

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA**

### **EVALUACIÓN DE PIZZA SIN GLUTEN A PARTIR DE PRODUCTOS Y CO-PRODUCTOS ECUATORIANOS**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO  
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA  
AGROINDUSTRIAL**

**NICOLE SAMANTHA MONTAGUANO NAVARRETE**

**[nicole.montaguano@epn.edu.ec](mailto:nicole.montaguano@epn.edu.ec)**

**DIRECTOR: ING. PEDRO GUSTAVO MALDONADO ALVARADO. Ph.D**

**[pedro.maldonado@epn.edu.ec](mailto:pedro.maldonado@epn.edu.ec)**

**Quito, marzo 2022**

## **CERTIFICACIONES**

Yo, Nicole Samantha Montaguano Navarrete declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

---

**Nicole Samantha Montaguano Navarrete**

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Nicole Samantha Montaguano Navarrete, bajo mi supervisión.

---

**Ing. Pedro Gustavo Maldonado Alvarado**

**Ph.D**

**DIRECTOR**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

NICOLE SAMANTHA MONTAGUANO NAVARRETE

ING. PEDRO GUSTAVO MALDONADO ALVARADO PH.D

# Evaluación de Pizza sin Gluten elaborada a partir de Productos y Co-Productos Ecuatorianos

---

## Resumen:

El presente estudio evaluó la factibilidad de realizar una pizza sin gluten a partir de la extrapolación de los resultados obtenidos en el proyecto PIMI: "Evaluación de pan sin gluten elaborado a partir de harina de quinua y banano, almidón de yuca, harina de chocho (HC) o proteína de lactosuero (PL), con hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) y transglutaminasa (TG), como mejoradores". Se realizó una revisión bibliográfica sistemática donde mediante una matriz se analizaron investigaciones previas sobre pizzas sin gluten con distintas matrices alimentarias, sus análisis reológicos y sensoriales y se discutieron sus resultados donde se mostraban valores favorables ya que algunos llegaban a ser similares a los de una pizza a base de trigo. Por otro lado, se analizaron alternativas tecnológicas para mejorar propiedades y se propuso una metodología de elaboración. Finalmente, después de analizar y comparar resultados se concluyó que es factible realizar una pizza sin gluten con propiedades reológicas y sensoriales aceptables a base de productos y coproductos ecuatorianos con HPMC y TG como mejoradores, debido a las características individuales de las materias primas tales como sus cantidades, tipos de proteínas y almidones, además de la sinergia entre el HPMC con almidones mejorando las propiedades del producto final y la capacidad del TG de entrecruzar proteínas que permiten obtener redes parecidas a las del gluten. Así mismo se compararon distintos mejoradores como la goma xantana con el HPMC donde los estudios previos demostraban que este último brindaba mejores características finales a la masa.

**Palabras clave:** Análisis de factibilidad, pizza sin gluten, alimentos ecuatorianos, co-productos, mejoradores.

## Evaluation of Gluten-Free Pizza made from Ecuadorian Products and By-Products

### Abstract:

This study evaluated the factibility of developing a gluten-free pizza based on the extrapolation of the results obtained in the PIMI project: "Evaluation of gluten-free bread made from quinoa and banana flour, cassava starch, chocho flour (HC) or whey protein (PL), with hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) and transglutaminase (TG), as improvers". For this purpose, a systematic bibliographic review was carried out where, by means of a matrix, previous research on gluten-free pizzas with different food matrices, their rheological and sensory analyses were analyzed and their results were discussed, where favorable values were shown, since some of them were similar to those of a wheat-based pizza. On the other hand, technological alternatives to improve properties were analyzed and a methodology of elaboration was proposed. Finally, after analyzing and comparing results, it was concluded that it is feasible to make a gluten-free pizza with acceptable rheological and sensory properties based on Ecuadorian products and co-products with HPMC and TG as improvers, due to the individual characteristics of the raw materials such as their quantities, types of proteins and starches, in addition to the synergy between HPMC and starches improving the properties of the final product and the capacity of TG to cross-link proteins that allow obtaining gluten-like networks. Likewise, different improvers such as xanthan gum were compared with HPMC, where previous studies showed that the latter provided better final characteristics to the dough.

**Keywords:** Factibility analysis, gluten-free pizza, ecuadorian food, by-products, improvers.

---

## 1. INTRODUCCIÓN

La enfermedad celiaca es producida por una intolerancia permanente de ciertas personas, predispuestas genéticamente, a sensibilidades al gluten, proteína que se encuentra en cereales como: trigo, cebada, avena y centeno (Olivencia et al., 2005). Esta es una enfermedad de tipo inflamatoria que afecta principalmente la mucosa del intestino delgado interfiriendo en procesos de utilización de nutrientes como sales y vitaminas (Parada y Araya, 2010). Afecta aproximadamente al 1,7 % de la población sintomática y entre el 0,75 a 1,2% a la población que no posee síntomas. El único tratamiento efectivo es la adopción de una dieta libre de gluten, es decir, excluir aquellos

alimentos donde se encuentre presente esta proteína (Moscoso y Quera, 2016).

Actualmente, la demanda de alimentos libres de gluten está en aumento debido a que la preferencia por estos alimentos también ha sido adoptada por personas que buscan un estilo de vida más saludable (MarketsandMarkets, 2015). Por esto, la elaboración de alimentos sin gluten representa un desafío para la industria alimentaria ya que, comparados con los productos tradicionales, los sin gluten contienen mayores cantidades de grasa, carbohidratos y su contenido de minerales y nutrientes es deficiente ya que no son fortificados. Así, la elaboración de productos "gluten-free" como el uso de nuevas tecnologías,

pueden aportar mayores beneficios nutricionales para los consumidores y precios más accesibles (Estévez, 2016).

Un producto horneado libre de gluten que ha tomado impulso en los últimos años es la pizza. Este alimento se consume masivamente por personas de todas las edades, así como en todos los sectores sociales (Sun y Brosnan, 2003). El origen de la pizza es italiano y se trata de una masa con características alveolables de forma redondeada, con un grosor de alrededor de 3 a 5 mm. Generalmente en su superficie se coloca queso, salsa de tomate y otros ingredientes dependiendo del gusto del consumidor. Los ingredientes que conforman la formulación de una pizza clásica son: harina de trigo, azúcar, levadura y sal (Álvarez et al., 2011).

De manera general, existen dos tipos de pizza dependiendo del espesor de su masa: gruesa y delgada. La primera se elabora a base de harina que tenga alto contenido de proteínas, para ser fermentada con levadura, esto con el propósito de ser parecida al pan. Mientras que la pizza fina es más crujiente y la harina debe tener un menor contenido proteico, además, puede ser leudada con gas o levadura, para que su base sea más parecida a una galleta (Gallagher, 2008).

Dentro de las investigaciones que se han realizado para el desarrollo de pizzas sin gluten. Gallagher et al. (2004) confirmaron que es posible realizar pizzas sin gluten con atributos físicos similares a las pizzas de harina de trigo a partir de una combinación de diferentes almidones, harinas, hidrocoloides, fuentes de proteína y grasas, donde realizaron pruebas de dureza de la masa de la pizza, volumen y color de la pizza en sí. Así mismo, Andrade (2020), realizó el estudio de las características fisicoquímicas y tecnofuncionales de masa para pizza sin gluten que fue elaborada a partir de cultivos andinos (tubérculos) y goma xantana, donde se obtuvo resultados favorables en cuanto al color, dureza y retención de agua.

Por otro lado, se evidenció que las pizzas sin gluten poseen una miga más abierta, debido a que poseen una menor cantidad de alveolos cuya área es mayor, comparada con la miga de la pizza a base de trigo. Esta última posee más alveolos de menor tamaño lo que la hace compacta y uniforme, pero cuyos resultados sensoriales fueron aceptables por el consumidor (López et al., 2015). Además, los mejoradores como las gomas tienen alta influencia en este tipo de alimentos como lo reportó Herrera y Tubay (2021), donde planteó el desarrollo de una pizza sin gluten a partir de papa cocida con goma xantana la cual permitió que la miga sea más aireada y así mismo incrementó su elasticidad.

Finalmente, en cuanto al almacenamiento de la masa de pizza sin gluten se comprobó que mantienen sus atributos sensoriales después de 4 meses (Vargas, 2019).

No se han reportado estudios sobre el desarrollo de pizzas sin gluten a partir de productos y co-productos ecuatorianos, lo que permitiría darles un valor agregado a estos cultivos, obteniendo un alimento de alto valor nutritivo y de buenas propiedades funcionales, que cumpla con los siguientes

criterios: que su masa sea laminable, que logre mantener el gas producido por las levaduras, que al probarla esta vuelva a subir y que sus atributos sensoriales y de textura sean buenos (Gallagher et al., 2004). También, deberá lograr adaptarse a las nuevas tendencias de alimentos para personas celiacas, así como para aquellas que buscan un estilo de vida más sano.

