

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA
DE ALIMENTOS



**“ELABORACIÓN DE BIZCOCHOS CON ADICIÓN DE YUCA
(*Manihot sculenta*) COCIDA FERMENTADA (*Masato*)”**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

MARIÑAS PÉREZ, Elías Raúl

TINGO MARÍA - PERU

2014



**T
IND**

MARIÑAS PÉREZ, ELIAS RAUL

Elaboración de Bizcochos con Adición de Yuca (*Manihot sculenta*) cocida fermentada (Masato)

94 páginas.; 26 cuadros; 31 figuras.; 37 ref.; 30 cm

Tesis (Ingeniero en Industrias Alimentarias) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

**1- BIZCOCHO 2- YUCA COCIDA FERMENTADA 3- SUCEDANEO
4- FORMULACIÓN 5- OPTIMIZACIÓN 6- SUPERFICIE DE RESPUESTA**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Av. Universitaria s/n. Teléfono (062) 561385 – Fax (062) 561156
Apart. Postal 156 Tingo María E.mail; fia@unas.edu.pe

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 005-2014

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 19 de junio de 2014, a horas 6:00 p.m. en la Sala de Audiovisuales de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, para calificar la tesis presentado por el Bach. **MARIÑAS PEREZ, Elías Raúl**, titulada:

“ELABORACION DE BISCOCHOS CON ADICION DE YUCA (*Manihot sculenta*) COCIDA FERMENTADA (Masato)”

*Después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADO** con el calificativo de **BUENO**; en consecuencia el Bachiller, queda apto para recibir el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias** del Consejo Universitario, de conformidad con el Art. 22° de la Ley Universitaria 23733; los artículos 51° y 52° del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.*

Tingo María, 27 de junio de 2014

.....
Ing. José Blas Matienzo
Presidente

.....
Ing. Alipio Ortega Rodríguez
Miembro

.....
Ing. Jaime Basilio Atencio
Miembro

.....
Ing. Alfredo Carmona Ruiz
Asesor

DEDICATORIA

A mis padres, por ser las personas que toda mi vida me han sabido guiar por el buen camino y me han dado todo su amor y su apoyo sin pedirme nada a cambio y ser mis mejores maestros, por sus fuerzas y haber luchado hasta hacer lo imposible por darme lo mejor en todo, a ustedes agradezco padres por darme el orgullo de decir que tengo a los mejores padres del mundo.

A todas las personas que han permitido desarrollar mis conocimientos y con quienes he podido aprender y crecer.

A mi familia y seres queridos por siempre darme el apoyo, motivarme e impulsarme a terminar mi carrera, por ser esas personas incondicionales que uno necesita para seguir adelante.

Y a Kelly; mi amor; a quien le debo mucho y sobre todo, el poder terminar mi carrera porque siempre me estuviste ayudando en todo, porque nunca dudaste en retarme cuando lo necesite por eso gracias a ti estoy terminando esta etapa de mi vida, gracias mi amor.

AGRADECIMIENTO

Una eterna gratitud a **DIOS**, por la vida, la salud y el amor que todos los días me ha brindado, por ser la senda de mi camino y porque me ha dado la fuerza para no desistir.

A mi familia, gracias por estar conmigo todos los días y por ser mi apoyo en todo momento.

A la Universidad de Nacional Agraria de la Selva por proporcionarme una formación de calidad e inculcarme la doctrina del servicio a la sociedad, especialmente a los profesores de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias quienes me supieron inculcar toda su sabiduría, para así poder afrontar con dedicación y esfuerzo en todo lo que me proponga.

Un extenso reconocimiento a mi asesor de tesis el Ing. Alfredo Carmona Ruiz, por su esfuerzo, su apoyo, su dedicación, por tenerme paciencia y aguantarme, porque no solo fue mi maestro si no también mi amigo.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	01
I. INTRODUCCIÓN	04
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	06
2.1. Industrialización de yuca	08
2.1.1. Aspectos generales de la yuca	08
2.1.2. Descripción de productos derivados de yuca	08
2.2. Proceso de panificación	10
2.2.1. Caracterización de la harina	11
2.2.2. Propiedades físicas del pan	15
2.3. Elaboración de bizcochos	16
III. MATERIALES Y METODOS	18
3.1. Lugar de ejecución	20
3.2. Materia prima e insumos	20
3.2.1. Materia Prima	20
3.2.2. Insumos	20
3.3. Materiales	20
3.3.1. Materiales de Laboratorio	21
3.3.2. Materiales y equipos de procesamiento	21
3.3.3. Reactivos y soluciones	22
3.4. Método de análisis	22
3.4.1. Caracterización del masato	22

3.4.2. Pruebas preliminares	23
3.4.3. Análisis de la masa panaria y del pan	24
3.5. Metodología experimental	25
3.5.1. Elaboración y caracterización de la yuca sancochada fermentada	34
3.5.2. Pruebas preliminares	34
3.5.2.1. Masa	34
3.5.2.2. Elaboración del bizcocho	34
3.5.3. Pruebas definitivas	35
3.5.4. Caracterización del producto final	40
3.6. Diseño experimental	40
3.6.1. Caracterización de la materia prima	40
3.6.2. Pruebas preliminares	40
3.7. Análisis estadístico	40
3.7.1. Para las pruebas preliminares	43
3.7.2. Para la aceptabilidad	43
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1. Obtención y caracterización de la yuca cocida fermentada	46
4.1.1. Descripción del proceso	46
4.1.2. Caracterización de la masa de yuca cocida fermentada	46
4.2. Pruebas preliminares	40
4.2.1. Para la formulación	50
4.2.1.1. Para el sabor	50
4.2.1.2. Para el olor	50

4.2.1.3.	Para el color	52
4.2.1.4.	Para la textura	55
4.2.2.	Para el tiempo de fermentación y temperatura por tiempo de horneado	56
4.2.2.1.	Determinación del peso en el bizcocho	58
4.2.2.2.	Determinación del volumen en el bizcocho	58
4.2.2.3.	Determinación del peso específico en el bizcocho	60
4.2.2.4.	Análisis organoléptico	62
4.3.	Pruebas definitivas	65
4.3.1.	Diagrama de flujo definitivo	77
4.3.1.1.	Harina de trigo	77
4.3.1.2.	Pesado 1	79
4.3.1.3.	Mezclado 1	79
4.3.1.4.	Mezclado 2	79
4.3.1.5.	Amasado	79
4.3.1.6.	Reposado y primer fermentado	79
4.3.1.7.	Corte y moldeado	80
4.3.1.8.	Pesado 2	80
4.3.1.9.	Reposado	80
4.3.1.10.	Segundo fermentado	80
4.3.1.11.	Horneado	80
4.3.1.12.	Enfriado	81
4.3.2.	Balance de materia y rendimientos	81
4.3.2.1.	Para la yuca cocida sancochada fermentada	81

4.3.2.2. Para el bizcocho	82
4.4. Caracterización fisicoquímica y microbiológica del bizcocho	83
V. CONCLUSIONES	85
VI. RECOMENDACIONES	87
VII. ABSTRACT	88
VIII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	90
ANEXOS	94

ÍNDICE DE CUADROS

	Páginas
Cuadro 1. Alimentos en los que se puede utilizar la harina de yuca.	11
Cuadro 2: Cantidad requerida de ingredientes para elaborar el biscocho.	
Cuadro 3. Análisis fisicoquímico y microbiológico de masa de yuca cocida y fermentada.	35
Cuadro 4. Optimización de la respuesta maximizando el sabor.	49
Cuadro 5. Optimización de la respuesta maximizando el olor.	51
Cuadro 6. Optimización de la respuesta maximizando el color.	53
Cuadro 7. Optimización de la respuesta maximizando la textura.	55
Cuadro 8. Promedio de pesos en los bizcocho.	57
Cuadro 9. Pruebas de múltiple rangos Tukey HSD para Peso por Tiempo de Fermentación y temperatura y tiempo de horneado.	59
Cuadro 10. Promedio de Volúmenes en los bizcochos.	59
Cuadro 11. Pruebas de múltiple rangos Tukey HSD para Volumen por Tiempo de Fermentación y temperatura y tiempo de horneado.	61
Cuadro 12. Promedio del peso específico en el bizcocho.	61
Cuadro 13. Pruebas de múltiple rangos Tukey HSD para peso específico por Tiempo de Fermentación y temperatura y tiempo de horneado.	63
Cuadro 14. Promedio de la apreciación del color del bizcocho elaborado.	64
Cuadro 15. Pruebas de múltiple rangos Tukey HSD para el color en función al tiempo de Fermentación y temperatura y tiempo de horneado.	65
Cuadro 16. Promedio de la apreciación del aroma del bizcocho	66

elaborado.

Cuadro 17. Pruebas de múltiple rangos Tukey HSD para el aroma en función al tiempo de Fermentación y temperatura y tiempo de horneado.	68
Cuadro 18. Promedio de la apreciación del sabor del bizcocho elaborado.	69
Cuadro 19. Pruebas de múltiple rangos Tukey HSD para el sabor en función al tiempo de Fermentación y temperatura y tiempo de horneado.	70
Cuadro 20. Promedio de la apreciación de la corteza del bizcocho elaborado.	71
Cuadro 21. Pruebas de múltiple rangos Tukey HSD para la corteza en función al tiempo de Fermentación y temperatura y tiempo de horneado.	73
Cuadro 22. Promedio de la apreciación de la miga del bizcocho elaborado.	74
Cuadro 23. Pruebas de múltiple rangos Tukey HSD para la miga en función al tiempo de Fermentación y temperatura y tiempo de horneado.	75
Cuadro 24. Balance de materia del proceso de elaboración de yuca cocida fermentada.	76
Cuadro 25. Balance de materia del proceso de elaboración de bizcocho con yuca cocida fermentada.	83
Cuadro 26. Análisis físico-químico y microbiológico en el bizcocho final.	85
Anexo 1. Formato para la prueba hedónica	86
Anexo 2. Prueba Hedónica de 9 puntos.	95
Anexo 3. Análisis del sabor para la formulación del biscocho.	96
Anexo 4. Análisis del olor para la formulación del biscocho.	97
Anexo 5. Análisis del color para la formulación del biscocho.	98

Anexo 6. Análisis de la textura para la formulación del biscocho.	99
Anexo 7. ANVA del sabor del bizcocho con yuca cocida fermentada.	100
Anexo 8. ANVA del olor del bizcocho con yuca cocida fermentada.	101
Anexo 9. ANVA del color del bizcocho con yuca cocida fermentada.	101
Anexo 10. ANVA de la textura del bizcocho con yuca cocida fermentada.	102
Anexo 11. Análisis de varianza del peso de los bizcochos.	102
Anexo 12. Análisis de varianza del volumen de los bizcochos.	103
Anexo 13. Análisis de varianza del peso específico de los bizcochos.	103
Anexo 14. Análisis de varianza del color de los bizcochos.	103
Anexo 15. Análisis de varianza del aroma de los bizcochos.	104
Anexo 16. Análisis de varianza del sabor de los bizcochos.	104
Anexo 17. Análisis de varianza de la corteza de los bizcochos.	104
	105

