

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias



Una Institución Adventista

Panes sin gluten: Una revisión

Por:

Luz Blanca Enríquez Mamani

Suryam Liya Nuñez Pallara

Asesor:

Ing. Joel Jerson Coaquira Quispe

Juliaca, Setiembre de 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Yo Joel Jerson Coaquira Quispe, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: "PANES SIN GLUTEN: UNA REVISIÓN" constituye la memoria que presentan las estudiantes Luz Blanca Enriquez Mamani y Suryam Liya Nuñez Pallara para aspirar al grado de bachiller en Ingeniería de Industrias Alimentarias, cuyo trabajo de investigación ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este trabajo de investigación son de entera responsabilidad de los autores, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 24 días del mes de Setiembre del año 2020.



Joel Jerson Coaquira Quispe
Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 07 día(s) del mes de Setiembre del año 20... siendo las 6:00 horas

se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Juliaca, bajo la dirección del (de la)

presidente(a): MSc. Carmen Rosa Apaza Huemay el(la)

secretario(a): Ing. Ana Monica Gomez Jimenez y los demás miembros:

Ing. Edgar Mayta Pinto

y el(la) asesor(a) Ing. Joel Jerson Coaquira Quispe

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: Panes sin gluten: una revisión

de los (las) egresados (as): a) Luz Blanca Emiguez Mamani
 b) Suryam Liza Nuñez Pallara

conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en Ingeniería de Industrias Alimentarias
 (Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando a las candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por las candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): Luz Blanca Emiguez Mamani

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>17</u>	<u>B+</u>	<u>Muy bueno</u>	<u>Sobresaliente</u>

Candidato/a (b): Suryam Liza Nuñez Pallara

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>17</u>	<u>B+</u>	<u>Muy bueno</u>	<u>Sobresaliente</u>

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
Presidente/a

[Firma]
Secretario/a

[Firma]
Asesor/a

[Firma]
Miembro

[Firma]
Miembro

[Firma]
Candidato/a (a)

[Firma]
Candidato/a (b)

Panes sin gluten: una revisión

Enriquez Mamani Luz Blanca ^{a1}, Nuñez Pallara Suryam Liya ^a

^aEP. Ingeniería de Industrias Alimentarias, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión

Resumen

El objetivo de la investigación es: realizar una revisión del uso de la transglutaminasa basado en formulaciones, procesos, a fin de conocer productos horneados con materias primas no tradicionales. El consumo de trigo ha desencadenado un efecto negativo sobre el intestino delgado por la presencia de la proteína del gluten. Una de las soluciones es realizar productos con diferentes materias primas libre de gluten lo cual representa una alternativa de tratamiento. Los granos andinos son una gran opción ya que son semillas comestibles, se conoce como tales debido a que su apariencia física es similar, además son una gran tendencia actual en las dietas humanas ya que son granos sin gluten y cuentan con excelente valor nutricional. La enzima transglutaminasa es usada en la industria de la panificación para mejorar la calidad del pan a nivel de su estructura de la miga, firmeza y elasticidad, permitiendo mejorar también sus propiedades sensoriales. Entre los aditivos que son comúnmente utilizados para lograr este objetivo encontramos los hidrocoloides o gomas ya que su aplicación en formulaciones de pan sin gluten son una alternativa prometedora para la expansión respecto a la alta calidad. Los hidrocoloides consisten en una serie de polisacáridos solubles en agua con diversas estructuras químicas que proporcionan una amplia gama de propiedades funcionales que los hacen adecuados para diferentes aplicaciones en la industria del pan, además mejoran el desarrollo de la masa y la retención de gases a través de un aumento de la viscosidad, produciendo panes con mayores propiedades de horneado y calidad.

Abstract

The objective of the research is: to carry out a review of the use of transglutaminase based on formulations, processes, in order to know products baked with non-traditional raw materials. Wheat consumption has triggered a negative effect on the small intestine due to the presence of gluten protein. One of the solutions is to make products with different gluten-free raw materials, which represents a treatment alternative. Andean grains are a great option since they are edible seeds, they are known as tales because of their physical appearance is similar, they are also a great current trend in human diets, since they are gluten-free grains and have excellent nutritional value. The transglutaminase enzyme is used in the bakery industry to improve the quality of bread at the level of its crumb structure, firmness and elasticity, it can also improve its sensory properties. Among the additives that are used we use to achieve this goal, we find the hydrocolloids or gums that their application in gluten-free bread formulations are a promising alternative for expansion with respect to high quality. Hydrocolloids consisting of a series of water-soluble polysaccharides with various chemical structures that affect a wide range of functional properties that make them suitable for different applications in the bread industry, in addition to improving dough development and gas retention through an increase in viscosity, producing panels with higher baking properties and quality.

