



UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



**ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y
VETERINARIA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del examen de carácter Complexivo, presentado
al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo para
obtener el título de:

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

TEMA:

Influencia del uso de la amilasa, invertasa y xilanasa en la
fermentación de la industria panificadora.

AUTORA:

Anahís Yamileth Aviléz Chica

TUTOR:

Mg. ia. Yary Ruiz Parrales, MAE.

Babahoyo-Los Ríos-Ecuador

2024

Resumen

El estudio de caso aborda las deficiencias que presenta el proceso de la aplicación de enzimas como la amilasa, invertasa y xilanasa en los diversos productos que se elaboran en la industria panificadora, además, La industria panificadora es un sector crucial dentro de lo que es el ámbito alimentario esta industria despliega una amplia variedad de productos que satisfacen los gustos del consumidor en todo el mundo. Por lo que se destaca la importancia de un correcto manejo y aplicación de estas enzimas en el proceso de fermentación, enfatizando también, la necesidad de capacitación técnica adecuada, así como el cumplimiento de normativas de seguridad alimentaria, para tener un uso adecuado, por ende, requiere una mayor comprensión y aplicación adecuada de las enzimas en la panificación, para así pueda mejorar la calidad de la masa y la competitividad de las panaderías. La actividad de la amilasa es fundamental para la calidad, textura y conservación del producto final, La aplicación controlada de invertasa en cambio mejora la fermentación, el sabor, la textura y sobre todo la vida útil, por lo tanto, la xilanasa en la fermentación puede mejorar la extensibilidad de la masa y sobre todo dar como resultado una miga más uniforme y una textura mejorada. La correcta aplicación de estas enzimas da numerosos beneficios, el cual incluye mejora en la textura, vida útil más prolongada del producto, y sobre todo una reducción significativa del desperdicio.

Palabras claves: industria panificadora, enzimas, fermentación, calidad.

Abstract

The case study addresses the deficiencies presented by the process of the application of enzymes such as amylase, invertase and xylanase in the various products that are made in the baking industry, in addition, The baking industry is a crucial sector within what is the food field, this industry deploys a wide variety of products that satisfy the tastes of the consumer around the world. Therefore, the importance of correct handling and application of these enzymes in the fermentation process is highlighted, also emphasizing the need for adequate technical training, as well as compliance with food safety regulations, to have an adequate use, therefore, it requires a greater understanding and proper application of enzymes in baking. so that it can improve the quality of the dough and the competitiveness of bakeries. The activity of amylase is essential for the quality, texture and preservation of the final product, The controlled application of invertase instead improves fermentation, taste, texture and above all shelf life, therefore, xylanase in fermentation can improve the extensibility of the dough and above all result in a more uniform crumb and improved texture. The correct application of these enzymes gives numerous benefits, which include improved texture, longer shelf life of the product, and above all a significant reduction in waste.

Key words: baking industry, enzymes, fermentation, quality.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Resumen	II
Abstract.....	III
ÍNDICE DE CONTENIDO	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE ANEXOS	VII
1. CONTEXTUALIZACIÓN	1
1.1. Introducción	1
1.2. Planteamiento de problema	2
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos del estudio	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5. Línea de investigación	5
2. DESARROLLO	6
2.1. Marco conceptual	6
2.1.1. Introducción de la fermentación en la industria panificadora	6
2.1.2. Amilasa en la fermentación de la industria panificadora	6
2.1.2.1. Características sobre la calidad textural de la amilasa en la fermentación	7
2.1.3. Invertasa en la fermentación de la industria panificadora	8
2.1.3.1. Características sobre la calidad textural de la invertasa en la fermentación	8
2.1.4. Xilanas en la fermentación de la industria panificadora	9

2.1.5.1 Características sobre la calidad textural de la xilanasa en la fermentación	10
2.2. Marco metodológico	10
2.3. Resultados	11
2.4. Discusión de resultados.....	13
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	16
3.1. Conclusiones.....	16
3.2. Recomendaciones.....	16
4. REFERENCIAS Y ANEXOS	18
4.1. Referencias.....	18
4.2. Anexos.....	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Influencia de la amilasa en la panificación.....	11
Tabla 2.	Influencia de la invertasa en la panificación.....	12
Tabla 3.	Influencia de la xilanasa en la panificación.....	13
Tabla 4.	Desafíos en la aplicación y manejo de enzimas en la panificación...	14

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Fermentación en la industria panificadora, mamafermenta.....	27
Anexo 2.	La amilasa en la fermentación de la industria panificadora.....	27
Anexo 3.	La invertasa en la fermentación de la industria panificadora.....	28
Anexo 4.	La xilanasa en la fermentación de la industria panificadora.....	28
Anexo 5.	Calidad textural en la industria panificadora.....	29

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. Introducción

La industria panificadora es un sector crucial dentro del ámbito alimentario, Mordor Intelligence considera que en proyección esta industria en Latinoamérica se expandirá a una tasa de crecimiento del 7,09 % anualmente entre el 2018 y el 2023, además, sectorizada mente Levapan del Ecuador señala que actualmente cada persona consume 28 kg de pan anualmente; esta industria despliega una amplia variedad de productos que satisfacen los gustos y necesidades de consumidores en todo el mundo (Redacción Quito, 2019).

En la producción de pan existen los elementos fundamentales los cuales se encuentran en las enzimas, estas desempeñan un rol protagónico en la fermentación y la calidad final del producto. A base de esto, la amilasa, la invertasa y la xilanasas son enzimas de especial relevancia cuya utilización puede influir significativamente en el proceso de panificación (Del Moral et al., 2019).

La amilasa es una enzima que cataliza la hidrólisis del almidón en azúcares simples (glucosa y maltosa). Esta conversión favorece la fermentación y también actúa sobre la masa potenciando su textura, haciéndola más esponjosa además de aumentar su vida útil. No se puede dejar de enfatizar la importancia de la amilasa en la industria de la panificación para ofrecer productos de calidad que satisfagan a los consumidores (López González, 2022).

La invertasa descompone la sacarosa en glucosa y fructosa, que es responsable de la acción de fermentación, sabor y conservación de la masa. La adecuada hidrólisis de la sacarosa es indispensable para que se expresen estas propiedades sensoriales; En la repostería, por lo tanto, es importante utilizar esta enzima para optimizarlos (Vasallo et al., 2021).

