



MANUAL TÉCNICO

PARA LA ELABORACIÓN DE MASA DE PIZZA CONGELADA A BASE DE YUCA

JULIO, 2025

Créditos

Autores:

Geilyn Milieth Arias-Leitón,
Yanel Cruz-Jiménez,
Alisson Jiménez-Franco,
Ileana Maricruz Bermúdez-Serrano,
Centro Nacional de Ciencia y Tecnología
de Alimentos, Universidad de Costa Rica
y Carrera de Ingeniería de Alimentos
Sede Guanacaste, Liberia, Costa Rica.

Revisores:

Manuel Montero Barrantes
Centro Nacional de Ciencia y Tecnología
de Alimentos, Universidad de Costa Rica.
Paola Montoya Rodríguez
Promotora de Comercio Exterior de
Costa Rica (PROCOMER)

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Resumen	7
2. Introducción	8
3. Objetivo	10
4. Metodología	10
5. Descripción del prototipo	12
5.1 Descripción general	12
5.2 Características físicas	13
5.3 Formulación	14
6. Requisitos y condiciones para la elaboración del prototipo de masa de pizza congelada	15
6.1 Requisitos previos para la producción	15
6.1.1 Cumplimiento de buenas prácticas de manufactura (bpm)	15
6.1.2 Permiso de funcionamiento	17
6.1.3 Registro sanitario del producto	18
6.1.4 Cumplimiento del etiquetado	19
6.1.5 Programa de gestión de alérgenos	20
7. Procesos de manufactura de la masa de pizza congelada	22
7.1 Recepción de materia prima	22
7.2 Elaboración del producto	23
7.2.1 Selección	24
7.2.2 Lavado	24
7.2.3 Desinfección	25
7.2.4 Troceado y pelado	26
7.2.5 Cocción	26
7.2.6 Enfriamiento	27
7.2.7 Triturado húmedo	28
7.2.8 Mezclado 1	28
7.2.9 Mezclado 2	29
7.2.10 Fermentación	29
7.2.11 Amasado y formado	30
7.2.12 Empaque	30
7.2.13 Congelación	30
7.2.14 Almacenamiento y transporte	30

7.3 Equipamiento específico para el procesamiento	32
7.4 Temperatura y tiempo de procesamiento	34
7.5 Recomendaciones de almacenamiento para preservar la vida útil	34
7.6 Vida útil estimada del producto	34
7.7 Recomendaciones sobre materiales de empaque	35
7.8 Límite de peso del producto	36
8. Gestión de la calidad durante el procesamiento	36
8.1 Inspección del producto final	37
8.2 Parámetros de calidad	37
8.3 Normas de muestreo y análisis para verificar el cumplimiento de los estándares de calidad	39
9. Gestión de la inocuidad durante el procesamiento	40
9.1 Análisis de peligros asociados al procesamiento	40
9.2 Criterios microbiológicos	41
9.3 Identificación de etapas y puntos críticos de control (pcc)	41
10. Aspectos económicos del proceso productivo	43
10.1 Rendimiento del producto final	43
10.2 Costos asociados al proceso de transformación	44
11. Conclusiones	46
12. Recomendaciones	47
13. Referencias	48

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro I. Formulación base para la masa de pizza a base de yuca (composición porcentual y cantidad por 1 kg de masa).	14
Cuadro II. Requisitos de infraestructura, equipos y utensilios para empresas procesadoras de alimentos.	15
Cuadro III. Requisitos de etiquetado para una masa de pizza congelada según el RTCA 67.01.07:10.	18
Cuadro IV. Características de los equipos utilizados para el desarrollo de la masa de pizza congelada.	32
Cuadro V. Perfil sensorial descriptivo de la masa de pizza congelada a base de yuca.	37
Cuadro VI. Composición nutricional estimada de la masa de pizza congelada (por 100 g de producto).	38
Cuadro VII. Peligros físicos, químicos y biológicos asociados al procesamiento de masa de pizza congelada a base de yuca	40
Cuadro VIII. Parámetros microbiológicos aplicables a la masa de pizza congelada según RTCA 67.04.50:08.	41
Cuadro IX. Rendimientos de selección, pelado y rendimiento total a partir de yuca fresca como materia prima.	43
Cuadro X. Estructura de costos y precio estimado por unidad del prototipo mínimo viable de la masa de pizza congelada a base de yuca (presentación de 450 g).	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Bench testing con potenciales consumidores de la masa de pizza a base de yuca.	11
Figura 2. Masa de pizza congelada a base de yuca.	12
Figura 3. Masa de pizza a base de yuca horneada con ingredientes añadidos (propuesta de consumo).	13
Figura 4. Yuca que cumple con los estándares de calidad, apta para ingresar a producción.	22
Figura 5. Yuca que no cumple con los estándares de calidad, no apta para ingresar a producción.	22
Figura 6. Diagrama de flujo para la elaboración de la masa de pizza congelada.	23
Figura 7. Etapa de lavado de las yucas.	24
Figura 8. Etapa de desinfección de las yucas.	25
Figura 9. Etapa de troceado y pelado de las yucas.	26
Figura 10. Cocción de los cilindros de yuca.	26
Figura 11. Enfriamiento de los cilindros de yuca.	27
Figura 12. Triturado en húmedo de la yuca.	27
Figura 13. Mezclado de los ingredientes secos de la masa de pizza de yuca.	28
Figura 14. Fermentación de la masa de pizza.	29
Figura 15. Amasado de la masa de pizza a base de yuca.	29
Figura 16. Sugerencia de empaque para la masa de pizza a base de yuca.	30
Figura 17. Ejemplo de congelador de cabina.	31
Figura 18. Bolsas de polietileno de baja densidad (LDPE) como material de empaque recomendado.	36

1. RESUMEN

Este manual técnico presenta el desarrollo de una masa de pizza congelada a base de yuca como una alternativa innovadora, nutritiva, libre de gluten y económicamente viable para la industria alimentaria costarricense. El objetivo del documento es describir las condiciones de procesamiento, así como los parámetros de calidad e inocuidad que permiten obtener un producto de calidad, seguro y alineado con las preferencias del consumidor. La propuesta se basa en el aprovechamiento de yuca fresca cocida y procesada, combinada con ingredientes funcionales como goma xantán y fibra, que permiten compensar la ausencia de gluten y replicar las propiedades texturales de las masas tradicionales.

La masa se presenta en formato circular de 15 cm de diámetro y 0.5 cm de grosor, con un peso de 90 g por unidad, empacada en presentaciones de 5 unidades (450 g netos), diseñada para hornearse directamente sin necesidad de descongelación. La metodología empleada incluyó una revisión bibliográfica, análisis de mercado nacional e internacional, desarrollo de prototipos y validación a través de un análisis sensorial informal, lo cual permitió establecer un Producto Mínimo Viable (MVP) con características funcionales y buena aceptación por parte de los usuarios.

El proceso de manufactura abarca etapas clave como la recepción y desinfección de la materia prima, cocción controlada ($\geq 90^{\circ}\text{C}$ por 20 minutos), triturado, mezclado, fermentación, amasado, formado, empaque en bolsas de polietileno de baja densidad y congelación, asegurando una vida útil de hasta 4 meses. Se enfatiza el cumplimiento de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y la implementación de un programa de gestión de alérgenos. Este manual es una herramienta práctica para productores y emprendedores que buscan valorizar la yuca disponible, sin necesidad de grandes inversiones en materias primas adicionales, promoviendo el uso sostenible de cultivos tradicionales en productos alimentarios con valor agregado.

2. INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de la industria alimentaria costarricense, se identifica una demanda creciente por productos innovadores que cumplan simultáneamente con tres criterios fundamentales: alto valor nutricional, ausencia de alérgenos comunes como el gluten y viabilidad económica para pequeñas y medianas agroindustrias. Este escenario representa una oportunidad estratégica para el desarrollo de alimentos a base de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), un cultivo de arraigo nacional que ofrece propiedades tecno funcionales ideales para la elaboración de productos con valor agregado.

La yuca se cultiva extensamente en distintas regiones del país, particularmente en zonas donde las condiciones climáticas limitan el cultivo de otras especies. De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2024), las variedades más representativas en Costa Rica son la 'Valencia' y la 'Señorita' (Aguilar, 2016). Desde el punto de vista nutricional, la pulpa de la yuca es una fuente importante de carbohidratos, con un contenido de almidón que puede representar hasta el 50 % de su peso seco (Morgan & Choct, 2016). Además, su naturaleza libre de gluten la convierte en un insumo clave para el desarrollo de productos dirigidos a personas con enfermedad celíaca o sensibilidad al gluten, una población cuya prevalencia ha aumentado sostenidamente en el país (Segura, 2024).

A pesar de que Costa Rica ocupa el cuarto lugar a nivel mundial en exportación de yuca fresca (Apuy, 2023), el desarrollo de productos con mayor valor agregado sigue siendo limitado. Aunque existen ejemplos de snacks y alimentos sin gluten a base de almidón de yuca, las posibilidades de diversificación hacia categorías como masas congeladas, panificación u opciones listas para hornear aún se encuentran poco exploradas.

