación el trigo es el cereal más utilizado, se están realizando estudios para utilizar nuevas alternativas en la producción de pan como son: arroz, cebada, centeno y maíz, y así satisfacer las necesidades de los clientes (Monobanda, 2017).

El Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censos (INEC), a finales del año 2015 determina que existen 16.144.000 habitantes ecuatorianos y sobre la plataforma de datos se programa una acentuación de población que superará los 20.000.000 habitantes para el año 2032, este aumento beneficiará a la industria de la panificación por el alto consumo que se viene dando más esta proyección que demandará una mayor producción de este alimento por la cultura de consumo que existe. La fabricación de pan está dentro de un campo muy extenso que contempla a todos los productos alimenticios que contengan como materia prima la harina de trigo y otras harinas vegetales empleadas a nivel artesanal y medianas empresas (Monobanda, 2017).

2.1.3. PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN EN ECUADOR

Materias primas: como ejemplo tenemos: grasas especializadas, leudantes especializados, harina de trigo importada y aditivos que se utilizan en el proceso de amasado industrial para productos como: pan, pastelería, galletería, extruidos (fideos y pastas) y otros insumos los cuales son de fácil adquisición encontrándose en: supermercados, cafeterías y tiendas grandes (Monobanda, 2017).

2.1.4. DEFINICIÓN Y TIPOS DE PAN

El pan es un producto perecedero que su resultado se da por el proceso de horneado de la masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal comestible y agua potable, que es fermentada por especies propias de la fermentación panaria como *Saccharomyces cerevisiae* (Mesas, 2002).

Pan común: elaborado con harina de trigo, sal, levadura y agua, se le puede añadir ciertos coadyuvantes tecnológicos y aditivos autorizados por el Codex Alimentarius, dentro de este tipo de pan se incluyen:

- **Pan breado:** es de miga dura y está perfilado con cilindros refinadores.
- **Pan de fama:** o de miga blanda, es obtenido con mayor proporción de agua que el pan berreado y normalmente no necesita del uso de cilindros refinadores para su elaboración (Mesas, 2002).

Pan especial: por su composición se pueden integrar aditivos o coadyuvantes especiales, por el tipo de harina o por otros ingredientes especiales (leche, huevos, grasas, cacao, etc.), por no llevar sal, por no haber sido fermentado o por cualquier otra circunstancia. Dentro del pan especial están:

- Integral, viena, cereales, huevo, leche, de pasa y:
- **Pan de molde:** o americano, tiene una corteza blanda en cuya cocción se emplean en moldes (Mesas, 2002).

2.1.5. MATERIAS PRIMAS EN LA ELABORACIÓN DE PAN TIPO MOLDE

Las características de las masas en la panadería es considerado como lo más relevante ya que define las características físicas y sensoriales de calidad, el gluten es un elemento

especial en el proceso el cual aproximadamente representa un 12%. Las mezclas preparadas y los aditivos son complementos que se añaden de manera conjunta y mejoran las propiedades antes mencionadas como aroma, sabor y textura, por lo que actualmente hay gran variedad de productos de panadería cada vez mejorando su oferta de acuerdo a las exigencias del consumidor (Mesas, 2002).

Algunos requisitos para la calidad de la levadura es la fuerza, capacidad de gasificación que permite una agitación vigorosa, uniformidad de la levadura que debe producir los mismos resultados, si no se cumple con los requisitos de la levadura no habrá aumento de volumen en la masa de manera adecuada siendo las funciones de la levadura en panificación son las siguientes: hace posible la fermentación de alcohol y gas carbónico, aumenta el valor nutritivo al suministrar al pan de proteínas suplementarias, y le da sabor característico al pan (Gomez et al., 2021).

Harina: producto obtenido tras la trituration del endospermo del grano de trigo, en el endospermo aparecen todos los componentes del grano del cereal, el primordial de la harina es el almidón y las proteínas insolubles: gliadinas y gluteninas que representan el 85% que en conjunto reciben el nombre de gluten y con adición de agua al unirse dan lugar a esta red, la harina es la encargada de suministrar las características plásticas al pan (Arizcuren, 2017).

Las proteínas, que se adhieren formando la red de gluten, son las encargadas de la retención del CO₂ que se produce durante la fermentación alcohólica, esto es determinante para el volumen final del pan, y la estructura de la miga (Arizcuren, 2017).

Agua: facilita el amasado de la harina, es necesaria para la formación de la red del gluten, ayudada de la energía que se aporta en el amasado, la presencia de agua es

fundamental por el desarrollo de las levaduras que se encarga la fermentación de la masa y también ayuda a controlar la temperatura de la misma (Arizcuren, 2017).

Sal: se añade para darle sabor, siendo parte importante en la fermentación y favorece la coloración de la corteza del pan en cocción y aumenta la capacidad de retención de agua en la masa (Arizcuren, 2017).

Levadura: se le añade a la masa con el objetivo de realizar la fermentación, convirtiendo así los azúcares reductores en etanol y CO₂, este CO₂ queda atrapado en la red de gluten y aumenta el volumen de la masa volviéndola esponjosa, los principales componentes presentes son las levaduras *Sacharomyces cerevisia* que realizan la fermentación alcohólica y también pueden estar presentes bacterias del género *Bacillus* como *B. subtilis*, *B. stearothermophilus*, *B. licheniformis* y *B. amyloliquefaciens*, que actúan durante la fermentación ayudando al pan con sus principales características organolépticas, a temperaturas óptimas de 25-90°C (Quintero et al., 2009).

Existen tipos de levaduras para panificación:

Levadura comercial o de panadería: se prepara de manera industrial a través de cultivos de microorganismos como la *Saccharomyces cerevisiae* (Quintero et al., 2009).

Masa madre: se prepara a partir de la microflora propia de la harina, se mezcla bien la harina y el agua y se deja reposar para que por sí sola se logre fermentar, un beneficio que aporta el uso de masa madre es lograr mejorar el valor nutricional del pan (Arizcuren, 2017).