En el Ecuador los cultivos endémicos como: banano, quinua, yuca y chocho son una buena alternativa para el desarrollo de alimentos sin gluten, ya que no poseen esta proteína y además cuenta con excelentes propiedades nutritivas. La transformación de estos cultivos en harinas permitirán darles una correcta valorización y así disminuir las pérdidas que pueden ocurrir en la postcosecha (Manobanda, 2017).

La quinua es un pseudocereal cuyo contenido de proteínas y grasas es mayor a comparación de otros cereales como trigo y avena. (Kozioł, 1992).

El chocho está compuesto en su mayoría por proteínas (41 a 51%) y el resto de aceites, lo cual aporta un importante contenido proteico al producto final (Gross et al., 1988).

A nivel mundial Ecuador es el primer exportador de banano, llegando a representar el 40% del mercado en la Unión Europea (Vásquez, 2017). Así, una alternativa para su aprovechamiento es la harina de plátano la cual contiene una amplia variedad de vitaminas y nutrientes (Castro, 2015).

El almidón de yuca es el segundo almidón más utilizado luego del de maíz, esto debido a su alto contenido de amilosa (Hernández y Franco, 2016). El almidón de yuca posee propiedades de hinchamiento cuando se encuentra en condiciones hidrotérmicas (Singh et al., 2007).

Dependiendo del objetivo de mejoramiento que se quiera lograr en la masa sin gluten para asemejarse a la red de proteínas del gluten, existen diversos aditivos tales como hidrocoloides, proteínas y enzimas.

Hidrocoloides: también se denominan gomas, y se utilizan generalmente para agregar estructura a la masa, cumpliendo una función análoga a la del gluten, es decir, permite que la masa sea elástica y pueda estirarse. Algunos de los hidrocoloides más utilizados son: hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC), carragenina, goma guar, xantana, carboximetilcelulosa (CMC) (Anton y Artfield, 2009).

Proteínas: deben tener una funcionalidad similar a las proteínas del trigo. La proteína del suero de leche ha sido de interés ya que al darle un tratamiento previo con goma de garrofin se crea una mezcla proteína-goma, que da lugar a una masa cohesiva cuyo comportamiento reológico puede ser comparado con el de la masa de trigo (Van Riemsdijk et al., 2011). Así mismo, las proteínas de origen vegetal también han sido empleadas, en el caso del chocho.

Enzimas como la transglutaminasa han sido una herramienta útil para el proceso de panificación ya que es una transferasa que cataliza reacciones que ocurren entre residuos de proteínas, lo que produce entrecruzamientos y enlaces

covalentes entre dichas moléculas y péptidos (Olmedo y Franco, 2016).

El objetivo del presente trabajo es evaluar la viabilidad de la elaboración de la masa de una pizza sin gluten a partir de productos y co-productos ecuatorianos mediante recopilación bibliográfica. Con ello se logrará identificar las propiedades físicas, sensoriales y reológicas de pizzas sin gluten con matrices alimentarias similares y analizar las mejores alternativas tecnológicas para la elaboración de una pizza sin gluten.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Recopilación de Información:

Se realizó la recopilación de información mediante una revisión sistemática la cual se trata de resúmenes que presentan de manera clara y estructurada la información que se encuentra disponible del tema de interés que permitió verificar la efectividad de la propuesta presentada (Codina, 2020).

Para la etapa de diseño del producto se analizó los resultados obtenidos en el proyecto PIMI-1601: "Evaluación de pan sin gluten elaborado a partir de harina de quinua y banano, almidón de yuca, harina de chocho (HC) o proteína de lactosuero (PL), con hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) y transglutaminasa (TG), como mejoradores", en cuanto a propiedades físicas, reológicas y sensoriales y fueron extrapolados a una pizza sin gluten (Vásquez, 2021). Luego, se compararon los resultados con investigaciones previas sobre pizzas sin gluten con matrices de harinas, almidones, fuentes de proteínas, grasas y mejoradores, así como condiciones y tratamientos, lo que permitió analizar la viabilidad de los ingredientes propuestos para la pizza sin gluten y procesos que permitan asemejar sus atributos y comportamientos a los de las pizzas con base de trigo, se analizaron los resultados que se deseaban y como se podrían lograr. Finalmente, con las evidencias encontradas se determinó si es factible o no el producto de interés (Codina, 2020).

### 2.2 Análisis de propiedades de la masa para pizza sin gluten:

Los análisis reológico y sensorial de la pizza sin gluten son determinantes para evaluar la calidad del producto final.

#### 2.2.1 Propiedades reológicas de la masa

Conocer sobre las características reológicas de la masa es un aspecto fundamental ya que permite medir las fuerzas que son necesarias para generar determinadas deformaciones controladas como: compresión (aplastamiento) y tensión (estiramiento). Así, esta caracterización puede ser utilizada como una herramienta que permite seleccionar y especificar cuáles serían el mejor tipo de materias primas y a su vez las condiciones para el procesamiento en las distintas investigaciones que se realizan sobre pizza sin gluten con distintas matrices alimentarias (Dobraszczyk y Morgenstern, 2003).

#### 2.2.1.1 Elongación de la masa:

La elongación o estiramiento de la masa se realizó en extensígrafos o alveógrafos los cuales pueden operar en tensión uniaxial o biaxial. En la tensión uniaxial se coloca una tira de la muestra en la máquina donde se sujeta de ambos extremos y se separan a una velocidad adecuada, la fuerza se mide al mismo tiempo que el desplazamiento de la muestra. Por otro lado, en la tensión biaxial, la muestra se estira en dos direcciones perpendiculares en un plano con las mismas velocidades, el método que se utiliza en este caso es de compresión entre placas planas que deben tener una superficie lubricada, para evitar la fricción, estas generarán un movimiento extensional (Dobraszczyk y Morgenstern, 2003)

#### 2.2.1.2 Perforación de la masa:

Para la perforación de la masa se utiliza un equipo que tenga acoplado una sonda. Este ensayo mide cual es la fuerza necesaria para introducir la sonda hasta una profundidad constante dentro de la masa, lo que ocasionaría un aplastamiento irreversible. De manera simultánea, se mide la fuerza máxima ejercida sobre el alimento. Es decir, se puede estudiar la resistencia de la masa (Onderi, 2013).

#### 2.2.1.3 Análisis de perfil de textura de la masa (APT)

De manera general, el análisis de textura de las masas se realiza en un texturómetro donde el alimento es comprimido dos veces de manera sucesiva, entre dos placas que son paralelas y con ello se trazaron las curvas de fuerza y tiempo las cuales indican: dureza, cohesividad, elasticidad, gomosidad (resultado de la cohesión y dureza) y masticabilidad (producto de elasticidad y gomosidad) (Sherman, 1969).

#### 2.2.1.4 Volumen específico

Este ensayo se realiza una vez que la masa se haya cocinado. Para ello su volumen específico se mide mediante el método AACC (2010) 10-05.01 donde para medir el desplazamiento se utilizan semillas de alpiste, esto se realiza con el fin de observar cuanto creció la masa durante su horneado. Para la medición se utilizaron aparatos con medidas en volumen, siendo un método sensible. Finalmente, el volumen específico se encuentra realizando una relación entre el valor del volumen sobre la masa de la pizza.

#### 2.2.1.5 Capacidad de absorción de agua

La capacidad de retención de agua de la masa es importante ya que permite determinar qué porcentaje de agua se deberá incorporar a la mezcla, es decir, realizar formulaciones acertadas en cuanto a pizzas sin gluten. Para ello, se utilizó el método AACC (2001) 56-30.01 Water Hydration Capacity of Protein Materials. Se emplea una centrífuga la cual opera a baja velocidad. Esta capacidad se define como la cantidad máxima de agua que 1 gramo del producto horneado absorbe o retiene bajo la operación de centrifugación.

### 2.2.1.6 Estructura de la miga

Para observar la estructura de la miga se utilizan técnicas de imagenología, donde se emplean cámaras o mediante el uso de un microscopio, se obtienen fotografías, las cuales mediante un software analizan sus elementos como: tamaño de alveolos, porosidad, entre otros. (Renzetti et al., 2008).

### 2.2.2 Propiedades sensoriales de la pizza sin gluten:

Para el análisis sensorial, la masa para pizza sin gluten es desenrollada hasta un grosor específico y se hornea. Una vez se haya enfriado se preparan las muestras para que los panelistas puedan evaluar su color, aspecto, consistencia, sabor y olor, en escalas donde puntúen cada parámetro según su criterio las cuales se encuentran en una hoja de evaluación sensorial y se realiza en instalaciones correctamente adecuadas las cuales deben ser lo más neutras posibles, esto se realiza con el fin de conocer la aceptabilidad del alimento por parte del consumidor (Sapozhnikov et al., 2021).