Palabras clave: Enfermedad, Celiaca, Pan sin gluten, Transglutaminasa, Hidrocoloides, Enzimas. Panificación.

Keywords: Disease, Celiac, Gluten-free bread, Transglutaminase, Hydrocolloids, Enzymes, Baking.

1. Introducción

En la actualidad el consumo de trigo ha desencadenado un efecto sobre el intestino delgado por la presencia de la proteína del gluten (glutenina y gliadina), el cual tiene efectos negativos. También, denominada enteropatía crónica inmunomediada caracterizada por la producción de anticuerpos en sujetos genéticamente predisuestos (Cava, Collo, Capello, Mazza, & Riso, 2020).

La industria alimentaria tiene una amplia gama de productos a partir del trigo como: pan, fideos, productos de pastelería, etc. que son elaborados a partir de este cereal, presentan un problema para las personas que son intolerantes al gluten. Una de las soluciones es realizar productos con diferentes materias primas libre de gluten lo cual representa una alternativa de tratamiento (do Nascimento, Fiates, & Teixeira, 2017). Cabe mencionar que obtener estos productos horneados de otras fuentes es un gran reto

¹ Autor de correspondencia:

Km. 6 Salida Arequipa, San Roman, Juliaca

E-mail: luz.em@upeu.edu.pe, suryam.np@upeu.edu.pe

para la industria alimenticia. Martínez et al (2020), menciona que los granos andinos son semillas comestibles, se conoce como tales debido a que su apariencia física es similar, además son una gran tendencia actual en las dietas humanas ya que son granos sin gluten y cuentan con excelente valor nutricional.

Hasta la actualidad se están realizando trabajos de investigación de productos horneados a base de materia primas sin gluten, esto es un desafío, porque se necesita contar con las mismas o semejantes propiedades físicas y sensoriales de productos a base de trigo que puedan satisfacer al consumidor, las investigaciones se centran en el uso de hidrocoloides y enzimas donde se usan para obtener un efecto semejante a las proteína del trigo, ello se basa en sustituir o imitar la red de gluten ((Bender & Schönlechner, 2020).

Mir et al. (2016) realizó una revisión del uso de hidrocoloides como: hidroxipropilmetilcelulosa, carboximetilcelulosa, goma xanthan, goma guar, carragenina, alginatos, pectinas en combinación con harinas de castaña, arroz, fécula de papa, maíz, sorgo entre otros. Choque et al (2017) realizó un estudio donde se evaluaron el efecto de la harina de quinua de cinco variedades y la adición del hidrocoloide hidroxipropilmetilcelulosa, la enzima transglutaminasa para las formulaciones de pan sin gluten, donde obtuvieron propiedades semejantes a la de un pan convencional.

La transglutaminasa (TG) es una enzima usada en la industria de la panificación para mejorar la calidad del pan a nivel de su estructura de la miga, firmeza y elasticidad, permitiendo mejorar también sus propiedades sensoriales. Esta enzima realiza una catálisis de reacción entre un grupo ϵ -amino en residuos de lisina unidos a proteínas y un grupo β - carboxiamida en residuos de glutamina unidos a proteínas, lo que conduce a la reticulación covalente de proteínas (Boukid et al., 2018). Se reportan las siguientes investigación con el uso de TG y otras materias primas: harina de mijo, suero y TG, mejorando sus propiedades reológicas (Tomić, Torbica, & Belović, 2020); pan con arroz, almidón de tapioca y TG, efecto en sus propiedades de textura (Pongjaruvat et al. 2014). El objetivo de la investigación es: realizar una revisión del uso de la transglutaminasa basado en formulaciones, procesos, a fin de conocer productos horneados con materias primas no tradicionales.

2. Desarrollo o Revisión

2.1. ¿Por qué la necesidad del pan sin gluten para los consumidores ?

Según (Baldera, Chaupis-Meza, Cárcamo, Holmes, & García, 2020) indican que la prevalencia de la Enfermedad Celíaca (EC) a nivel mundial es de 1%, respecto a mujer: hombre de 2,8 %. En Latinoamérica las prevalencias son similares a las de Europa, las cuales varían entre 0,46 y 0,64%, en el Perú no existen estudios poblacionales de prevalencia, pero sí hay casos clínicos de EC que advierten la necesidad de un mapeo nacional de la enfermedad.