2.1.6. PROCESO DE ELABORACIÓN DE MASA MADRE

Los tres primeros sistemas generales en la elaboración de pan vienen determinados principalmente por el tipo de levadura a utilizar que pueden ser: mixto, directo y esponjoso, con las características de cada proceso o sistema de elaboración y cada tipo de masa encontrándose las siguientes:

Amasado: el objetivo es lograr que la mezcla de los distintos ingredientes sea por medio del trabajo físico, las características plásticas de la masa vienen dadas por la oxigenación (Mesas, 2002).

División y pesado: esta etapa proporciona a las piezas el peso justo, se trata de piezas grandes que se suelen pesar a mano, para las piezas pequeñas se puede utilizar una divisora hidráulica, pesando a mano un fragmento de masa múltiplo del número de piezas que da la divisoria (Mesas, 2002).

Reposo: este proceso sirve para que la masa descansé y se recupere de la desgasificación sufrida durante la división y boleado (Mesas, 2002).

2.1.7. FORMULACIÓN DEL PRODUCTO

Tabla 1: Formulación

Ingredientes	Cantidad (g)	Porcentaje (%)
Harina de trigo	778g	77,8 %
Huevo	70g	7,0 %
Azúcar	60g	6,0 %
Margarina	60g	6,0 %
Levadura	15g	1,5 %
Agua	10ml	1,0 %
Sal	5g	-
Polvo de hornear	2g	0,2 %
Enzima	75	ppm

Fuente: (Ronquillo, 2012)

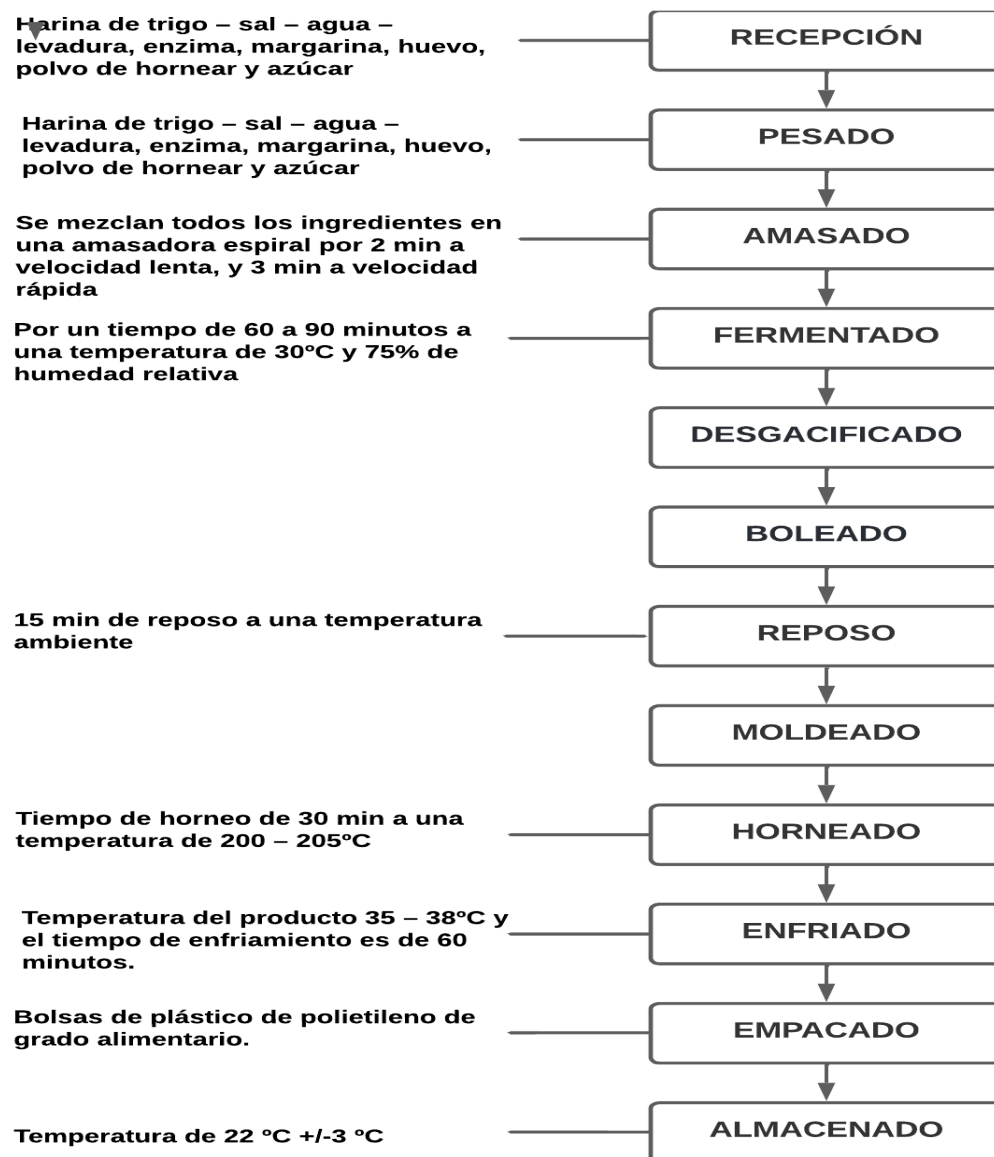
Esta formulación se la tomó en cuenta de un diseño experimental A*B descrito por (Ronquillo, 2012), donde las variables son harina de trigo y la concentración de la α -amilasa, se trabajó con 12 tratamientos, con una réplica dando un total de 24 tratamientos, explicado el mejor tratamiento dentro de la investigación fue denominado a_1 y b_0 (harina de trigo nacional + 70ppm de la enzima α -amilasa) por lo tanto el producto a elaborarse no tendrá un tiempo de vida útil prolongado (Ronquillo, 2012).

En otro estudio, la concentración de alfa-amilasa, establece el tiempo de estabilidad y se realizaría con diferentes concentración (50 ppm, 75 ppm y 100 ppm) ya que no incide en los resultados del tiempo de estabilidad, aunque se sugiere utilizar una concentración de 75 ppm ya que la producción de dextrinas aumenta a medida que aumenta la concentración de alfa-amilasa (Pulloquina, 2011).