Para el desarrollo de productos, la elección de utilizar yuca fresca en lugar de harinas o almidones procesados responde tanto a criterios tecnológicos como económicos. En primer lugar, se adapta a la realidad de los pequeños productores, quienes suelen tener acceso al tubérculo fresco pero no a tecnologías de transformación. En segundo lugar, desde una perspectiva tecno funcional, la yuca fresca conserva mejor propiedades como la retención de agua y la integridad de su estructura fibrosa, lo que mejora la textura y la estabilidad del producto durante la congelación y la cocción. Por último, se eliminan los costos asociados al secado y molienda, lo que permite ofrecer un producto más competitivo en el mercado nacional.

El desarrollo de productos sin gluten presenta ciertos desafíos tecnológicos. La ausencia de gluten, aunque comercialmente atractiva, requiere la inclusión de ingredientes funcionales como goma xantan o fibra dietética para replicar las propiedades viscoelásticas del gluten (Culetu et al., 2021). A esto se suman

los retos sensoriales, ya que los consumidores esperan que estos productos mantengan atributos similares en sabor, textura y apariencia a los productos tradicionales. Además, su producción exige condiciones estrictas: instalaciones libres de gluten, protocolos rigurosos de limpieza y desinfección, trazabilidad de insumos y una gestión adecuada de alérgenos, en resguardo de la salud del consumidor.

En este contexto, el presente documento tiene como objetivo desarrollar un manual técnico integral para la producción de masa de pizza congelada a base de yuca fresca. Se detallan las condiciones de procesamiento, parámetros de calidad, aspectos de inocuidad y lineamientos nutricionales necesarios para su implementación. Esta propuesta pretende servir como herramienta técnica para productores, emprendedores y agroindustriales interesados en innovar mediante el aprovechamiento de cultivos tradicionales, promoviendo así un modelo productivo sostenible y alineado con las tendencias actuales del mercado alimentario.

3. OBJETIVO

Elaborar un manual técnico que describa las principales condiciones de procesamiento, así como los parámetros de calidad e inocuidad asociados al proceso de elaboración de una masa de pizza congelada a base de yuca.

4. METODOLOGÍA

Para alcanzar el objetivo propuesto, se desarrollaron cuatro etapas principales: revisión bibliográfica, análisis de mercado, desarrollo de prototipos y evaluación sensorial mediante un bench testing.

En la primera etapa, se llevó a cabo una revisión bibliográfica exhaustiva en bases de datos científicas, repositorios académicos y sitios especializados, con el fin de recopilar información sobre las aplicaciones tecnológicas de la yuca en la industria alimentaria. Esta búsqueda permitió identificar tendencias de consumo, formulaciones frecuentes, condiciones de procesamiento, y parámetros de calidad utilizados como referencia en productos similares.

La segunda etapa consistió en un análisis de mercado a nivel nacional e internacional. Se incluyeron visitas a supermercados, revisión de plataformas digitales, catálogos comerciales, publicaciones técnicas y documentos académicos. El objetivo fue identificar y caracterizar productos comerciales y artesanales que incorporan yuca como ingrediente principal o complementario. Se registraron 20 productos comerciales y 4 productos artesanales, los cuales fueron clasificados según el porcentaje de yuca utilizado y el nivel de procesamiento requerido.

Con base en los hallazgos de las etapas anteriores y considerando las capacidades del sector productivo nacional, se seleccionaron dos productos con alto potencial de desarrollo: una masa de pizza congelada y bollitos de pan, ambos elaborados a partir de yuca fresca. Se procedió entonces al desarrollo y validación de prototipos en el laboratorio de análisis sensorial, con el objetivo de obtener un Producto Mínimo Viable (MVP) que cumpliera con los atributos deseados en términos de textura, sabor, funcionalidad tecnológica y facilidad de preparación doméstica. Durante esta fase se realizaron seis pruebas de prototipado, en las que se ajustaron diferentes formulaciones e ingredientes hasta obtener dos prototipos que se alinearan con las expectativas del consumidor.

Como parte del proceso de desarrollo, se llevó a cabo una prueba de bench testing en un ambiente controlado, con la participación de seis consumidores potenciales. Esta evaluación sensorial rápida, basada en los sentidos de la vista, olfato y gusto, permitió recopilar información clave sobre las percepciones, expectativas y nivel de aceptación del producto. Además, se aplicaron preguntas orientadas a identificar los atributos más valorados y los estándares de calidad esperados en un producto final. La retroalimentación obtenida fue determinante para confirmar el cumplimiento de los criterios definidos y orientar los ajustes finales en la formulación, garantizando una mejor alineación con las preferencias del mercado objetivo.



Figura 1. Bench testing con potenciales consumidores de la masa de pizza a base de yuca.

Como resultado, se elaboró el presente manual técnico para la elaboración de masa de pizza congelada a base de yuca fresca, basada en el prototipo final. Esta incluye el protocolo de inspección de insumos, instrucciones detalladas para su elaboración, especificaciones de los equipos requeridos, condiciones óptimas de procesamiento (tiempo, temperatura y almacenamiento), parámetros de calidad e inocuidad, evaluación de rendimiento y perfil nutricional estimado.

Este proceso permitió sustentar el desarrollo de un producto alimentario innovador, alineado con las tendencias actuales del mercado y con potencial competitivo dentro del sector agroalimentario nacional.

5. DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO

El prototipo desarrollado corresponde a una masa de pizza congelada a base de yuca fresca, propuesta como una alternativa libre de gluten que responde a las tendencias actuales de alimentación saludable y promueve el uso de materias primas locales. El producto se presenta en formato congelado para facilitar su conservación y distribución.

5.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Se trata de un producto elaborado a partir de yuca fresca cocida y procesada, combinada con ingredientes funcionales que proporcionan estructura, sabor y estabilidad. Su presentación es circular, con grosor uniforme y una textura firme en estado congelado (Figura 2). Está diseñado para ser horneado directamente, sirviendo como base versátil para pizzas de tipo dulce o salado (Figura 3).

Gracias a su formulación y formato, esta masa representa una opción práctica y de fácil preparación, sin requerir procesos adicionales complejos por parte del consumidor. La presentación comercial incluye un empaque con 5 unidades de masa de 90 gramos cada una, para un peso neto total de 450 gramos. Este formato permite un porcionado individual o consumo compartido, y se adapta a diferentes contextos de uso.

Aunque el producto está dirigido principalmente al canal de venta directa al consumidor final, su presentación puede ser modificada según los requerimientos del cliente, lo que permite su ajuste a diversas estrategias de comercialización y modalidades de servicio.



Figura 2. Masa de pizza congelada a base de yuca.



Figura 3. Masa de pizza a base de yuca horneada con ingredientes añadidos (propuesta de consumo).

5.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

- **Color:** Blanco homogéneo
- **Olor:** Neutro, con ligeras notas características de productos fermentados, similar al de una masa de pizza tradicional.
- **Textura:** Firme y compacta
- **Diámetro promedio:** 15 cm
- **Grosor:** 0,5 cm
- **Peso por unidad:** 90g

5.3. FORMULACIÓN

Para la elaboración de la masa de pizza congelada a base de yuca, es indispensable definir la formulación adecuada, tanto en términos de ingredientes como de proporciones. Esta formulación busca obtener una masa de buena textura, fácil manipulación y adecuada para su cocción posterior por parte del consumidor.

A continuación, se presenta la composición porcentual de los ingredientes que conforman la mezcla, así como un ejemplo aplicado a una tanda de producción de 1 kilogramo de masa, con las cantidades correspondientes de cada insumo.

Cuadro I. Formulación base para la masa de pizza a base de yuca (composición porcentual y cantidad por 1 kg de masa).

INGREDIENTES	PORCENTAJE (%)	CANTIDAD (g)
Yuca cocida	79,58	795,8
Harina de arroz	8,04	80,4
Aceite de soya	4,02	40,2
Almidón de yuca	3,22	32,2
Fibra psyllium	2,01	20,1
Levadura	1,37	13,7
Goma Xantán	0,96	9,6
Sal	0,80	8,0
Total	100,00	1000,0

Esta formulación fue desarrollada a partir de pruebas preliminares dirigidas a obtener una masa con buena estructura, cohesión y facilidad de manipulación, capaz de mantener sus propiedades físico-sensoriales después del proceso de congelación, dando lugar a un producto mínimo viable (MVP). Además, se buscó garantizar un comportamiento adecuado durante la cocción en horno convencional por parte del consumidor, asegurando una preparación práctica y efectiva en el entorno casero.

La incorporación de ingredientes funcionales como la goma xantán y la fibra permite mejorar la textura, elasticidad y estabilidad estructural de la masa, lo que compensa la ausencia de gluten y simula las propiedades tecnológicas y sensoriales de una masa tradicional elaborada con harina de trigo. Esto contribuye a ofrecer una experiencia sensorial más cercana a la de una pizza tradicional, sin comprometer la funcionalidad tecnológica del producto.

6.1 REQUISITOS PREVIOS PARA LA PRODUCCIÓN

La producción de alimentos en Costa Rica requiere cumplir con diversos requisitos regulatorios establecidos por las autoridades sanitarias y técnicas del país. A continuación, se detallan los aspectos clave a considerar antes de iniciar operaciones:

6.1.1 CUMPLIMIENTO DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA (BPM)

Es obligatorio cumplir con el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.01.33:06, que establece los Principios Generales de Buenas Prácticas de Manufactura para alimentos procesados. Este reglamento aplica a todas las empresas del sector alimentario que operan en los países de la región centroamericana.