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Placa petrifilm.	32
Figura 2. Placa petrifilm.	32
Figura 3. Placa petrifilm.	32
Figura 4. Placa petrifilm.	32
Figura 5. Diagrama de flujo tentativo para la elaboración del bizcocho con yuca cocida fermentada.	38
Figura 6. Diseño experimental para optimizar la formulación del bizcocho con sustitución parcial de harina de trigo y levadura con yuca cocida fermentada.	41
Figura 7. Diseño experimental para optimizar los parámetros de amasado fermentado y horneado, del bizcocho con sustitución parcial de harina de trigo y levadura con yuca cocida fermentada.	42
Figura 8. Diagrama de flujo para obtener masa de yuca cocida fermentada.	48
Figura 9. Efectos principales de la masa de yuca fermentada y de la levadura en el sabor del bizcocho.	51
Figura 10. Superficie de respuesta estimada para el sabor de bizcocho en función del masato y de la levadura.	52
Figura 11. Contornos de la superficie de respuesta estimada del sabor del bizcocho en función del masato y de la levadura	52
Figura 12. Efectos principales de la masa de yuca fermentada y de la	

levadura en el olor del bizcocho.	53
Figura 13. Superficie de respuesta estimada para el olor de bizcocho en función del masato y de la levadura.	54
Figura 14. Contornos de la superficie de respuesta estimada del olor del bizcocho en función del masato y de la levadura.	54
Figura 15. Efectos principales de la masa de yuca fermentada y de la levadura en el color del bizcocho.	55
Figura 16. Superficie de respuesta estimada para el color de bizcocho en función del masato y de la levadura.	56
Figura 17. Contornos de la superficie de respuesta estimada del color del bizcocho en función del masato y de la levadura.	56
Figura 18. Efectos principales de la masa de yuca fermentada y de la levadura en la textura del bizcocho.	57
Figura 19. Superficie de respuesta estimada para la textura de bizcocho en función del masato y de la levadura.	57
Figura 20. Contornos de la superficie de respuesta estimada de la textura del bizcocho en función del masato y de la levadura.	58
Figura 21. Medias según Tukey HSD para el peso según tiempo de fermentación y temperatura y tiempo de horneado.	60
Figura 22. Medias según Tukey HSD para el volumen según tiempo de fermentación y temperatura y tiempo de horneado.	62
Figura 23. Medias según Tukey HSD para el peso específico según tiempo de fermentación y temperatura y tiempo de horneado.	64
Figura 24. Medias según Tukey HSD para el color según tiempo de	

fermentación y temperatura y tiempo de horneado.	67
Figura 25. Medias según Tukey HSD para el aroma según tiempo de fermentación y temperatura y tiempo de horneado.	69
Figura 26. Medias según Tukey HSD para el sabor según tiempo de fermentación y temperatura y tiempo de horneado.	72
Figura 27. Medias según Tukey HSD para la corteza según tiempo de fermentación y temperatura y tiempo de horneado.	74
Figura 28. Medias según Tukey HSD para la miga según tiempo de fermentación y temperatura y tiempo de horneado.	77
Figura 29. Diagrama de flujo definitivo para elaborar bizcocho con sustitución parcial de harina de trigo con yuca cocida fermentada.	78
Figura 30. Diagrama de flujo con el balance de materia de la yuca cocida fermentada.	82
Figura 31. Balance de materia en el procesamiento de bizcocho con sustitución parcial de harina de trigo con yuca cocida fermentada.	84

RESUMEN

En el presente trabajo el masato se le utiliza como un sucedáneo del trigo en bizcocho con propiedades fisicoquímicas, nutricionales y organolépticas de mucha aceptabilidad y preferencia. Este producto a base de yuca cocida fermentada (masato) como sucedáneo de la harina de trigo, apporto componentes funcionales, sin alterar, aún por el contrario mejoro las características deseadas de un bizcocho normal, conservando su calidad y características sui generis, es así que al realizar el presente trabajo nos planteamos los siguientes objetivos: elaborar un bizcocho con yuca cocida fermentada (masato) activa como sucedáneo de la harina de trigo; elaborar y caracterizar la yuca sancochada fermentada (masato); estudiar preliminarmente mediante la formulación y optimización de la superficie de respuesta del bizcocho elaborado con sustitución parcial de harina de trigo con yuca cocida fermentada; establecer el flujograma definitivo para la elaboración del bizcocho, el balance de materia y rendimiento; establecer las características de calidad del producto final mediante análisis físico-químicos y microbiológicos.

El desarrollo de esta investigación permitió demostrar que si es posible la elaboración de "Bizcocho" a base de masa de yuca cocinada fermentada (Masato) activa como sucedáneo.

Se elaboró yuca cocida fermentada (masato) cuyas operaciones fueron las siguientes: pesado, despuntado, pelado, troceado, lavado, cocción, molido e inoculado, fermentado y almacenado; cuyas características físicoquímicas y microbiológico fueron: humedad ($45,59 \pm 0,02$ g), grasa ($0,10 \pm 0,02$ g), proteína ($0,21 \pm 0,02$ g), cenizas ($1,91 \pm 0,02$ g), azúcares reductores libres ($11,06 \pm 0,20$ g), fibra ($1,09 \pm 0,02$ g); carbohidratos totales ($28,73 \pm 0,11$ g), densidad ($1,027 \pm 0.003$ gr/cm³), recuento estándar en placa 33 ± 1 UFC/g, recuento de mohos (5 ± 1) y recuento de levaduras ($24,33 \pm 0,57$)

Se estudió en forma preliminar: primeramente la formulación y optimización del biscocho mediante la superficie de respuesta, llegándose a determinar que el mejor tratamiento fue aquel donde se utilizó 400 gramos de harina de trigo y 100 gramos de yuca cocida fermentada (masato), determinándose además que el mejor tratamiento debía contener 3,67 gramos de levadura y utilizándose en esta fórmula: azúcar (100 g), agua (300 ml), huevos (20g), mantequilla (100g), ralladura de limón (3 g), y ralladura de naranja (3 g). En segunda instancia se determinó que el mejor tratamiento era el que correspondía a 2 horas de fermentado y con un horneado a 200 °C por 10 minutos.

Se estableció el proceso definitivo para elaborar el bizcocho estableciéndose las siguientes operaciones: después del acopiado de los ingredientes, pesado¹, mezclado 1, mezclado 2, amasado, reposado y primer fermentado, cortado y moldeado, pesado 2, reposado, segundo fermentado, horneado y enfriado. El rendimiento alcanzado en el proceso de elaborar yuca cocida fermentada fue de 77,74% y en el proceso para elaborar biscocho con masato fue de 167,36 %.

Las características de calidad del bizcocho con masato en cuanto al aspecto fisicoquímico y microbiológico fue: contenido acuoso ($34,64 \pm 0,05$), extracto etéreo ($18,19 \pm 0,02$), proteína ($8,81 \pm 0,03$), cenizas ($2,60 \pm 0,01$), azúcares reductores libres ($10,72 \pm 0,03$), fibra ($0,092 \pm 0,02$), carbohidratos totales ($35,71 \pm 0,02$), recuento estándar en placa (3), recuento mohos (1) y recuento levaduras (1).

Palabras claves: Bizcocho; yuca cocida fermentada; sucedánea; formulación; optimización; superficie de respuesta.

I. INTRODUCCIÓN

La yuca es una raíz que tiene un gran potencial de transformación primaria y agroindustrial, sin embargo en la actualidad estamos sub utilizando este potencial de conservación y transformación, al no darle usos adecuados en infinidad de productos procesados, pudiéndose obtener productos exclusivos, únicos, con características excepcionales que aún no está difundido en el medio urbano, tal es el caso del masato, que es el producto de la yuca cocida fermentada donde han actuado enzimas como la amilasa y levaduras, que puede ser utilizado como un producto alimentario intermedio (PAI), para elaborar otros productos como panes y bizcochos, del cual hasta la fecha no se tiene reportes de su utilización a nivel industrial.

La sustitución parcial de la harina de trigo con la harina de yuca que está en bioproceso y de la levadura común complementada con las levaduras del PAI, que se encuentran en actividad, pueden actuar en los componentes de la masa panaria o mezcla pastelera dando al producto elaborado buenas características fisicoquímicas, nutricionales y organolépticas.

El alto consumo de productos de panificación y pastelería en el Perú, motiva al desarrollo de nuevos productos, en particular si aportan en el procesamiento, la nutrición y abaratan los precios de productos alimentarios, al utilizar productos como la yuca, más aún si tiene algunas características

especiales cuando ya ha sido procesado como el caso de la yuca cocida fermentada (masato).

El masato no tiene uso en la industria alimentaria, debido a la falta de investigaciones, en especial si se le utiliza como un sucedáneo del trigo en panificación y pastelería, que por las características que tiene cuando aún no se le ha sometido a un tratamiento térmico se pudo obtener un bizcocho con propiedades fisicoquímicas, nutricionales y organolépticas de mucha aceptabilidad y preferencia. Este producto a base de yuca cocida fermentada (masato) como sucedáneo de la harina de trigo, apporto componentes funcionales, sin alterar, aún por el contrario mejoro las características deseadas de un bizcocho normal, conservando su calidad y características sui generis, es así que al realizar el presente trabajo nos planteamos los siguientes objetivos:

- Elaborar un bizcocho con yuca cocida fermentada (masato) activa como sucedáneo de la harina de trigo.
- Elaborar y caracterizar la yuca sancochada fermentada (masato).
- Estudiar preliminarmente mediante la formulación y optimización de la superficie de respuesta del bizcocho elaborado con sustitución parcial de harina de trigo con yuca cocida fermentada.
- Establecer el flujograma definitivo para la elaboración del bizcocho, el balance de materia y rendimiento.
- Establecer las características de calidad del producto final mediante análisis físico-químicos y microbiológicos.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Industrialización de yuca

2.1.1. Aspectos generales de la yuca

La yuca es un cultivo importante en países asiáticos, africano y de América Latina, principalmente, por su participación en los sistemas agrícolas, y por su aporte a la dieta de la población tanto humana como animal. Las principales ventajas de la yuca son su mayor eficiencia en la producción de carbohidratos en relación con los cereales y su alto porcentaje de almidón contenido en la materia seca. Adicionalmente, es un cultivo cuya producción se adapta a ecosistemas diferentes, pudiéndose producir bajo condiciones adversas y climáticas marginales.