2.1.8. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL PAN TIPO MOLDE

Todo el proceso de elaboración del pan muestra la secuencia de los diferentes pasos seguidos durante la preparación del pan adicionando la enzima α -amilasa (Seema et al., 2020).

Tabla 2: Diagrama de flujo de elaboración de pan de molde



Fuente: Autoría Propia

RECEPCIÓN: recepción de todas las materias primas para la elaboración del pan: harina de trigo (NTE INEN 616, 2015), sal (NTE INEN 57, 2015), agua (NTE INEN 1108, 2011), levadura (NTE INEN 1529-10, 2013), Enzima (NTE INEN CODEX 192, 2016), margarina, huevo, polvo de hornear y azúcar.

PESADO: en esta etapa las piezas son de 900 g, se pueden utilizar una división hidráulica, pesando a mano un fragmento de masa en donde las grandes panificadoras el horario de rendimiento oscila entre las 1000 y 5000 piezas se suele recurrir a las divisiones volumétricas continuas.

AMASADO: en esta etapa logramos mezclar todos los ingredientes de manera uniforme y por medio del amasado conseguir que esta adquiera la oxigenación requerida, se realiza en una amasadora espiral de 2 minutos a velocidad lenta, 3 minutos a velocidad rápida, añadiendo de acuerdo a investigaciones científicas la concentración de α -amilasa se trabajaría con 75 ppm para un mayor tiempo de vida útil.

FERMENTADO: consiste en el desarrollo de la fermentación alcohólica la misma que aprovecha los azúcares de la masa y produce etanol y CO₂ esto se lleva a cabo por un tiempo de 60 a 90 minutos a una temperatura de 30°C y 75% de humedad relativa, cabe indicar que también se desarrolla características organolépticas propias de este tipo de pan. El CO₂ queda retenido en la masa y este aumenta su volumen dándole la esponjosidad requerida (Arizcuren, 2017).

DESGASIFICADO: Se retiró la masa y se amasó por uno a dos minutos para retirar el CO₂ formado durante la fermentación.

BOLEADO: dividir la masa en dos piezas en forma de bola con el objetivo de reconstruir la estructura de la masa tras la división.

REPOSO: se deja reposar la masa en un tiempo de 15 minutos y a una temperatura ambiente para que se recupere de la desgasificación que sufre tras la división y boleado.

MOLDEADO: en esta etapa le damos la forma y el peso requerido para cada pieza de pan.

HORNEADO: es transformar la masa ya fermentada en pan, los procesos que se dan en esta etapa son la evaporación de todo el etanol producido por las levaduras durante la fermentación, el pardeamiento de la corteza de pan, el interior del pan nunca debe superar los 100°C se somete a temperaturas de 200 a 205°C durante 30 minutos

ENFRIADO: se realiza a temperatura del producto 35 – 38°C y el tiempo de enfriamiento es de 60 minutos.

EMPACADO: en esta etapa las piezas de pan se colocan en bolsas de plástico de polietileno de grado alimentario, listas para la venta.

ALMACENADO: temperatura de 22°C +/-3 listo para el consumidor, de buena calidad.

2.1.9. FERMENTACIÓN

Consiste básicamente que la fermentación alcohólica es llevada a cabo por levaduras que transforman los azúcares fermentables en etanol, CO₂ y otros secundarios, cuando se utiliza levadura de masa se produce en menor medida otras fermentaciones llevadas a cabo por bacterias, el objetivo de la fermentación es la formación de CO₂ para que al ser retenido por la masa se esponje es decir crezca en volumen y así se mejore el sabor del pan como consecuencia de las transformaciones que sufren los componentes de la harina. La fermentación se produce durante todo el tiempo que transcurre desde que se ha mezclado los

ingredientes (amasado) hasta que la masa ya dentro del horno alcanza unos 50 °C en su interior (Gomez et al., 2021).

La fermentación se produce durante el tiempo que transcurre desde la mezcla de los ingredientes (en el amasado) hasta que se encuentre dentro del horno que alcanza la masa en su interior unos 100°C (Mesas, 2002).

La prefermentación correspondiente a la elaboración de la masa madre o de la esponja en los métodos indirectos (Mesas, 2002).

2.1.10. CONTROL DE CALIDAD

Para la producción de pan tipo molde, la harina es la materia prima esencial, los parámetros de calidad deben ser excelentes de acuerdo a la industria donde se fabrica, la masa se destaca por la fuerza de la harina de esta depende la calidad y cantidad de gluten en investigación esto se mide en el Alveógrafo de Chopin también mide la presión soportada por la burbuja de la masa hasta que explota, la calidad en panificación corresponde a la masa que debe tener tenacidad (harinas de mucha fuerza) estas impiden el levantamiento de masa por lo que se destinan a la elaboración de pastas extrusionadas, masa equilibradas que se desarrollan bien durante la fermentación y cocción y se destinan a panificación, masas de poca fuerza (harinas flojas) que no aguantan bien la presión del CO₂ durante la fermentación y cocción y se consignan a la elaboración de galletas y productos similares o bien a mezclarlas con harinas de mucha fuerza (Mesas, 2002).

2.1.11. PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DEL PAN

Según (Gimeno, 2013) se basa en una formulación de los diferentes ensayos realizados en panificación en el laboratorio y se han considerado las características

tecnológicas de la masa obtenida de pan, en el amasado se determinó en la amasadora del laboratorio de (KitchenAid 5KSM150PS, Saint Joseph, Michigan, Estados Unidos) con una capacidad de 4,83 L, en un total de 12 minutos, los cuatro primeros fueron a 71 rpm y en los siguientes 8 minutos que restaban a 91 rpm, se incorporaron ingredientes tales como harina, sal, levadura, agua, azúcar en respectivo orden, la formulación con un porcentaje de aceite de oliva demasiado elevado se realizó progresivamente a la masa una vez que inicio la fase de amasado.