A continuación, se presenta un cuadro resumen con las condiciones generales que las empresas deben cumplir para elaborar productos a base de yuca.

Cuadro II. Requisitos de infraestructura, equipos y utensilios para empresas procesadoras de alimentos.

CRITERIOS	REQUISITOS
ALREDEDORES	• Eliminar desechos sólidos y desperdicios • Evitar atracción de insectos y roedores • Mantener limpios los patios y estacionamiento • Dar mantenimiento a los drenajes
UBICACIÓN	• Ubicarse en zonas libres de contaminación física, química o biológica • Fácil acceso

CRITERIOS	REQUISITOS
DISEÑO	- Facilitar mantenimiento, limpieza y operación para proteger el producto terminado y evitar contaminación cruzada - Paredes que impidan entrada de animales, insectos, roedores y otros contaminantes - Almacenamiento separado para materia prima, producto terminado, productos de limpieza y sustancias peligrosas - Suficiente espacio para operaciones, flujos separados, equipos y limpieza
PISOS	- Material impermeable, lavable, antideslizante y no tóxico - Superficies sin grietas ni irregularidades, con uniones redondeadas - Drenajes con pendiente para evitar charcos
PAREDES	- Paredes exteriores de concreto, ladrillo, bloque de concreto o estructuras prefabricadas - Paredes interiores impermeables, lisas, fáciles de lavar, de color claro y sin grietas - Uniones con curvatura sanitaria entre paredes y pisos
PISOS	- Material impermeable, lavable, antideslizante y no tóxico - Superficies sin grietas ni irregularidades, con uniones redondeadas - Drenajes con pendiente para evitar charcos
TECHOS	Diseño para minimizar acumulación de suciedad, condensación, mohos y desprendimiento de partículas
VENTANAS Y PUERTAS	- Ventanas fáciles de limpiar, construidas para evitar entrada de agua y plagas - Puertas lisas, no absorbentes, fáciles de limpiar, que abran hacia afuera y estén en buen estado - Puertas exteriores con protección contra ingreso de plagas
ILUMINACIÓN	- Iluminación natural o artificial adecuada para operaciones unitarias - Lámparas protegidas contra roturas en áreas de manipulación de alimentos
VENTILACIÓN	Ventilación adecuada para evitar calor excesivo, condensación y permitir circulación de aire suficiente
ABASTECIMIENTO DE AGUA	Disponer de agua potable suficiente y conforme a normativa específica
TUBERÍAS Y DRENAJES	- Tuberías elevadas instaladas sin cruzar líneas de procesamiento para evitar contaminación - Evitar conexión cruzada entre sistema de desechos líquidos y agua potable para alimentos - Diseño, construcción y mantenimiento adecuados para prevenir contaminación de alimentos y agua potable, con rejillas que impidan acceso de roedores

CRITERIOS	REQUISITOS
INSTALACIONES SANITARIAS	• Puertas que no abran directamente hacia área de producción • Servicios sanitarios limpios, separados por sexo, con ventilación exterior, equipados con papel higiénico, jabón, dispositivos para secado de manos y basureros, separados de sección de proceso
DESECHOS SÓLIDOS	• Programa escrito para manejo adecuado de desechos sólidos • No permitir acumulación en áreas de manipulación, almacenamiento o trabajo • Recipientes lavables con tapadera para evitar atracción de insectos y roedores • Depósito alejado de áreas de procesamiento, bajo techo y con piso lavable
LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN	• Programa escrito que incluya distribución por áreas, responsables, métodos, frecuencia, vigilancia y manejo de desechos • Realización de limpieza y desinfección según programa establecido, con instalaciones adecuadas para utensilios y equipos
CONTROL DE PLAGAS	• Programa detallado que incluya identificación de plagas, mapeo de estaciones, métodos y procedimientos, y hojas de seguridad de productos cuando sea necesario • Productos químicos utilizados deben estar registrados por la autoridad competente • Instalación de barreras físicas para impedir el ingreso de plagas al establecimiento
EQUIPOS Y UTENSILIOS	• Diseñados para evitar la contaminación del alimento y facilitar su limpieza • Permitir desmontaje rápido y fácil acceso para inspección, mantenimiento y limpieza • Hechos de materiales no absorbentes, no corrosivos y resistentes a la limpieza y desinfección repetidas

6.1.2 PERMISO DE FUNCIONAMIENTO

Toda planta procesadora de alimentos debe contar con un Permiso de Funcionamiento emitido por el Ministerio de Salud, el cual certifica que las instalaciones cumplen con las condiciones sanitarias, estructurales y operativas requeridas para garantizar la inocuidad del producto.

6.1.3 REGISTRO SANITARIO DEL PRODUCTO

La masa de pizza congelada, al ser un alimento procesado, debe registrarse ante el Ministerio de Salud mediante un Registro Sanitario. Este trámite verifica que el producto cumple con las normativas nacionales de calidad, inocuidad y etiquetado.

6.1.4 CUMPLIMIENTO DEL ETIQUETADO

El etiquetado del producto debe cumplir con el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.01.07:10: “Etiquetado General de los Alimentos Previamente Envasados”, en donde se detallan los requisitos mínimos que debe contener la etiqueta. A continuación, se presenta un resumen con los 10 requisitos esenciales para el etiquetado de este tipo de productos:

Cuadro III. Requisitos de etiquetado para una masa de pizza congelada según el RTCA 67.01.07:10.

REQUISITO	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO
1. NOMBRE TÉCNICO DEL ALIMENTO	Debe ser específico, indicar la naturaleza del producto (nombre común) y su condición física.	Masa de pizza congelada a base de yuca
2. LISTA DE INGREDIENTES	Deben declararse todos los ingredientes en orden decreciente según el peso inicial al momento de la formulación. Deben incluirse los ingredientes alergénicos.	Ingredientes: Yuca, harina de arroz, aceite de soya (aceite de soya refinado y TBHQ como antioxidante), almidón de yuca, fibra psyllium, levadura (<i>saccharomyces cerevisiae</i> , monoestearato de sorbitano), goma xantán y sal.
3. CONTENIDO NETO	Debe aparecer en el mismo campo visual que el nombre del alimento. Se declara en unidades del Sistema Internacional (SI).	Peso neto: 450 g (paquete con 5 unidades de 90 g cada una).
4. REGISTRO SANITARIO	Debe ser visible en la etiqueta. Puede reportarse como R.S., Registro Sanitario, entre otros.	R.S.: AS-CR-XYZ

REQUISITO	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO
5. NOMBRE Y DIRECCIÓN DEL FABRICANTE Y DISTRIBUIDOR	Incluir información como: elaborado por, distribuido por, provincia, cantón, país, teléfono y correo electrónico.	Producto centroamericano hecho en Costa Rica y distribuido por XXX, Montes de Oca, San José, Costa Rica. Tel: XYZ/ Correo: XYZ
6. PAÍS DE ORIGEN	Indicar el país donde fue producido el alimento.	País de origen: Costa Rica
7. NÚMERO DE LOTE	Permite la trazabilidad del producto. Puede presentarse como N.L., lote, Lot, etc.	Lote: XYZ
8. FECHA DE VENCIMIENTO	Indicar la fecha hasta la cual el producto mantiene sus atributos de calidad esperados. Puede declararse como: vence, caduca, consumir antes de, etc.	Consumir antes de: DD-MM-AAAA
9. INSTRUCCIONES DE USO Y CONSERVACIÓN	Deben especificarse para asegurar un uso adecuado y preservar la calidad del producto.	Instrucciones de uso: Precalentar el horno a 180 °C (355 °F). Retirar la masa del empaque y colocar directamente sobre una bandeja para hornear. Hornear sin descongelar durante al menos 10 minutos o hasta que los bordes estén dorados y la base crujiente. Luego, agregar los ingredientes deseados para la pizza y volver a hornear por aproximadamente 5 minutos. Se recomienda verificar que la masa alcance una temperatura interna mínima de 74 °C en el centro para garantizar la eliminación de posibles patógenos. Instrucciones de uso: Manténgase en congelación, no es necesario descongelar antes de hornear.
10. INFORMACIÓN NUTRICIONAL	Obligatoria si se declara alguna propiedad nutricional (ej. "bajo en sodio"). Voluntaria si no se hace dicha declaración.	No aplica si no se declara ninguna propiedad nutricional.

6.1.5 PROGRAMA DE GESTIÓN DE ALÉRGENOS

En el desarrollo de productos alimentarios dirigidos a poblaciones sensibles, como aquellos que requieren dietas libres de gluten, es indispensable implementar un Programa de Gestión de Alérgenos sólido y bien documentado. Este programa tiene como objetivo prevenir la contaminación cruzada y garantizar la inocuidad del producto final para personas con alergias o intolerancias alimentarias.