La xilanasas es una enzima esencial en la despolimerización del xilano, un componente principal de la fracción de la hemicelulosa de la pared celular de cereales, especialmente la del trigo. Afecta la viscosidad y la estructura de la masa cuando se mezclan dos o más harinas de cereales. La presencia de xilanasas en un mejorador de pan podría mejorar apreciablemente la elasticidad, textura de la miga y otras cualidades del pan que lo harían más apetecible y atractivo para los consumidores (Hernández Téllez, 2020).

1.2. Planteamiento de problema

La industria panificadora enfrenta desafíos significativos relacionados con la fermentación eficiente y la calidad del producto final, agravados por el desperdicio generado en el proceso. Este desperdicio no solo implica una pérdida de recursos naturales, sino también un impacto económico y ambiental considerable, especialmente en los países en desarrollo (Rizo y Vuelta, 2021).

A nivel global, la industria panificadora enfrenta el reto de producir alimentos de alta calidad de manera eficiente y sostenible. En lo referente a Ecuador no se encuentra una excepción, específicamente en la provincia de Los Ríos, los desafíos se asocian a la falta de recursos y capacitación técnica. Por lo que, abordarlos requiere una mayor comprensión y aplicación adecuada de las enzimas en la panificación, lo que puede mejorar la calidad de la masa y la competitividad de las panaderías locales (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2024).

El uso ineficiente de enzimas como la amilasa, invertasa y xilanasas puede aumentar el desperdicio de alimentos y reducir la calidad de la masa, debido a problemas con la fermentación relacionados con los tratamientos inadecuados de las enzimas, así lo expone la Asociación de la Industria de la Panificación (AIB), en un porcentaje de hasta un 10% de la producción total de pan puede ser desperdiciada debido no solo a la fermentación, sino también a la textura deficiente (Leyva et al., 2019).

Este desperdicio no solo afecta la rentabilidad de las empresas panificadoras, sino también la seguridad alimentaria y el medio ambiente, por lo que la pérdida es directamente proporcional a los efectos de las enzimas mencionadas. El uso eficiente de enzimas puede ser una solución para abordar estos problemas (Asociación PNUMA-DTU, 2021).

Lo que vuelve importante la necesidad de realizar este estudio debido a que las enzimas amilasa, invertasa y xilanasas, que se relacionan directamente a la fermentación, desempeñan roles clave en la calidad de la masa. Es imperante un conocimiento y control de los procesos, técnicas, manejo de tiempos, etc., (García Olmedo, 2021).

1.3. Justificación

A escala global, el desperdicio de alimentos está ganando terreno como un tema preocupante por el efecto negativo que tiene sobre la seguridad alimentaria, la economía y también el medio ambiente; por lo tanto, la utilización de enzimas en la panificación es una opción ideal para frenar este problema al aumentar la calidad y la vida útil del producto. Ecuador todavía enfrenta una gran cantidad de desperdicio de alimentos, al igual que en su provincia agrícola de Los Ríos, donde las pérdidas en la cadena de suministro tienen un impacto tanto en la economía local como en el bienestar de la población (Villalva et al., 2024).

La amilasa, por su parte, es esencial en el proceso de fermentación de la masa de pan, ya que convierte el almidón en azúcares fermentables, contribuyendo a una masa más ligera y esponjosa. Por lo tanto, su uso excesivo puede afectar la textura y sabor, este cataliza la hidrólisis del almidón presente en la harina para producir azúcares simples como la glucosa y la maltosa son fundamentales para el crecimiento y la actividad de las levaduras, lo cual genera dióxido de carbono, responsable de la esponjosidad de la masa (Reyna et al., 2021).

Por otro lado, la invertasa influye en la fermentación y propiedades sensoriales, puesto que, descompone la sacarosa en glucosa y fructosa, y se asocia especialmente a productos dulces. Una adecuada regulación de la actividad de la invertasa garantiza un pan, bizcochos y rosquitas con un sabor dulce y una textura agradable (Cooper Bribiesca, 2019).

En cambio, la xilanasa juega un papel clave en la degradación del *xilano*, un componente estructural de los cereales como el trigo, su actividad afecta la viscosidad y la estructura de la masa. Sin embargo, el uso incompatible puede provocar problemas en la textura, el sabor y la conservación de la masa, por lo cual afecta negativamente en la satisfacción del consumidor y la rentabilidad de las panaderías (Paz y Hernández, 2020).

1.4. Objetivos del estudio

1.4.1. Objetivo general

Establecer la influencia del uso de la amilasa, invertasa y xilanasas en el proceso de fermentación en la industria panificadora.

1.4.2. Objetivos específicos

- Describir cómo la amilasa, invertasa y xilanasas influyen en el proceso de fermentación para la elaboración de rosquitas, pan y bizcochos.
- Definir la calidad textural de la amilasa, invertasa y xilanasas en el proceso de fermentación para la elaboración de rosquitas, pan y bizcochos.

1.5. Línea de investigación

La presente investigación está enfocada dentro de los dominios de la Universidad Técnica de Babahoyo de Recursos agropecuarios, ambiente, biodiversidad y biotecnología. Pues la temática de la presente investigación es “Influencia del uso de la amilasa, invertasa y xilanasas en el proceso de fermentación de la industria panificadora”, el mismo que se encuentra enfocado en la línea de: Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable y en la sublínea de: Seguridad y soberanía alimentaria.

2. DESARROLLO

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Introducción de la fermentación en la industria panificadora

Es un proceso bioquímico en el que microorganismos como levaduras, bacterias u hongos descomponen azúcares y almidones sin oxígeno y producir energía. Utilizan enzimas para descomponer sustratos orgánicos, liberando subproductos como dióxido de carbono, alcohol y ácidos orgánicos (López et al., 2023).

El proceso de panificación, incluye mezclar, amasar, fermentar y hornear. Al momento de combinar agua con harina de trigo, se estructura una masa esto sucede por la hidratación de las proteínas del gluten, lo que proporciona a la masa su viscosidad, elasticidad y cohesividad (Morales Morales, 2021), tal como se indica en el **“anexo 1”**.

En panificación, la fermentación transforma la masa de harina; las levaduras consumen azúcares, producen dióxido de carbono y alcohol, aumentando el volumen de la masa y lograr una textura esponjosa. Además, afecta las propiedades sensoriales y el producto final y al afectar se va a producir un gran desperdicio de masa tales por su volumen, sobre todo la miga y la elasticidad (Rojas-Rojas et al., 2021), tal como se contempla en el **“anexo 5”**.