2.1.12. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL PAN

Las propiedades físico químicas se dan mediante análisis químico de la harina aplicando el método descritos por la (AOAC) – Asociación de químicos analíticos oficiales para la determinación de humedad, cenizas, grasas, proteínas, almidón de fibra dietética soluble, insoluble y total, estos análisis se dieron por triplicado, la amilosa fue medida por el método reportado por (Pacheco et al., 2011) almacenados los panes a temperatura de refrigeración (Roa et al., 2010)

Hidrólisis del almidón “In vitro” se realizó este método según (Peña et al., 2009), la hidrólisis se efectúa durante 180 min utilizando α -amilasa pancreática porcina de Sigma C.A (4 mg.mL⁻¹ de buffer fosfato) y la glucosa liberada a 37°C con agitación, se midió con kit comercial UltraLab C.A.

De acuerdo (Roa et al., 2010) el análisis físico se realizó un pesaje y toma de dimensiones del pan después del horneado con el fin de implantar una pérdida de peso utilizando una balanza gramera y el almacenamiento fue de 3 días, la primera fase reside en medir la permeabilidad de agua de la miga, se disponen en una probeta de 500mL y se le adicionaron en 400mL de agua y se dejó sedimentar por 30 min y se pesó el volumen absorbido por cada una de las migas. En el ensayo de desprendimiento se realizó el pesado de

los panes, se dividió en 8 partes y se procedió a colar en un tamiz metálico durante 15 min, pasado el tiempo se pesaron y observaron los finos obtenidos de la formulación

Composición química de los panes se llevaron a cabo de acuerdo a los métodos estandarizados descritos en (AOAC), humedad por estufa de secado, proteína cruda método de Kjeldahl, extracto estéreo método de Soxhlet, cenizas por calcinación, fibra cruda por hidrólisis ácida alcalina y contenido de aminoácidos por cromatografía de intercambio iónico y por espectrofotometría ultravioleta-visible (Calvo et al., 2020).

Determinación de pH

El pH es la acidez de un alimento este está relacionado con la resistencia del desarrollo de microorganismos indeseables, sabor, color entre otros factores el pH de los alimentos es uno de los principales factores que determina la supervivencia y crecimiento de los microorganismos durante el proceso, almacenamiento y distribución, durante esta investigación se obtuvo como mejor tratamiento la harina de trigo importado + 70 ppm de enzima alfa amilasa (Ronquillo, 2012).

Determinación de acidez

Es una medida de cambios de concentración de ácidos orgánicos del alimento, el ácido predominante en panificación es el ácido láctico, la acidez se expresa en % , se estableció el mejor tratamiento de harina de trigo integral + 100 ppm de la enzima alfa amilasa presentado por un valor de 0,02% de ácido láctico mientras que la muestra patrón tiene un valor de 0,046 para este tipo de productos tiene un límite máximo de 0,70 % ácido láctico es decir que se encuentra dentro de los parámetros establecidos de la norma (NORMA INEN 13, 1983) - (Ronquillo, 2012).

Determinación de la enzima

Se seleccionó como mejor tratamiento al de harina de trigo importado + 70 ppm de la enzima alfa amilasa presentando una humedad de 19,77 se escogió este tratamiento una vez realizado la prueba de comparación múltiple Tukey a un nivel de significancia del 0.05 %, la muestra del patrón presenta un valor de 20,42 % (Ronquillo, 2012).

2.1.13. PROPIEDADES NUTRICIONALES DEL PAN

En la composición nutricional de la harina para la elaboración del pan se determinaron la muestra por técnica de AOAC Internacional, para el contenido de lípidos totales, proteína y minerales totales, los hidratos de carbono (HC) se calcularon por diferencia empleando una expresión: $HC = 100 (L + P + M)$. L: lípidos, P: proteínas, M: minerales (Miranda et al., 2018)

Proteínas

(Fierro, 2010), el pan aporta proteínas vegetales procedentes del grano del cereal, abunda la proteína denominada gluten esto hace posible que la harina sea panificable.

Vitaminas y minerales

Es una fuente de vitaminas del grupo B (tiamina o B1, riboflavina o B2, piridoxina o B6 y niacina), necesaria para el aprovechamiento de los hidratos de carbono, proteína y grasas (Fierro, 2010).

Fibra

Las variedades integrales y de cereales son las más ricas en fibra, el unico parametro que se debe tomar en cuenta es para el pan de molde por la humedad, el agua no debe superar el 38% en los panes especiales en los que se encuentran el pan tipo molde (Fierro H. , 2010).

El componente mayoritario en el pan de molde son los hidratos de carbono que representan el 4 y el 5% del producto (Fierro, 2010).

2.2. ENZIMAS

Las enzimas son proteínas de un grupo muy variado formado por aminoácidos covalentemente unidos por su función es actuar como catalizadores en reacciones químicas, la actividad catalítica de las enzimas es decir estructura tridimensional que forman cavidades llamadas sitios activos, muestran afinidad por las moléculas específicas que son las sustancias que se convertirán en productos, también son capaces de acelerar reacciones químicas específicas en un medio acuoso en condiciones en las que los catalizadores no biológicos son incapaces de realizar iguales funciones (Ramírez et al., 2014)

2.2.1. ENZIMAS EN EL PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS

El uso de las enzimas dentro de las industrias alimentarias demuestra varias ventajas como el reconocimiento de altos rendimiento en los productos, reduce la formación de subproductos secundarios no deseados y así mismo facilita el proceso posterior y facilita productos de alta calidad (Fernandes, 2018).

Las aplicaciones prácticas en las enzimas pueden requerir la acción de una sola enzima un ejemplo claro es la lactasa que esta promueve la hidrólisis de la lactosa en la producción de la leche sin lactosa o la acción concertada de varias enzimas por ejemplo la α -amilasa, pululanasa y glucosa isomerasa esto es en la producción de jarabe de alta fructosa o una combinación de amilasas, lipasas, oxidorreductasas y xilanasas en la producción de pan. ((Fernandes, 2018).

2.2.2.USO DE ENZIMAS

Están presentes en muchos alimentos de manera intrínseca, es decir que ya son parte de su composición un claro ejemplo la manzana cuenta con una enzima en su composición, la

polifenol oxidasa que es la responsable del pardeamiento enzimático por la acción del oxígeno, también es de interés industrial inhibir las enzimas para conseguir mejores propiedades (Aguirre , 2019).