En el caso particular de la masa de pizza congelada a base de yuca, se busca asegurar que el producto sea libre de gluten, por lo que se deben establecer medidas preventivas a lo largo de toda la cadena de producción. El plan debe estar formalizado mediante un documento que contemple los siguientes componentes clave:

- 1. Control de proveedores:** Se deben seleccionar proveedores confiables y exigir declaraciones sobre la presencia de alérgenos en las materias primas suministradas. Además, debe verificarse que las instalaciones del proveedor minimicen el riesgo de contaminación cruzada durante el almacenamiento, procesamiento y empaque.
- 2. Almacenamiento de materias primas:** Los ingredientes alergénicos deben estar claramente identificados y almacenados en áreas separadas, evitando el contacto directo o indirecto con ingredientes no alergénicos. El almacenamiento debe seguir un sistema que reduzca al mínimo los riesgos de contaminación cruzada, tanto física como aérea.
- 3. Transporte interno de materias primas:** Se deben establecer rutas diferenciadas y condiciones específicas de manipulación para el traslado de ingredientes hacia las zonas de producción, garantizando que no se comprometa la integridad de los ingredientes libres de alérgenos.
- 4. Capacitación del personal:** Todo el personal involucrado en la producción debe recibir formación continua sobre buenas prácticas de manejo de alérgenos, identificación de ingredientes críticos, y medidas para evitar la contaminación cruzada.
- 5. Higiene del personal:** Se deben implementar protocolos de higiene estrictos, incluyendo el uso de uniformes exclusivos, lavado de manos frecuente, y procedimientos de cambio de ropa o guantes cuando se transite entre áreas con y sin presencia de alérgenos.
- 6. Infraestructura y equipos:** Es recomendable disponer de espacios, equipos y utensilios exclusivos para la elaboración de productos libres de gluten.

- 7. Limpieza y desinfección:** Los procedimientos de limpieza deben estar validados específicamente para eliminar trazas de alérgenos. Asimismo, deben realizarse verificaciones periódicas (por ejemplo, pruebas rápidas de detección de gluten) para confirmar la eficacia de los métodos aplicados.
- 8. Etiquetado:** Los productos deben cumplir con la normativa de etiquetado de alérgenos vigente en los países donde serán comercializados. La declaración de alérgenos debe ser clara, veraz y visible, asegurando que el consumidor pueda tomar decisiones informadas.
- 9. Auditorías internas y/o externas:** Se deben realizar auditorías periódicas para evaluar la implementación y eficacia del programa de gestión de alérgenos. Estas auditorías permiten detectar oportunidades de mejora y garantizar el cumplimiento de estándares nacionales e internacionales de seguridad alimentaria.

7. PROCESOS DE MANUFACTURA DE LA MASA DE PIZZA CONGELADA

A continuación, se describen las etapas del proceso productivo necesarias para la elaboración de la masa de pizza congelada a base de yuca.

7.1 RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA

El primer paso del proceso es la recepción de la materia prima, en este caso, la yuca fresca, la cual debe ser inspeccionada para determinar su aceptación o rechazo. Solo debe aceptarse aquella yuca que se encuentre libre de manchas, pudrición, daños mecánicos, daños por insectos, reventaduras o señales de enfermedades (Alves de Oliveira, 2020; INTA, 2017).



Figura 4. Yuca que cumple con los estándares de calidad, apta para ingresar a producción.



Figura 5. Yuca que no cumple con los estándares de calidad, no apta para ingresar a producción.

7.2 ELABORACIÓN DEL PRODUCTO

A continuación, se presenta el diagrama de flujo que describe las operaciones unitarias involucradas en el proceso de elaboración de la masa de pizza congelada.

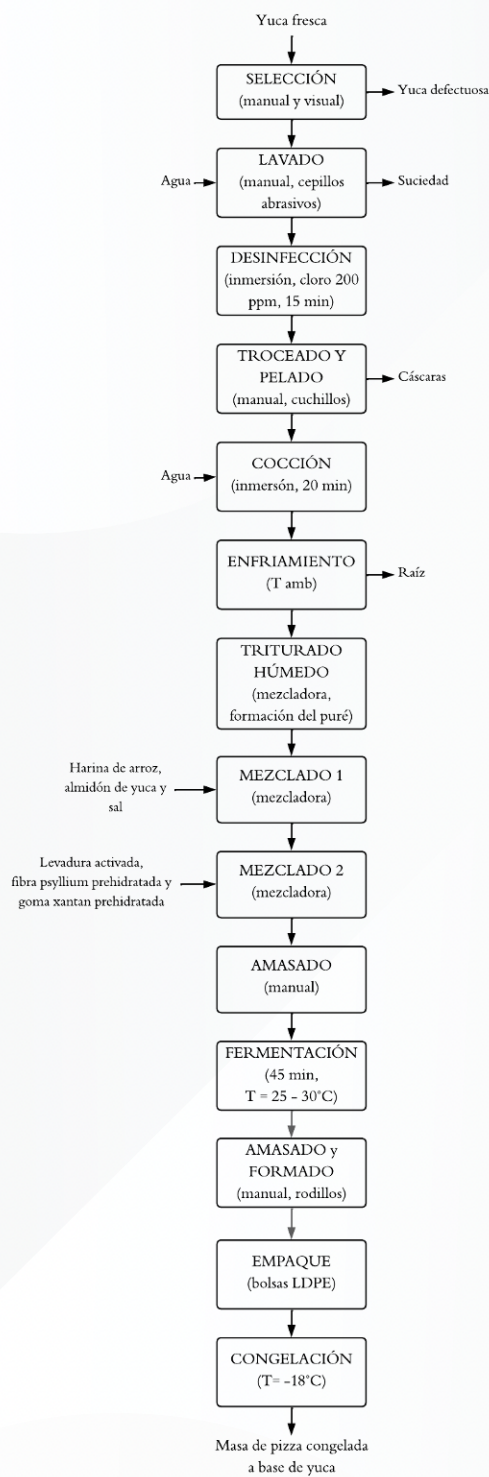


Figura 6. Diagrama de flujo para la elaboración de la masa de pizza congelada.

Seguidamente, se presentan a detalle las etapas del proceso involucradas para la elaboración de la masa de pizza congelada.

7.2.1 SELECCIÓN

La selección de la yuca se realiza de forma manual y visual, separando únicamente aquellas raíces que se encuentren libres de golpes, pudrición o signos visibles de enfermedades.

Nota técnica: se recomienda realizar un corte transversal en la raíz para verificar su estado interno. Los tubérculos que presenten coloraciones anómalas u otras alteraciones internas, como “golpe de agua” o daños causados por cochinilla, deben ser descartados, tal como se ilustra en la Figura 4.

7.2.2 LAVADO

El lavado de la yuca puede realizarse de forma manual o automática, siendo preferible el uso de un método húmedo que emplee agua potable. En el caso del lavado manual, se recomienda realizarlo en piletas o tinas, utilizando cepillos de cerdas abrasivas (ver Figura 7) (de Souza Viana, Alves de Oliveira & da Silva, 2010).

Por otro lado, el lavado automático suele integrarse a través de líneas especializadas para tubérculos, que emplean sistemas de aspersión de agua a presión combinados con cepillos rotatorios ubicados en la base de túneles de lavado. Esta modalidad facilita una limpieza continua y homogénea, especialmente útil en procesos de mayor escala.

El objetivo principal de esta etapa es remover eficazmente la suciedad, restos de tierra y demás materiales sólidos adheridos a la superficie de las yucas, que puedan comprometer la inocuidad y calidad del producto final durante las etapas posteriores del proceso.



Figura 7. Etapa de lavado de las yucas.

7.2.3 DESINFECCIÓN

La desinfección de la yuca con cáscara se realiza mediante inmersión en una solución de hipoclorito de sodio (cloro) a una concentración de 200 ppm. La preparación de esta concentración depende de la concentración comercial del cloro disponible. En los mercados costarricenses es común encontrar cloro al 4% y al 12%.

- Si se utiliza cloro al 4%, se deben mezclar 50 mL de cloro con 10 litros de agua potable.
- Si se utiliza cloro al 12%, se deben mezclar 17 mL de cloro con 10 litros de agua potable.

Siempre se debe utilizar agua potable a una temperatura igual a la de la yuca. La inmersión debe durar 15 minutos, según lo recomendado por de Souza Viana, Alves de Oliveira y da Silva (2010). Este procedimiento debe realizarse en tinajas o recipientes previamente sanitizados, garantizando condiciones higiénicas óptimas y contribuyendo a la inocuidad del producto antes de las etapas posteriores del procesamiento.

Es fundamental que la yuca quede completamente sumergida en la solución durante todo el tiempo de desinfección. Al finalizar los 15 minutos, se puede enjuagar con agua potable si se considera necesario para eliminar posibles residuos de cloro antes de continuar con el proceso.



Figura 8. Etapa de desinfección de las yucas

7.2.4 TROCEADO Y PELADO

El pelado de la yuca se realiza de forma manual utilizando un cuchillo de acero inoxidable. Primero, se desechan las puntas del tubérculo y la parte central se corta en cilindros de aproximadamente 6 cm de longitud. A continuación, se procede a pelar cada cilindro con la ayuda del cuchillo, retirando completamente la cáscara (de Souza Viana, Alves de Oliveira & da Silva, 2010).



Figura 9. Etapa de troceado y pelado de las yucas.

7.2.5 COCCIÓN

Para esta etapa, los cilindros de yuca se colocan en una olla con agua potable y se llevan a ebullición hasta que alcancen una textura blanda, adecuada para su posterior procesamiento. El tiempo estimado de cocción es de aproximadamente 20 minutos, aunque puede variar en función de la variedad de la yuca y su grado de madurez.