En la actualidad, el único tratamiento efectivo para la enfermedad celíaca es el estricto cumplimiento de una dieta libre de gluten, a través de una retirada permanente de gluten de la alimentación diaria. Además los pacientes con enfermedad celíaca no pueden tolerar las proteínas del gluten debido a reacciones alérgicas, el número creciente de casos diagnosticados y la conciencia hacen que la disponibilidad de panes sin gluten sea un problema socioeconómico y de salud muy importante, la producción de pan sin gluten de alta calidad a partir de ingredientes distintos de la harina de trigo representa un gran desafío tecnológico (Mir et al., 2016)

2.2. Panes sin Gluten

Debido a enfermedades como la celiaca es necesario desarrollar productos libres de gluten para dirigirlos a este tipo de población en específico, pero la eliminación total del gluten no es una tarea del todo fácil es por eso que se opta por el uso de combinaciones de arroz, maíz y la incorporación de almidones, proteínas, fibras, hidrocoloides y enzimas, esto para mejorar características que no se obtienen sin el gluten como características nutricionales, volumen, un pan sin gluten posee un bajo contenido de proteína y lisina mientras que su contenido de grasa y carbohidratos es elevado, tampoco posee las mismas propiedades reológicas, la adición de proteínas ayuda a la formación de una red similar a la red de gluten y los hidrocoloides contribuyen a las propiedades viscoelásticas (Melilini , Melini, Luziatelli, & Ruzzi, 2017)

Entre los aditivos que son comúnmente utilizados para lograr este objetivo encontramos los hidrocoloides o gomas ya que su aplicación en formulaciones de pan sin gluten son una alternativa prometedora para la expansión respecto a la alta calidad (Ronda et al., 2015). Los hidrocoloides consisten en una serie de polisacáridos solubles en agua con diversas estructuras químicas que proporcionan una amplia gama de propiedades funcionales que los hacen adecuados para diferentes aplicaciones en la industria del pan, además mejoran el desarrollo de la masa y la retención de gases a través de un aumento de la viscosidad, produciendo panes con mayores propiedades de horneado y calidad. Varios hidrocoloides han demostrado la calidad aceptable en panes (Mir et al., 2016). Además de aplicarse como sustitutos del gluten en panes han demostrado una mejora en la textura, el aumento de la retención de humedad y mejoramiento de las propiedades generales de calidad del pan.

Miranda et al.(2018), pudo predecir la formulación más adecuada utilizando proteínas de origen vegetal, la incorporación de harina integral de quinua y harina de lupino blanco en los panes libres de gluten, tuvieron un efecto positivo sobre su perfil nutricional destacándose su aporte de proteínas, lípidos y minerales totales.

2.3. Transglutaminasa (R-glutaminil-péptido γ -glutaminil-transferasa)

La Transglutaminasa (R-glutaminil-péptido γ -glutaminil-transferasa) es una enzima catalizadora que forma enlaces covalentes entre los grupos aminos y carboxiaminas, esto produce un mejoramiento en cuanto a la textura de la proteína y las propiedades funcionales obteniendo así productos más resistentes y de mayor calidad. (Reyes, 2019). La transglutaminasa trabaja catalizando la integración de poliamidas en las proteínas formando un enlace tipo amida con residuos de glutamina, en esta acción se forman enlaces peptídicos a nivel inter molecular e intra molecular. En la harina la transglutaminasa reduce la concentración de gluten esta acción forma polímeros que modifican la elasticidad de la masa, elevando de esta manera la calidad panadera. Así mismo se reporta que el uso menor de la enzima es más beneficioso para el pan en comparación a un mayor empleo de la enzima. (Lopez, 2017). La inactivación de la enzima suele ocurrir 2 h a 65°C, 15 min. a 70°C y 5 min. a 75°C, suele oxidarse a temperaturas de congelación y es estable a un rango de pH entre 5 a 8, siendo esto último favorable para su utilización en diversos productos alimenticios. (Reyes, 2019).La TG es un simple monómero compuesto por 331 aminoácidos, además es una proteína extracelular que se activa fuera de la membrana citoplasmática y un miembro de $\alpha+\beta$ clase plegable, con 10 α -helices y 8 β -strands (Fatima & Khare, 2018).HJ

Mohammadi et al.(2015), investigaron el efecto de diferentes hidrocoloides como agentes aglutinantes y alternativas de gluten en el pan hecho de almidón de maíz. Se han aplicado diferentes métodos, incluido el uso de enzimas, para obtener una red similar al gluten con respecto a la capacidad de retención de gas y el desarrollo de calidad del producto final.Este estudio se centró en el efecto de la TG microbiana y la goma guar en las propiedades reológicas de la masa y la calidad de los panes elaborados con harina de arroz sin gluten, almidón de maíz y harina de soja.