La yuca crece bien en terrenos bajos desde el nivel del mar hasta los 140 m, con períodos vegetativos que van desde 8 hasta 12 y en algunos casos de 18 a 24 meses. Se adapta bien a los suelos ácidos e infértiles y tolera períodos largos sin lluvia.

Algunas desventajas que presenta la yuca se refieren a su alta perecibilidad, además que es un producto voluminoso por su alto contenido de agua.

En América latina la yuca es producida en gran medida por pequeños productores. El 70 % de los agricultores que producen yuca poseen extensiones de tierra de menos de 20 ha y generan 60% de la producción total

de la región. Generalmente la yuca se siembra como cultivo asociado con maíz y ñame entre otros.

La yuca se utiliza tanto en la alimentación humana y animal, en forma fresca y procesada. Seguidamente se presenta un listado de las posibles presentaciones en las que se puede transformar la yuca, esta información sirve de base para la diversificación del procesamiento que hasta ahora se ha aplicado a este cultivo en nuestro país.

(1) Listado de productos derivados:

- Raíces frescas para consumo humano.
- Raíces frescas para consumo animal.
- Productos fritos.

(2) Productos deshidratados:

- Tradicionales
- Hojuelas

(3) Harina:

- Para alimento animal
- Para industrias alimentarias: Panaderías, bases para sopas, carnes procesadas, pastas, bases de bebidas.

(4) Almidón:

- Para consumo humano.
- Para industria papelera, etc.

(5) Productos fermentados: raíces enteras almidón agrio Harina.

(6) Productos congelados: trozos, puré.

(7) Productos empacados al vacío: trozos semicocidos y esterilizados

(8) Productos derivados del proceso industrial: corteza, fibra.

2.1.2. Descripción de productos derivados de yuca

Una forma de preservar la yuca fresca es picarla, secarla y molerla para ser incorporada en los alimentos concentrados para aves, camarones, cerdo y ganado lechero. También la harina de yuca se puede utilizar para la industria de alimentos.

El potencial de mercado de la harina de yuca para uso de productos alimenticios diferentes al pan ha creado la necesidad de evaluar sistemas para producir harinas en el nivel de la planta de procesamiento de las raíces.

La yuca puede convertirse en una harina de alta calidad para utilizarse como sustituto de la harina de trigo, maíz y arroz entre otros. En formulaciones de alimentos tales como pan, pasta, mezclas, etc. como lo muestra el Cuadro 1. También se puede utilizar la yuca para la producción como espesante y extensor de sopas deshidratadas, condimentos, papilla para bebé y dulces.

Cuadro 1. Alimentos en los que se puede utilizar la harina de yuca.

Alimento	Materia Prima substituida	Nivel de Substitución	Ventajas de Harina de yuca
Galletas	Harinas de trigo	10 %	Más crocante
Carnes procesadas	Harina de trigo Almidón agrio de yuca	100 %	Mejor absorción de agua
Pan	Harina de trigo Almidón agrio de yuca	3-20 %	Menor costo Mejor sabor
Condimentos	Harina de trigo Harina de maíz	50-100 %	Menor costo
Pastas de bajo costo	Harina de arroz Harina de maíz	20-35 %	Menor costo
Dulces de leche y frutas	Harina de arroz Almidón de maíz	50-100 %	Más brillante Mejor sabor

2.2. Proceso de panificación

La panificación es una rama importante en la industria alimentaria, la cual se remonta a los egipcios. El horneado es un proceso que se emplea en la mayoría de los productos de panificación.

Para que un pan adquiriera las características tanto sensoriales como fisicoquímicas deseadas, es de suma importancia la selección de la harina de trigo. El esponjamiento que presenta el producto depende en su mayoría de la calidad de la harina de trigo. La formación de una masa panaria se da a partir de la mezcla de harina de trigo con otros ingredientes como sal, agua, grasa,

levadura y azúcar, haciendo una dispersión de estos mediante el amasado. Posteriormente se deja reposar para que haya una interacción de los componentes químicos y se dé la fermentación, produciendo anhídrido carbónico que es el responsable del aumento de volumen. (PYLER, 1988).

Para formar una masa con consistencia, se mezcla el agua con la harina de trigo, dando origen al gluten, el cual se forma debido a la interacción entre las proteínas del trigo y a la que se le atribuyen cambios en las propiedades de viscoelasticidad y cohesividad. La cantidad de agua recomendada es de 60 partes por cada 100 partes de harina, aumentando proporcionalmente con el contenido de proteína y la interacción de estas con el almidón y los lípidos. El contenido de proteína de la harina de trigo es de 10 a 12% y principalmente son glutelinas y prolaminas del citoplasma de las células del endospermo del grano. Las glutelinas del trigo también reciben el nombre de gluteninas y las prolaminas el de gliadinas, ambas conforman casi el 85% de la fracción proteica (BADUI, 1990).

La hidratación de la harina es un proceso lento que se acelera durante el amasado, el cual puede ser de forma manual o mecánica. Las gliadinas y gluteninas de la harina de trigo se desnaturalizan dando lugar a uniones disulfuro, hidrófobas e hidrófilas; la fuerza empleada conlleva a un intercambio de grupos azufrados entre los residuos de cisteína. El resultado de este proceso es la formación de una red viscoelástica y cohesiva la cual se esponja durante la fermentación debido a la presión ejercida por el CO₂. Las levaduras y los agentes químicos agregados a la masa panaria, producen gas y éste aunado a la evaporación del agua y el dióxido de carbono disuelto en la masa,

dan lugar al esponjamiento, el cual se restringe en determinado punto del horneado (RHA, 1975).

Cada uno de los ingredientes utilizados es de gran importancia. La harina es la encargada de dar a la masa panaria la elasticidad, ayudando en la retención del gas o gases esponjantes y le brinda rigidez al producto horneado. El agua hidrata las proteínas de la harina para que se pueda formar el gluten y sea posible la gelatinización durante el horneado. El agua convertida en vapor de agua también sirve como agente leudante. El azúcar, además de contribuir a la dulzura, da suavidad al producto horneado, es un medio para la incorporación de aire en la masa durante el batido. Si ésta es insuficiente, la reacción de Maillard se reduce durante el horneado, resultando un pan pálido y sin sabor. Interviene también en el color del producto final y este es atribuido a la reacción de los azúcares reductores con las proteínas. La grasa se incluye en el batido y masa para ablandar el producto. En parte repele el agua de las partículas de la harina facilitando la formación del gluten. La sal es un potenciador del sabor, aunque también interviene en la velocidad y grado de hidratación de la harina. La levadura produce la cantidad de bióxido de carbono requerido para que esponje la masa. Con poca levadura la masa tarda más tiempo en esponjarse pero con exceso, la masa se infla antes de que sucedan otros cambios esenciales en ella y darle sabor de levadura al producto final (CHARLEY, 1988).

Durante el proceso de horneado continúa la fermentación, siendo el suministro de nitrógeno disponible en forma de sales de amonio o de aminoácidos libres y de azúcares fermentables, condiciones importantes para

el mantenimiento de la producción de gas. En ausencia de azúcar, se suspende la formación de gas, ocasionando un menor tamaño del esperado en el producto final. En las primeras etapas de horneado, la masa se hincha rápidamente debido a la actividad de las enzimas, producida por la alta temperatura, la expansión de los gases y vapor en la masa. La intensidad de ruptura de la masa entre las partículas de aire, determina el grado de combinación del gas, lo que afecta el grado de expansión, finura y homogeneidad de la estructura de la miga. Cuando el calor penetra al interior, la estructura del producto horneado se asienta, debido a la coagulación de la proteína y a la gelatinización del almidón. A medida que aumenta la temperatura de la masa, la levadura en un principio sigue activa, pero al llegar a una temperatura aproximada de 50°C empieza a morir. Las dextrinas formadas hasta este momento permanecerán en la masa final, lo que producirá una miga tiesa, dificultando su corte. Finalmente, la evaporación del agua de la superficie se hace más lenta, haciendo que esta se torne lo suficientemente caliente para tostarse (CHARLEY, 1988).

Como ya se mencionó, la masa panaria se forma de la mezcla de harina con agua. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que si se le agrega poca agua a la harina, el resultado es una masa ligeramente cohesiva y por el contrario, si es demasiada agua, resulta una mezcla sin ninguna propiedad de masa. El flujo y comportamiento de deformación que presenta la masa panaria, son reconocidos como el punto central para una exitosa fabricación de un producto de panificación. En la industria panaria es necesaria una mejor

comprensión cuantitativa del factor que controla la reología de la masa de harina de trigo (MENJIVAR, 1990).

2.2.1. Caracterización de la harina

Una de las clasificaciones de la harina es mediante ceros: un cero (0), dos ceros (00), tres ceros (000) y cuatro ceros (0000). (Clasificación habitual en Argentina y otros países de sud américa).

Las harinas 00 y 000 se utilizan siempre en la elaboración de panes, ya que su alto contenido de proteínas posibilita la formación de gluten y se consigue un buen leudado sin que las piezas pierdan su forma.

En cambio la harina 0000 es más refinada y más blanca, al tener escasa formación de gluten no es un buen contenedor de gas y los panes pierden forma. Por ese motivo sólo se utiliza en panes de molde y en pastelería, repostería, hojaldres, etc.

Si hacemos el equivalente entre esta clasificación de la harina y clasificación en función de su fuerza podríamos decir que:

- Harina 0 = harina de gran fuerza.
- Harina 00 = harina de media fuerza.
- Harina 000 = harina de fuerza
- Harina 0000 = harina floja

Para que un material sea elástico, las moléculas deben ser largas y estar unidas por enlaces cruzados; características que cumplen las proteínas del gluten. Existen varias especulaciones acerca de los factores que causan las propiedades viscoelásticas del gluten. La respuesta más aceptada, es que el

gluten es un polímero aleatorio vidrioso. A medida que el contenido de humedad es alrededor de 16%, el polímero se torna gomoso. Los productos de la fermentación producen cambios en las propiedades Teológicas, las cuales son causadas por un sistema enzimático de la levadura (LÓPEZ y GARCÍA, 1993).

Las características del gluten se pueden evaluar con un farinógrafo o mixógrafo y con un alveógrafo. El farinógrafo es un instrumento reológico que mide la capacidad de absorción de agua de la harina, el tiempo de desarrollo de la masa, así como el rendimiento de la harina por medio de una curva que reproduce en forma visual ésta características de la harina. La curva aumenta hasta un máximo de consistencia a medida que la proteínas de la harina se desdoblán en gluten y cae, conforme éste pierde resistencia por el amasado continuo (PYLER, 1988).

El alveógrafo mide la extensión tridimensional de una probeta de masa (agua + sal + harina) que, bajo la acción de una presión de aire, se deforma en burbuja. Este modo de extensión reproduce la deformación de las masas bajo la influencia de un impulso gaseoso de origen biológico o químico (ANÓNIMO, 2000).