Figura 10. Cocción de los cilindros de yuca.

7.2.6 ENFRIAMIENTO

Una vez cocida, la yuca se deja enfriar a temperatura ambiente, y posteriormente se retira manualmente la raíz fibrosa central, ya que no es comestible y debe ser descartada.



Figura 11. Enfriamiento de los cilindros de yuca.

7.2.7 TRITURADO HÚMEDO

Una vez que la yuca se encuentre a temperatura ambiente, se realiza la operación de triturado húmedo, cuyo objetivo es desintegrar los tejidos del tubérculo hasta obtener un puré homogéneo, libre de grumos y con buena cohesión, sin requerir la adición de agua. Es indispensable que la yuca se encuentre a temperatura ambiente antes del triturado, ya que procesarla mientras aún está caliente puede comprometer la integridad del gel formado durante la cocción, lo cual afectaría la textura deseada de la masa.



Figura 12. Triturado en húmedo de la yuca.

7.2.8 MEZCLADO 1

Una vez que los trozos de yuca cocida han sido completamente triturados y se ha obtenido un puré homogéneo, se da inicio al proceso de mezclado. En esta etapa, se preparan previamente los ingredientes secos harina de arroz, almidón de yuca y sal, los cuales se combinan entre sí para garantizar una distribución uniforme. Luego de preparados, los ingredientes secos se incorporan lentamente al puré de yuca mientras se continúa el mezclado.



Figura 13. Mezclado de los ingredientes secos de la masa de pizza de yuca.

7.2.9 MEZCLADO 2

A continuación, se preparan los ingredientes restantes de la mezcla base. La fibra de psyllium se hidrata previamente en una proporción de 1:5 (1 parte de fibra por cada 5 partes de agua), utilizando agua a 50 °C, lo que favorece la activación del mucílago y contribuye a una mejor textura, cohesión y manejabilidad de la masa. La mezcla se agita durante 20 a 30 segundos hasta formar un gel homogéneo y se deja reposar entre 5 y 10 minutos para completar la gelificación, tal como señalan Belorio et al. (2020) y Raymundo et al. (2014), quienes reportan que temperaturas más altas potencian la capacidad de hinchamiento del psyllium y la formación de redes de gel más estables.

Paralelamente, la levadura se activa en una proporción de 1:8:0.2 (una parte de levadura por cada ocho partes de agua a 35–40 °C y 0.2 partes de azúcar), lo que favorece su fermentación y actividad biológica. Por su parte, la goma xantan se hidrata previamente en una proporción de 1:42 (una parte de goma por cada 42 partes de agua fría, a una temperatura inferior a 4 °C), mezclándola de forma constante hasta lograr su disolución completa, lo que garantiza una buena dispersión y funcionalidad en la formulación. Finalmente, estos ingredientes líquidos, junto con el aceite de soya, se incorporan a la mezcladora, donde se continúa el proceso hasta lograr una integración completa de todos los componentes.

7.2.10 FERMENTACIÓN

La masa obtenida se somete a un proceso de fermentación de 45 minutos bajo condiciones controladas, durante el cual la levadura produce gases que favorecen el desarrollo de una estructura más ligera, aireada y elástica. Este paso es fundamental para asegurar que la base de pizza adquiera la textura adecuada tras el horneado final por parte del consumidor.



Figura 14. Fermentación de la masa de pizza.

7.2.11 AMASADO Y FORMADO

Seguidamente se procede al amasado de la masa. Para ello, la masa se estira manualmente con la ayuda de un rodillo, hasta alcanzar un grosor uniforme de aproximadamente 0,5 cm. Posteriormente, se utiliza un molde cortador para darle forma a la masa según el diámetro o dimensiones deseadas para la base de pizza, asegurando uniformidad en el tamaño y espesor del producto final. Para este caso, el diámetro de la base de pizza seleccionado fue de 15 cm.



Figura 15. Amasado de la masa de pizza a base de yuca

7.2.12 EMPAQUE

Las masas de pizza se empacan en bolsas de polietileno de baja densidad (LDPE), debido a que el material resiste condiciones de congelación y tienen una buena barrera contra la humedad (Da-Wen, 2006). Se recomienda separar cada base de pizza con un papel encerado con el objetivo de evitar que se peguen entre sí, como se muestra en la Figura 16.

Para una descripción más detallada sobre el material de empaque, consultar la sección 7.7 Recomendaciones sobre materiales de empaque de este documento.



Figura 16. Sugerencia de empaque para la masa de pizza a base de yuca.

7.2.13 CONGELACIÓN

Las bases de pizza se congelan a una temperatura menor o igual a -18°C . De esta forma se obtiene un producto seguro, porque no hay un riesgo de proliferación de microorganismos y se garantiza una vida útil más larga (British Frozen Food Federation, 2017). El tiempo de congelación dependerá del equipo utilizado.

7.2.14 ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

Se recomienda almacenar la masa de pizza en un congelador de cabina, el cual consiste en una estructura cerrada donde circula aire frío y el producto se dispone sobre bandejas (Figura 17). Durante el almacenamiento, la humedad presente en la superficie del producto puede acumularse y formar escarcha (Shafiur Rahman, 2007). No obstante, el tipo de equipo utilizado en esta etapa dependerá directamente del volumen de producción y de los recursos económicos disponibles.

En cuanto al transporte, es fundamental mantener la cadena de frío. Los

camiones utilizados deben operar a una temperatura de -18°C , permitiéndose una tolerancia de hasta 3°C durante períodos breves. No obstante, la temperatura no debe superar los -15°C . Para asegurar estas condiciones, se recomienda preenfriar los vehículos antes de la carga, reducir al mínimo los tiempos de carga y descarga mediante el uso de palés, y realizar una descarga rápida al llegar al destino (British Frozen Food Federation, 2017).

Asimismo, el medio de transporte debe mantenerse en condiciones higiénicas óptimas: limpio, seco, libre de plagas y roedores, y sin residuos de cargas anteriores. Además, debe ser adecuado para el tipo de embalaje utilizado, con el fin de preservar la calidad e inocuidad del producto durante todo el trayecto.



Figura 17. Ejemplo de congelador de cabina.

7.3 EQUIPAMIENTO ESPECÍFICO PARA EL PROCESAMIENTO

Para el desarrollo de la masa de pizza congelada se empleó equipamiento diseñado tanto para aplicaciones a pequeña escala como para pruebas piloto, considerando criterios como la capacidad, eficiencia energética, compatibilidad con los ingredientes y facilidad de limpieza. A continuación, se describen las principales características de los equipos utilizados en cada etapa del proceso:

Cuadro IV. Características de los equipos utilizados para el desarrollo de la masa de pizza congelada.

ETAPA	EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
COCCIÓN DE LA MATERIA PRIMA	 ESTUFA DE GAS INDUSTRIAL	• Estufa industrial de alta presión con dos quemadores de 30 x 30 cm • Funcionamiento exclusivo con gas GLP (cilindro o botella) • Estructura robusta y resistente al uso continuo • Ideal para procesos de cocción intensiva o en lotes medianos
COCCIÓN DE LA MATERIA PRIMA	 COCINA ELÉCTRICA	• Voltaje de operación: 220V • Superficie de cocción con resistencia eléctrica • Apta para espacios donde no se permite el uso de gas • Uso recomendado en pruebas piloto o cocción controlada
COCCIÓN DE LA MATERIA PRIMA	 MARMITA	• Fuente de calor: funcionamiento mediante quemadores de gas o a través de vapor generado por caldera externa • Voltaje de operación: 220V (para sistemas de encendido, agitación o válvulas, si aplica) • Calentamiento indirecto (camisa de vapor) o directo (fuego directo en la base), según el modelo • Uso recomendado para cocción de alimentos en procesos industriales o semi-industriales • Permite cocción uniforme y controlada, ideal para productos líquidos o semilíquidos en grandes volúmenes

ETAPA	EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
MEZCLADO	 MEZCLADORA	• Voltaje: 120 V • Frecuencia: 60 Hz • Uso recomendado para volúmenes reducidos y condiciones de presupuesto limitado • Compacta y fácil de limpiar • Apta para mezclas homogéneas
ALMACENAMIENTO	 CÁMARA DE CONGELACIÓN	• Capacidad total: 1350 L • Capacidad por bandeja: 30 kg • Dimensiones externas: 1480 x 828 x 2050 mm • Espesor del aislamiento: 1.2 mm • Construcción en acero inoxidable, con dos puertas y seis repisas • Rango de temperatura: -18 °C a -22 °C • Potencia: 1074 W • Voltaje de operación: 220 V / 60 Hz • Ideal para almacenamiento prolongado y conservación de productos terminados o materia prima
SELLADO	 SELLADORA DE BOLSAS	• Voltaje de operación: 220V • Sistema de sellado térmico mediante resistencia eléctrica • Estructura de pie, apta para operación continua en entornos industriales • Uso recomendado en procesos de empaque controlado o pruebas piloto

7.4 TEMPERATURA Y TIEMPO DE PROCESAMIENTO

Para la cocción de la yuca, se recomienda una ebullición controlada durante aproximadamente 20 minutos, aunque este tiempo puede variar según la variedad utilizada y el tamaño de los trozos. Es importante asegurar una cocción uniforme que permita una textura adecuada para su posterior procesamiento. En cuanto al proceso de congelación de la masa de pizza, la duración dependerá del tipo de equipo utilizado, pudiendo oscilar desde algunos minutos hasta varias horas. Por esta razón, se sugiere realizar pruebas previas con el equipo disponible, a fin de definir los parámetros específicos que garanticen una congelación eficiente y segura del producto.