### 2.3 Análisis de las materias primas

Generalmente las pizzas sin gluten se encuentran formuladas con harinas de maíz o arroz, sin embargo, estas al ser refinadas presentan valores nutritivos y funcionales pobres a comparación de pizzas a base de trigo. Por ello, a lo largo de los años se han evaluado materias primas que combinadas con mejoradores logran alcanzar características físicas similares a los productos elaborados con trigo, así como añadir nutrientes, fibras y otros componentes que mejoran el valor nutricional del alimento (Capriles y Arêas, 2014). Así, en el presente estudio se analizaron las características nutricionales y componentes funcionales tales como proteínas, almidón o interacción entre componentes, de las materias primas: harina de quinua, harina de chocho, harina de banano, almidón de yuca, HPMC y transglutaminasa, esto con el fin de conocer si serán aptas para futuras investigaciones donde se realice de manera práctica esta propuesta.

### 2.4 Propuestas de alternativas tecnológicas

Se han estudiado diferentes procesos que han permitido mejorar las propiedades reológicas y el tiempo de vida de productos sin gluten. Estos alimentos sufren de un deterioro mucho más rápido en sus características físicas y sensoriales debido a su alto contenido de agua, esto produce que exista una alta actividad de agua que permite la proliferación de microorganismos, así como reacciones de enzimas que aceleran el envejecimiento y enranciamiento del producto. Las alternativas revisadas fueron físicas: extrusión, tamaño de granulo, congelación, procedimientos hidrotérmicos (Gobbetti et al., 2018). Este análisis de propuesta se realizó con el objetivo de establecer procedimientos que pueden aplicarse en futuros trabajos para ser evaluados.

## 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Recopilación de información

A continuación, en la Tabla 1 se muestra una recopilación de investigaciones de elaboración de pizza sin gluten con diferentes matrices alimentarias.

#### 3.2.1 Propiedades reológicas

##### 3.2.1.1 Elongación de la masa:

Onderi, (2013) concluyó mediante un análisis de elongación de la masa que los mejores valores se obtuvieron cuando la concentración de goma xantana fue del 2% junto con harina de garbanzo, yuca y sorgo. Además, la masa no era excesivamente dura ni muy suelta cuando se la trabajó y una vez que se horneó tuvo una elevación óptima. Lazaridou et al, (2007) estudió la influencia de distintos hidrocoloides (goma xantana, CMC, pectina y agarosa), en una concentración de 2%, en las propiedades de elasticidad y resistencia a la deformación de masa sin gluten, donde el que más se destacó debido a su curva farinográfica, es la goma xantana, siendo igual a una típica de masa de harina de trigo. Esto demuestra que este hidrocoloide permite reforzar y mejorar este tipo de masas dándoles la extensibilidad adecuada para un correcto manejo durante su manipulación para elaboración, siendo esta una característica de calidad en las masas de trigo con gluten debido a su formación de redes proteicas.

Por otro lado, es importante conocer la interacción de los hidrocoloides con otros ingredientes dentro de la matriz alimentaria que influyan en las propiedades de elasticidad y manejabilidad de la masa. En el estudio de Onderi (2013), al añadir suero de leche o leche en polvo descremada se estableció que estos sirven como ablandadores de la masa y dependiendo de su concentración podrían volverla suelta y difícil de trabajar al volverse muy blanda, los valores más óptimos encontrados para la formulación fueron de 2% y 5% respectivamente. Además, se encontró una posible interacción entre el suero de leche y la goma xantana debido a una competencia por el agua.

López et al (2015) realizaron ensayos sobre la extensibilidad de la masa de pizza sin gluten cuyo valor fue hasta tres veces menor que la muestra de control a base de trigo, esto puede atribuirse a la concentración de HPMC añadido, que fue del 1% y no se probaron otro tipo de formulaciones con mayor o menor concentración del hidrocoloide, ya que a mayor concentración este hidrocoloide podría retener más agua y brindarle una mejor extensibilidad a la masa.

##### 3.2.1.2 Perforación de la masa:

Realizar la perforación de la masa permite encontrar parámetros que sirven como indicativos para conocer su dureza y resistencia a la fuerza de compresión. Este ensayo se realizó por Onderi (2013) antes del horneado. Evidenció, que mientras mayor era la concentración de la goma xantana mayor era la fuerza de perforación, lo que permitió concluir que este hidrocoloide confiere resistencia a la masa de pizza sin gluten tanto para la tracción (elongación) como para la compresión. Por ello, relacionando estas dos fuerzas se estableció 2% como concentración óptima de la goma.

**Tabla 1.** Trabajos desarrollados sobre pizzas sin gluten con distintas matrices alimentarias y sus análisis.

Autor (es)	Harinas	Mejoradores	Proteínas	Leudante	Grasas	Otros Ingredientes	Análisis
[1] (Vásquez, 2021)	Quinoa	HPMC	Chocho	Levadura seca	Margarina	Azúcar	Volumen Específico
	Banano	Tansglutaminasa	Lactosuero			Sal	Estructura de la miga
	Almidón de yuca					Agua	Aceptabilidad sensorial APT
[2] (Sapozhnikov et al., 2021)	Linaza	---	---	Levadura seca	Aceite de oliva	Sal marina	Aceptabilidad sensorial
[3] (Onderi, 2013)	Almidón de yuca	Goma Xantana	Lactosuero	Levadura seca	Aceite de girasol	Azúcar	Elongación masa
	Sorgo		Leche descremada en polvo			Sal	Perforación de masa
	Garbanzo					Vinagre de sidra de manzana	APT
						Agua	
[4] (López et al, 2015)	Arroz	HPMC	Huevo deshidratado	Levadura	Aceite de oliva	Azúcar	APT
	Almidón de maíz					Sal	Extensibilidad
	Almidón de papa					Agua	Aceptabilidad sensorial
	Almidón de yuca						Estructura de la miga
[5] (Andrade, 2020)	Achira	Goma Xantana	Proteína de huevo	Levadura	Margarina	Sal	APT
	Oca				Aceite	Agua	
	Zanahoria blanca						Capacidad de absorción de agua
	Mashua						Porcentaje pérdida de peso
	Oca						
	Papa china						
[6] (Herrera y Tubay, 2021)	Arroz	Goma Xantana	Huevo	Levadura	Aceite	Papa cocida	Aceptabilidad sensorial
[7] (Aimaretti et al., 2011)	Sorgo	Acido ascórbico	---	Levadura seca	Aceite alto oleico	Sal	
	Mijo	CMC		Leudante químico		Azúcar	
	Almidón de yuca	Goma Xantana				Agua	
	Almidón de maíz						
[8] (Gallaher et al, 2004)	Almidón de maíz	Goma guar	Huevo	Levadura	Polvo microencapsulado con alto contenido en grasa	Agua	Dureza
[9] (Omar y Mehder, 2013)	Sorgo	Goma	Leche descremada	Levadura	Mantequilla	Sal	Aceptabilidad sensorial
[10] (Vargas, 2019)	Arroz	---	Leche en polvo semidescremada	Levadura	Aceite de canola	Malta	
						Agua	
						Azúcar	
Yuca	Huevos	Sal	Evaluación sensorial				
						Azúcar	APT
							Corte
							Tenacidad
							Capacidad de absorción de agua

\*APT: Análisis de perfil de textura



### 3.2.1.3 Análisis de perfil de textura (APT):

El ATP busca una correlación con características organolépticas, es decir, imitar o predecir el comportamiento que tendrá el alimento cuando sea consumido. Así, mantener un mejor control sobre la aceptación que el producto pudiera tener por parte del consumidor (Chen y Rosenthal, 2015).

Onderi (2013) encontró que los niveles de goma xantana no tuvieron efecto sobre la adhesividad de la masa cruda siendo esto un aspecto positivo debido a que durante el laminado de la masa está será más fácil de manipular. Por otro lado, en cuanto a la cohesividad se manifestó una relación proporcional debido a que mientras mayor era la concentración del hidrocoloide mayores eran los valores de cohesividad, esto se puede explicar debido a que la goma xantana sufre de un hinchamiento al estar en contacto con el agua e hidratarse. Esto sirve para describir también otros parámetros como la gomosidad y masticabilidad ya que mientras mayor sea la concentración de goma xantana en la composición de la masa está se endurecerá (Lazaridou et al., 2007). Así mismo, la influencia de las proteínas (suero de leche y leche en polvo descremada) en este análisis se evidenció en la pegajosidad de la masa. Mientras mayor sea la concentración de estas proteínas, existirá una mayor absorción del agua, lo que al mismo tiempo aumenta la adhesividad haciendo que la masa se vuelva pegajosa, los valores establecidos para una menor pegajosidad de la masa fueron de 2% y 5% respectivamente (Onderi, 2013).