2.2.2. Propiedades físicas del pan

Las propiedades fisicoquímicas del pan se ven influenciadas por el comportamiento de la masa, así como por las características tecnológicas de la misma, desarrollada durante el proceso de fermentación y horneado.

Densidad

La medición del volumen se realiza con un volumenómetro, el cual consiste en introducir un pedazo de pan con masa conocida en una probeta que contiene semillas de nabo (conociendo la cantidad inicial de éstas) y el desplazamiento que presenten las semillas es directamente proporcional al volumen del trozo de pan (A.A.C.C, 1987).

Color

Un alimento es agradable o no a primera instancia, según como se vea. La apariencia es clave en un producto para que éste sea de agrado a las personas y lo consuman. La forma y color son básicos, siendo este último el más importante a considerar.

El aspecto visual de los alimentos lo conforman la transparencia y la opacidad, relacionadas con la cantidad de luz que el material deja pasar a través de él o bien que se refleja en él. Existen diversos sistemas para la medición del color. Los más comunes son: sistema CIELAB, propuesto en 1971 por la CIÉ, el cual define un espacio en coordenadas rectangulares (L^* , a^* , b^*) junto con otro en coordenadas cilíndricas (L^* , H^* , C^*). Y el sistema Hunter el cual es el más usado en alimentos. Define un espacio cartesiano en el que L es la claridad o luminosidad, a define a los componentes rojo-verde, rojo para valores positivos y verde para negativos. El parámetro b define el componente amarillo-azul, amarillo para valores positivos y azul para negativos. El único inconveniente que presenta es que no es del todo uniforme en la región azul. (CALVO y DURAN, 1997).

Firmeza

La firmeza del pan es un indicador de frescura y ésta se ve afectada por el envejecimiento, dando lugar a cambios en los componentes principales como son almidones, proteínas, lípidos y agua. La firmeza se define como la fuerza requerida para comprimir al producto una distancia determinada. La prueba de Baker y Ponte (1987) se ha adoptado universalmente para medir la textura del pan y su evolución durante el almacenamiento (BOURNE, 1978).

2.3. Elaboración de bizcochos

Para elaborar bizcochos básicamente se sigue el siguiente procedimiento:

Paso 1: Disolver la levadura con la cucharada de azúcar, un poco de agua y dos cucharadas de harina; dejar descansar hasta que adquiera el doble de su volumen.

Paso 2: Tamizar la harina con el azúcar hasta que quede bien fina; en la mezcladora colocar la manteca, el extracto, la ralladura de naranja y el agua; amasar hasta lograr una masa homogénea, lisa y suave.

Paso 3: Se debe dejar levar hasta por lo menos el doble de su volumen inicial; agregar los ingredientes que faltan si lo hubiere y amasar hasta mezclar.

Colocar en las latas o los moldes previamente enmantecado y enharinado; dejar levar nuevamente.

Paso 4: Pincelar con huevo batido por encima y hornear durante 40 minutos, al retirar decorar al gusto con unos hilos de glase y frutos secos.

Los ingredientes a utilizar son:

- 500 gramos de harina
- 100 gramos de azúcar
- 300 ml de agua
- Dos huevos
- 70 gramos de levadura
- 100 gramos de mantequilla
- Ralladura de limón
- Ralladura de naranja

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se desarrolló en los laboratorios de Análisis de Alimentos, Microbiología de los alimentos, Análisis Sensorial, Planta de Productos Cárnicos y Planta Panificadora de la Universidad Nacional Agraria de la Selva en la Ciudad de Tingo María.

3.2. Materia prima e insumos

3.2.1. Materia Prima

La materia prima que se utilizó para este trabajo de investigación fue la harina de trigo que fue adquirido en las tiendas comerciales de la localidad teniendo en cuenta que fuera una harina de buena calidad y que no fue almacenado por mucho tiempo, la otra materia prima fue la yuca cocida fermentada (masato) el cual fue elaborado con el asesoramiento de personas que conocen este producto y que lo comercializan como bebida.

3.2.2. Insumos

Se utilizaron los siguientes insumos:

- Yuca cocida fermentada

- Azúcar
- Agua
- Huevos.
- Levadura.
- Mantequilla.
- Ralladura de limón.
- Ralladura de naranja

3.3. Materiales

3.3.1. Materiales de Laboratorio

- Termómetro de 100 °C
- Matraz de Erlenmeyer de 250 ml.
- Buretas.
- Balones de digestión.
- Vasos de precipitación de 50, 100 y 250 ml.
- Cisoles de porcelana.
- Fioles de 50, 100 y 500 ml
- Vaguetas
- Pipetas graduadas de 2.5 y 10 ml.
- Placas Petri.
- Embudos de vidrio.

3.3.2. Materiales y equipos de procesamiento

- Mesa de trabajo
- Cuchillos de acero inoxidable
- Espátulas
- Ollas
- Recipientes de plástico
- Balanza
- Batidora marca Brentwood ® modelo HM-25.
- Cocinas a gas y eléctricas
- Estufa marca Felisa® modelo 133
- Latas para el horneado
- Horno marca Hobart
- Amasadora
- Divisora de masa
- Cámara de fermentación.

3.3.3. Reactivos y soluciones

Solución de cloruro de sodio al 2.5%; ácido cítrico; hidróxido de sodio; medios de cultivo y todos aquellos que tengan que ver con los análisis fisicoquímicos.

3.4. Método de análisis

En el presente trabajo se realizaron los análisis de acuerdo al nivel de la investigación.

3.4.1. Caracterización del masato

Densidad

Se determinó siguiendo la metodología oficial no. 72-10 del A.O.A.C. (1976).

Color

La prueba de color se realizó instrumentalmente en el colorímetro de la Facultad de reciente adquisición.

Humedad

Se utilizó el método gravimétrico según la NTP 206.011 1981.

Cenizas

Se utilizó el método directo según la AOAC 930.22 2000.

Lípidos

Se utilizó el método Soxhlet según FAO Vol. 14/7 1986.

Proteínas

Se utilizó el método Kjeldahl según AOAC 950.36 2000.

Carbohidratos

Se utilizó el método por diferencia según MS – INN Collazo 1993.

Fibra

Se utilizó el método de filtración de fibras cerámicas según FAO FOOD AND NUTRITION PAPER Vol. 14/7 Pág. 230 - 232 1986.

3.4.2. Pruebas preliminares

En las pruebas preliminares se hicieron solamente el análisis sensorial de las muestras experimentales en base a los niveles de sustitución de la harina de trigo y de la levadura.

Pruebas organolépticas

Las pruebas organolépticas fueron realizadas con la finalidad de establecer el mejor tratamiento, para lo cual se utilizaron 15 jueces semientrenados y cuyo método a utilizarse fue mediante una prueba hedónica de nueve puntos para calificar las 9 muestras, sin incluir los controles, que solamente fueron referenciales para la discusión y observaciones. En ésta prueba se evaluó el color, olor, textura, sabor y aceptabilidad general.

Se evaluó la acción de la adición de las tres cantidades diferentes de masato para sustituir harina de trigo y 3 cantidades de levadura, sobre las características sensoriales del biscocho, proporcionando un pedazo de él (3 cm de largo, 3 cm de ancho y 1 cm de espesor, aproximadamente).

El formato de la hoja de evaluación se muestra en los anexo 1 y 2 y los resultados de ésta se evaluaron haciendo un análisis de superficie de respuesta donde analizamos el ANVA con superficie de respuestas de 3 x 3 y la optimización de cantidades de sustitución más apropiada para tener una

máxima calificación. Todas las evaluaciones de los biscochos se hicieron con tres repeticiones.

3.4.3. Análisis de la masa panaria y del pan

En las pruebas definitivas después de establecer el flujograma óptimo con su respectivo balance de materia y rendimiento se hizo la caracterización del producto final haciendo los siguientes análisis:

Humedad

Esta variable se realizó según las especificaciones de la norma NTE INEN 266. Para lo cual primeramente se taró los crisoles, luego se pesó dichos crisoles sin la muestra, posteriormente se pesó aproximadamente 5 g de muestra y se añadió en los crisoles, se procedió al secado de la muestra, con la ayuda de una estufa a la temperatura de 107°C y por un tiempo de 12 horas, para su posterior pesado del residuo, con la finalidad de obtener un peso constante y de esta manera determinar el contenido de humedad. (Determinación gravimétrica de sustancia seca).

Fibra bruta

Se realizó según las especificaciones señaladas en la norma NTE INEN 522, la cual tiene por objeto determinar la fracción fibrosa del alimento. Se la determinó a través del método Weende en un equipo "Fibertest".

En el procedimiento de análisis, se utilizó 6 crisoles tarados, se pesó una cantidad de aproximadamente 1 gramo de muestra dentro de cada

crisol, luego se trasladó con la ayuda de la gradilla hasta la unidad fibertest, y se fijó a la parte frontal de la unidad, posteriormente se insertó las pinzas del manipulador en los crisoles, y se trasladó encima de los soportes, para posteriormente bajar la palanca de cierre hasta su tope y una vez fijos los crisoles en la unidad extraer el manipulador.

Luego se introdujo por la parte superior de cada refrigerante 150 ml de ácido sulfúrico (0,128M) precalentado de 90 a 100°C, incluyendo 2 a 3 gotas de antiespumante (n-Octanol), para prevenir la espuma que se genera durante el calentamiento y la ebullición; una vez que empezó la ebullición se dejó reposar por un tiempo de 30 minutos, para posteriormente filtrar y lavar con agua destilada caliente, dicha operación se repitió tres veces.

Luego se introdujo 150 ml de solución de hidróxido potásico (0,223M), de igual manera precalentado de 90 a 100°C, así como también de 2 a 3 gotas de antiespumante y luego de haber llegado a ebullición se dejó reposar nuevamente 30 minutos, seguidamente se procedió al filtrado y lavado por tres veces con agua destilada caliente.

Se retiró los crisoles de la unidad con la ayuda del manipulador para llevarlos a secar en la estufa a una temperatura de 100°C durante 24 horas, al siguiente día se procedió a dejarlos enfriar en un desecador para someterlos a un segundo pesado y luego se los colocó en la mufla a una temperatura de 500°C por el tiempo de 3 horas con la finalidad de incinerarlos, para finalmente obtener un tercer pesado y de esta manera con la ayuda de la siguiente fórmula obtener el % de fibra.

$$\% \text{Fibra cruda} = \frac{\text{P1} - \text{P2}}{\text{P3}} \cdot 100$$

En donde: P1 = Peso muestra + crisol; P2 = Peso crisol luego del secado; P3 = Peso crisol luego del incinerado.