Se han realizado varios estudios con respecto a la propiedades y efectos de la TG en los alimentos. La adición de esta enzima se conoce que mejora la textura, sabor y propiedades reológicas de los alimentos, en algunos casos, aumenta las características de salud de los consumidores. Junto con estas características, muchas investigaciones se han realizado en relación con los efectos nocivos de la adición de TG al procesamiento de alimentos, particularmente en la enfermedad celiaca, las personas con trastornos digestivos y enfermedades neurodegenerativas (Amirdivani et al., 2018).

2.4. Formulaciones y procesos para la elaboración de pan sin gluten:

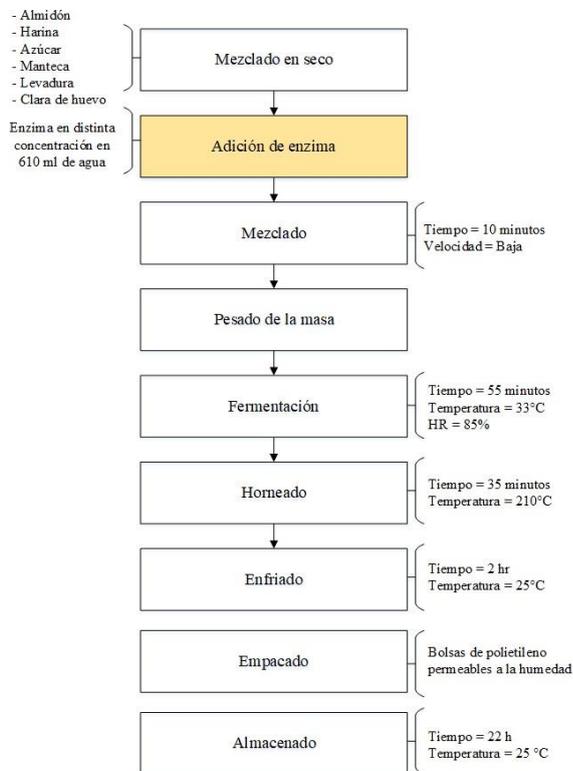
Se revisaron diferentes estudios realizados con la adición de Transglutaminasa a diferentes niveles en la formulación de panes sin gluten de acuerdo a lo revisado se elaboró la tabla 1 de formulaciones y sus respectivos flujogramas. En la tabla 1 se muestra las formulaciones que usaron para la elaboración de pan sin gluten, determinando los análisis como volumen específico, Textura, Pérdida de agua, Viscosidad, Elasticidad, Cohesión y Masticabilidad. En los flujogramas describe los parámetros que usaron en los distintos procesos y en qué proceso añade la enzima transglutaminasa.

Tabla 1 . Formulaciones de pan sin gluten.