7.5 RECOMENDACIONES DE ALMACENAMIENTO PARA PRESERVAR LA VIDA ÚTIL

Para garantizar la inocuidad y calidad del producto, este debe mantenerse congelado a una temperatura constante de -18°C durante todo su almacenamiento. Esta condición debe respetarse a lo largo de toda la cadena de frío, incluyendo su distribución y exhibición en puntos de venta, donde también debe conservarse en estado congelado.

Cabe destacar que el producto no requiere descongelación previa antes de su cocción, ya que puede colocarse directamente en el horno desde el estado congelado, lo que facilita su preparación y contribuye a mantener su integridad microbiológica.

7.6 VIDA ÚTIL ESTIMADA DEL PRODUCTO

La vida útil de productos congelados como las masas para pizza puede variar considerablemente en función de diversos factores, tales como los ingredientes empleados, las condiciones de inocuidad durante el proceso de elaboración y el mantenimiento adecuado de la cadena de frío durante el transporte y almacenamiento.

En condiciones óptimas es decir, con una temperatura de congelación constante y sin interrupciones, se ha reportado que este tipo de productos puede conservarse hasta por 4 meses (Kasetsart, 2009). No obstante, en la práctica suelen presentarse fluctuaciones térmicas que pueden acelerar el deterioro del alimento, lo que limita la posibilidad de establecer una vida útil generalizada para todos los casos.

Por esta razón, se recomienda que cada empresa realice ensayos de vida útil bajo condiciones reales de almacenamiento, con el objetivo de evaluar el comportamiento del producto a lo largo del tiempo.

Dichas evaluaciones permiten identificar cambios en parámetros sensoriales como textura, olor, sabor o apariencia, los cuales son fundamentales para determinar una vida útil segura y comercialmente aceptable. Además, los resultados obtenidos pueden guiar ajustes en la formulación, como la incorporación de aditivos naturales o conservantes que contribuyan a prolongar la estabilidad del producto sin comprometer su calidad sensorial ni su inocuidad.

7.7 RECOMENDACIONES SOBRE MATERIALES DE EMPAQUE

Dado que este producto está principalmente orientado a la venta directa al consumidor final, se recomienda utilizar bolsas de polietileno de baja densidad (LDPE) como material de empaque. Para evitar que las masas de pizza se adhieran entre sí durante el almacenamiento, se sugiere colocar entre cada unidad hojas de papel encerado.

El LDPE presenta propiedades funcionales ideales para productos congelados: es flexible, resistente a temperaturas de hasta -50 °C, termosellable, y actúa como una barrera eficaz contra la humedad. Además, no transfiere olores ni sabores indeseables, y su transparencia y bajo costo lo convierten en una de las opciones más utilizadas en la industria alimentaria (Molgroup, 2024; Da-Wen, 2006).

Aunque la recomendación base se enfoca en el canal minorista, este tipo de empaque también puede ser adecuado para esquemas business to business (B2B), ya que permite una manipulación sencilla, facilita el almacenamiento en cámaras de congelación y mantiene las condiciones de inocuidad requeridas. En todo caso, la selección del material de empaque debe adaptarse a las características del mercado objetivo, considerando tanto los requerimientos logísticos como las expectativas del cliente final o institucional.



Figura 18. Bolsas de polietileno de baja densidad (LDPE) como material de empaque recomendado.

7.8 LÍMITE DE PESO DEL PRODUCTO

No existe un límite de peso específico establecido para este tipo de producto. En el mercado nacional, se pueden encontrar presentaciones que varían entre 80 g y 350 g por unidad, generalmente empacadas en paquetes que incluyen de 2 a 5 masas de pizza congeladas, según el peso individual. No obstante, la presentación final puede ajustarse según las necesidades y preferencias del cliente.

8. GESTIÓN DE LA CALIDAD DURANTE EL PROCESAMIENTO

La gestión de la calidad en el procesamiento de la masa de pizza congelada es fundamental para garantizar que el producto final cumpla con las expectativas del consumidor, tanto en términos de calidad sensorial como de seguridad alimentaria. Para asegurar el cumplimiento de estos requisitos, es esencial llevar a cabo inspecciones rigurosas del producto terminado, así como evaluar los parámetros de calidad previamente establecidos para este tipo de alimento.

Además, se deben aplicar adecuadamente las normas de muestreo, lo cual permite verificar de forma representativa si el lote cumple con los estándares definidos. La correcta implementación de estas acciones contribuye a mantener la uniformidad de los productos, seguridad y aceptación del producto en el mercado.

A continuación, se detalla la información relacionada con estos aspectos clave del proceso.

8.1 INSPECCIÓN DEL PRODUCTO FINAL

Durante esta etapa, se recomienda verificar los siguientes aspectos:

- **Diámetro y forma:** Confirmar que el diámetro y el grosor de la base de pizza se ajusten a las especificaciones establecidas.
- **Peso unitario:** Comprobar el peso individual de las unidades para asegurar uniformidad dentro del lote.
- **Color y apariencia superficial:** Observar que la masa tenga una coloración homogénea, sin manchas, burbujas o defectos visibles.
- **Integridad del empaque:** Revisar que el empaque esté sellado correctamente y libre de daños.
- **Temperatura del producto congelado:** Comprobar que se mantenga a -18°C o menos para asegurar su estabilidad microbiológica.
- **Etiquetado:** Asegurar que la etiqueta contenga toda la información obligatoria y específica para su uso y conservación, incluyendo las instrucciones de horneado.

Estas inspecciones deben realizarse conforme a un plan de control de calidad documentado, con registros que respalden las acciones correctivas en caso de desviaciones.

8.2 PARÁMETROS DE CALIDAD

En cuanto a los parámetros de calidad, es fundamental evaluar las principales características sensoriales del producto final una vez elaborada la masa de pizza a base de yuca. A continuación, se presenta un resumen de dichas características, las cuales permiten valorar su aceptación y adecuación para el consumo.

Cuadro V. Perfil sensorial descriptivo de la masa de pizza congelada a base de yuca.

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
SABOR	• Suave, con un ligero matiz característico de yuca.
COLOR	• Blanco homogéneo
OLOR	• Neutro, con ligeras notas características de productos fermentados, similar al de una masa de pizza tradicional.
TEXTURA	• En estado congelado: firme y compacta • Después del horneado: blanda, suave y fácilmente moldeable

Otro aspecto clave dentro de los parámetros de calidad es la estimación de la composición nutricional teórica de la masa de pizza congelada a base de yuca. Este cálculo se realizó con base en la formulación desarrollada y utilizando valores de referencia provenientes de fuentes confiables, como la Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), así como la información nutricional declarada en el etiquetado de las materias primas utilizadas.

Es importante señalar que estos datos son aproximados y tienen un carácter referencial. Para determinar con precisión el perfil nutricional del producto final, se requiere la ejecución de análisis químicos en laboratorio, empleando metodologías analíticas validadas.

Cuadro VI. Composición nutricional estimada de la masa de pizza congelada (por 100 g de producto).

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
ENERGÍA (Kcal)	193,8
PROTEÍNA (g)	2,4
GRASA TOTAL (g)	4,4
CARBOHIDRATOS TOTALES (g)	40,7
FIBRA (g)	4,9
CENIZA (g)	1,3
CALCIO (mg)	12,9

*Los valores de referencia utilizados para el cálculo provienen de la Tabla de Composición de Alimentos para Centroamérica del INCAP (2007).

8.3 NORMAS DE MUESTREO Y ANÁLISIS PARA VERIFICAR EL CUMPLIMIENTO DE LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD

Para asegurar que la masa de pizza congelada a base de yuca cumpla con los estándares de calidad establecidos, es esencial implementar un plan de muestreo estructurado y aplicar análisis periódicos de verificación. Estos procedimientos permiten garantizar la uniformidad del producto y detectar posibles desviaciones a tiempo. A continuación, se describen los principales elementos a considerar:

- 1. Normas de muestreo:** Definen la cantidad de unidades que deben analizarse, la frecuencia de muestreo y el método de selección de muestras representativas. Se recomienda realizar muestreos aleatorios en diferentes puntos del proceso (postmezclado, postformado y postcongelación), de acuerdo con el tamaño del lote.
- 2. Análisis fisicoquímicos y sensoriales:** Se deben realizar análisis que confirmen el cumplimiento de los parámetros definidos en el manual técnico del producto. Estos pueden incluir mediciones de humedad, acidez, contenido de grasa, y pruebas sensoriales (color, sabor, textura y olor). La frecuencia de los análisis puede definirse por lote, semanal, mensual o trimestral, según la estrategia de aseguramiento de calidad. Se recomienda dar especial atención a muestras postcongelación, ya que esta etapa es crítica para evaluar la estabilidad y funcionalidad del producto.