López et al (2015) al realizar el ATP de su masa de pizza sin gluten encontraron que su dureza y cohesividad es mayor que la muestra de pizza a base de gluten, esto lo atribuyeron a la formulación empleada principalmente al tipo de harina y almidones ya que en total son los ingredientes con mayor porcentaje en la formulación. Además, poseen moléculas importantes en la panificación como el almidón, el cual debido a su capacidad de absorber agua puede aumentar la adhesividad de la masa. Los carbohidratos también son una parte importante en la composición de harinas y almidones los cuales dependiendo de su estructura pueden servir como alimento para las levaduras lo que permite un incremento de producción de gas elevando la masa otra característica de calidad de masa para pizza (Mendiluz et al., 2010).

Andrade (2020) realizó el ATP en masas con distintas formulaciones, donde observó que los valores de dureza eran mayores en las muestras control (masa de harina de trigo) respecto a aquellas formulaciones libres de gluten, esto lo atribuyó a la naturaleza de la materia prima, ya que los alimentos horneados a base de trigo tienden a crear una costra en su superficie lo que le agrega cierta crocancia. Así mismo, las proteínas también juegan un papel muy importante en este parámetro ya que estas poseen propiedades de emulsión e hinchamiento, lo que beneficia en la retención del agua y estabilización del gel que se produce cuando se gelatiniza el almidón, generando también que su dureza disminuya respecto al control (Mendiluz et al., 2010).

En el mismo estudio, se analizó la cohesividad de las masas libres de gluten donde se atribuyó el aumento de este parámetro especialmente a la goma xantana ya que permite

evitar a la sinéresis del producto (Lazaridou et al., 2007). En cuanto a la masticabilidad, la diferencia de valores entre las muestras control y las formulaciones sin gluten fue mínima permitiendo establecer que la fuerza que se requiere para morder el producto es la misma (Andrade, 2020).

Gallaher et al (2004) encontró que la formulación cuyos valores de dureza se asemejaban más a una muestra control de pizza a base de trigo, era aquella constituida por almidón de maíz, goma guar y polvo microencapsulado con alto contenido en grasa. Esta combinación de ingredientes permitió obtener una masa de pizza laminable, capaz de retener el gas producido por la levadura, los cuales son indicadores de la calidad de la masa.

Vásquez (2021) realizó el ATP para la miga ya horneada. Los resultados mostraron que la mezcla que contenía 1,5% de HPMC y 6% de proteína de lactosuero o harina de chocho tuvieron los mejores resultados de suavidad de la miga. Esto se puede deber a las interacciones entre el hidrocoloide con el almidón ya que al formar enlaces de hidrógeno retrasa su retrogradación, lo que permite reducir el tiempo de endurecimiento (Belorio y Gómez, 2020). Otro factor que influyó en la variación de la dureza dentro de los análisis fueron las concentraciones de proteínas.

De manera general los análisis de perfil de textura que asemejaban más a una con pizza de trigo fueron aquellas que poseen hidrocoloides en su estructura los cuales permiten que se disminuya su adhesividad, es decir pegajosidad al manipularla y que su dureza disminuya. En cuanto a productos que son fuentes de proteínas como lácteos o de origen vegetal, estos dan más suavidad a la masa, pero sin una concentración correcta puede disminuir las propiedades de manejabilidad ya que vuelve más pegajosa a la masa. Así, las masas cuyo APT sea más parecido a masas de trigo serán preferidas por los usuarios.

### 3.2.1.4 Volumen Específico

Este es un parámetro importante en el control de calidad visual y funcional de un producto panadero. La producción de gas y la evaporación de agua influyen directamente en los valores que se pueden obtener al realizar el análisis del volumen (Dobraszczyk y Morgenstern, 2003). Andrade (2020) determinó que las formulaciones sin gluten presentaban valores menores en cuanto al volumen específico, esto puede explicarse debido a una menor presencia de azúcares que pueden ser fermentados por las levaduras y en consecuencia una menor producción de gas. Por otro lado, la elevación y volumen de la masa fue favorecido por la adición de hidrocoloides los cuales permiten estabilizar la fase de líquido-gas que se encuentran dentro de los alveolos, incrementando así la capacidad para retener el gas producido y al absorber agua evita su rápida evaporación (Dobraszczyk y Morgenstern, 2003).

Vásquez (2021) encontró que con un 1,5% de HPMC y 6% de proteína de suero lactosuero o harina de chocho se obtuvieron los mayores valores de volumen específico. Las concentraciones de estos compuestos son importantes ya que los dos compiten por el agua disponible en el alimento y esta

debe ser suficiente para que ambos puedan alcanzar su máxima expansión (Belorio y Gómez, 2020).

Por lo tanto, los hidrocoloides y el tipo de almidón presente en las formulaciones determinarán el volumen específico de los panificados después del horneado, ya que al no existir azúcares fermentables disponibles para las levaduras la producción del gas será mucho menor y no existirá una elevación óptima de la masa, lo que puede ser un aspecto negativo de este tipo de masas sin gluten.

### 3.2.1.5 Capacidad de absorción de agua

Andrade (2020) observó que las formulaciones sin gluten se obtuvieron valores más altos de absorción de agua comparado con las muestras control (con gluten), esto es atribuido a los niveles de fibra de las materias primas, debido a que la fibra permite aumentar la absorción de agua e incrementa la jugosidad del producto panadero (Gómez y Román, 2018b).

Vargas (2019) estudió la capacidad de retención de agua de la harina de arroz, ya que es importante conocer esta característica de las materias primas para calcular la dosificación de agua u otros aditivos, además, determinará también sus propiedades físicas y reológicas, como se ha expuesto en los análisis previos (Belorio y Gómez, 2020).

Es importante conocer la capacidad de absorción de agua de las materias primas ya que como se ha mencionado los hidrocoloides y proteínas absorben la mayoría del agua, lo que puede crear una competencia entre los compuestos, lo que disminuirá las propiedades como extensibilidad y APT de la masa.

### 3.2.1.6 Estructura de la miga

López et al (2015) al analizar la estructura de la miga de la base de una pizza sin gluten reportaron que su miga tenía un área mayor comparada con una muestra a base de trigo, lo que representaba una desventaja debido a que al tener un mayor tamaño no se puede compactar de manera correcta y se desmoronará fácilmente, además, su flexibilidad será menor (Gallagher, 2008). Así mismo, se reportó que el tamaño de los alveolos es heterogéneo, esto coincide con Vásquez (2021) que atribuye esto a la complejidad de formar una red viscoelástica sin las proteínas del gluten, además, de que las concentraciones de materias primas en cada formulación son diferentes. Esto es determinante para la vida útil del alimento y aceptabilidad del consumidor ya que si no tiene una miga compacta y uniforme el alimento pierde calidad y valor comercial.

### 3.2.2 Aceptabilidad Sensorial

Sapozhnikov et al (2021) realizó una evaluación sensorial de su pizza sin gluten donde se evaluó su apariencia, consistencia, sabor y color. Los resultados obtenidos fueron favorables en cuanto la apariencia ya que tenían una forma circular definida, sin embargo, se podían observar algunas protuberancias muy pequeñas. En cuanto a su consistencia los panelistas describieron que era parecida a la plastilina y se lograba percibir un sabor afrutado. En contraste, en cuanto al

sabor y aroma la pizza sin gluten a base de linaza obtuvo valores más altos que la muestra con harina de trigo.

López et al (2015) realizaron una prueba de preferencia para evaluar sensorialmente la aceptación del consumidor donde de los 53 panelistas 25 prefirieron la pizza sin gluten y 28 la pizza con harina de trigo, lo que se puede deber a las propiedades reológicas explicadas anteriormente. Así mismo, (Herrera y Tubay, 2021) realizaron una prueba triangular para conocer si los panelistas podían encontrar las diferencias entre masas con distintas formulaciones donde se variaba el nivel de goma xantana donde 15 de los 24 panelistas lograron diferenciarlas, esto refuerza una vez más el grado de influencia que poseen los aditivos sobre las propiedades de la pizza.

Aimaretti et al. (2011) realizaron el análisis sensorial de su pizza sin gluten mediante una escala hedónica (1-10) donde los valores de sabor, aroma, color, textura y apariencia fueron mayores a 6, siendo un valor favorable. Esto se puede explicar debido a que los consumidores tienen preferencia por aquellos productos que se encuentran ya en sus dietas de manera diaria y desde su infancia. Esto concuerda por lo descrito por Vásquez (2021) cuyos valores de aceptabilidad en general fueron 5/9 siendo mayores en formulaciones con HPMC y harina de chocho o proteína de lactosuero.

Omar y Mehder (2013) realizaron su evaluación sensorial de pizza al variar la cantidad de goma en la composición, así como realizar una fermentación del grano de sorgo, se realizó en una prueba hedónica por panelistas entrenados. Los resultados en cuanto el color, sabor y textura fueron más altos en las formulaciones con 0.5% de goma y con el grano fermentado, por ello los autores recomiendan realizar más investigaciones sobre la razón de estos valores.