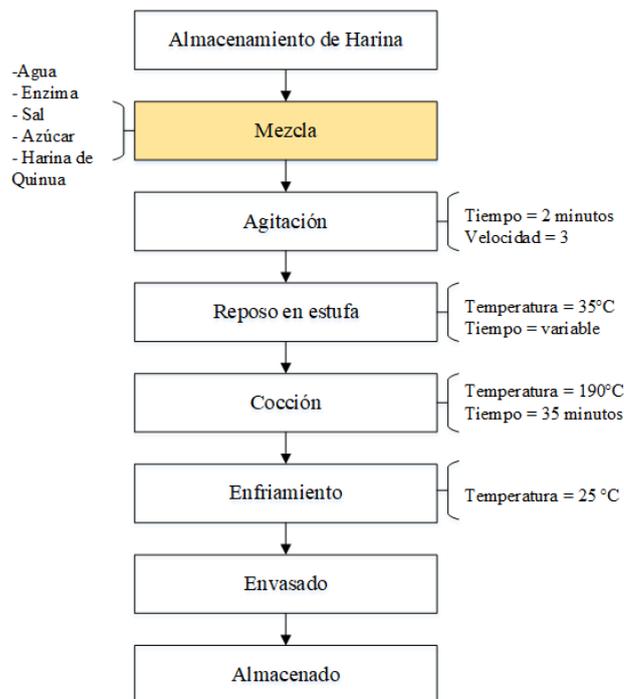
Formulación	Análisis							Autor
	Volumen específico Cm ³ G ¹	Analisis de Textura	Perdida de agua g	Viscosidad Gs ¹	Elastisidad g	Cohesion g	Masticabilidad g	
- Harina de mijo (100 g), Azucar (5 %), Levadura (4 %), Sal (2,5 %), Agua (110 %), TG (0.5 %, 1 % y 1.5 %)	1.3 a 1.7	1200 a 8700	-	-	-	-	-	Tomić, Torbica & Belović (2020).
- Harina de Sorgo (125 g) y (500 g) , Mandioca (25 g) y (100 g), Huevo en Polvo (9 g) y (36 g), Agua (152,5 ml) y (610 ml), Azúcar (40 g), Grasa (12 g), Sal (10 g), Levadura seca (9 g), TG (0.5 , 1 y 1.5 u/g)	-	1710. 5 a 2416.3	-	-	87.20 a 93.35	0.47 a 0.60	794.83 a 1237.20	Onyango et al., (2010).
- Harina de quínoa (100 g), Agua (25 g), Sal (3 g), Levadura (3 g), Azúcar (2 g), TG(0, 1 y 10 u/g)	-	719.53 a 1931.12	-	-	0.85 a 0.89	0.48 a 0.55	372.74 a 934.55	Vergara (2011)
- Harina de Arroz (100 g), Agua (115 ml), Azucar (5 g), Sal (3 g), Levadura (2 g), Mejorador de pan (3 g), Aceite de soja (3 g), Goma Xantana (1 g), Albúmina (0, 0.67, 3, 5.32 y 6 g). Caseína (0, 0.67, 3, 5.32 y 6 g), TG (0, 1.35, 6, 10.65 12 u/g)	1.43 a 1.59	1228.6 a 3377.2	12.91 a 18.8	5.40 a 19.47	0.92 - 0.95	0.41 - 0.60	505.9 a 1967.2	Storck et al. (2013)
- Harina de arroz (200 g), Almidón de maíz (150 gr), Harina de soja (50 g), caseinato de sodio (24 g), Aceite (20 g) Azúcar (20 g), Inulina (10 g), sal (7 gr), Levadura instantánea seca (7 gr), Éster de ácido diacetil tartárico de mono y di-glicéridos de ácidos grasos DATEM (1 g), Goma guar (20 y 30 g Kg ¹), TG (0, 1, 10 u/g)	1.43 a 1.76		48.35 a 62.65	-	-	-	-	Mohammadi et al. (2014)