Azúcares reductores libres

Se determinó según el método señalado en la norma NTE INEN 266. Su determinación se realizó desde el punto de vista nutricional energético, para dicha determinación primeramente se disgregó un poco de muestra para luego pesar 10 gramos, se colocó en un balón de vidrio de 250 ml y se añadió un poco de agua destilada caliente, además de 7 ml de acetato de plomo con el fin que capture las proteínas presentes y se forme un precipitado blanco.

Se procedió a aforar, homogenizar y filtrar; aparte se añadió en un vaso de precipitación 5 ml de Felingh A + 5 ml de Felingh B + 40 ml de agua destilada para obtener el Felingh C lo cual dio una coloración azulada; a la misma que se procedió a calentar y en el momento que llegó a ebullición se agregó de 4 a 5 gotas del indicador azul de metileno, para finalmente titular con el líquido filtrado hasta obtener una coloración rojo ladrillo.

Proteína

Su determinación se realizó desde el punto de vista nutricional, ya que las proteínas son importantes por el aporte de nitrógeno que pueda ser aprovechado (valor biológico) por el organismo.

Se pesó 10 g de muestra y se añadió en un balón de vidrio de digestión, se colocó además una pastilla antiespumante a base de silicona y sulfato de sodio, 5 mg de catalizador a base de selenio, 200 ml de H₂SO₄ concentrado, se mezcló y se procedió a la digestión por el lapso de 4 horas.

Transcurrido este tiempo se dejó enfriar y en un Erlenmeyer se añadió 100 ml de ácido bórico al 3%, se procedió a la destilación para lo cual se ubicó en posición el equipo destilador de vapor unido tanto al frasco de recolección Erlenmeyer como al balón que contenía la muestra digerida, además de los núcleos de ebullición y un poco de agua destilada, se procedió a dejar caer 100 ml de (NaOH) hidróxido de sodio concentrado al 45% en la muestra digerida con la finalidad que se desprenda el amoníaco.

El destilador de vapor tiene un mecanismo automático por lo que recolecta 100 ml de destilado por muestra, se procedió a la titulación para ello se adicionó 10 gotas de indicador y se tituló con H₂SO₄ (0,1N), finalmente para obtener el resultado de proteína se utilizó las siguientes fórmulas:

$$\%N = V \text{ ml}(\text{H}_2\text{SO}_4) * N * 0,014 * / \text{g muestra}$$

$$\%P = \%N * 6,25$$

En donde: V(H₂SO₄)=Volumen consumido en la titulación;
N=Normalidad; g muestra = Peso de la muestra

Grasa

Se determinó según las especificaciones señaladas en la norma NTE INEN 778. De igual manera se la realizó desde el punto de vista

nutricional, a través de la extracción con éter de petróleo mediante el equipo Soxhlet.

Primeramente se preparó la muestra (molida), luego se pesó dentro del dedal (W1), para posteriormente introducir los dedales en la unidad de extracción, se pesó el cazo de extracción (W2), y se añadió 30 ml de éter de petróleo y se colocó los cazos en la unidad de extracción. Se procedió hacer la extracción de los dedales sumergidos en el disolvente (posición boiling), y regresar a la posición rising, se cerró los grifos para recoger el disolvente en los condensadores.

Una vez terminado el proceso se sacó los cazos y los dedales de la unidad de extracción para llevarlos a secar a la estufa a una temperatura de 107°C por 24 horas, luego se pesó nuevamente los cazos (W3), para finalmente obtener el % de grasa a través de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Materia Soluble} = (W3 - W2 / W1) * 100$$

En donde: W1 = Peso muestra + dedal; W2 = Peso de los cazos de extracción; W3 = Peso final de los cazos

Cenizas

Se determinó según el método señalado en la norma NTE INEN 520. La cantidad de cenizas nos indica aproximadamente el contenido de compuestos minerales, sales y otros elementos; ya que existen alimentos importantes por sus niveles de minerales como Ca, Fe, Mg, así como también de sales.

Se procedió a pesar 5 g de muestra, debidamente preparada, luego se llevó la muestra a secado en la estufa a 102°C por 2 a 3 horas, hasta tener un peso constante. Se tomó el crisol una vez eliminado la humedad, y se colocó en una lámpara de alcohol o buncen, su aplicación no se la debe hacer directamente al calor, debe ser repartido hasta observar una coloración negra, es decir, hasta que toda la materia orgánica se haya reducido a carbón.

Luego se precalentó la mufla y se introdujo el crisol de 2 a 3 horas, al cabo de ello las cenizas presentan un color blanco, es necesario repetir el proceso hasta obtener un peso constante de la muestra.

Finalmente para obtener el % de cenizas se empleó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cenizas} = W1 / W2 \times 100$$

En donde: W1 = Peso muestra; W2 = Peso de ceniza;

Análisis microbiológicos

Se determinó según el método señalado en la norma NTE INEN 1529, con la finalidad de establecer la presencia de mohos, levaduras y gérmenes aerobios totales a través del sistema petrifilm.

Las placas son un medio listo para usar, contienen nutrientes suplementados con antibióticos, un agente gelificante soluble en agua fría, y un indicador para realzar la visualización del cultivo en la placa.

Procedimiento:

1. Se esterilizó agua de peptona en la autoclave a 250 ° C y 15 PSI por un tiempo de 15 minutos, para luego utilizar en la dilución de la muestra.
2. Se colocó las placas petrifilm sobre una superficie de trabajo totalmente plana, (Figura 1).
3. Se levantó el film superior y depositó con cuidado 1 ml de la muestra de cada tratamiento a controlar, en el centro del film inferior (Figura 2)
4. Se recubrió delicadamente con el film superior, teniendo cuidado de no introducir burbujas de aire (Figura 3).
5. Se levantó el difusor plástico por la manija circular. Se colocó el centro del difusor en línea con el centro del film superior. Se distribuyó la muestra en forma pareja, ejerciendo una ligera presión sobre el difusor, (Figura 4).
6. Evitando que se desborde la muestra fuera del límite circular, se quitó el difusor y se dejó reposar el film durante un minuto, para permitir la solidificación del gel.
7. Una parte de las placas se incubó, a una temperatura de 39°C por un tiempo de 24 horas, con el fin de determinar la presencia de gérmenes aerobios totales. Mientras que la otra parte se colocó en un lugar oscuro a temperatura ambiente durante 3 días con la finalidad de determinar mohos y levaduras.



Figura 1. Placa petrifilm.



Figura 2. Placa petrifilm.



Figura 3. Placa petrifilm.



Figura 4. Placa petrifilm.

Peso

Esta variable se determinó con la finalidad de establecer la diferencia de pesos entre los tratamientos en cada uno de los productos, se realizó a todos los tratamientos con sus respectivas repeticiones, con la ayuda de una balanza digital.

Volumen

De igual manera se determinó con la finalidad de observar si existe un aumento de volumen entre los tratamientos en cada producto.

Se obtuvo a través del método de "Desplazamiento de semillas", el mismo que consistió en colocar en un recipiente semillas de zanahoria, se anotó el nivel que ocupó éste, posteriormente se procedió a retirar una cierta parte de las semillas y se colocó dentro del recipiente el pan, cuyo volumen debía determinarse, se recubrió con las semillas hasta volver al nivel que ocupó anteriormente sin el pan, luego se midió el volumen de las semillas desplazadas o no utilizadas por medio de una probeta, siendo ése el volumen

del pan, para promediar el volumen del pan se midió todos los tratamientos con sus respectivas repeticiones.

Peso específico

El Peso específico se obtuvo a partir de la determinación de peso y volumen tanto en el pan precocido como en el pan final, dicha variable se la determinó por las siguientes fórmulas:

$$\text{Densidad pan} = P / V$$

$$\text{Peso específico} = \rho \text{ pan} / \rho \text{ agua}$$

En donde: P=Peso del pan; V=Volumen del pan; ρ pan=Densidad del pan; ρ agua = Densidad del agua

Análisis organolépticos

Se realizó mediante la prueba de Friedman con la intervención de un panel de degustación que calificó todos los tratamientos.

Procedimiento:

- Se utilizó un panel de 13 degustadores, los cuales con la ayuda de una guía instructiva para evaluar color, aroma, sabor, corteza y miga; se encargaron de calificar según sus preferencias.
- Con los resultados obtenidos a partir de la degustación se procedió a hacer los análisis estadísticos utilizando el ANVA DCA con arreglo factorial

3.5. Metodología experimental

El presente trabajo se realizó en 4 etapas bien definidas que consistió en la caracterización de las materias primas, las pruebas preliminares, las pruebas definitivas y la caracterización del producto terminado.

3.5.1. Elaboración y caracterización de la yuca sancochada fermentada

En esta etapa se elaboro y caracterizó la yuca cocida fermentada, evaluando sus características físico químicas tal como lo describimos en los materiales y métodos que tienen que ver con la calidad y caracterización de las harinas.

3.5.2. Pruebas preliminares

En esta etapa se realizaron los ensayos en base al diagrama de flujo tentativo que se muestra en la figura 1 y al diseño experimental que describimos más adelante, como ya manifestamos se evaluó los niveles de sustitución de harina de trigo con yuca cocida fermentada “masato” en 15%, 20%, y 25% como el masato tiene levaduras activas, entonces también se evaluó los niveles de levadura a utilizarse.

3.5.2.1. Masa

Para realizar las pruebas preliminares fue necesario la preparación de la masa, en este caso se utilizaron los ingredientes que se muestran en el cuadro 2. Reemplazando de los 500 gramos de la harina de trigo

con yuca cocida fermentada en 15%, 20% y 25%, que corresponden a 75 gramos, 100 gramos y 125 gramos de yuca cocida fermentada y dejando de adicionar el 25, 50 y 75 % de levadura es decir dejando de adicionar 1,83 gramos, 3,67 gramos y 5,51 gramos que es lo corresponde para que las levaduras de la yuca cocida fermentada puedan actuar según la bibliografía consultada.

Cuadro 2: Cantidad requerida de ingredientes para elaborar el biscocho.

Ingredientes	Formulación del biscocho
Harina de trigo	425, 400 y 375 gramos
Yuca cocida fermentada	75, 100 y 125 gramos
Azúcar	100 gramos
Agua	300 ml
Huevos	Dos unidades
Levadura (1,47%=7,34 g)	5,51; 3,67 y 1,83 gramos
Mantequilla	100 gramos
Ralladura de limón	3 gramos
Ralladura de naranja	3 gramos

3.5.2.2. Elaboración del bizcocho

En el proceso de elaboración del bizcocho se empleó el método directo, es decir, algunos de los ingredientes fueron mezclados en seco al inicio del proceso.

El procedimiento fue el siguiente:

Paso 1: Disolvemos la levadura con la cucharada de azúcar, un poco de agua y dos cucharadas de harina; dejamos descansar hasta que adquiera el doble de su volumen.