En este análisis no solo los hidrocoloides influyen en la percepción del consumidor, si no que es importante elegir la materia prima, como harinas o almidones, que posean un gusto que no resulte extraño al consumidor ya que estos prefieren aquellos sabores a los que ya se encuentran acostumbrado.

### 3.2.3 Vida útil de la pizza sin gluten

Vargas (2019) analizó las propiedades de textura para la pizza sin gluten después de 4 meses de almacenamiento dentro de bolsas de polietileno de baja densidad (HDPE) al vacío congeladas a -20 °C. De manera general, los autores no encontraron diferencias significativas entre los valores de pizza fresca y pizza almacenada lo cual lo atribuyen a la congelación rápida que se aplicó en el alimento, lo que generó cristales pequeños que permiten mantener la estructura y una alteración en propiedades casi imperceptibles (Cauvain y Young, 2010).

Los valores de tenacidad obtenidos de la pizza sin gluten después del almacenamiento fueron similares a una pizza con base de trigo, lo que indicaría que la pizza sin gluten es capaz de resistir la deformación sin romperse de manera inmediata, lo que permitiría que sea fácil de manejar cuando se utilice en formato tajada que es la presentación más utilizada para su comercialización (Glicerina et al., 2018). Esto contrasta con lo

descrito por Asghar et al (2007), en este estudio se congeló la masa de pizza a  $-18^{\circ}\text{C}$ , donde se observó que los hidrocoloides: goma arábica y CMC ayudaron a mantener y mejorar las características organolépticas hasta 30 días. Sin embargo, entre los 45 y 60 días se observó una marcada disminución de las propiedades de sabor y textura. Esto se puede explicar por lo métodos de congelación, además que Vagar (2019) almacenó la masa de pizza ya cocinada, lo que puede indicar que las últimas etapas en la elaboración de la pizza tales como el horneado, empaquetado y almacenamiento tienen gran influencia en su tiempo de vida útil.

Aimaretti et al. (2011), propone un empaque de HDPE con 200 g de capacidad, sellado al calor, que se encuentre dentro de una caja de cartón, con ventana PVC lo que permitiría observar al consumidor el alimento. Esto podría ser de interés para futuras investigaciones sobre la efectividad de este empaque, sin embargo, tendría que evaluarse el efecto que el calor en el proceso de sellado, tendría sobre las características físicas y organolépticas a largo plazo.

### 3.3 Análisis de las materias primas

#### 3.3.1 Harinas sin gluten

Es importante recalcar que la calidad de las harinas depende de las condiciones climáticas y de manejo a las que se haya sometido el cultivo, así como su variedad y tipo de proceso para transformar el alimento en harina (Mendiluz et al., 2010).

El análisis proximal realizado por Vásquez (2021) a las harinas empleadas en su matriz alimentaria se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Resultados del análisis proximal en harinas

Análisis	Harina Quinoa	Harina de Banano	Almidón de Yuca	Harina de Chocho
Humedad (%)	10,92	12,41	16,35	9,87
Cenizas (%)	2,12	1,33	0,22	1,66
Extracto etéreo (%)	5,27	0,62	0,37	16,13
Proteínas (%)	12,92	1,79	0,14	45,13
Carbohidratos (%)	68,78	83,86	82,92	27,22
Fibra cruda (%)	3,35	1,26	0,02	23,98

##### 3.3.1.1 Quinoa

La quinoa posee valores de proteínas más altos comparado con otros cereales tales como arroz, cebada y maíz, pero al mismo tiempo posee un valor similar en cuanto al contenido proteico del trigo (Kozioł, 1992). Dentro de esto, se encuentran las proteínas de almacenamiento (albumina y globulina) las cuales ayudan a crear una masa estable y expandible cuando se utiliza en alimentos libres de gluten (Taylor et al., 2016). Estas proteínas se liberan más fácilmente en la masa debido a que su naturaleza es acuosa soluble, además, contienen en su estructura grandes cantidades de ácido glutámico y prolina, y en menor cantidad arginina, treonina, triptófano y lisina, los

cuales son aminoácidos esenciales y no esenciales que pueden enriquecer el contenido nutricional de la pizza sin gluten (Kozioł, 1992). Esto coincide con lo descrito por Condori (2019), donde al realizar una sustitución del 15% de quinoa en una pre-pizza el contenido de proteínas se elevó en un 3%.

Se ha reportado que el almidón de la quinoa gelatiniza entre  $57-64^{\circ}\text{C}$  el cual es un rango similar al del trigo, en esta etapa el almidón se somete a condiciones hidrotérmicas donde se hidrata e hincha al mismo tiempo, alcanzado así el máximo de su volumen lo que ocasiona su fragmentación, esto se traduce en una mayor viscosidad de la masa (Kozioł, 1992).

##### 3.3.1.2 Harina de Banano

En su composición la harina de banano posee vitaminas como riboflavina, vitamina C y vitamina A, entre otras. Además, posee un alto nivel de fibra lo cual brinda sensación de saciedad cuando es consumida y de minerales importantes como el calcio y hierro. Otro componente importante es el almidón resistente el cual no es absorbido por el intestino delgado resistiéndose a la digestión, lo que resulta beneficioso ya que reduce la curva de la glucosa, así como actuar como prebiótico (Castro, 2015).

Reemplazando hasta el 10% de harina de plátano en una masa junto a harina de trigo las aptitudes panaderas fueron aceptables por lo que se recomienda mejorar estas características con hidrocoloides o gomas (Arias, 2015).

##### 3.3.1.3 Almidón de Yuca

Como se observa en la Tabla 1, la mayoría de las formulaciones poseen en sus componentes el almidón de yuca. Esto se debe a que este almidón es una parte esencial en la elaboración de productos panificados ya que posee propiedades de estabilizador coloidal, espesante y agente que permite retener agua (Singh et al., 2007).

Ballesteros et al (2004) observó que una formulación con almidón de yuca permitió que la miga sea más expandible, gomosa y con alvéolos compactos, esto se traduce en una adecuada adherencia de la masa y como se describió anteriormente una mejor manejabilidad.

##### 3.1.3.14 Conclusiones parciales sobre materias primas para pizza sin gluten

La harina de quinoa y banano tienen propiedades nutricionales que pueden incrementar el valor nutricional del producto final, lo cual resulta beneficioso debido a que generalmente las pizzas sin gluten provienen de harinas refinadas que han perdido sus nutrientes durante su elaboración. La harina de quinoa, banano y almidón de yuca solamente poseen propiedades panificables aceptables en ciertos porcentajes que, de manera general, no pueden ser mayores al 10% según los estudios presentados, esto debido a que pueden endurecer la masa e influir en el sabor y color del producto final que no resulta agradable para el consumidor.

### 3.3.2 Fuentes de proteínas

#### 3.3.2.1 Harina de Chocho

El chocho es una leguminosa que posee una alta cantidad de proteínas en su composición, lo que permite proveer a la masa beneficios en cuanto a su textura y estructura (Gustafson, 2016).

El chocho posee proteínas insolubles que ayudan a mejorar la consistencia de la masa y a comparación de proteínas de origen animal son capaces de absorber más agua. Entre la soya, guisantes y chocho, este último fue el único capaz de aumentar el volumen específico. Así mismo, las proteínas de origen vegetal reducen o no influyen en la modificación del adhesividad y resiliencia de la masa (Ziobro et al., 2013).

#### 3.3.2.2 Proteína de lactosuero

Como se describió en los literales 3.2.1.1 y 3.2.1.3 la proteína de lactosuero utilizada influye en la extensibilidad de la masa, así como en la textura. Altas concentraciones de esta proteína hacen que la pegajosidad de la masa aumente, así como la dificultad de manipularla (Onderi, 2013).

Vásquez (2021) utilizó en distintas formulaciones proteína de lactosuero o harina de chocho en diferentes concentraciones. Estableció que las proteínas presentes en la harina de chocho se desnaturalizaban menos, lo que permitió extensibilidad, una mejor gelatinización del almidón, lo cual ayudó a maximizar las propiedades panificables del producto en cuestión.

#### 3.3.2.1 Conclusiones parciales sobre proteínas alternativas para pizza sin gluten

Uno de los principales retos para comparar distintos estudios y la influencia de los ingredientes en las masas, es la poca homogeneidad que existen entre los ingredientes utilizados tales como fuentes de proteínas, hidrocoloides y condiciones de horneado. Uno de los parámetros más importantes que afectan el volumen del panificado es la hidratación de la masa, la cual depende en parte de la capacidad de absorción de las proteínas ya que son las encargadas de generar redes para dar estructura a la masa. Si el contenido de agua es mayor, aumentará el volumen específico lo que puede causar un colapso de la masa si la estructura es débil, esto ocurre generalmente en las fases de fermentación o cocción, donde las proteínas se ven afectadas por las condiciones donde pueden ser desnaturalizadas (Gómez y Román, 2018b).