2.1.2. Amilasa en la fermentación de la industria panificadora

La amilasa es una enzima crucial en la hidrólisis del almidón, presente en cereales y tubérculos. Cataliza la ruptura de enlaces glucosídicos en el almidón, convirtiéndolos azúcares simples como glucosa y maltosa. Las características texturales de la amilasa en procesos fermentativos cobran importancia, ya que existen informes acerca del efecto comercial de amilasas exógenas sobre el volumen. Este proceso facilita la fermentación por levaduras (López González, 2022), tal como se observa en el **“anexo 2”**.

En panificación, la amilasa descompone el almidón de la harina en azúcares fermentables, contribuyendo a la expansión y esponjosidad. Es una enzima glucosilhidrolasa que transforma hidratos de carbono mucilaginosos en azúcares fermentables y, además, libera compuestos hidratantes. La actividad de la amilasa es fundamental para la calidad, textura y conservación del producto final (López González, 2022).

La actividad óptima de la amilasa garantiza una fermentación controlada y una textura adecuada, permitiendo una expansión uniforme y unas migas esponjosas en el producto terminado, por ende, la actividad de las enzimas conocidas como α -amilasas es catalizar la reacción de hidrólisis de la amilasa y de los hidrogeles. Los almidones dañados producen pan de miga poco elástica y débil debido a una insuficiente retención de CO₂ (Rodríguez-Naranjo, 2023).

2.1.2.1. Características sobre la calidad textural de la amilasa en la fermentación

El mayor efecto en el volumen y en la textura de la masa se revela por el aumento o disminución en la calidad de la amilasa con el aumento de la temperatura en la fermentación. La amilasa se activa a bajas temperaturas, por lo tanto, el horno debe estar entre 180°C y 200°C para así permitir que actúe en el pan y muestre el volumen y textura que corresponde a este enzima (Suárez Pilicita, 2024).

Es imprescindible para la asimetría, aireado y textura agradable una masa con maltas con un contenido de amilasa que, entre más rápido, más azúcar tendrá. Lo contrario ocurre si la malta tiene una amilasa con un mayor tiempo para liberar azúcares, el cual necesita el aporte por parte de las levaduras, la liberación de sustancias denominadas ATP, las cuales logran que el dióxido de carbono entre a la masa de horno, donde el calor hace que aumente sus propios movimientos logrando un aireado uniforme (Pérez Galaz, 2022).

En este proceso se necesita también la amilasa, la cual se activa a bajas temperaturas y complementa este aireado, liberando. Una buena calidad textural se lograría por una amilasa de mayor o menor temperatura, por lo tanto, es muy importante que la

fermentación de la masa ocurra más rápido y cumpla con las expectativas deseadas. Es por tal razón que se debe de manejar este factor, tomando en cuenta la temperatura que manejamos en el fermentador (Trasmonte Pinday, 2023).

2.1.3. Invertasa en la fermentación de la industria panificadora

La invertasa es una enzima que cataliza la hidrólisis de la sacarosa en glucosa y fructosa, siendo crucial en procesos biológicos e industriales. La aplicación controlada de invertasa mejora la fermentación, el sabor, la textura y la vida útil. Por lo tanto se encuentran los compuestos retardantes de la actividad CO₂ de la levadura, el principal ejemplo es el etanol (CH₃-CH₂-OH), producto de la fermentación. Algunas enzimas aportadas al pan - fuentes de glucosal (Nikolic et al., 2021), tal como se puede contemplar en el “**anexo 3**”.

En panificación, La invertasa es una enzima que descompone la sacarosa en glucosa y fructosa, facilitando la fermentación y afectando las propiedades sensoriales de la masa, la invertasa influye en el sabor, la textura y la conservación. Esto hace que regule su actividad y es fundamental para obtener productos de alta calidad y satisfacer al consumidor (Pucho & Alecu, 2018).

Donde el equilibrio adecuado en la actividad de la invertasa es crucial para garantizar una fermentación controlada y una textura suave en la masa, además, la actividad excesiva o insuficiente de la invertasa por lo cual puede afectar negativamente lo que es el sabor, aroma y conservación del producto final (Grijalva Vallejos, 2019).

2.1.3.1. Características sobre la calidad textural de la invertasa en la fermentación

Un importante efecto de la calidad textural o volumen de gas de la invertasa sobre la fermentación en la industria panificadora ocurre cuando otros sustratos fermentables son añadidos a la masa, por ejemplo, retardar deteriora el volumen de la masa. Además, una fermentación menos exotérmica - típica de una baja producción de CO₂ - posee una miga

más homogénea, debido a que sus burbujas son menos irregulares principalmente por la menor producción (Oviedo Moya, 2020).

Aunque el proceso fermentativo de la levadura de panificación es el principal responsable de propiedades de textura que tiene el pan, distintos sustratos fermentables presentes en la masa también pueden poseer un importante poder fermentativo. La fermentación de algunos azúcares o alcohol producen un efecto retardante de la producción de CO₂, principal gas que compone la masa de panificación (Grajales, 2022).

La fructuosa y glucosa discénicas por hidrólisis estereosé o lactogenas generalmente no pueden ser sede de la maltosa este se origina por la acción de la invertasa. No será realmente esencial en su contexto que hidrolice la sacarosa para obtener más azúcar (Cuernavaca Morelos, 2022).

2.1.4. Xilanasa en la fermentación de la industria panificadora

La xilanasa es crucial en la degradación del *xilano*, componente de la pared celular de cereales. Hidroliza enlaces β -1,4-glucosídicos liberando xilosa, modificando la viscosidad y estructura de la masa en procesos de fermentación como la panificación. Aunque las diferencias texturales debidas a la presencia de ciertas pueden manifestarse en productos de textura más bien blanda (Cuevas Crisóstomo, 2021).

Por ende, la xilanasa es una enzima que degrada el xilano, afecta la viscosidad de la masa y su estructura, debido a que, la presencia de xilanasa en la fermentación puede mejorar la extensibilidad de la masa y sobre todo dar como resultado una miga más uniforme y una textura mejorada. La xilanasa es la más importante en la producción de hidrolizados, se ha demostrado que la xilanasa mejora la solubilidad de la masa y de otros componentes de la fibra, favoreciendo, en su conjunto, su desaparición de la retina y su digestibilidad (Flores Niño & Martínez Trujillo, 2022).