En otras ocasiones se añaden en la preparación de los alimentos determinadas que proceden de otros organismos y tienen acción tecnológica en el alimento que se fabrica por ejemplo añadir enzima lactasa a la leche para obtener leche sin lactosa y que este producto ya terminado sea adecuado para los consumidores intolerantes a la lactosa, con la adición de estas enzimas también pretende disminuir los tiempos y costos de producción y fabricar productos adaptados a las demandas de la población (Aguirre , 2019).

Para el uso de las enzimas lo primero que se hace es localizar el microorganismo que contenga genes que codifican a la enzima que nos interesa, algunos de los microorganismos más usados para la obtención de estas enzimas son: bacterias del género *Bacillus*, hongos del género *Aspergillus* y Levaduras del género *Sacharomyces* (Aguirre , 2019).

El uso de la enzima lipoxigenasa que convierte los ácidos grasos en aldehídos los cuales son productos volátiles y se elimina de manera fácil, es utilizada para blanquear las harinas y mejora las propiedades reológicas de la masa del pan y se obtendrá productos más esponjosos es decir mejorará las propiedades organolépticas del pan (Aguirre , 2019)

α y β amilasas se obtienen a partir de cultivos bacterianos y hongos en su función es la degradación de almidón que es una macromolécula compuesta por cadenas de amilasa y amilopectina, esta molécula es la forma de almacenar carbohidratos en los tejidos vegetales (Aguirre , 2019).

La α -amilasa es obtenida a partir de *Aspergillus oryzae* es decir de origen fúngico que tiene como nombre comercial BIOAMILASE (Aguirre , 2019).

2.2.3. CLASIFICACIÓN

Se clasifican por el tipo de reacción catalizada por lo que la propiedad específica es la base pura para la denominación de las enzimas, las enzimas se clasifican por un código de cuatro dígitos precedido por EC, el primer dígito indica la enzima de las seis clases (oxidorreductasas, transferasas, hidrolasas, liasas, isomerasas y ligasas) dependiendo de la naturaleza de la reacción catalizada. Desde el año 1961 la Unión Internacional de Bioquímica, utiliza un sistema de clasificación y denominación, adoptado por convenio, que clasifica las enzimas en seis grandes grupos (Fernandes, 2018).

Tabla 3: Clasificación de las enzimas

Clase	Reacción Catalítica
EC 1 (oxidorreductasas)	Transferencia de electrones
EC 2 (transferasas)	Transferencia de grupos funcionales
EC 3 (hidrolasas)	Rotura de enlaces incorporando una molécula de agua
EC 4 (liasas)	Rotura de enlaces covalentes por adición o eliminación de grupos
EC 5 (isomerasas)	Reacciones de isomerización: transferencia de grupos dentro de la misma molécula
EC 6 (ligasas)	Formación de enlaces covalentes mediante reacciones de condensación

Fuente: (Fernandes, 2018).

Hidrolasas: degradación de carbohidratos complejos a simples para que estos sean utilizados por las levaduras en la fermentación y así haya un mejor aprovechamiento del sustrato para la fermentación alcohólica. Rompen o sintetizan enlaces covalentes de las moléculas (Peña et al., 2014).

Catalizan reacciones que implican la ruptura hidrolítica de enlaces químicos, tales como C=O, C-N, C-C. Actúan normalmente sobre moléculas grandes del protoplasma como lo son el glucógeno, las grasas y las proteínas. Sus nombres comunes se forman añadiendo el sufijo -asa al nombre de sustrato. Ejemplos.: lipasas, peptidasas, amilasa, maltasa, pectinoesterasa, fosfatasa, ureasa. También pertenecen a este grupo la pepsina, tripsina y quimotripsina (Fajardo et al., 2015).

2.3. α -AMILASA

La α -amilasa es una enzima que cataliza la hidrólisis de enlaces glicosídicos a 1,4 presentes en el almidón, glicógeno y otros polisacáridos, el almidón está compuesto por dos polímeros de glucosa: la amilosa que representa únicamente enlaces α -1,4 y la amilopectina que adicional a los enlaces α 1, 4 que posee sitios de ramificación a 1,6 (Quintero et al., 2009).

La industria del almidón es una de las principales usuarias de amilasas para la hidrólisis y modificación de esta materia prima con el fin de obtener glucosa, maltosa y oligosacáridos como es en el caso de panificación. La glucosa obtenida, también puede ser fermentada para producir etanol, aminoácidos y ácidos orgánicos (Quintero et al., 2009).

La α -amilasa se obtiene comúnmente de diferentes hongos como *Aspergillus oryzae* y microorganismos en particular los *Bacillus* (Pulloquina, 2011).

Las α -amilasas actúan de manera que hidrolizan el almidón así mismo proporcionando azúcares fermentables por las levaduras provocando el aumento del volumen del pan, ayuda a la conservación restando la retrogradación del almidón, la eficiencia de este proceso dependerá de la temperatura y grado de hidratación del almidón (Pulloquina, 2011).

2.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ENZIMA α -AMILASA

Una de las características de la α -amilasa es dada por el calcio estructural que tiene gran impacto en la termoestabilidad de la enzima debido a la alineación de una disposición tupida y su extracción por la causa de pérdida irreversible de actividad por desnaturalización debido a la inestabilidad que genera (Yañiquez et al., 2019).

De acuerdo (Yañiquez et al., 2019) los trabajos científicos publicados dicen que se analizan los efectos de los cofactores en el rendimiento de estas reacciones aunque resalta la importancia para determinar la estabilidad y especificidad molecular en condiciones óptimas. (Tejeda et al., 2019) en el estudio de sustitución de iones de calcio por magnesio en la α -amilasa de *Aspergillus oryzae* se determinó que la extracción indirecta de los iones calcio secundarios por los iones de magnesio afecta el rendimiento y la estructura de la enzima.