Es importante también tomar en cuenta el origen de las proteínas ya que aquellas vegetales tienden a endurecer la masa mientras que debido a la cantidad de grasa que poseen aquellas de origen animal, la vuelven más suelta y pegajosa. En resumen, las fuentes de proteínas son esenciales en la formulación de una pizza sin gluten, siendo la harina de chocho y proteína de lactosuero aptas para su elaboración, así como influir en sus propiedades.

### 3.3.3 Mejoradores o Aditivos

#### 3.3.3.1 Transglutaminasa

Esta enzima permite reforzar los enlaces entre las moléculas de proteínas (Gómez & Román, 2018a). También se ha reportado que, para mejorar la funcionalidad de las proteínas de almacenamiento de pseudocereales, como la quinua, se pueden realizar tratamientos enzimáticos con transglutaminasa, pero depende de la afinidad de la enzima con el tipo de grano utilizado (Taylor et al., 2016).

Por otro lado, se ha demostrado que la transglutaminasa puede conferir a la miga una mayor firmeza y un grano más cerrado, lo que puede estar directamente relacionado con que las paredes celulares de la miga tengan una mayor extensibilidad y resistencia a los gases (Moore et al., 2006).

Vásquez (2021) obtuvo resultados favorables con una concentración del 1% de transglutaminasa ya que encontró un mayor entrecruzamiento entre las proteínas de harina de chocho y proteína de lactosuero. Así, debido a este fenómeno se podría dar la formación de una red viscoelástica que sea parecida al gluten.

#### 3.3.3.2 Hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC)

Como se observa en la Tabla 1 la mayoría de mejoradores utilizados en formulaciones para pizza sin gluten son gomas guar y xantana. Sin embargo, el HPMC también posee propiedades interesantes que permiten mejorar ciertas características de panificación y se describirán a continuación.

Crockett et al (2011) realizaron la evaluación sobre cómo afecta de manera individual la goma xantana y el HPMC. El primer análisis que realizaron fue observar cuánto retiene la masa sin hidrocoloides respecto a otra que, si los contenga los resultados fueron que aquellas masas con hidrocoloides presentaron una mayor retención de agua, así como aumento de elasticidad. Finalmente, concluyeron que para el estudio el HPMC era el óptimo para obtener propiedades de interés ya que permitía que la masa se expandiera con la acumulación de gases sin colapsar, su volumen específico aumento y su dureza era menor. Vásquez (2021) encontró resultados similares al utilizar HPMC. Se encontró una sinergia entre las proteínas y el hidrocoloide tanto para las características reológicas como para las sensoriales.

En cuanto a la influencia de la concentración de agua junto con el HPMC. (Crockett et al., 2011) realizó un estudio donde evaluó cuánto influye los niveles de agua y HPMC en una masa libre de gluten. Los resultados obtenidos muestran que, al aumentar la hidratación de la masa, la influencia del hidrocoloide disminuye en cuanto a las características reológicas y de dureza.

#### 3.3.3.3 Conclusiones parciales sobre mejoradores alternativos para pizza sin gluten

Se ha evidenciado que el HPMC se une a los gránulos de almidón por la parte externa, lo que permite el desplazamiento de los lípidos. Así, se ha descrito que también este hidrocoloide puede interactuar con todos los componentes del

pan lo que bloquea o no permite que se den interacciones internas en el alimento (Anton y Artfield, 2009). Por su parte la transglutaminasa es efectiva en entrelazar proteínas lo que permite reforzar las redes obteniendo una masa más resistente. Por lo tanto, ambos mejoradores permitirán obtener una pizza sin gluten con propiedades deseables durante su elaboración ya que vuelven la masa más manejable, laminable, no influyen en la adherencia, permitiendo una mayor expansión por los gases sin ruptura y en el producto final ayudan a mantener la humedad absorbida, además de un mayor volumen específico, es decir, que su masa se eleve durante la cocción.

### 3.4 Alternativas tecnológicas

Los objetivos principales del desarrollo de alimentos sin gluten han sido: extender su vida útil y mejorar su reología, sin embargo, esto influye de manera directa en sus aspectos nutricionales. Uno de los inconvenientes dentro de los alimentos sin gluten horneados es su pérdida rápida de frescura, lo que genera que se su deterioro durante el almacenamiento se acelere, ya que el nivel de agua en estos alimentos es mayor al de un alimento a base de trigo, generando que se dé una gelatinización completa. Por lo tanto, estos productos sin gluten presentan rancidez, pérdida de aroma, elasticidad, ablandamiento de la superficie y endurecimiento de la miga (Gobbetti et al., 2018).

#### 3.4.1 Enfriamiento

Una de las alternativas que se han desarrollado para evitar este deterioro es la congelación del alimento lo que permite reducir el endurecimiento y permite que la miga conserve su firmeza (Sciarini et al., 2008).

#### 3.4.2 Mezcla de harinas

Otra alternativa para las formulaciones de alimentos sin gluten se prefiere mezcla de harinas antes que aquellas homogéneas debido a que las interacciones entre ellas generan más beneficio a las propiedades de la masa y producto final (Gustafson, 2016).

#### 3.4.3 Tratamiento físicos

A lo largo de este documento se ha enfatizado sobre la formulación de las masas para pizza. Sin embargo, existen otros parámetros y procesos que deben ser tomados en cuenta para mejorar las propiedades del producto final.

El tamaño de partícula de las harinas empleadas es importante ya que mientras menor sea se ha hipotetizado que la estructura del alimento será más débil lo que no permitirá retener la misma cantidad de gas (Gómez et al., 2013).

El horneado también es importante, ya que se ha observado que aquellos productos sin gluten parcialmente horneados permiten evitar el proceso de retrogradación, siempre que se encuentra acompañado de un hidrocólido. La retrogradación que se haya producido durante el almacenamiento de este producto parcialmente horneado, se podrá revertir al calentar de nuevo el producto en la segunda cocción (Sciarini et al., 2008).

Se ha reportado el uso de procedimientos hidrotérmicos para mejorar la funcionalidad de los ingredientes a base de almidón. En el caso de la harina de arroz y almidón de maíz se los ha tratado hidrotérmicamente para pre-gelatinizarlos, es decir gelatinizarlos de manera parcial, lo que genera que haya un aumento en la viscosidad inicial de la harina permitiendo que se atrapen burbujas de aire en la masa, incrementando así su volumen específico (Bourekoua et al., 2016). También se puede realizar calentamiento en las harinas a utilizar, ya que el calor permite que los gránulos de almidón puedan absorber mucha más agua, aumentando su viscosidad. Las proteínas y enzimas también se ven afectadas con estos procesos ya que se desnaturalizan lo que promueve que la masa pueda expandirse más. La diferencia de la viscosidad radica en la capacidad del producto de transformarse a una esponja lo que evita que se sufra contracción cuando se hornee (Marston et al., 2016).

La extrusión es otra alternativa para obtener harinas con almidón pregelatinizado, reacciones de Maillard (mejoran sabor y color) y proteínas desnaturalizadas. Las harinas que han sido extruidas poseen propiedades espesantes que pueden afectar a otros ingredientes como los hidrocoloides, mejorando la viscosidad en el calentamiento y enfriamiento, ayudando a reducir el endurecimiento de la miga en el almacenamiento (Martínez et al., 2013).

#### 3.4.4 Usos de empaques activos

El uso de empaques activos es una buena alternativa debido a que ayudan a prevenir la contaminación por microorganismos, así como mantener niveles de humedad y gases adecuados, lo que permitirá un producto con propiedades deseables (Gutiérrez et al., 2011).

### 3.5 Proceso de elaboración de pizza sin gluten

Como se ha señalado anteriormente la masa sin gluten generalmente tiende a contener mayores niveles de agua, así como una estructura más suelta. Por lo tanto, los tiempos de amasado, fermentación y horneado deben ser más cortos, además, las materias primas influyen de manera directa (Ngemakwe et al., 2015).

#### - Pesado e Hidratación:

Los ingredientes se pesan según las formulaciones que se hayan planteado. Luego, los materiales son puestos en contacto con agua donde los componentes hidrosolubles de la harina y otros añadidos, como sal y azúcar absorben el agua. Es importante recalcar que se debe realizar trabajo mecánico sobre la masa ya que por sí sola la hidratación no confiere de la suficiente viscosidad necesaria (Ngemakwe et al., 2015).

#### - Mezclado:

La harina posee partículas que son aglomerados de almidón que se encuentran incrustados en una red de proteínas. A medida que esta red se va ablandando debido a la agitación e hidratación, los gránulos de almidón se van separando de a poco, pero se mantienen asociados a las fibras proteicas. Durante el avado y amasado se pierde gran parte del almidón.

En la primera fase de mezclado se busca que a masa sea homogénea, ya que los lípidos se empiezan a distribuir de manera uniforme entrando en contacto con las fibras proteicas. Por su parte los materiales solubles se disuelven y se distribuyen por completo en la matriz acuosa (Gobbetti et al., 2018).