En la industria alimentaria, mejora la textura de la miga y la elasticidad de la masa en productos horneados. También aumenta la eficiencia de la producción al procesar

materias primas vegetales ricas en xilano, lo que beneficia la calidad y el procesamiento de alimentos (Cruz et al., 2024), tal como se puede observar en el “**anexo 4**”.

Por tal razón, esta actividad óptima de la xilanasa influirá en la calidad general del producto final. Durante el proceso de panificación, tanto la miga como la corteza son aproximadamente un 15% de la corteza y un 10 a un 12% de la miga. El proceso de fraguado finaliza la reestructuración de la red interna del pan y el volumen obtenido se mantiene más de un 90% (Cortázar y Cáceres, 2022).

2.1.5.1 Características sobre la calidad textural de la xilanasa en la fermentación

La cantidad de enzima utilizada en los procesos varía en función del pH óptimo. La xilanasa óptima a un pH 4.5-5, este pH ideal de para la actividad influenciada por las interacciones iónicas, puentes de hidrógeno y el efecto de las cargas en la estructura (Arias Godoy, 2024).

En el caso de la fermentación de la xilanasa bajo el comportamiento rasio-enzimático, específicamente la fermentación, el comportamiento textural del alimento finalmente se regulará por la distribución, actividad y capacidad funcional de las distintas enzimas nativas de la harina, también el contenido de agua renderiza el almidón fisicoquímicamente inestable en presencia de la corteza (Gamarra Mendoza, 2024).

Sus efectos en el acabado textural de la masa en la xilanasa son menores, los microorganismos que se establecen en estas fermentaciones también aportan diferente actividad enzimática. Sin embargo, el resultado final se establecerá en función de la actividad del maestro radiximasas (Molina, 2023).

2.2. Marco metodológico

Sobre la base del estudio es de tipo bibliográfico, el cual está fundamentado en la revisión y análisis existente. Se empleará un enfoque cualitativo para así facilitar la información disponible y proporcionar una comprensión profunda del tema. También se

realizó utilizando el método exploratorio, documental bibliográfico, información de los dspace de universidades, bibliografía de Google académico, artículos científicos de alto impacto, revistas indexadas y otros espacios de consulta bibliográfica especializada.

La información obtenida fue parafraseada, resumida y analizada a fin de obtener información relevante sobre el “La influencia del uso de la amilasa, invertasa y xilanasa en el proceso de fermentación en la industria panificadora”.

2.3. Resultados

Debe haber una correcta aplicación y manejo de las enzimas amilasa, invertasa y xilanasa en la panificación, para evitar efectos adversos en la masa y en el producto final. Un exceso o defecto puede comprometer la calidad del pan. Además, las enzimas deben interactuar favorablemente con otros ingredientes.

La amilasa otorga una textura más suave y aireada en las masas, la cual prolonga que la vida útil del pan, y sobre todo en lo que es el desperdicio habría una reducción notable y la esponjosidad de la masa tendrá un incremento significativo. La amilasa en exceso tendría demasiada fermentación y esto le daría al pan una textura inadecuada y una estructura débil, según se observa en la “**tabla 1**”.

Tabla 1.

Influencia de la amilasa en la panificación

Parámetro	Resultado
Esponjosidad de la masa	Incremento significativo
Vida útil del pan	Prolongación debido a la mejor estructura
Textura	Más suave y aireada
Desperdicio	Reducción notable

Fuente: Elaboración propia

La invertasa es una enzima que cataliza la hidrólisis de sacarosa en glucosa y fructosa. En el parámetro de fermentación mejoraría la eficiencia de la masa y sobre todo se incrementaría un sabor dulce, esta prolongaría una conservación fresca y la textura mejoraría en lo que son los productos dulces como los bizcochos y rosquitas. Mejora la suavidad y actúa como conservante para prolongar la vida útil, tal como se observa en la “**tabla 2**”.

Tabla 2.

Influencia de la invertasa en la panificación

Parámetro	Resultado
Fermentación	Mejora en la eficiencia
Sabor	Incremento en el sabor dulce
Conservación	Prolongación de la frescura
Textura	Mejora en productos dulces (bizcochos, rosquitas)

Fuente: Elaboración propia

La xilanasa es una enzima que rompe los arabinoxilanos, componentes de la fibra en la harina de trigo, lo que mejora la extensibilidad y manejabilidad de la masa. En la textura de la miga, mejora la estructura y consistencia. Su viscosidad se reduce facilitando el manejo de la masa, la elasticidad de la masa tiene un incremento significativo, en lo que es la calidad tiene un aumento en la aceptación del consumidor. Esta enzima es esencial para lograr una buena textura y volumen en el pan, tal como se observa en la “**tabla 3**”.

Tabla 3:

Influencia de la xilanasa en la panificación

Parámetro	Resultado
-----------	-----------

Parámetro	Resultado
Elasticidad de la masa	Incremento significativo
Textura de la miga	Mejor estructura y consistencia
Viscosidad	Reducción, facilitando el manejo de la masa
Calidad general	Aumento en la aceptación del consumidor

Fuente: Elaboración propia

2.4. Discusión de resultados

En el caso de la amilasa, mejora lo que es textura, la conservación y la vida útil, sobre todo se nota menos desperdicio que la invertasa y xilanasa, por eso es recomendable el uso en la industria panificadora. Es muy importante su papel en la descomposición del almidón para obtener una correcta fermentación de la masa. (López González, 2022).

La invertasa, por otro lado, ayuda a mejorar el sabor y la textura de las rosquitas y bizcochos, también ayuda a mantenerlo fresco por más tiempo. Sin embargo, una cantidad excesiva de esta enzima puede llevar a un producto final demasiado dulce y con una textura inadecuada. Esto pone de relieve la necesidad de calibrar cuidadosamente la actividad de la invertasa, asegurando que se mantenga un equilibrio adecuado entre los azúcares presentes en la masa (Vasallo et al., 2021).

Finalmente, la xilanasa es vital para mejorar la manejabilidad y la extensibilidad de la masa, sobre todo la textura de la miga y facilita el manejo de la masa es recomendable para rosquitas y pan. Además de esto, si la dosificación no se realiza correctamente, resultará una masa difícil de trabajar, afectando así la calidad del producto final (García Olmedo, 2021).