Tabla 4: Características de diferentes procedencias

Procedencia	pH óptimo	Temperatura Óptima	Temperatura de Inactivación
β-amilasa cereal	4-5	55°C	70°C – 75°C
α-amilasa cereal	4-5	65°C – 70°C	85°C
α-amilasa fúngica	5-7	65°C	75°C
α-amilasa bacteriana	5-7	70°C	Inactivación parcial a 100°C

Fuente: (García , 1964)

2.3.2. PARAMETROS OPTIMOS

La enzima α -amilasa proveniente del *Aspergillus oryzae* se enfoca en determinar los parámetros de pH, temperatura y concentración de la actividad máxima de la enzima (Yañiquez et al., 2019).

De manera experimental la evaluación de enzima α -amilasa de los parámetros antes mencionados se prepara el almidón soluble al 2% con agua de grado Millipor a 65°C con oscilación constante para la evaluación de la actividad enzimática, pH el almidón soluble se da a 65°C antes de la reacción para variar el rango de pH entre 2 a 10, empleando HCl y NaOH (1M) (Yañiquez et al., 2019).

Determinación de la actividad enzimática a concentración es por el método descrito por (Yañiquez et al., 2019), la correlación entre los parámetros variables de temperatura entre 20 y 70°C y el pH de 2 a 10 a concentración de enzima constante de 5U/mL (Yañiquez et al., 2019).

Determinación de la actividad enzimática a temperatura constante, evaluando la actividad enzimática por el método espectrofotométrico del complejo Iodo-Almidón se mantiene constante la temperatura de reacción a 50°C (Yañiquez et al., 2019).

Determinación de la actividad enzimática a pH constante, basados en la metodología descrita para la determinación de la actividad enzimática por espectrofotometría, evalúo el comportamiento de la enzima a pH=5 como constante (Yañiquez et al., 2019).

2.3.3. EFECTOS FAVORABLES

El efecto en el gluten favorece la reducción de la extensibilidad e incrementa la elasticidad, dando una mejor forma y una textura más fina a los panes.

Los efectos de la temperatura sobre la actividad enzimática, aceleran las reacciones químicas y enzimáticas que por cada 10 °C de incremento la velocidad de reacción se

duplicó, la velocidad de reacción se duplica, las enzimas que se utilizan en panadería comienza desde que se añade agua al amasado y termina en el horno (Pulloquina, 2011).

Los efectos del pH sobre la actividad enzimática es la medida de la acidez relativa de la masa que es muy importante en la elaboración de pan a partir de masas madres, la acidez es óptima en la actividad de las enzimas, en procesos con fermentaciones cortas, se obtiene difícilmente cuando no se añade una porción de masa madre (Pulloquina, 2011).

2.3.4. α - AMILASA DENTRO DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

En la industria panadera la enzima α -amilasa el motivo de la aplicación es dextrino genética que favorece la hidrólisis de la cadena lineal y ramificada del almidón favoreciendo un mix de dextrinas y evita retrogradación del almidón (Yubero, 2017)

Tabla 5: Ejemplo de la enzima α -amilasa más utilizada en alimentos y su fuente de obtención

Clasificación	Enzima	Fuente principal	Alimento	Aplicación
Carbohidrasa	α -amilasa	Hongos (Aspergillus niger, Aspergillus oryzae) Bacterias (Bacillus subtilis)	Cerveza Productos de panificación Cereales Edulcorantes Jugos	Aumentan los azúcares disponibles para la fermentación o para la absorción de agua. Evita el endurecimiento del pan.

Fuente: (Peña et al., 2014).

2.4. PRODUCCIÓN DE α -AMILASA FÚNGICA

La α -amilasa de origen fúngico se produce por fermentación de una cepa de hongo *Aspergillus niger* es la más utilizada en la fabricación del pan y como opción a la harina de malta es por ello que la α -amilasa fúngica tiene una mayor tolerancia a la sobre dosificación que la de origen cereal, lo que se basa en su desactivación durante la primera fase de la cocción (60-65° C) con ella que no existe el riesgo de que se produzca exceso de dextrinas, lo

cual produciría migas pegajosas. Las amilasas, como todas las enzimas, se inactivan con el incremento de temperatura que se produce al entrar al horno: son proteínas y, por tanto, termolábiles (Ronquillo, 2012).

Las amilasas fúngicas se inactivan a temperaturas de 60° C, mientras que las naturales del trigo lo hacen por encima de los 75° C, no sólo la temperatura es condicionante del funcionamiento de las enzimas también lo es el pH del medio, la acidez en la que la actividad de las enzimas es óptima, en procesos con fermentaciones cortas, se obtiene difícilmente cuando no se añade una porción de masa madre (Ronquillo, 2012).

La capacidad de producción de gas es uno de los parámetros importantes a controlar en las harinas, por una parte, de los azúcares libres presentes en la harina, que son los inicialmente atacados por la levadura al comienzo de la fermentación de la masa y agotados rápidamente. La continuidad de la fermentación viene asegurada por la obtención de azúcares fermentables a partir del almidón de la harina, el almidón está formado por largas cadenas construidas mediante la unión de múltiples moléculas de glucosa (Ronquillo, 2012).

El almidón está formado principalmente por dos componentes: cadenas rectas de azúcares simples (amilosa) y de cadenas muy ramificadas (amilopectina). Físicamente se agrupan estas cadenas, formando unas estructuras peculiares llamadas gránulos. Durante la molienda, parte de los gránulos sufren fisuras y roturas, quedando expuestos a la hidratación masiva así como al ataque progresivo de las amilasas (Yañiquez et al., 2019).

La α -amilasa corta las cadenas en unidades menores, denominadas dextrinas, mientras que la β -amilasa va separando de las dextrinas unidades de maltosa, este azúcar, formado por la unión de dos moléculas de glucosa, es ya asimilable por la levadura, el contenido de α -amilasa no es suficiente para alcanzar el ritmo de fermentación requerido en los procesos

actuales es por eso que es imprescindible corregir el contenido enzimático añadiendo un mejorante (Yañiquez et al., 2019).