Durante el mezclado también ocurre la fermentación de la masa lo que permite el desarrollo del sabor y permite que se desarrolle. Se puede agregar una mayor cantidad de gas al amasar suavemente permitiendo que el aire entre y facilite la fermentación y obtener una mejor manipulación de la misma. Después, se coloca la masa dentro de un recipiente donde se lo deja reposar lo que permite la última fermentación (Gobbetti et al., 2018).

#### - Cocción y enfriamiento

Durante esta etapa la masa desarrollará sabor y color además de fijarse su estructura. Una vez que la pizza se haya enfriado en su totalidad se debe empacar con asepsia (Gobbetti et al., 2018).

## 4 CONCLUSIONES

La elaboración de una pizza sin gluten a base de coproductos y productos ecuatorianos es viable, debido a las características panaderas y sinergia descritas sobre la materia prima a emplearse. La mezcla de harinas y su composición individual pueden permitir obtener características reológicas óptimas para una pizza sin gluten y se mejorarán ciertos aspectos como volumen específico, elasticidad, viscosidad al añadir mejoradores como transglutaminasa y HPMC.

Las formulaciones de la masa para elaboración de pizza sin gluten deben de plantearse de manera óptima, debido a que la concentración de proteínas, grasas, mejoradores y harinas afectan sus propiedades reológicas y sensoriales, así como su tiempo de vida útil.

Los alimentos sin gluten poseen altos niveles de agua, comparados con un alimento con gluten, en su composición lo que los vuelve más sensibles a un deterioro de sus propiedades de textura y a ataques de microorganismos, por lo tanto, usar las alternativas tecnológicas propuestas ayudarán a aumentar su tiempo de vida útil.

Las materias primas definen la calidad nutricional de las pizzas sin gluten, por ello, se debe buscar aquellas que aporten con un alto contenido nutricional tales como: harina de quinua, banano y chocho. Además, evitando el uso de grandes cantidades de grasas, reemplazándolas con mejoradores, este tipo de alimentos pueden ser más llamativos al consumidor buscando que este tipo de alimento se vuelva parte de su dieta.

Las investigaciones realizadas para pizzas sin gluten con distintas matrices alimentarias han logrado encontrar propiedades reológicas semejantes a las de pizzas con gluten. Siendo la calidad sensorial y vida útil uno de los principales retos que deben tratarse en más investigaciones a futuro.

## REFERENCIAS

- AACC. (2001). *56-30.01 Water Hydration Capacity of Protein Materials*.
- AACC. (2010). *Guidelines for Measurement of Volume by Rapped Displacement*.
- Aimaretti, N., Llopart, E., Codevilla, A., Baudino, C., & Clementz, A. (2011). Desarrollo de una pre-mezcla para pizza a base de harina de grano entero de sorgo y mijo. *Invenio: Revista de Investigación Académica, ISSN-e 0329-3475, N°. 26, 2011, Págs. 133-140, 26, 133-140.* <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4223447&info=resumen&idioma=ENG>
- Álvarez, N., Echavarría, B., & Gomez, D. (2011). *PLAN DE NEGOCIO "PIZZA LIGHT."* [https://www.academia.edu/35176701/PROYECTO\\_DE\\_GRA DO\\_PLAN\\_DE\\_NEGOCIO\\_PIZZA\\_LIGHT\\_Elaborado\\_por \\_NATALIA\\_MIRA\\_%C3%81LVAREZ\\_BIVIANA\\_ECHAVARRIA\\_PARRA](https://www.academia.edu/35176701/PROYECTO_DE_GRA_DO_PLAN_DE_NEGOCIO_PIZZA_LIGHT_Elaborado_por_NATALIA_MIRA_%C3%81LVAREZ_BIVIANA_ECHAVARRIA_PARRA)
- Andrade, E. (2020). Caracterización fisicoquímica y tecnofuncional de la masa para pizza elaborada a partir de cultivos andinos infrautilizados y residuos agroindustriales [Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Ingeniería en Alimentos]. In *Universidad Técnica de Ambato*. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/31579>
- Anton, A. A., & Artfield, S. D. (2009). Hydrocolloids in gluten-free breads: A review. *Http://Dx.Doi.Org/10.1080/09637480701625630, 59(1), 11-23.* <https://doi.org/10.1080/09637480701625630>
- Arias, T. (2015). *Evaluación del efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (Triticum spp) por harina de banano Cavendish (Musa acuminata) grado de madurez 3 sobre las características de masa y pan.* <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11035>
- Asghar, A., Anjum, M., Sadiq, M., Tariq, M. W., & Hussain, S. (2007). Rheological and Storage Effect of Hydrophilic Gums on the Quality of Frozen Dough Pizza. *Institute of Food Science and Technology*.
- Ballesteros, A. C., Guimarães, A. J., & Junqueira, R. G. (2004). Flour mixture of rice flour, corn and cassava starch in the production of gluten-free white bread. *Brazilian Archives of Biology and Technology, 47(1), 63-70.* <https://doi.org/10.1590/S1516-89132004000100009>
- Belorio, M., & Gómez, M. (2020). Effect of Hydration on Gluten-Free Breads Made with Hydroxypropyl Methylcellulose in Comparison with Psyllium and Xanthan Gum. *Foods 2020, Vol. 9, Page 1548, 9(11), 1548.* <https://doi.org/10.3390/FOODS9111548>
- Bourekoua, H., Benatallah, L., Zidoune, M. N., & Rosell, C. M. (2016). Developing gluten free bakery improvers by hydrothermal treatment of rice and corn flours. *LWT, 73, 342-350.* <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2016.06.032>
- Capriles, V. D., & Arêas, J. A. G. (2014). Novel Approaches in Gluten-Free Breadmaking: Interface between Food Science, Nutrition, and Health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 13(5), 871-890.* <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12091>
- Castro, M. (2015). *ELABORACIÓN DE GALLETA ENRIQUECIDA CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE PLÁTANO (Musa paradisiaca).* [http://181.176.222.66/bitstream/handle/UNTRM/736/FIA\\_184.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://181.176.222.66/bitstream/handle/UNTRM/736/FIA_184.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cauvain, S. P., & Young, L. S. (2010). Chemical and physical deterioration of bakery products. *Chemical Deterioration and Physical Instability of Food and Beverages, 381-412.* <https://doi.org/10.1533/9781845699260.3.381>
- Chen, J., & Rosenthal, A. (2015). Food texture and structure. *Modifying Food Texture: Novel Ingredients and Processing Techniques, 3-24.* <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-333-1.00001-2>
- Codina, L. (2020). *Cómo llevar a cabo revisiones bibliográficas tradicionales o sistematizadas en trabajos de final de máster y tesis doctorales.* <http://repositori.upf.edu/handle/10230/45509>