Paso 2: Tamizamos la harina con el azúcar hasta que quede bien fina; en la mezcladora colocamos la manteca, el extracto, la ralladura de naranja y el agua; amasamos hasta lograr una masa homogénea, lisa y suave.

Paso 3: Dejamos levantar hasta por lo menos el doble de su volumen inicial; agregamos los ingredientes que faltaban y amasamos hasta mezclar. Colocamos en las latas o los moldes previamente enmantecados y enharinado; dejamos levar nuevamente.

Paso 4: Pincelamos con huevo batido por encima y horneamos durante 40 minutos, al retirar decoramos al gusto con unos hilos de glase y frutos secos.

Las operaciones realizadas fueron:

Pesado.

Se pesaron todos los ingredientes.

Mezclado 1

Se colocaron la harina de trigo en la mezcladora, se agregó el masato sin diluir, finalmente se le agregó el mejorador de masa.

Mezclado 2

Seguido a ello se agregó la levadura, azúcar y poco a poco el agua para facilitar la disolución de los ingredientes y se amasó por espacio de 5 minutos.

Amasado

Una vez obtenida una masa homogénea se añadió la mantequilla y se volvió a amasar por espacio aproximado de 10 minutos.

Boleado

Concluido el amasado, se boleó la masa en la rola hasta que se logró una masa elástica y flexible.

Primer fermentado

Se dejó fermentar la masa sobre la mesa por espacio de media hora cuidándose en todo momento que permanezca tapado con plástico de color oscuro con la finalidad de evitar la evaporación del agua.

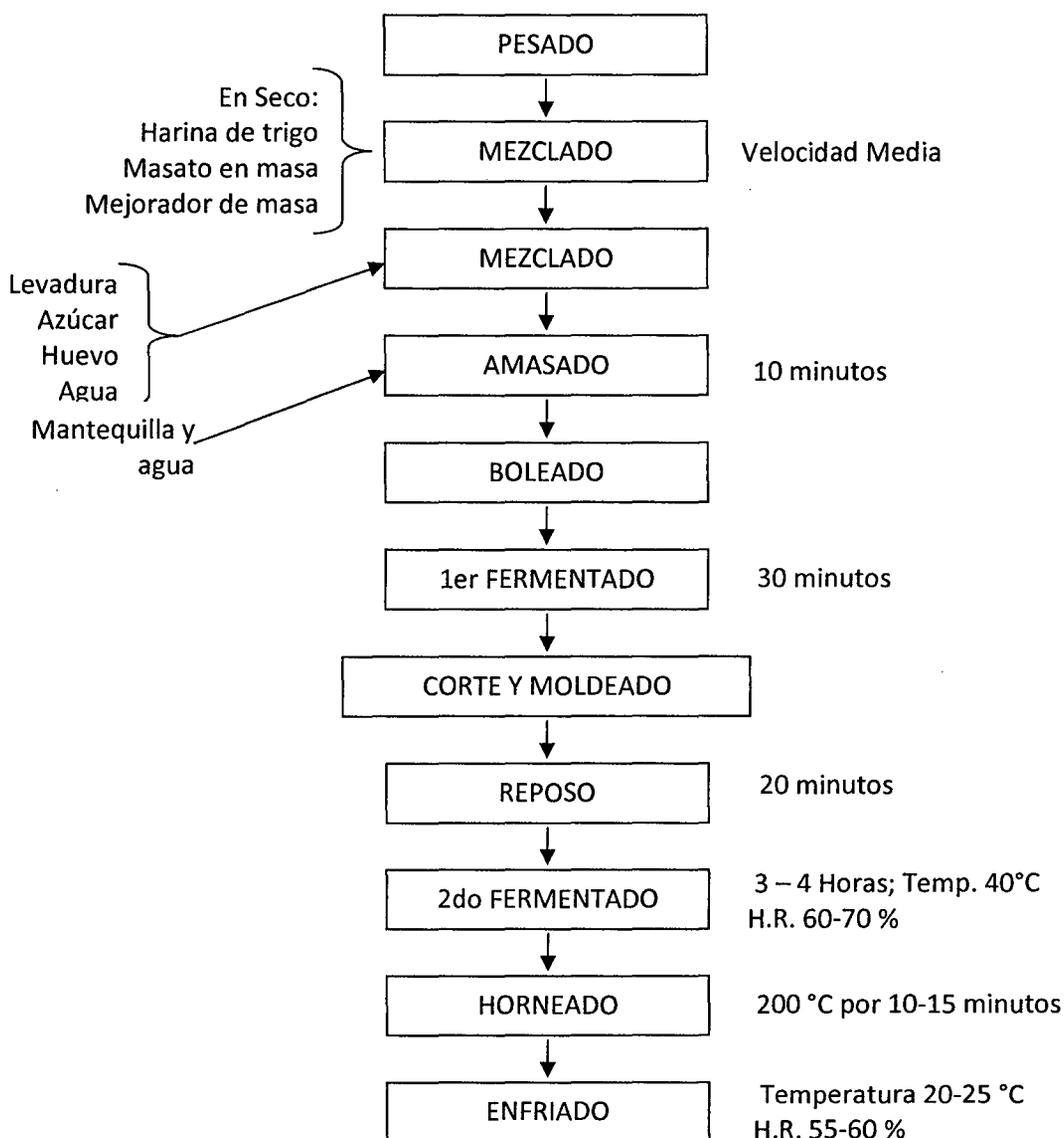


Figura 5. Diagrama de flujo tentativo para la elaboración del bizcocho con yuca cocida fermentada.

Cortado y moldeado

Concluida la primera fermentación, se procedió a cortar en pequeñas bolitas utilizando para ello una máquina divisora y se formaron bollos de pan a los que se les hizo una raya al centro y se dejó fermentar por espacio de 20 minutos.

Segundo fermentado

Se enharinaron las latas para hornear y se colocaron los bizcochos con la raya hacia abajo dejándose fermentar por espacio aproximado de 3 - 4 horas (dependiendo de la actividad de la levadura).

Horneado

Finalmente se hornearon los bizcochos a una temperatura aproximada de 200°C por espacio de 10 – 15 minutos.

Enfriado

Posteriormente se dejó enfriar por espacio de una hora a temperatura ambiente y seguido a ello se procedió a tomar 9 bizcochos de manera aleatoria (un bizcocho de cada tratamiento). Esta muestra se llevó al laboratorio para sus respectivos análisis y el resto de bizcochos se utilizó para realizar la prueba de aceptabilidad.

De los tratamientos encontramos el mejor en base a las pruebas organolépticas que fueron realizadas por 15 jueces semientrenados y cuyo método utilizado fue mediante una prueba hedónica de nueve puntos para que mediante la superficie de respuesta se maximice la calificación por cada atributo y se pueda encontrar las cantidades óptimas de las variables en estudio.

3.5.3. Pruebas definitivas

En esta etapa se realizó el proceso productivo definitivo en base a la experimentación de los ensayos preliminares, para ello se elaboró un flujograma definitivo con su respectivo balance de materia y energía, estableciendo rendimientos por operación y por proceso.

3.5.4. Caracterización del producto final

La caracterización del producto final se realizó mediante los análisis descritos en 3.3.3.

3.6. Diseño experimental

3.6.1. Caracterización de la materia prima

En esta etapa no existió diseño experimental, solamente se hicieron pruebas fisicoquímicas específicas que se tuvieron que realizar como ya explicamos en materiales y métodos.

3.6.2. Pruebas preliminares

En la figura 6 se tiene el diseño experimental para la elaboración de bizcocho elaborado con tres niveles de sustitución de harina de trigo con yuca cocida fermentada y tres niveles de levadura común.

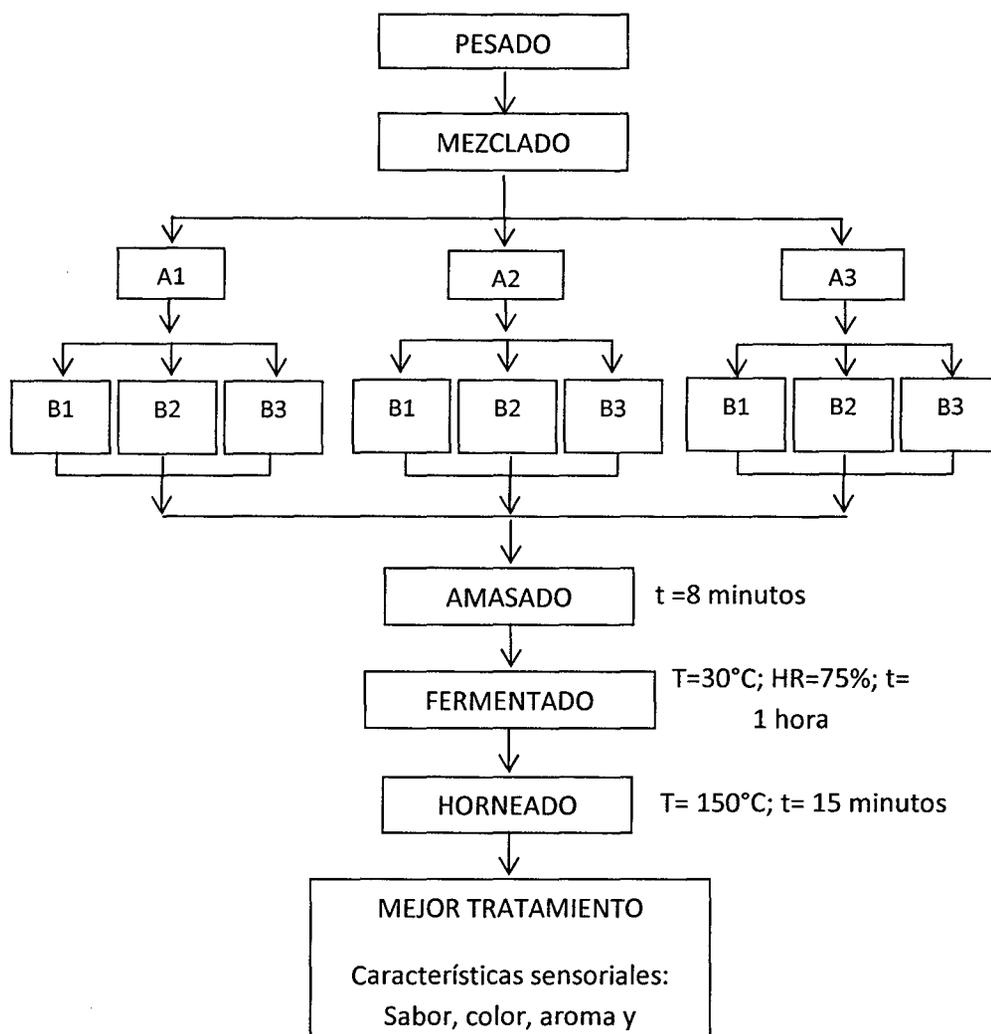


Figura 6. Diseño experimental para optimizar la formulación del bizcocho con sustitución parcial de harina de trigo y levadura con yuca cocida fermentada.