2.3. Elaboración de flujogramas de procesos de los distintos autores revisados:

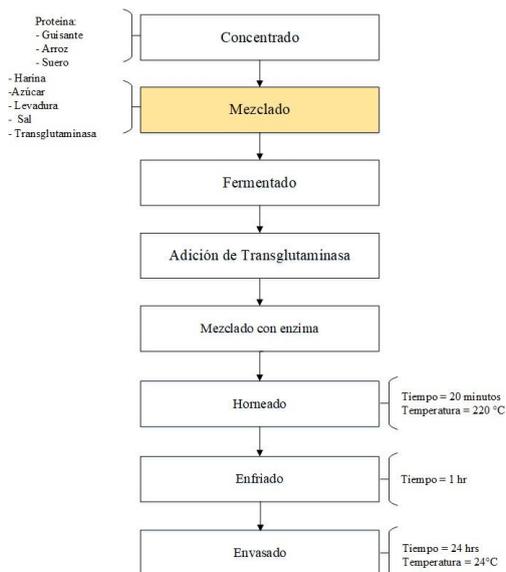
1.-



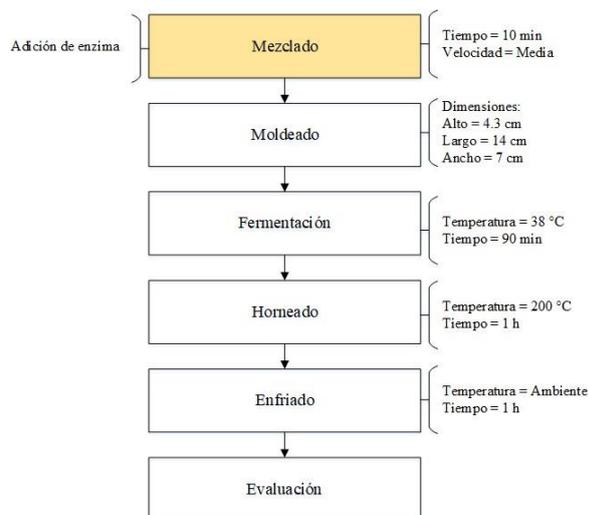
2.-



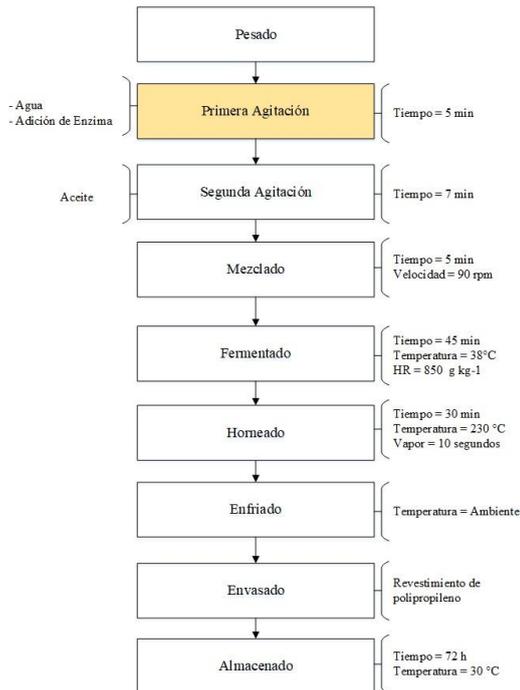
3.-



4.-



5.-



Descripción de Flujogramas:

1. Primer Flujograma

- Se mezcla Almidón de yuca pregelatinizado (100 g), harina de sorgo (500 g), azúcar (40 g), grasa de panadero (12 g), sal (10 g), levadura seca instantánea activa (9 g) (GB Ingredients, Dordrecht, Holanda) y clara de huevo en polvo (36 g) se mezclaron manualmente en un tazón ancho.
- Esta mezcla seca se agregó al agua (610 ml) que contiene concentraciones variables de TG (0.5, 1 y 1.5 U / g; la concentración de la enzima se calculó en función del peso de la harina, que comprende almidón de yuca y harinas de sorgo)
- Se mezcló a baja velocidad durante 10 minutos en un laboratorio de Diosna. La masa (1200 g) se pesó en bandejas para hornear (altura 90 mm, longitud superior e inferior y ancho 260250 y 10590 mm, respectivamente)
- Se fermentó en un Fermentador Manz G66 W (Manz Backtechnik GmbH, Creglingen, Alemania) en 33 C y 85% de humedad relativa durante 55 min. La masa estaba cubierta con una tapa.
- El horneado se realizó en un horno de múltiples pisos Matador (Werner und Pfleiderer Lebensmitteltechnik GmbH, Dinkelsbühl, Alemania) a 210 °C durante 35 min con inyección de vapor durante 10 s antes de la carga.
- El enfriamiento se realizó durante 2 ha 25 °C
- Luego se empacaron en bolsas de polietileno permeables a la humedad y se cerraron con un nudo
- Se almacenaron durante 22 ha 25 °C

2. Segundo Flujograma

- Almacenamiento de la Harina: La harina fue almacenada en bolsas de papel kraft, en un lugar fresco, seco y oscuro, durante una semana, tiempo en que comenzó a utilizarse.
- Mezclado: Por cada formulación se emplearon 100 g de harina de quínoa, 25 g de agua, 3 g de sal, 3 g de levadura y 2 g de azúcar. La levadura fue disuelta en 62,5 g de agua, se le adicionó el azúcar
- La fermentación a 37°C por 10 minutos. Una vez fermentada se adicionó a los 100 g de harina de Quínoa previamente pesados. Luego se procedió a disolver la enzima, pesada en balanza analítica, en el resto de agua, para ser vertido sobre la harina y la levadura fermentada.
- Agitación: Juntos todos los ingredientes se procedió a agitar con batidora eléctrica por 2 minutos, teniendo la precaución de utilizar el batidor espiral, indicado para batidos más viscosos.
- Vertido a Molde: Cada mezcla elaborada fue dispuesta en moldes de 10 cm de largo x 6 cm de ancho. Los moldes fueron previamente untados con mantequilla (para ayudar en el desmolde del pan).