Los resultados del estudio resaltan aspectos clave sobre el uso de enzimas en la panificación, la correcta aplicación y manejo de las enzimas amilasa, invertasa y xilanasa.

La dosis adecuada siempre va a determinar la cantidad precisa de enzimas según para cada tipo de masa, la compatibilidad asegura que las enzimas no reaccionen negativamente con otros ingredientes, el control de actividad enzimática es mantener en niveles ópticos durante el proceso. Se debe capacitar al personal para el manejo correcto de las enzimas, también se debe cumplir con las normativas de seguridad alimentaria y etiquetado y muy importante asegurar que la modificación enzimática no altere negativamente el producto (Del Moral et al., 2019), tal como podemos observar en la “**tabla 4**”.

Tabla 4: Desafíos en la aplicación y manejo de enzimas en la panificación

Desafío	Descripción
Dosis Adecuada	Determinar la cantidad precisa de enzimas para cada tipo de masa
Compatibilidad con Ingredientes	Asegurar que las enzimas no reaccionan negativamente con otros ingredientes
Control de Actividad Enzimática	Mantener la actividad enzimática en niveles óptimos durante todo el proceso
Costo de las Enzimas	Manejar el costo adicional de las enzimas en la producción
Capacitación del Personal	Entrenar a los empleados para el manejo correcto de las enzimas
Variabilidad de Materias Primas	Ajustar la dosificación según la variabilidad en las materias primas
Regulaciones y Normativas	Cumplir con las normativas de seguridad alimentaria y etiquetado

Desafío	Descripción
Impacto en el Sabor y Textura Final	Asegurar que la modificación enzimática no altere negativamente el producto

Fuente: Elaboración propia

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. Conclusiones

En la industria panificadora la dosificación es un parámetro importante porque esto hace que tenga beneficios, desafíos o contras en la influencia de la enzima de la panificación, los protocolos específicos para la dosificación de amilasa, invertasa y xilanasas, tienen que ser basados en investigaciones lo cual se determina la cantidad óptima de cada enzima, porque según el tipo de harina sería su dosificación correcta.

La amilasa es fundamental para la fermentación de la masa al descomponer el almidón en azúcares simples, esenciales para el crecimiento de la masa. Sin embargo, una dosificación excesiva puede resultar en una estructura de pan débil y una textura inadecuada.

La invertasa es crucial para mejorar la suavidad y extender la vida útil del pan al convertir la sacarosa en glucosa y fructosa. Es importante regular su actividad para evitar un sabor excesivamente dulce y mantener la textura deseada.

La xilanasas mejora la extensibilidad y manejabilidad de la masa, lo cual es esencial para lograr una buena textura y volumen en el pan. Una dosificación incorrecta puede dificultar la manipulación de la masa y comprometer la calidad del producto final.

3.2. Recomendaciones

Recomiendo implementar protocolos específicos para la dosificación de amilasa, invertasa y xilanasas en las distintas etapas del proceso de panificación. Estos protocolos deben ser basados en investigaciones y pruebas prácticas que determinen la cantidad óptima de cada enzima para cada tipo de producto.

Sugiero implementar sistemas de monitoreo y control de calidad que permitan verificar la actividad enzimática de la amilasa durante la fermentación. Esto puede incluir el uso de sensores y tecnologías avanzadas para medir parámetros clave y asegurar que las enzimas están funcionando dentro de los niveles óptimos.

En base al trabajo realizado recomiendo con la invertasa pruebas de laboratorio para entender cómo diferentes lotes de harina y otros ingredientes interactúan con la enzima, permitiendo ajustes precisos que mantengan la calidad del producto final.

Aconsejo que se realicen unas charlas acerca de la extensibilidad, manejabilidad y dosificación de la xilanasa, porque es esencial para así lograr una buena textura, volumen en la masa. Para así no tener dificultad al momento de la manipulación de la masa y no comprometer la calidad del producto final.

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. Referencias

Alava, M. (2019, April 10). *Los próximos grandes pasos en enzimas*. cladan.com.ar. Retrieved July 31, 2024, from <https://cladan.com.ar/publicaciones/tecnicosterceros/los-proximos-grandes-pasos-en-enzimas>

Arias Godoy, B. (2024, January). *PRODUCCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS ENZIMAS LIGNOCELULOLÍTIICAS DEL HONGO DE PUDRICIÓN BLANCA DE LA MADERA Bjerkandera adusta EN COCULTIVO CON EL HONGO DE PUDRICIÓN PARDA Gloeophyllum trabeum*. <http://repositorio.udec.cl/>. Retrieved July 31, 2024, from http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/12203/1/Memoria_de_T%3%ADtulo_B%3%A1rbara_Arias_Producci%C3%B3n%20y%20caracterizaci%C3%B3n%20de%20las%20enzimas%20lignocelulo%C3%ADticas%20del%20hongo%20de%20pudrici%C3%B3n%20blanca%20de%20madera.pdf

Asociación PNUMA-DTU. (2021). Reducción del desperdicio de alimentos por parte de los consumidores mediante tecnologías ecológicas y digitales. *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*, 1-128. Obtenido de <https://unepccc.org/wp-content/uploads/2022/04/spanish-version-unep-food-waste-report-2021-final.pdf>

Bosch, J. (2023, December). *Qué es la fermentación y como controlarla para mejorar nuestro pan sin gluten*. mamafermenta. Retrieved July 31, 2024, from <https://mamafermenta.com/tecnica/que-es-la-fermentacion-y-como-controlarla-para-mejorar-nuestro-pan-sin-gluten/>