En la figura 6 se tiene:

A: Niveles de sustitución de harina de trigo (base 500 gramos).

A1: % de sustitución con yuca cocida fermentada = 10% (50 gramos).

A2: % de sustitución con yuca cocida fermentada = 15% (75 gramos)

A3: % de sustitución con yuca cocida fermentada = 20% (100 gramos)

B: Niveles de levadura

B1: 75% de levadura (5,51 gramos)

B2: 50% de levadura (3,67 gramos)

B3: 25% de levadura (1,83 gramos)

Es necesario indicar que son nueve tratamientos que se realizarán con tres repeticiones para dar un mejor nivel de confianza a las pruebas que se puedan analizar con el análisis de variancia.

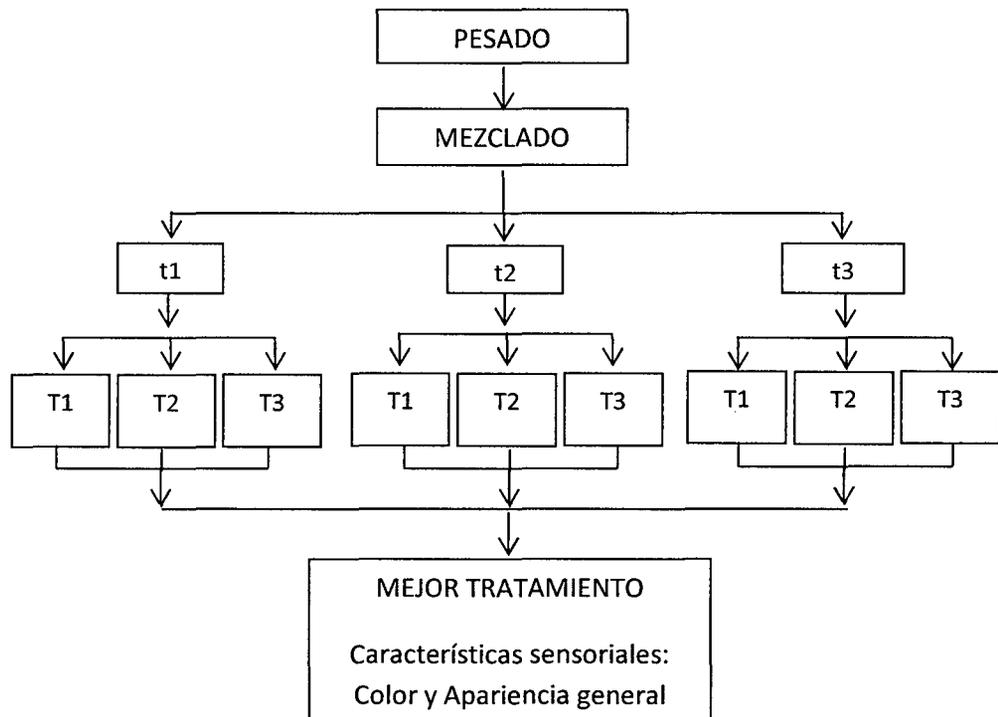


Figura 7. Diseño experimental para optimizar los parámetros de amasado fermentado y horneado, del bizcocho con sustitución parcial de harina de trigo y levadura con yuca cocida fermentada.

En la figura 7 se tiene:

t: Tiempo de fermentación

t1: 1 hora.

t2: 1.5 horas.

t3: 2 horas.

T: Temperatura y tiempo de horneado

T1: 150°C por 15 minutos

T2: 175°C por 12.5 minutos

T3: 200°C por 10 minutos.

En la figura 7 se tiene el diseño experimental para ajustar los parámetros de amasado, fermentado y horneado del bizcocho.

Las pruebas estadísticas se harán solamente a dos niveles del trabajo de investigación que son: Para las pruebas preliminares y para la aceptabilidad y preferencia del producto terminado.

3.7. Análisis estadístico

Las pruebas estadísticas se hicieron a dos niveles del trabajo de investigación que son: Para las pruebas preliminares y para la aceptabilidad y preferencia del producto terminado.

3.7.1. Para las pruebas preliminares

Se aplicó el análisis de superficie de respuesta, con un ANVA completo al azar con arreglo factorial de 2^3 con tres repeticiones, cuyo modelo matemático fue:

$$Y_{ijk} = U + A_i + B_j + (A*B)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} = Resultado de la evaluación

U = Efecto medio de las evaluaciones

A_i = % de sustitución con yuca cocida fermentada con 3 niveles: 1, 2 y 3

B_j = % de sustitución de levadura con 3 niveles: 1, 2, y 3.

E_{ij} = Error experimental

Para el ajuste de parámetros del amasado, fermentado y horneado se aplicó el mismo diseño estadístico, cuya ecuación matemática fue:

$$Y_{ijk} = U + t_i + T_j + (t \cdot T)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} = Resultado de la evaluación

U = Efecto medio de las evaluaciones

t_i = Tiempo de fermentación con 3 niveles: 1, 2 y 3

B_j = Temperatura y tiempo de horneado con 3 niveles: 1, 2, y 3.

E_{ij} = Error experimental

3.7.2. Para la aceptabilidad

Elaborado el bizcocho, se evaluó la aceptabilidad mediante un análisis sensorial de color, aroma, sabor, corteza y miga; se encargaron de calificar según sus preferencias, cuyos resultados cuantificados fueron sometidos a un análisis de varianza DCA simple con 3 repeticiones, cuyo modelo matemático fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + R_j + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} : Respuesta de la aceptabilidad.

μ : Media poblacional.

T_i : Efecto de la calificación del sabor

R_j : Efecto de las repeticiones.

E_{ijk} : Error experimental.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Obtención y caracterización de la yuca cocida fermentada

Como se planteó en la metodología en la producción de yuca cocida fermentada no se evaluó los efectos de las condiciones de operación, solamente se tuvo en cuenta el tiempo de fermentación, a continuación se presentan los resultados obtenidos y el análisis de los mismos.

4.1.1. Descripción del proceso

Pesado

Se realizó el pesado de las raíces de yuca de la variedad blanca crema, las mismas que se las adquirió en el mercado de la ciudad de Tingo María, las cuales provienen de la zona de Aucayacu, dicho pesado se lo realizó mediante una balanza digital.

Despuntado

Algunas raíces de yuca, presentan las puntas deterioradas, por lo cual estas deben ser separadas con la utilización de un cuchillo.

Pelado

Se procedió a eliminar la corteza de la yuca, mediante un pelado manual con la ayuda de un cuchillo.

Troceado

Esta operación consistió primeramente en reducir el tamaño de la yuca y luego retirar las venas; lo cual facilitará en el proceso de cocción y deformado.

Lavado

Se procedió al lavado de las raíces de yuca con la finalidad de eliminar ciertas impurezas presentes en esta, para lo cual se empleó agua potable.

Cocción

Esta operación consistió en cocinar la yuca, una vez que el agua llegó a ebullición hasta una temperatura de 92°C, se colocó las yucas en el agua por un tiempo de 30 minutos.

Molido e inoculado

Se retiró la yuca y se colocó en un recipiente metálico con la finalidad de deformarla (aplastarla), para así obtener una masa homogénea, allí se inoculó 1,47% de levadura activada.

Fermentado

Se procedió a colocar las masas homogéneas de yuca sancochada inoculadas en recipientes cerrados, para luego ser llevadas a la cámara de fermentación por un tiempo de 72 horas con la finalidad que se produzca el proceso de fermentación en donde las levaduras actúan sobre la masa de yuca produciendo el masato.

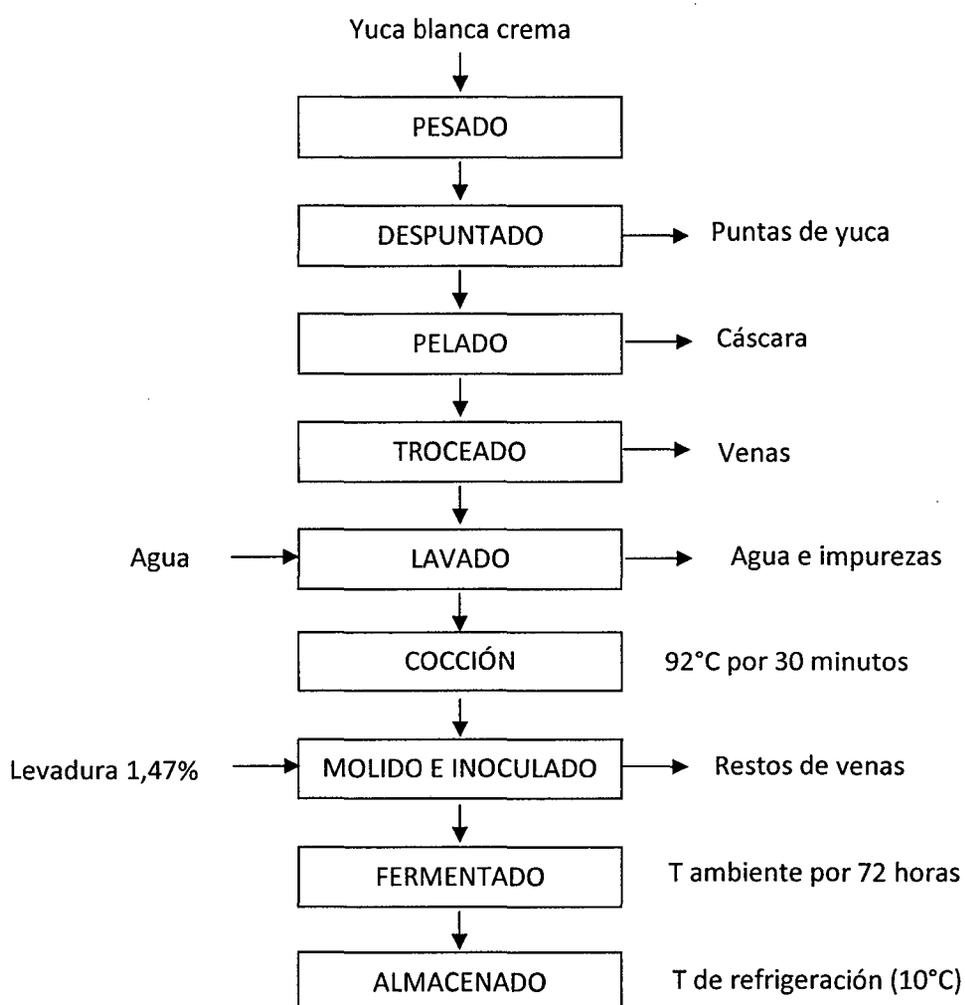


Figura 8. Diagrama de flujo para obtener masa de yuca cocida fermentada.