9. GESTIÓN DE LA INOCUIDAD DURANTE EL PROCESAMIENTO

La gestión de la inocuidad en el procesamiento de la masa de pizza congelada requiere un enfoque integral, que incluya el análisis de peligros, la identificación de etapas de proceso críticas y control de los Puntos Críticos de Control (PCC), y la verificación mediante análisis microbiológicos de las materias primas y del producto final. A continuación, se detallan los aspectos clave que deben considerarse para garantizar la inocuidad del producto elaborado.

9.1 ANÁLISIS DE PELIGROS ASOCIADOS AL PROCESAMIENTO

Durante la elaboración de la masa de pizza congelada a base de yuca fresca pueden presentarse diversos peligros que comprometen la inocuidad del producto. Estos se clasifican en tres categorías principales: físicos, químicos y biológicos. Es fundamental identificarlos y gestionarlos adecuadamente en cada etapa del proceso.

Cuadro VII. Peligros físicos, químicos y biológicos asociados al procesamiento de masa de pizza congelada a base de yuca.

PELIGRO	DESCRIPCIÓN
FÍSICO	Materiales extraños que pueden ocasionar daño físico al consumidor si no se eliminan oportunamente. Incluyen: - Fragmentos de vidrio, metal o plástico proveniente de utensilios o maquinaria utilizados para la elaboración del producto. - Piedras presentes en la yuca debido a una limpieza deficiente. - Residuos sólidos adheridos a la yuca por una limpieza deficiente, y astillas de madera u otros materiales del entorno de procesamiento.
QUÍMICO	Sustancias que pueden resultar tóxicas o generar efectos adversos para la salud, como residuos de plaguicidas en la yuca fresca si no se realiza un adecuado lavado. Contaminación cruzada con productos químicos de limpieza o desinfección mal enjuagados.
BIOLÓGICO	- Microorganismos patógenos que representan el mayor riesgo para la salud del consumidor. Pueden proliferar si no se aplican controles adecuados de higiene y procesamiento. Los más relevantes son: <i>Escherichia coli</i>, <i>Staphylococcus aureus</i>, <i>Salmonella</i> ssp y <i>Listeria monocytogenes</i> pueden estar presentes debido a contaminación durante el cultivo, el transporte, el lavado con agua no potable o por prácticas de manipulación cruzada durante el procesamiento.

9.2 CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS

El Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.50:08 establece los criterios microbiológicos que deben cumplir los productos alimenticios para garantizar su inocuidad. Esta normativa define los límites aceptables para la presencia de microorganismos patógenos en productos tanto frescos como procesados, y se aplica durante el registro, la vigilancia y la comercialización de los alimentos.

En el caso de la masa de pizza congelada, aunque no se contempla una categoría específica para este tipo de producto, puede clasificarse dentro del Grupo 7, correspondiente a pan y productos de panificación y pastelería, y más específicamente en el subgrupo 7.1, que abarca pan, productos de panificación ordinarios y mezclas en polvo, tanto en su forma fresca como congelada.

A continuación, se detallan los parámetros microbiológicos aplicables a este tipo de producto, según lo estipulado en la normativa:

Cuadro VIII. Parámetros microbiológicos aplicables a la masa de pizza congelada según RTCA 67.04.50:08.

PRODUCTO	PARÁMETRO MICROBIOLÓGICO	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO
MASA DE PIZZA CONGELADA A BASE DE YUCA	<i>Escherichia coli</i>	< 3 NMP/g

Este parámetro es obligatorio y debe cumplirse estrictamente para asegurar la inocuidad del producto durante su comercialización y consumo.

9.3 IDENTIFICACIÓN DE ETAPAS Y PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL (PCC)

Un Punto Crítico de Control (PCC) es una etapa del proceso en la que se debe aplicar una medida de control esencial para prevenir, eliminar o reducir a niveles aceptables un peligro que pueda comprometer la inocuidad del alimento.

La identificación de los PCC depende de las condiciones específicas del proceso de cada empresa, por lo que debe realizarse un Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) con base en los ingredientes, el flujo del

proceso, el tipo de producto y su forma de consumo.

En el caso de la elaboración de masa de pizza congelada a base de yuca, se identifican varias medidas de control para la eliminación o reducción de peligros para la inocuidad, algunas de las cuales podrían calificarse como PCC según el contexto específico de operación. A continuación, se describen estas etapas:

- 1. Desinfección de la materia prima:** Esta etapa tiene como objetivo reducir la carga microbiana superficial presente en la yuca fresca. Si la desinfección no se realiza adecuadamente, existe el riesgo de que microorganismos patógenos permanezcan en la superficie y se introduzcan al interior del tubérculo durante el pelado. Si no se eliminan en etapas posteriores, estos patógenos podrían comprometer la inocuidad del producto final (OPS, 2019). Aunque es una etapa crítica, su clasificación como PCC depende del diseño general del proceso, por lo que en algunos casos puede no considerarse como tal.
- 2. Cocción de la materia prima (PCC):** La cocción a temperatura de ebullición ($\geq 90\text{ }^{\circ}\text{C}$) durante al menos 20 minutos permite eliminar eficazmente los posibles patógenos presentes en la yuca. Esta etapa actúa como una barrera térmica clave para reducir la carga microbiológica a niveles seguros.
- 3. Congelación y mantenimiento de la cadena de frío:** En este caso, la masa de pizza se comercializa cruda y congelada, por lo que la cocción final está a cargo del consumidor. Por esta razón, la congelación no cumple con los criterios para considerarse un PCC, ya que no elimina los peligros microbiológicos, sino que solo limita su proliferación. Aun así, se trata de una etapa crítica del proceso, ya que la ruptura de la cadena de frío podría comprometer la inocuidad y calidad del producto. Es esencial implementar controles estrictos que aseguren el mantenimiento de temperaturas iguales o inferiores a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ desde el empaque hasta la distribución y almacenamiento.
- 4. Cocción de la masa de pizza:** La cocción del producto antes de su consumo no forma parte del proceso industrial, por lo que no se clasifica como un Punto Crítico de Control (PCC) al estar fuera del control directo del fabricante. No obstante, constituye una etapa crítica desde el punto de vista de la inocuidad, ya que una cocción inadecuada podría permitir la supervivencia de microorganismos patógenos. Por ello, el etiquetado debe incluir instrucciones claras de cocción, indicando tanto el tiempo mínimo de horneado como la temperatura interna recomendada para un consumo seguro. Se sugiere especificar que el producto debe ser horneado durante al menos 25 minutos y hasta alcanzar una temperatura interna mínima de $74\text{ }^{\circ}\text{C}$, medida en el centro de la masa, para garantizar la eliminación de posibles patógenos.

10. ASPECTOS ECONÓMICOS DEL PROCESO PRODUCTIVO

A continuación, se abordan aspectos relacionados al rendimiento y a los costos asociados al proceso de producción de la masa de pizza congelada.

10.1 RENDIMIENTO DEL PRODUCTO FINAL

El rendimiento de la yuca fresca utilizada como materia prima en la elaboración de la masa de pizza congelada se evaluó a lo largo de las principales etapas del proceso: selección, pelado y obtención del producto final útil. Este análisis permite estimar la eficiencia del aprovechamiento del tubérculo y cuantificar las pérdidas generadas en cada fase.

Durante la etapa de selección, se descartaron raíces que no cumplieran con los criterios de calidad establecidos, como daño físico, presencia de moho o signos de deterioro. Posteriormente, en el proceso de pelado, se retiró la cáscara externa, obteniendo la pulpa limpia como base para la formulación.

El cuadro X muestra los rendimientos parciales y el rendimiento total, calculado como el porcentaje de pulpa útil respecto al peso inicial de la yuca fresca.

Cuadro IX. Rendimientos de selección, pelado y rendimiento total a partir de yuca fresca como materia prima.

ETAPA DEL PROCESO	RENDIMIENTO (%)
SELECCIÓN	69,0
PELADO	64,0
RENDIMIENTO TOTAL	44,2

Estos resultados reflejan un aprovechamiento eficiente de la yuca, considerando su naturaleza altamente fibrosa y la necesidad de descartar material no apto para el consumo. El rendimiento total del 44,2 % indica que, por cada kilogramo de yuca fresca procesada, se obtiene aproximadamente 442 gramos de pulpa lista para ser utilizada en la elaboración del producto final.

10.2 COSTOS ASOCIADOS AL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN

Para la elaboración de aproximadamente 450 g de masa para pan pizza de yuca (equivalente a una bolsa con 5 unidades), se estima un tiempo de operación de 2 horas. Con base en este proceso, se ha establecido un cálculo estándar de costos de producción, el cual contempla los rubros principales: mano de obra, consumo energético, materia prima y material de empaque.

A continuación, se detallan las variables consideradas para este análisis:

- a) Unidad comercial:** 1 bolsa con 5 unidades de pan pizza (450 g).
- b) Rendimiento de yuca fresca:** 44.2%. Por lo tanto, se requieren aproximadamente 562 g de yuca fresca por bolsa.
- c) Jornada laboral:** 8 h/día.
- d) Salario por hora:** ₡1 529,62 por operario. Se considera la participación de dos operarios de ocupación no calificada durante toda la jornada laboral. De acuerdo con el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (2025), a este monto se debe sumar un 42,16% correspondiente a cargas sociales.
- e) Tarifa eléctrica punta:** Se utiliza la tarifa de media tensión tipo T-MTb, correspondiente a industrias con alto consumo energético. Para este análisis se emplea el costo del período punta (de 10:00 a.m. a 12:30 p.m.), con un valor de ₡110,90/kWh, según datos de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz S.A. (2025).
- f) Meta mínima viable para una pequeña empresa:** Se plantea una producción diaria de al menos 30 bolsas, como objetivo básico para una pequeña empresa.