- Cevallos, M. (2020, August). *Control de humedad y temperatura en industria panificadora*. Fisair. Retrieved July 31, 2024, from <https://fisair.com/es/aplicaciones/industria-panificadora/>
- Cooper Bribiesca, B. (2019). Enzimas xilanolíticas bacterianas y sus aplicaciones industriales. *Revista Vertientes Especializada en Ciencias de la Salud*, 19-22. Obtenido de <https://www.revistas.unam.mx/index.php/vertientes/article/view/51713/0>
- Cortázar Lascano, H. E., & Cáceres, P. J. (2022). Desarrollo de un mejorador con tecnología enzimática para el mejoramiento de textura y volumen en pan de molde en una industria panificadora. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/90862450/articulo_20final_20hector-libre.pdf?1662814654=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDesarrollo_de_un_mejorador_con_tecnologi.pdf&Expires=1716885882&Signature=YBMc8T2G6uTrbEY7~R2ymbbbrDtGpQu9qfAK
- Cruz Vasquez, J. D., Altamirano Chérrez, E. R., Villegas Freire, C. N., & Núñez Villacis, L. d. (enero-junio de 2024). Especies forestales maderables y su utilidad en biotecnología y medicina. *Revista de Investigación Talentos*, 11(1), 15-31. Obtenido de <https://talentos.ueb.edu.ec/index.php/talentos/article/view/394/456>
- Cuernavaca Morelos. (2022, October). *CARACTERIZACIÓN MICELIAL Y CULTIVO DE CEPAS DE Schizophyllum spp.* <http://riaa.uaem.mx/>. Retrieved July 31, 2024, from <http://riaa.uaem.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/3027/FAJMRR01.pdf?sequence=1>
- Cuevas Crisóstomo, C. V. (2021). *udec*. Obtenido de <http://repositorio.udec.cl/jspui/bitstream/11594/5103/1/Enzimas%20xilanol%C3%ADticas%20provenientes%20de%20microorganismos%20term%C3%B3filos%20para%20aplicaciones%20industriales.pdf>

- Del Moral, S., Ramírez-Coutiño, L. P., & García-Gómez, M. d. (2019). Aspectos relevantes del uso de enzimas en la industria de los alimentos. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2(3), 89-102. Obtenido de <http://www.reibci.org/publicados/2015/mayo/1000102.pdf>
- Diaz. (2021, July 9). *Invertasa, una enzima que cataliza la hidrólisis (descomposición) de la sacarosa (azúcar de mesa). Estructura molecular 3D | Foto Premium*. Freepik. Retrieved July 31, 2024, from https://www.freepik.es/fotos-premium/invertasa-enzima-que-cataliza-hidrolisis-descomposicion-sacarosa-azucar-mesa-estructura-molecular-3d_15835667.htm
- Directorio Horeca & Retail. (2022). La gran revolución de las enzimas en la pastelería. *Horeca*, 1-3, Obtenido de <https://www.horeca.pe/noticia/la-gran-revoluci%C3%B3n-de-las-enzimas-en-la-pasteler%C3%ADa>
- Editor Pan Caliente. (2022). El uso de enzimas en la panadería. *Pan Caliente*, 1-2. Obtenido de https://issuu.com/levapan/docs/revista_pan_caliente_83_levapan
- Flores Niño, L. M., & Martínez Trujillo, M. A. (2022). Xilanasas microbianas y su Aplicación Industrial. *Investigación - Ciencia- Tecnología -Cultura*. Obtenido de <https://tecnocultura.org/index.php/Tecnocultura/article/download/87/86/262>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). *fao*. Obtenido de <https://www.fao.org/platform-food-loss-waste/en/>
- Gamarra Mendoza, N. (2024, March). “*PRODUCCIÓN DE CELULASAS Y XILANASAS DE Aspergillus niger EN TRES SISTEMAS DE FERMENTACIÓN*”. repositorio.lamolina.edu.pe. Retrieved July 31, 2024, from <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/6555/gamarra-mendoza-norma-nelida.pdf?sequence=1>

- García Olmedo, f. (2021). Papel de la fermentación en la fabricación del pan. *Sección Técnica*, 13-15. Obtenido de https://oa.upm.es/8006/1/Olmedo_170.pdf
- Grajales, J. (2022, November). *Enzimas del buche de Melipona beecheii en el proceso de conversión de néctar a miel Melipona beecheii gut enzymes; from nectar*. Instituto de Biociencias. Retrieved July 31, 2024, from <http://biociencias.unach.mx/ibciencias/doc/vol5-art2.pdf>
- Grijalva Vallejos , N. J. (2019). Caracterización bioquímica y tecnológica de levaduras aisladas en bebidas fermentadas tradicionales del Ecuador. *Universitat De Valencia*. Obtenido de <https://digital.csic.es/bitstream/10261/247550/1/caractecuador.pdf>
- Hernández Téllez, E. (2020). Influence of xylanase and *Saccharomyces cerevisiae* on ruminal biomethane and carbon dioxide emissions in steers". *Artículo Especializado para publicar en Revista Indizada*. Obtenido de [http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67720/Tesis%20Licenciatura%20-%20EDUARDO%20HERN%
c3%81NDEZ%20T%c3%89LLEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67720/Tesis%20Licenciatura%20-%20EDUARDO%20HERN%c3%81NDEZ%20T%c3%89LLEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- INEC . (2024). *ecuadorencifras*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>
- Leyva Castillo, L. E., Santiago Hernández, A., Vásquez Bahena, J. M., Montes Horcasitas, M. C., & Hidalgo Lara, M. E. (2019). Purificación y caracterización de la invertasa extracelular INVB de *Zymomonas mobilis* CDBB-B603. *Retorno*, 1. Obtenido de https://smbb.mx/congresos%20smbb/merida05/TRABAJOS/AREA_I/CI-10.pdf
- López González, S. (01 de 11 de 2022). a-Amilasa. *Colección de Esmos*. Obtenido de: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/items/18fb0215-442d-40bb-b357-14ed1b68f70c>

- López González, S. (2022). A - Amilasa. *Colección de ESMOS*. Obtenido de <https://repositorioinstitucional.buap.mx/items/18fb0215-442d-40bb-b357-14ed1b68f70c>
- López Pacheco, O. J., abogada Ramírez, M. L., & Aycardi Morinell, M. D. (2023). La fermentación en el uso comprensivo del conocimiento de las ciencias naturales en educación secundaria. *Revista Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza*. Obtenido de <https://revistas.upn.edu.co/index.php/biografia/article/view/21685/14046>
- Meneau Hernández, R. I., Borrego Morales, K., Liva Garrido, M., & Fariñas Piñera, T. (2021). Inmovilización una mirada a los métodos, soportes y retos. *Revista CENIC Cienc. Biol.*, 52(1), 59-78. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rccb/v52n1/2221-2450-rccb-52-01-59.pdf>
- Menéndez Aguirre, O., Evangelista Lozano, S., Arenas Ocampo, M., Bermúdez Torres, K., del Villar Martínez, A., & Jiménez Aparicio, A. (2021). Cambios en la actividad de la amilasa pectinmetilesterasa y poligalacturonasa durante la maduración del maracuya amarillo. *Interciencia*, 728-733. Obtenido de https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006001000007
- Mesas, J., & Alegre, M. (2022). El pan y su proceso de elaboración. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 3(5), 307-313. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/724/72430508.pdf>
- Molina, M. A. (2023, June). "PRODUCCIÓN DE LAS ENZIMAS LACASA Y XILANASA PARA SU POTENCIAL UTILIZACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE PANIFICADOS". repositorio.unne.edu.ar. Retrieved July 31, 2024, from https://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/53338/RIUNNE_FACEN_A_TD_Molina_MA.pdf?sequence=1