- Reposo en Estufa: El molde con el batido fue ubicado en estufa a 30°C, por 15, 30 ó 45 minutos, de acuerdo a la formulación a elaborar.
 - Cocción: la temperatura de la estufa fue elevada a 190°C, donde se procedió a hornear el pan por 35 minutos.
 - Desmoldado: Una vez horneado, el pan fue retirado de la estufa y desmoldado
 - Enfriamiento: El enfriamiento del pan se realizó una vez retirado del molde, a temperatura ambiente, a 25°C.
 - Envasado: el envasado se realizó en bolsas PET, que fueron selladas luego de haber introducido el pan.
 - Almacenamiento: los envases fueron almacenados a temperatura ambiente en un lugar fresco, seco y limpio para sus posteriores análisis.
3. Tercer Flujograma
- Se agregó Transglutaminasa (TG) a los ingredientes antes de mezclar. Para garantizar que los valores de pH de las masas fueran apropiados para la actividad enzimática (pH 5.0–8.0, Renzetti et al., 2008), se realizó una prueba preliminar utilizando un medidor de pH AMT12 (Amtast, EE. UU.). La enzima se disolvió en la mitad de la cantidad de agua requerida en la receta. Se añadió TG a tres niveles (0,5, 1,0 y 1,5% p / p en base a las mezclas de proteínas de harina).
 - Después de 2 minutos de mezcla, la masa se dividió en porciones de 150 g y se colocó en moldes para hornear (9,5 x 7,5 cm² de extensión superior, 7,5 × 5,5 cm² de extensión inferior y 6,5 cm de profundidad).
 - Después de la fermentación de 30 min a 30 ° C
 - Los panes se hornearon a 220 ° C durante 20 min.
 - Después de enfriar durante 1 h, los panes se envasaron en bolsas de polipropileno
 - Se almacenaron a 24 ° C durante 24 h. La evaluación de la calidad del pan se realizó después de 1 h de enfriamiento y después de 24 h de almacenamiento.
4. Cuarto Flujograma
- Los ingredientes para seis panes se mezclaron durante 10 minutos en una batidora planetaria (Modelo K5SS, KitchenAid, St. Joseph, EE. UU.) A velocidad media.
 - Se colocó la masa (aproximadamente 200 g) en bandejas individuales usando una cuchara (7 cm de ancho, 14 cm de largo y 4,3 cm de altura) y se sometió a fermentación durante 90 minutos a 38 °C
 - Posteriormente, la masa a prueba se horneó durante 40 minutos a 200 ° C (horno eléctrico, Fischer, Brusque, Brasil).
 - Los panes se retiraron de las bandejas y se enfriaron a temperatura ambiente durante 1 h antes de la evaluación.
5. Quinto Flujograma
- Inicialmente, las materias primas se pesaron y luego los materiales secos se vertieron en el Spiral Mixer Página 6 de 23 Manuscrito aceptado 6 M 80-Premium fabricado por Escher Mixers Co. (Schio, Italia) y se agitó durante 5 minutos.
 - Se añadió agua para que toda la masa tuviera la consistencia similar medida por el farinógrafo (Brabender, Alemania).
 - Luego se añadió aceite a la mezcla y se agitó durante 7 minutos a 30 x g.
 - Después la masa obtenida se mezcló durante 5 minutos a 90 rpm para hacer una mezcla homogénea.
 - Luego se cortó en trozos con 700 gr de peso, y el proceso de moldeo se realizó en platos grasientos de 9 × 19.5 × 10 cm.
 - La fermentación se realizó a 30 oC y 850 g kg⁻¹ de humedad relativa durante 45 min.
 - El proceso de horneado se realizó en Rototherm Oven - EN 6080 / EN 80100 fabricado por Enkomak Bakery Machinery Co. (Anatolia, Turquía) por 10 s de vapor seguido de calentamiento a 230 oC durante 30 min.
 - Finalmente, los panes se enfriaron a temperatura ambiente, se sellaron dentro de un revestimiento de polipropileno y se almacenaron a 30 oC durante 72 h

3. Conclusiones

La enfermedad celíaca es un gran problema en la actualidad ya que no hay un tratamiento sino solo una estricta dieta libre de gluten, es por eso la necesidad de desarrollar productos libres de gluten. Las investigaciones se centran en el uso de hidrocoloides y enzimas donde se usan para obtener un efecto semejante a las proteínas del trigo. La enzima transglutaminasa añadiendo a los alimentos mejora la textura, sabor y las propiedades reológicas, en algunos casos, está relacionada con la salud de los consumidores, particularmente en la enfermedad celíaca. La revisión de muchas investigaciones nos ha llevado a una serie de formulaciones y procesos para la elaboración de pan sin gluten, también una variedad de análisis que se realizan.