De acuerdo a Parker y Ring (2001) durante el proceso de gelatinización, las moléculas de almidón vibran rompiendo los puentes de hidrógeno intermoleculares de las zonas amorfas de los gránulos, lo que provoca el hinchamiento por una absorción progresiva e irreversible de agua que finalmente se liga a la estructura, si no se logra una buena hidratación de los gránulos de almidón que es donde comienza el proceso de gelatinización, no se va a tener una masa maleable y suave para poder después empastarla.

Una vez que es agregada la enzima α -amilasa, se cataliza la adición de una molécula de agua a cada enlace glicosídico, rompiendo así las cadenas de amilosa y amilopectina (García, 1964).

Siendo así el efecto principal de las amilasas sobre la masa el aumento de la velocidad de fermentación, facilitada por la mayor producción de gas y por el ligero reblandecimiento de la masa producido por la liberación del agua absorbida por los gránulos de almidón atacados. Una dosificación excesiva de amilasas se traduce en masas pegajosas de difícil manipulación, al entrar la masa en el horno, y hasta la inactivación de las enzimas, se produce una aceleración violenta de las diferentes reacciones implicadas en la fermentación, aumentando la producción de gas, dilatándose éste y evaporándose el alcohol y parte del agua de la masa. (Yañiquez et al., 2019).

La gelatinización del almidón, mucho más sensible en ese estado al ataque enzimático, contribuye también. Las dextrinas no consumidas mantendrán a la miga más humectada, pero también determinará la coloración de la corteza (Ronquillo, 2012).

Tabla 6: Comportamiento de la α – amilasa fúngica

Comportamiento de la α – amilasa fúngica

Origen	Harina	α – amilasa fúngica
pH óptimo	4,7 – 5,4	4,2 – 5,8
Temperatura de inactivación	80°C	60°C

Fuente: (Tejero , 2019)

III. CONCLUSIONES

De acuerdo con la investigación realizada se lograron identificar los efectos sobre las propiedades tecnológicas del pan tipo molde empleando la enzima α -amilasa proveniente del *Aspergillus oryzae* que se enfoca en los parámetros óptimos como pH que oscila entre 5 a 7, temperatura de 65 °C y concentración de la actividad máxima de la enzima constante de 5U/mL.

Con respecto a las propiedades tecnológicas del pan se concluyó que la formulación de los diferentes ensayos realizados por medio de una aplicación progresiva de la enzima en la etapa del amasado, influye sobre las propiedades fisicoquímicas para ello se determinó: humedad, cenizas, grasas, proteínas, almidón de fibra dietética soluble, insoluble y total, este tratamiento se dio a panes almacenados a temperaturas de refrigeración, se llevaron a cabo de acuerdo a los métodos estandarizados descritos en (AOAC), humedad por estufa de secado, proteína cruda método de Kjeldahl, extracto estéreo método de Soxhlet, cenizas por calcinación, fibra cruda por hidrólisis ácida alcalina y contenido de aminoácidos por cromatografía de intercambio iónico y por espectrofotometría ultravioleta-visible.

Conforme a los parámetros óptimos de la aplicación de la enzima α -amilasa la actividad enzimática a pH constante, basados en la metodología descrita para la determinación de la actividad enzimática por espectrofotometría, evaluó el comportamiento de la enzima a pH=5 como constante.

En cuanto a los efectos favorables consiste en reducir la extensibilidad e incrementar la elasticidad dando una forma y textura más fina a los panes, el efecto de la temperatura sobre la actividad enzimática acelera las reacciones químicas por cada 10 °C de incremento, la velocidad se duplica, el pH es la medida de acidez en que la actividad es óptima en el

proceso de fermentación corta, la α -amilasa fúngica da efectos positivos dentro de las industrias de panificación, sobre la masa en el aumento de la velocidad de fermentación para mayor producción de gas.

IV. BIBLIOGRAFÍA

- Arizcuren, Z. S. (2017). Elaboración de pan de molde con subproductos de la industria cervecera. [Universidad Pública de Navarra]. *Trabajo fin de grado*. <https://hdl.handle.net/2454/25597>
- Achundia , C., & Martillo , A. (2019). *Estudio comparativo del valor nutricional de la harina de fruta de pan (Artocarpus altilis) frente a la harina de trigo (Triticum vulgare) [Trabajo de titulación, Universidad de Guayaquil]*. Repositorio Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/43821>
- Aguirre , A. (2019). *Enzimas Biotecnológicas y su aplicación a la industria alimentaria. [Trabajo fin de grado, Universidad Complutense]*. <https://fdocuments.ec/document/trabajo-fin-de-grado-enzimas-biotecnologicas-y-su-1479670122webtfgtfgmemoriaalmudena.html?page=1>
- Calvo, M., Lopez , O., Carranco , M., & Marines, J. (2020). Evaluación fisicoquímica y sensorial de un pan tipo baguette utilizando harinas de trigo (*Triticum spp*) y chícharo (*Pisum sativum L.*). *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 22(3), 3-4. <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/1227>
- Del Moral , S., Ramírez , L., & García , M. (2015). Aspectos relevantes del uso de enzimas en la industria de los alimentos [Universidad de Pamplona]. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2(3), 5-6-7-8. <http://www.reibci.org/publicados/2015/mayo/1000102.pdf>
- Fajardo , J., Gomez , A., Guerrero , C., Hernandez , Y., & Mayorga , C. (2015). Enzima principal precursor de bio-procesos: caracterización, inmovilización de la enzima paaina en la clarificación de jugo. [Universidad industrial de Santander]. 11. https://www.academia.edu/39991749/ENZIMA_PRINCIPAL_PRECURSOR_DE_BIO_PROCESOS_CARACTERIZACION_INMOVILIZACION_DE_LA_ENZIMA_PAPA%3%93N_DE_LA_ENZIMA_PAPA%3%8DNA_EN_LA
- Fernandes, P. (2018). *Enzymatic Processing in the Food Industry. [IBB – Institute for Bioengineering and Biosciences, Instituto Superior Técnico, Universidad de*

Lisboa, Portugal].