Morales Morales, L. (2021). *El pan Nuestro de Cada Día*, 1(2), 107-113. Obtenido de <https://mixtec.utim.edu.mx/articulosv2/nota06.pdf>

Nikolic, M. P., Pavlovic, V. B., Stanojevic-Nikoli, S., & Srdic, V. V. (2021). Enzyme immobilization using two processing methods onto silica core-shell particles. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 60, 243-254. Obtenido de: <https://pdf.sciencedirectassets.com/312947/1-s2.0-S0366317521X00052/1-s2.0-S0366317520300315/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEG8aCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIQDHT3TEQiXKh5UkqmaDnPLSGb3J%2BM3OI8ycX7i5%2BsBEiAlgHdyK%2FwVIS9UQg2hmXUpom%2Fay%2F4%2FPF6z8>

Olguin Maciel, E. (julio de 2020). Bioproceso consolidado para la protección de bioetanol a partir de harina de semillas de ramón (*brosimum alicastrum*) utilizando el aislado nativo. *Centro de investigación Yucatán A.C.*, 1-91. Obtenido de https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1747/1/PCER_D_Tesis_2020_Edgar_Olguin.pdf

Oviedo Moya, M. (2020, June). *Facultad de Ciencias Experimentales Facultad de Ciencias Experimentales*. CREA: Colección de Recursos Educativos Abiertos. Retrieved July 31, 2024, from <https://crea.ujaen.es/jspui/bitstream/10953.1/12255/1/TFG%20Progresos%20en%20la%20investigacion%20del%20uso%20de%20alelopaticos%20en%20la%20agricultura.pdf>

Paz Lago, D., & Hernández, M. (2020). Purificación y caracterización parcial de la enzima xilanasa a partir del preparado comercial Navoban. *Cultivos Tropicales*, 27-31. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215024005>

Pérez Galaz, M. A. (2022, June). *Efecto de las enzimas amilasa maltogénica y xilanasa en vida útil de pan marraqueta precocido congelado en condición de almacenamiento*

refrigerado. repositorio.uchile. Retrieved July 31, 2024, from <https://repositorio.uchile.cl/xmlui/bitstream/handle/2250/188888/Efecto-de-las-enzimas-amilasa-maltogenica-y-xilanas-a-en-vida-util-de-pan.pdf?sequence=1>

Ponce Ramírez, J. C., Málaga Juárez, J. A., Huamani Huamani, A. L., & Chuqui Diestra, S. R. (2016). Optimización de la concentración de la α -amilasa y lactosuero en el mejoramiento de las características tecnológicas, nutricionales y sensoriales del pan francés. *Agroindustrial Science*, 185-194. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6583429>

Pucho, A., & Alecu, I. (2018). *Poder farmacéutico de los alimentos Tomo I*. Palibrio. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=qedVDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=En+panificaci%C3%B3n,+La+invertasa+es+una+enzima+que+descompone+la+saca+rosa+en+glucosa+y+fructosa,+facilitando+la+fermentaci%C3%B3n+y+afectando+las+propiedades+sensoriales+de+la+masa>

Redacción Quito. (2019). La industria panificadora se halla en crecimiento. *Revista Líderes*. Obtenido de <https://www.revistalideres.ec/lideres/industria-panificadora-crecimiento-ecuador-produccion.html>

Reyna M., L., Robles, R., Reyes P., M., Mendoza R., Y., & Romero D., J. (2021). Hidrólisis Enzimática del Almidón. *Rev. Per. Quim. Ing. Quim*, 7(1), 40-44. Obtenido de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/download/4685/3758/15769>

Rizo Mustelier, M., & Vuelta Lorenzo, D. R. (2021). Pérdidas y desperdicios de alimentos en un mercado de la ciudad de Santiago de Cuba. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, S1(4), 43-50. Obtenido de <https://orcid.org/0000-0003-2161-8961>

Rodríguez-Naranjo, R. (23 de 11 de 2023). Estudio de la aplicación de enzimas lactogénicas a un proceso precalificado para la elaboración de pan de caja. *Artículo Científico Repositorio RI*. doi:<http://hdl.handle.net/20.500.11799/140314>

Rodríguez-Naranjo, R. (23 de 11 de 2023). Estudio de la aplicación de enzimas lactogénicas a un proceso precalificado para la elaboración de pan de caja. *Artículo Científico Repositorio RI*. doi:<http://hdl.handle.net/20.500.11799/140314>

Rojas-Rojas, K., Hernández-Aguirre, C., & Mencía-Guevara, A. (2021). Transformaciones bioquímicas del cacao (*Theobroma cacao* L.) durante un proceso de fermentación controlado. *Agronomía Costarricense*, 45(1), 53-65. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242021000100053

Santillan. (2021, January). *AMILASA – Herbovita*. Herbovita. Retrieved July 31, 2024, from <https://herbovita.com/amilasa/>

Suárez Pilicita, D. s. (2024, February). *Efecto del tiempo de fermentación de la masa madre sobre las características organolépticas del pan tipo tapado*. repositorio. uta. Retrieved July 31, 2024, from <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/40809/1/CAL%20111.pdf>

Trasmonte Pinday, W. (2023, January). *EFFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* willd), TIEMPO Y TEMPERATURA DE FERMENTACIÓN EN EL VOLUMEN DE LA MASA Y CALIDAD DEL PAN*. repositorio.unfv.edu.pe. Retrieved July 31, 2024, from https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/8154/UNFV_EUPG_Trasmonte_Pinday_Wilfredo_Doctorado_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vasallo, M. D., Altuna, B., Díaz De Villegas, M. E., Klisansky, M., Betancourt, H., & Verdecia, O. (2021). Evaluación de Cepas de Levadura productoras de Invertasa. *Revista ICIDCA*, XXI(3), 8-11. Obtenido de