- Condori, J. (2019). Evaluación de la influencia de dos métodos directos en la elaboración de pre-pizza con sustitución parcial de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad Blanca de Juli. In *UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN*.
- Crockett, R., Ie, P., & Vodovotz, Y. (2011). How do xanthan and hydroxypropyl methylcellulose individually affect the physicochemical properties in a model gluten-free dough? *Journal of Food Science*, 76(3), E274–E282. <https://doi.org/10.1111/J.1750-3841.2011.02088.X>
- Dobraszczyk, B. J., & Morgenstern, M. P. (2003). Rheology and the breadmaking process. *Journal of Cereal Science*, 38(3), 229–245. [https://doi.org/10.1016/S0733-5210\(03\)00059-6](https://doi.org/10.1016/S0733-5210(03)00059-6)
- Estévez, V. (2016). La dieta sin gluten y los alimentos libres de gluten. *Revista Chilena de Nutrición*, 43(4), 428–433. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000400014>
- Gallagher, E. (2008). Formulation and nutritional aspects of gluten-free cereal products and infant foods. *Gluten-Free Cereal Products and Beverages*, 321–346. <https://doi.org/10.1016/B978-012373739-7.50016-2>
- Gallagher, E., McCarthy, D., Gormley, R. T., & Arendt, E. (2004). *Improving the quality of gluten-free products*. 36. <https://stor.teagasc.ie/handle/11019/151>
- Glicerina, V., Balestra, F., Capozzi, F., Dalla Rosa, M., & Romani, S. (2018). Influence of the addition of soy product and wheat fiber on rheological, textural, and other quality characteristics of pizza. *Journal of Texture Studies*, 49(4), 415–423. <https://doi.org/10.1111/JTXS.12311>
- Gobbetti, M., Pontonio, E., Filannino, P., Rizzello, C. G., de Angelis, M., & di Cagno, R. (2018). How to improve the gluten-free diet: The state of the art from a food science perspective. *Food Research International*, 110, 22–32. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2017.04.010>
- Gómez, M., & Román, L. (2018a). Role of Different Polymers on the Development of Gluten-Free Baked Goods. *Polymers for Food Applications*, 693–724. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-94625-2\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-319-94625-2_25)
- Gómez, M., & Román, L. (2018b). Role of Different Polymers on the Development of Gluten-Free Baked Goods. *Polymers for Food Applications*, 693–724. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-94625-2\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-319-94625-2_25)
- Gómez, M., Talegón, M., & de la Hera, E. (2013). Influence of Mixing on Quality of Gluten-Free Bread. *Journal of Food Quality*, 36(2), 139–145. <https://doi.org/10.1111/JFQ.12014>
- Gross, R., von Baer, E., Koch, F., Marquard, R., Trugo, L., & Wink, M. (1988). Chemical composition of a new variety of the Andean lupin (*Lupinus mutabilis* cv. Inti) with low-alkaloid content. *Journal of Food Composition and Analysis*, 1(4), 353–361. [https://doi.org/10.1016/0889-1575\(88\)90035-X](https://doi.org/10.1016/0889-1575(88)90035-X)
- Gustafson, K. (2016). *Impact of ingredients on quality and sensory characteristics of gluten-free baked goods*. <https://krex.k-state.edu/dspace/handle/2097/34498>
- Gutiérrez, L., Batlle, R., Andújar, S., Sánchez, C., & Nerín, C. (2011). Evaluation of Antimicrobial Active Packaging to Increase Shelf Life of Gluten-Free Sliced Bread. *Packaging Technology and Science*, 24(8), 485–494. <https://doi.org/10.1002/PTS.956>
- Hernández, O., & Franco, I. (2016). *Efecto sobre las propiedades reológicas y panificables de la enzima transglutaminasa en masas con almidón de yuca (Manihot esculenta)*. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/download/1236/html?inline=1>
- Herrera, M., & Tubay, H. (2021). *Elaboración de masa de pizza sin gluten con sustituto de papa cocida* [Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/54327>
- Koziol, M. J. (1992). Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 5(1), 35–68. [https://doi.org/10.1016/0889-1575\(92\)90006-6](https://doi.org/10.1016/0889-1575(92)90006-6)
- Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., & Biliaderis, C. G. (2007). Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79(3), 1033–1047. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2006.03.032>
- López, A. I. C., Mujica, A. K. A., Manzano, S. O. E., & Vera, N. G. (2015). Elaboración de una pizza precocida de pepperoni libre de gluten ready to eat. *Boletín Científico de Las Ciencias Económico Administrativas Del ICEA*, 4(7). <https://doi.org/10.29057/ICEA.V4I7.192>
- Manobanda, N. (2017). Formulación y caracterización de un pan libre de gluten elaborado a partir de cultivos nativos del Ecuador. *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO*.
- MarketsandMarkets. (2015). *Gluten-Free Products Market by Type, Distribution Channel, and Geography* | MarketsandMarkets. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/gluten-free-products-market-738.html>
- Marston, K., Khouryieh, H., & Aramouni, F. (2016). Effect of heat treatment of sorghum flour on the functional properties of gluten-free bread and cake. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 637–644. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2015.08.063>
- Martínez, M. M., Marcos, P., & Gómez, M. (2013). Texture Development in Gluten-Free Breads: Effect of Different Enzymes and Extruded Flour. *Journal of Texture Studies*, 44(6), 480–489. <https://doi.org/10.1111/JTXS.12037>
- Mendiluz, N., Palacio, A. I., Benitez, C., & Farulla, Y. (2010). *Desarrollo de panificados libres de gluten*. <http://rinfi.fi.mdp.edu.ar/xmlui/handle/123456789/124>
- Moore, M. M., Heinbockel, M., Dockery, P., Ulmer, H. M., & Arendt, E. K. (2006). Network Formation in Gluten-Free Bread with Application of Transglutaminase. *Cereal Chemistry*, 83(1), 28–36. <https://doi.org/10.1094/CC-83-0028>
- Moscoso J., F., & Quera P., R. (2016). Enfermedad celíaca.Revisión. *Revista Médica de Chile*, 144(2), 211–221. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872016000200010>
- Ngemakwe, P. H. N., le Roes-Hill, M., & Jideani, V. A. (2015). Advances in gluten-free bread technology. *Food Science and Technology International*, 21(4), 256–276. <https://doi.org/10.1177/1082013214531425>
- Olivencia, M. P., Moreira, V. F., López, A., & Román, S. (2005). Enfermedad celíaca. *Revista Española de Enfermedades Digestivas*, 97(9), 672–672. [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1130-01082005000900009&lng=es&nrm=iso&tng=es](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1130-01082005000900009&lng=es&nrm=iso&tng=es)
- Olmedo, H., & Franco, I. (2016). *Efecto sobre las propiedades reológicas y panificables de la enzima transglutaminasa en masas con almidón de yuca*. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/download/1236/html?inline=1>
- Omar, A., & Mehder, A. (2013). Quality And Sensory Evaluation Of Free Gluten Pizza. *Middle East Journal of Applied Sciences*, 3(4), 196–204.
- Onderi, M. (2013). Effects of Xanthan Gum and Added Protein on the Physical Properties of Gluten-Free Pizza Dough-A Texture Characterization Study Using Instron Model 3342. *University of Wisconsin--Stout*.
- Parada, A., & Araya, M. (2010). El gluten: Su historia y efectos en la enfermedad celíaca. *Revista Médica de Chile*, 138(10), 1319–1325. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872010001100018>
- Renzetti, S., Dal Bello, F., & Arendt, E. K. (2008). Microstructure, fundamental rheology and baking characteristics of batters and breads from different gluten-free flours treated with a microbial transglutaminase. *Journal of Cereal Science*, 48(1), 33–45. <https://doi.org/10.1016/J.JCS.2007.07.011>
- Sabanis, D., & Tzia, C. (2011). Effect of hydrocolloids on selected properties of gluten-free dough and bread. *Food Science and Technology International*, 17(4), 279–291. <https://doi.org/10.1177/1082013210382350>
- Sapozhnikov, A. N., Kopylova, A. v., Gurova, D. v., & Bolshakov, K. A. (2021). Obtaining of gluten-free pizza dough based on flaxseed flour. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 677(3), 032056. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/3/032056>
- Sciarini, L. S., Ribotta, P. D., León, A. E., & Pérez, G. T. (2008). Influence of Gluten-free Flours and their Mixtures on Batter Properties and Bread Quality. *Food and Bioprocess Technology* 2008 3:4, 3(4), 577–585. <https://doi.org/10.1007/S11947-008-0098-2>
- Sherman, P. (1969). A Texture Profile of Foodstuffs Based upon Well-defined Rheological Properties. *Journal of Food Science*, 34(5), 458–462. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.1969.TB12804.X>
- Singh, J., Kaur, L., & McCarthy, O. J. (2007). Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological

- properties of some chemically modified starches for food applications—A review. *Food Hydrocolloids*, 21(1), 1–22. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2006.02.006>
- Sun, D. W., & Brosnan, T. (2003). Pizza quality evaluation using computer vision—part 1: Pizza base and sauce spread. *Journal of Food Engineering*, 57(1), 81–89. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00275-3](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00275-3)
- Taylor, J. R. N., Taylor, J., Campanella, O. H., & Hamaker, B. R. (2016). Functionality of the storage proteins in gluten-free cereals and pseudocereals in dough systems. *Journal of Cereal Science*, 67, 22–34. <https://doi.org/10.1016/J.JCS.2015.09.003>
- Valenzuela, D. (2016). Nuevos productos alimenticios en el comercio mundial: situación y perspectivas actuales para el cultivo y exportación de quinua por parte del Ecuador. *Universidad Andina Simón Bolívar*.
- Van Riemsdijk, L. E., Pelgrom, P. J. M., van der Goot, A. J., Boom, R. M., & Hamer, R. J. (2011). A novel method to prepare gluten-free dough using a meso-structured whey protein particle system. *Journal of Cereal Science*, 53(1), 133–138. <https://doi.org/10.1016/J.JCS.2010.11.003>
- Vargas, A. (2019). *Efecto de la pregelatinización de las harinas de arroz pulido e integral sobre las características sensoriales de una base congelada para pizza libre de gluten*.
- Vásquez, A. (2021). *Evaluación de pan sin gluten elaborado a partir de harina de quinua y banano, almidón de yuca, harina de chocho o proteína de lactosuero, con hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) y transglutaminasa, como mejoradores*. Escuela Politécnica Nacional.
- Vásquez, R. (2017). El impacto del comercio del Banano en el desarrollo del Ecuador. *AFESE*, 53. <https://www.afese.com/img/revistas/revista53/comerbanano.pdf>
- Ziobro, R., Witczak, T., Juszczak, L., & Korus, J. (2013). Supplementation of gluten-free bread with non-gluten proteins. Effect on dough rheological properties and bread characteristic. *Food Hydrocolloids*, 32(2), 213–220. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2013.01.006>