Referencias

- Amirdivani, S., Khorshidian, N., Fidelis, M., Granato, D., Koushki, M., Mohammadi, M., Khoshtinat, K., & Mortazavian, A. (2018). Effects of transglutaminase on health properties of food products. *ScienceDirect*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.01.008>
- Baldera, K., Chaupis-Meza, D., Cárcamo, C., Holmes, K., & García, P. (2020). Seroprevalencia poblacional de la enfermedad Celiaca en zonas urbanas de Perú. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 37(1):63- 6.
- Bender, D., & Schönlechner, R. (2020). Innovative approaches towards improved gluten-free bread properties. *Journal of Cereal Science*, 91, 102904. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102904>
- Boukid, F., Carini, E., Curti, E., Bardini, G., Pizzigalli, E., & Vittadini, E. (2018). Effectiveness of vital gluten and transglutaminase in the improvement of physico-chemical properties of fresh bread. *LWT*, 92, 465–470. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.059>
- Cava, E., Collo, A., Capello, E. C., Mazza, F., & Riso, S. (2020). Nutritional management of celiac crisis in an elderly adult: A case report of the rare presentation of celiac disease in a 75-y-old woman. *Nutrition*, 79–80, 110858. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nut.2020.110858>
- Choque, N., Neira, M.M. (2017). Efecto de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en la formulación de pan sin gluten con transglutaminasa e hidroxipropilmetilcelulosa. Repositorio Institucional UNAS. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5108>
- Fatima, S. W., & Khare, S. (2018). Current insight and futuristic vistas of microbial transglutaminase in nutraceutical industry. *Microbiological Research*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2018.06.001>
- Nascimento, A. B., Fiates, G. M. R., & Teixeira, E. (2017). We want to be normal! Perceptions of a group of Brazilian consumers with coeliac disease on gluten-free bread buns. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 7, 27–31. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2017.01.001>
- Loungo, D., Maurano, F., Bergamo, P., & Rossi, M. (2020). Microbial transglutaminase: A biotechnological tool to manage gluten intolerance. *Analytical Biochemistry*, 592. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2020.113584>
- Lopez, A. S. (2017). Aplicacion de enzima Transglutaminasa en la elaboracion de masa para pastel. Chiapas .
- Martínez, C. , Peñas, E. , Hernández, B. (2020). Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. *Trends in Food Science & Technology*, 137. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111178>
- Mancebo, C. M., Miguel, M. A. S., Martínez, M. M., & Gomez, M. (2015). Optimisation of rheological properties of gluten-free doughs with HPMC, psyllium and different levels of water. *Journal of Cereal Science*, 61, 8-15. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.10.005>
- Mir, S. A., Shah, M. A., Naik, H. R., & Zargar, I. A. (2016). Influence of hydrocolloids on dough handling and technological properties of gluten-free breads. *Trends in Food Science & Technology*, 51, 49–57. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.03.005>
- Miranda, P. P., Mufari, J. R., Bergesse, A. S., Planchuelo, A. M., & Calandri, E. L. (2018). Calidad nutricional y propiedades físicas de panes libres de gluten. *Nutr. clín. diet. hosp.*, 38(3), 45-55. <https://doi.org/10.12873/383miranda>
- Melilini , V., Melini, F., Luziatelli, F., & Ruzzi, M. (2017). Current and Forward-Looking Approaches to Technological and Nutritional Improvements of Gluten-Free Bread with Legume Flours: A Critical Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* , 1101 - 1119.
- Mohammadi, M., Mohammad, A., Tirang, R.N., Hosseini, H., Mortazavian, A.M.(2014), Development of gluten-free bread using Guar gum and Transglutaminase, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* <http://dx.doi.org/10.1016/j.jiec.2014.06.013>
- Onyango, C., Mutungi, C., Unbehend, G., & Lindhauer, M. (2012). Rheological and baking characteristics of batter and bread prepared from pregelatinised cassava starch and sorghum and modified using microbial transglutaminase. *Journal of Food Engineering*, 2-5. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.11.002>
- Pongjaruvat, W., Methacanon, P., Seetapan, N., Fuongfuchat, A., & Gamonpilas, C. (2014). Influence of pregelatinised tapioca starch and transglutaminase on dough rheology and quality of gluten-free jasmine rice breads. *Food Hydrocolloids*, 36, 143–150. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.09.004>

Reyes, G. E. (2019). Efecto de la adición de transglutaminasa, xilanasa, celulasa y suero de leche en polvo en las propiedades reológicas de masa de pan de molde *Sistematización de experiencias prácticas de investigación y/o intervención*. Quito.

Ronda, F., Perez-Quirce, S., Lazaridou, A., & Biliaderis, C. G. (2015). Effect of barley and oat β -glucan concentrates on gluten-free rice-based doughs and bread characteristics. *Food Hydrocolloids*, 48, 197-207. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.02.031>

Storck, C. R., Zavareze, E., Arocha, M., Cardoso, M., Molina, C., & Guerra, A. R. (2013). Protein enrichment and its effects on gluten-free bread characteristics. *LWT - Food Science and Technology*, 53, 2-6. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.02.005>

Tomić, J., Torbica, A., & Belović, M. (2020). Effect of non-gluten proteins and transglutaminase on dough rheological properties and quality of bread based on millet (*Panicum miliaceum*) flour. *LWT*, 118, 108852. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108852>

Vergara, P. M. (2011). Efecto de la adición de enzima transglutaminasa en el desarrollo de pan a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*). *UNIVERSIDAD DE CHILE*, 30-45. http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/116490/vergara_pm.pdf?sequence=1.