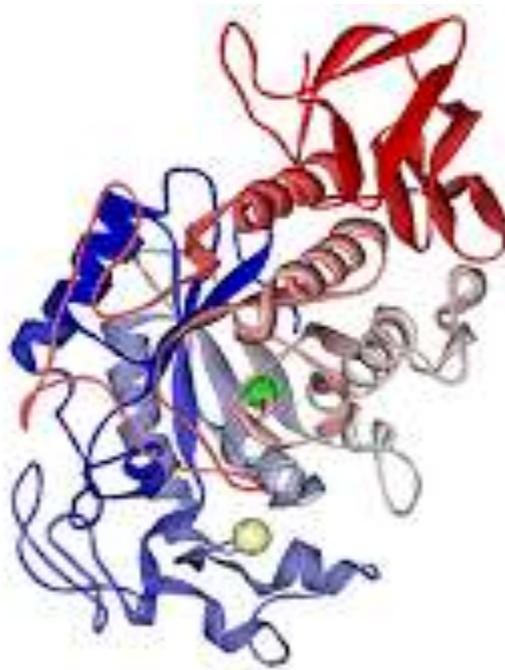
<https://biblat.unam.mx/hevila/ICIDCASobrelosderivadosdelaca%C3%B1adeazucar/1987/vol21/no3/2.pdf>

Villalva Guevara, M. R., Cevallos Hermida, C. E., Moreno Guerra, A. M., & Salazar Yacelga, J. C. (enero de 2024). Panadería Moderna en el Cantón Riobamba: enfoque científico en innovación. *Revista Polo del Conocimiento Edición núm 89, 9(1)*, 1098-1127. doi:10.23857/pc.v9i1

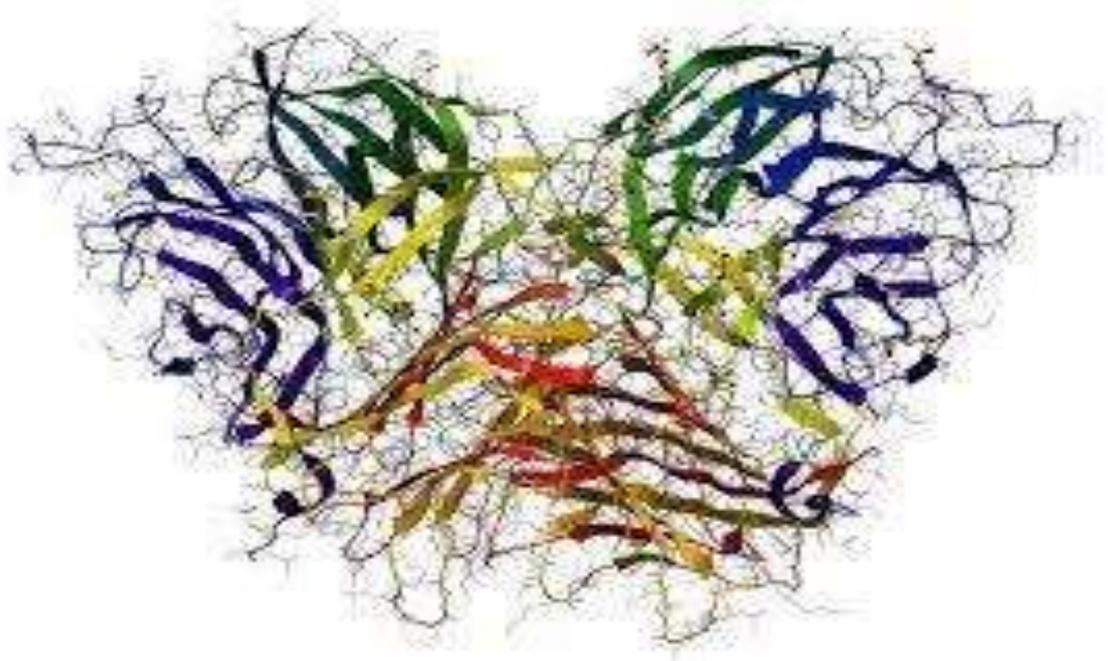
4.2. Anexos



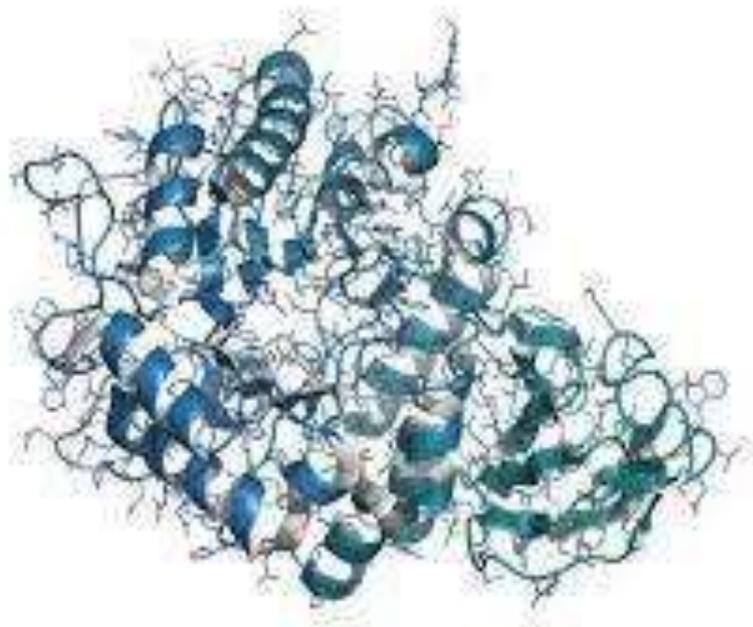
Anexo 1. Fermentación en la industria panificadora, mamafermenta (Bosch, 2023).



Anexo 2. La amilasa en la fermentación de la industria panificadora (Santillan, 2021).



Anexo 3. La invertasa en la fermentación de la industria panificadora (Díaz, 2021).



Anexo 4. La xilanasa en la fermentación de la industria panificadora (Alava, 2019).



Anexo 5. Calidad textural en la industria panificadora (Cevallos, 2020)