<https://iranarze.ir/wp-content/uploads/2018/10/E9699-IranArze.pdf>

Fierro, D., & Herrera, H. (2018). Análisis de la evolución de la panificación en la provincia del Carchi como patrimonio alimentario a través de la revalorización de sus técnicas y preparaciones tradicionales. *Innova Research journal - UIDE*, 3(8.1), 1 - 7.

<https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/748/748>

Fierro, H. (2010). *Estudio de vida útil del pan de molde blanco. [Previo a la obtención del título de tecnólogo en alimentos. Escuela Superior Politécnica del Litoral]*. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/9093>

García, F. (1964). *Las amilasas en panificación*. UPM(169), 3.

<https://oa.upm.es/8003/>

Gimeno, M. (2013). *Mejora las características tecnológicas de los perfiles sensorial y nutricional de un producto de panificación mediante la formulación con aceite de oliva virgen. [Tesis Doctorado, Universidad de Lleida]*. España.

<https://www.tdx.cat/handle/10803/109210?locale-attribute=es#page=1>

Gomez, K., Caballero, L., & Maldonado, J. (2021). Mejora de un proceso productivo de elaboración de pan. *RIINN - Revista Científica Facultad de Ingeniería*, 4.

<https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/rrii/article/view/2646>

Mesas, J., & Alegre, M. (2002). El pan y su proceso de elaboración. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* ISSN: 1135-8122, 3(5), 3-4.

<https://www.redalyc.org/pdf/724/72430508.pdf>

Miranda, P., Mufari, R., Bergesse, A., Planchuelo, A., & Calandri, L. (2018).

Calidad nutricional y propiedades físicas de panes libres de gluten. *Dialnet*, 38(3), 4. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6772254>

Monobanda, G. (2017). *Estudio del efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de arrozillo en la producción de pan. Repositorio Digital Institucional de la Escuela Politécnica Nacional*.

<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17026>

NORMA INEN 13. (1983). *Determinación de Acidez Titulable de la leche*.

<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/13.pdf>

NTE INEN 1108. (2011). *Norma Técnica Ecuatoriana Agua potable. Requisitos*.

<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1108.pdf>

- NTE INEN 1529-10. (2013). *Norma Técnica Ecuatoriana Control microbiológico de los alimentos, mohos y levaduras viables. Recuento en placa por siembra en profundidad.*
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1529-10-1.pdf
- NTE INEN 57. (2015). *Norma Técnica Ecuatoriana Sal para consumo humano. Requisitos.*
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_57-4.pdf
- NTE INEN 616. (2015). *Norma Técnica Ecuatoriana Harina de trigo. Requisitos.*
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte-inen-616-4.pdf>
- NTE INEN CODEX 192. (2016). *Norma Técnica Ecuatoriana para los aditivos alimentarios (CODEX STAN 192-1995, IDT).*
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen-codex_192.pdf
- Pacheco, D., Peña , J., Jimenez , P. (2011). Efecto del salvado de arroz sobre las propiedades físico-químicas y sensoriales de panes de trigo. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, 26(4), 2.
<https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26828>
- Peña , C., & Quirasco , M. (2014). ¿Enzimas en los alimentos? *Bioquímica de lo comestible. RDU - Revista digital Universitaria - revista.unam.mx*, 15(12), 4.
<https://www.revista.unam.mx/vol.15/num12/art94/>
- Pulloquina, M. (2011). *Estudio del efecto de Glucosidasas y Alfa-amilasas en la elaboración de pan con sustitución parcial de harina de papa (Solanum tuberosum) Nacional. [Trabajo Estructurado de Manera Independiente, Universidad Técnica de Ambato].*
<http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/836>
- Quintero , M., Montoya , O., & Gutierrez , P. (2009). Purificación y caracterización de una a-amilasa producida por la cepa nativa Bacillus sp. BBM1. *Universidad Nacional de Colombia sede Medellín*, 77(162), 2-5.
<http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v77n162/a04v77n162.pdf>
- Ramirez , J., & Ayala, M. (2014). Enzimas: ¿Qué son y cómo funcionan? *RDU - Revista digital universitaria - revista.unam.mx*, 15(12), 1.
<http://www.revista.unam.mx/vol.15/num12/art91/art91.pdf>
- Roa, C., & Hernandez , M. (2010). Efecto de la sustitución de grasa de panificación por aceite con omega 3 y 6 en las propiedades físicas y sensoriales del pan dulce. *Limentech - Ciencia y tecnología alimentaria ISSN 1692-7125*, 8(1), 6-7.

<https://1library.co/document/qop8em0z-efecto-sustitucion-grasa-panificacion-aceite-propiedades-fisicas-sensoriales.html>

- Ronquillo, H. (2012). *Estudio del efecto de la adición de la enzima Alfa-amilasa en un pan tipo muffin elaborado con tres tipos de harina. [Trabajo de Investigación, Universidad Técnica de Ambato]*.
<http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/3093>
- Seema, D., Bijender , K., Anil, K., Santosh, K., & Bijender, S. (2020). A review on biotechnological potential of multifarious enzymes in bread making. *ScienceDirect - Process Biochemistry*, 99(1), 3-4.
<https://doi.org/10.1016/j.procbio.2020.09.002>
- Tejero , F. (2019). Los mejorantes en panificación. *Asesoría técnica en panificación* , 7. <http://www.franciscotejero.com/tecnicas/los-mejorantes-en-panificacion/>
- Yañiquez , J., Huanca , S., Tejeda , L., Aliaga , E., Peñarrieta, M., & Mollinedo , P. (2019). Determinación de los parámetros temperatura, pH y concentración para la nueva enzima α -Amilasa Mg. *Revista Boliviana Química*, 36(1), 3.
https://www.researchgate.net/publication/343575219_Determinacion_de_los_parametros_temperatura_pH_y_concentracion_para_la_nueva_enzima_a-Amilasa_Mg
- Yubero, F. (2017). Relevamiento del uso de enzimas en la industria paraguaya y su aplicación en la producción de alimentos de animales. [Universidad Nacional de Asunción]. <http://scielo.iics.una.py/pdf/ccv/v6n1/v6n1a06.pdf>