Seguidamente, se presenta un cuadro que resume la estructura de costos y el precio estimado por unidad del prototipo mínimo viable, considerando una presentación de 450 g:

Cuadro X. Estructura de costos y precio estimado por unidad del prototipo mínimo viable de la masa de pizza congelada a base de yuca (presentación de 450 g).

TIPO DE COSTO	COSTO ASOCIADO	COSTO UNITARIO (₡)
COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCIÓN - MATERIAS PRIMAS	Yuca fresca	281.00
	Harina de arroz	161.00
	Aceite de soya	60.00
	Almidón de yuca	61.00
	Psyllium	397.00
	Levadura	55.00
	Goma xantán	120.00
	Sal	9.00
	Subtotal materias primas	₡706.20

TIPO DE COSTO	COSTO ASOCIADO	COSTO UNITARIO (¢)
COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCIÓN - MANO DE OBRA	Incluye las operaciones unitarias Cargas sociales (42,16%) Subtotal mano de obra	815.8 344.0 ¢1160.0
COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCIÓN - CONSUMO ENERGÉTICO	Cocina eléctrica Cámara de congelación Mezcladora Subtotal consumo energético	22.2 32.0 4.0 ¢58.2
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN POR UNIDAD DE PROTOTIPO MÍNIMO VIABLE TERMINADO (PRESENTACIÓN DE 450g)		¢1924.1
PRECIO DE VENTA SUGERIDO (PRESENTACIÓN DE 450g)		¢2886

El análisis de costos para la elaboración de una bolsa de 450 g de masa de pizza congelada a base de yuca (equivalente a 5 unidades) arroja un costo total de producción de ¢1924.1. Esta cifra contempla los principales rubros involucrados en el proceso: materias primas, mano de obra directa y consumo energético.

Este modelo productivo está diseñado bajo una meta mínima viable de 30 bolsas diarias, lo que resulta adecuado para una micro o pequeña empresa. No obstante, se identifican oportunidades de mejora a nivel operativo, como la automatización parcial de procesos (lavado y mezclado) o la incorporación de equipos adicionales (p. ej., cocinas duplicadas) que permitan aumentar la producción sin incrementar proporcionalmente los costos de mano de obra.

Aunque el proceso es técnicamente factible, la viabilidad económica dependerá del precio de venta final, la escala de producción alcanzada y la eficiencia con la que se gestionen los recursos. En este sentido, establecer un precio de venta competitivo que asegure una rentabilidad sostenible será clave para el éxito del producto en el mercado.

11. CONCLUSIONES

La elaboración de una masa de pizza congelada a base de yuca fresca ha demostrado ser una alternativa técnicamente viable y funcional, al aprovechar las propiedades naturales del tubérculo como su capacidad de retención de agua y ausencia de gluten para responder a las necesidades de consumidores con enfermedad celíaca o sensibilidad al gluten. La formulación desarrollada, compuesta mayoritariamente por yuca cocida (79,58 %) e incorporando harina de arroz, almidón de yuca y aditivos como goma xantan, permitió superar los desafíos tecnológicos asociados a la ausencia de gluten, logrando una masa con textura, elasticidad y comportamiento similares a los productos tradicionales.

Además, el uso de yuca fresca reduce costos de procesamiento y representa una oportunidad para que pequeños productores agreguen valor a su cosecha sin requerir inversiones industriales complejas. En conjunto, este producto se alinea con las tendencias actuales del mercado costarricense, ofreciendo una alternativa innovadora, libre de gluten, sostenible y de origen local, con alto potencial competitivo en el sector agroalimentario.

12. RECOMENDACIONES

- **Validar la escalabilidad del prototipo:** Ajustar parámetros de proceso y equipos industriales (amasadoras, hornos) para garantizar que la calidad del producto se mantenga en producciones mayores.
- **Confirmar el perfil nutricional:** Realizar análisis bromatológicos completos en laboratorio para validar el contenido real de fibra, carbohidratos, micronutrientes, entre otros.
- **Implementar un sistema HACCP:** Enfocar el plan en puntos críticos de control como la cocción de la materia prima, e incluir análisis microbiológicos periódicos (ej. E. coli < 3 NMP/g; Salmonella spp. - Ausencia/25 g).
- **Capacitar al personal:** Formar al equipo en Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y en el manejo de alérgenos para prevenir contaminación cruzada con gluten.
- **Etiquetado estratégico del producto:** Si se cumplen los requisitos del plan de gestión de alérgenos y del RTCA 67.01.07:10, declarar en la etiqueta: “Libre de gluten” y “Elaborado con yuca fresca costarricense”
- **Evaluar aceptación en mercado:** Realizar pruebas piloto en puntos de venta para estudiar la aceptación sensorial y ajustar el producto según retroalimentación de consumidores reales.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilar, E., Segreda, A., Saborío, D., Morales, J., Chacón, M., Rodríguez, L., Acuña, P., Torres, S. & Gómez, Y. (2016). Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), Programa Regional de Investigación e Innovación por Cadenas de Valor Agrícola (UE/IICA). Recuperado de: <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f01-10918.pdf>
2. Alves de Oliveira, L., da Silva Motta, J., Lopes de Jesus, J., Cerqueira Sasaki, F. & de Souza Viana, E. (2020). Processing of sweet and bitter cassava. Embrapa. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1129776/1/CARTILHA-AIPIM-INGLES-online-AINFO.pdf>
3. Apuy, E. (2023). Prospección del mercado de harinas alternativas en Estados Unidos. Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica (PROCOMER). <https://sistemas.procomer.go.cr/DocsSEM/86142327-87D1-4114-8BB8-65EC242372A6.pdf>
4. Belorio, M., Marcondes, G., & Gómez, M. (2020). Influence of psyllium versus xanthan gum in starch properties. Food Hydrocolloids, 105, 105843. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105843>
5. British Frozen Food Federation. (2017). Guide to the storage of & handling of frozen foods. <https://bfff.co.uk/wp-content/uploads/2013/06/2017-Gold-Book.pdf>
6. Culetu, A., Duta, D. E., Papageorgiou, M., & Varzakas, T. (2021). The Role of Hydrocolloids in Gluten-Free Bread and Pasta; Rheology, Characteristics, Staling and Glycemic Index. Foods, 10(12), 3121. <https://doi.org/10.3390/foods10123121>
7. Da-Wen, S. (2006). Handbook of frozen food packaging and processing. CRC Press. <https://sciencedirect.proxyucr.elogim.com/science/article/pii/S0924224412001434>
8. de Souza Viana, E., Alves de Oliveira, L & da Silva, J. (2010). Minimal processing of cassava. https://cassava-ipci.nri.org/images/documents/Minimal_Processing_of_cassava_ENG.pdf
9. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. (INCAP). (2007). Tablas de composición de alimentos para Centroamérica. <https://www.sennutricion.org/media/tablas/INCAP.pdf>
10. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). 2024. Anuario Estadístico 2022-2023 Compendio de Estadísticas Nacionales. https://admin.inec.cr/sites/default/files/2024-10/reanuario2022-2023_0.pdf
11. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. (2017). Manual del cultivo de yuca (Manihot esculenta Crantz). Aguilar Brenes. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f01-10918.pdf>
12. Kasetsart, J. (2009). Shelf life determination of frozen bread dough stored under fluctuation temperature conditions. Nat.si. 43(187). https://www.researchgate.net/publication/215767481_Shelf_life_determination_of_frozen_bread_dough_stored_under_fluctuating_temperature_conditions#:~:text=The%20shelf%20life%20of%20frozen%20dough%20stored%20under%20large%20temperature,was%20greater%20than%2016%20weeks.
13. Molgroup. (2024). Low density polyethylene. https://molgroupchemicals.com/userfiles/catalog/lpe/LDPE_2024-EN.pdf

14. Morgan, N. K., & Choct, M. (2016). Cassava: Nutrient composition and nutritive value in poultry diets. *Animal Nutrition*, 2(4), 253-261. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2016.08.010>
15. Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2019). Análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP). <https://www3.paho.org/hq/dmdocuments/2017/food-safety-hacpp-cha-analisis-peligros-puntos-criticos-control.pdf>
16. Raymundo, A., Fradinho, P., & Nunes, M. C. (2014). Effect of Psyllium fibre content on the textural and rheological characteristics of biscuit and biscuit dough. *Bioactive Carbohydrates And Dietary Fibre*, 3(2), 96-105. <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2014.03.001>
17. Segura, A. (2024). Conozca los síntomas más comunes de la celiaquía. *Crhoy.com Periodico Digital*. <https://crhoy.com/conozca-los-sintomas-mas-comunes-de-la-celiaquia/>
18. Shafiur Rahman, M. (2007). Handbook of food preservation. Taylor & Francis. <https://www.proquest.com/docview/200189745/fulltext/861216BBE0E041BAPQ/1?accountid=28692&sourcetype=Magazines>