Almacenado

La masa de yuca fermentada fue almacenada a la temperatura de refrigeración a 10 °C, para ser usado durante la ejecución del trabajo.

4.1.2. Caracterización de la masa de yuca cocida fermentada

Al realizar los análisis de la masa de yuca fermentada se obtuvieron los resultados que se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 3. Análisis fisicoquímico y microbiológico de masa de yuca cocida y fermentada.

Parámetro determinado	Unidad	Promedio
Humedad	g	45,59 ± 0,02
Grasa	g	0,10 ± 0,02
Proteína	g	0,21 ± 0,02
Cenizas	g	1,91 ± 0,02
Azúcares reductores libres	g	11,06 ± 0,20
Fibra	g	1,09 ± 0,02
Carbohidratos totales	g	28,73 ± 0,11
Densidad	g/cm ³	1,027±0.003
Recuento estándar en placa	UFC/g	33 ± 1
Recuento mohos	UFC/g	5 ± 1
Recuento levaduras	UFC/g	24,33 ± 0,57

Como se puede apreciar la masa de yuca cocida fermentada para sustituir parcialmente la harina de trigo en la elaboración del bizcocho, tiene escasa grasa y proteínas pero si tiene u elevado contenido de carbohidratos, lo

cual lo convierte en un producto con buenas características para la elaboración de panes y productos similares como el biscocho.

Se puede notar también la presencia considerable de levaduras donde están presentes las levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* y levaduras salvajes provenientes del medio ambiente, no descontándose también la presencia de mohos y otros microorganismos.

4.2. Pruebas preliminares

En las pruebas preliminares se hicieron pruebas para la formulación donde se evaluó sabor, color, olor y textura y para el tiempo de fermentado y temperatura y tiempo de horneado.

4.2.1. Para la formulación

En la formulación se obtuvieron los resultados para el sabor, color, olor y textura que a continuación detallamos.

4.2.1.1. Para el sabor

En el anexo 7 se tiene el ANVA del análisis del sabor efectuado, como se observa cuando nos referimos a los niveles de sustitución con masato ningún tratamiento es igual ya que el P valor es menor que 0,05, lo que demuestra estadísticamente que existe un tratamiento óptimo, lo mismo sucede con la interacción de las variables masa de yuca fermentada con niveles de sustitución de levadura

En el cuadro 4 se tiene la optimización el sabor, con un valor óptimo de 7,922 que corresponde a gusta muchísimo donde la cantidad optima de yuca está muy próxima a 100 gramos y la cantidad de levadura esta próxima a 3,67 gramos, que son las cantidades optimas de las variables cuando nos referimos al sabor.

Cuadro 4. Optimización de la respuesta maximizando el sabor.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Masa de Yuca	75,00	125,00	98,547
Levadura	1,83	5,51	3,581

Valor óptimo = 7,922

En la figura 9 donde se aprecia los efectos principales de la masa de yuca y de la levadura se ve claramente esta tendencia.

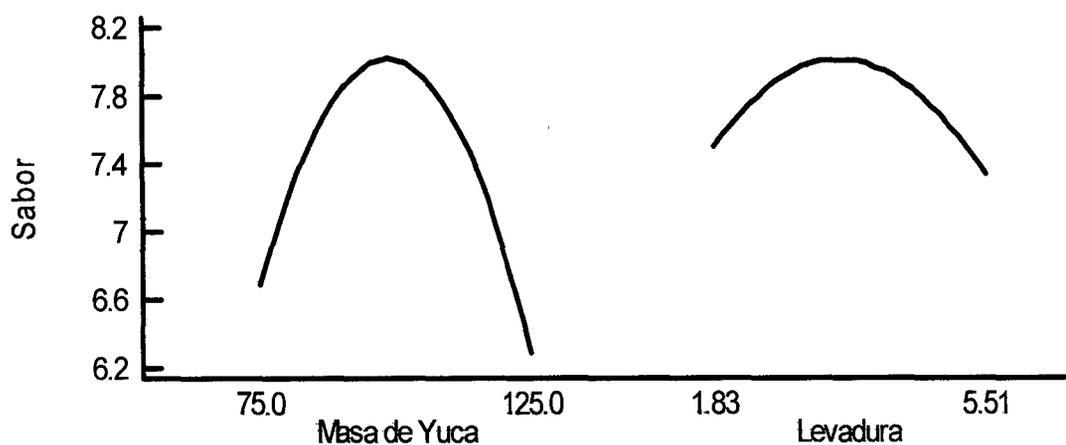


Figura 9. Efectos principales de la masa de yuca fermentada y de la levadura en el sabor del bizcocho.

En las figuras 10 y 11 que corresponden a la superficie de respuesta se puede apreciar la cúspide de maximización del sabor, apreciándose de que existe un tratamiento óptimo.

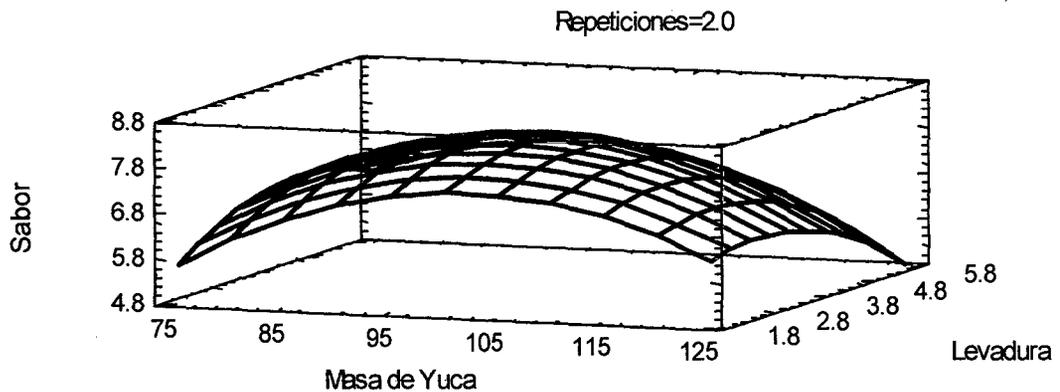


Figura 10. Superficie de respuesta estimada para el sabor de bizcocho en función del masato y de la levadura.

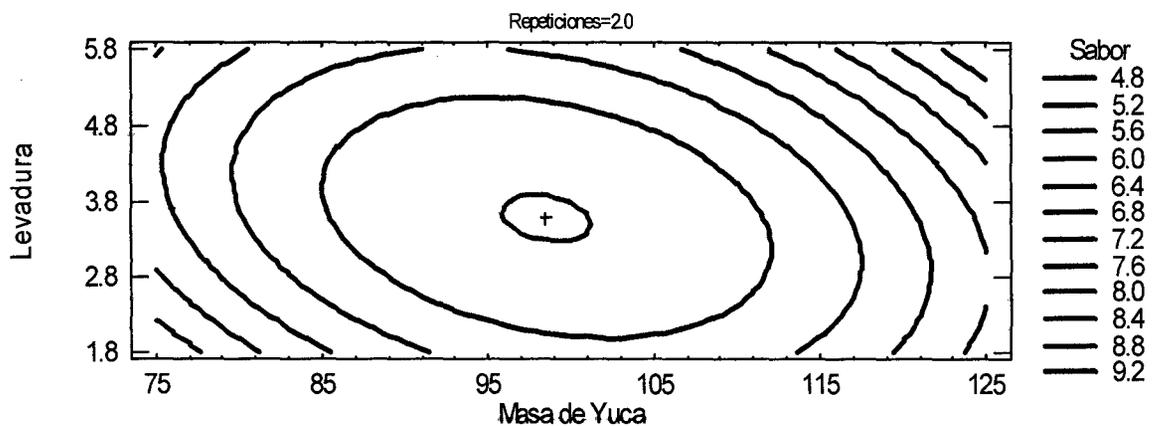


Figura 11. Contornos de la superficie de respuesta estimada del sabor del bizcocho en función del masato y de la levadura.

4.2.1.2. Para el olor

En el anexo 8 se tiene el ANVA para el olor del bizcocho.

Vemos que en las variables en forma independiente no hay diferencia estadística, pero si las hay en las interacciones de las dos variables y entre sí lo que demuestra que los tratamientos no son iguales, existiendo por lo tanto un tratamiento óptimo.

En el cuadro 5 vemos que el valor óptimo es 8,195, que indica un alto nivel de aceptación con valor que se aproximan a 100 gramos para la yuca cocida fermentada y se aproxima a 3,67 gramos para la levadura, que constituyen los valores óptimos.

Cuadro 5. Optimización de la respuesta maximizando el olor.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Masa de yuca	75,00	125,00	99,431
Levadura	1,83	5,51	3,582

Valor óptimo = 8,195

En la figura 12 se tiene los efectos principales del olor del biscocho con yuca cocida fermentada, donde vemos que el máximo valor es para 100 y para 3,67 respectivamente.

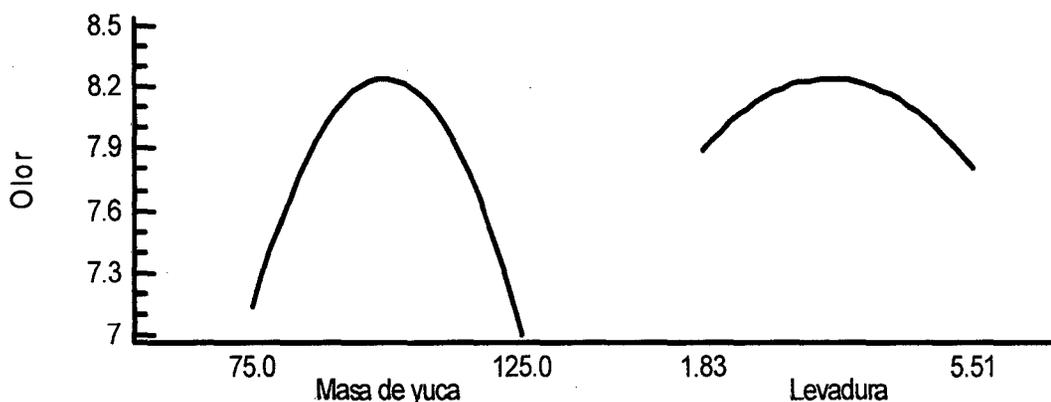


Figura 12. Efectos principales de la masa de yuca fermentada y de la levadura en el olor del biscocho.

En las figuras 13 y 14 se confirma esta tendencia, pudiendo apreciar con claridad la superficie de respuesta y las curvas donde se nota claramente el punto óptimo.

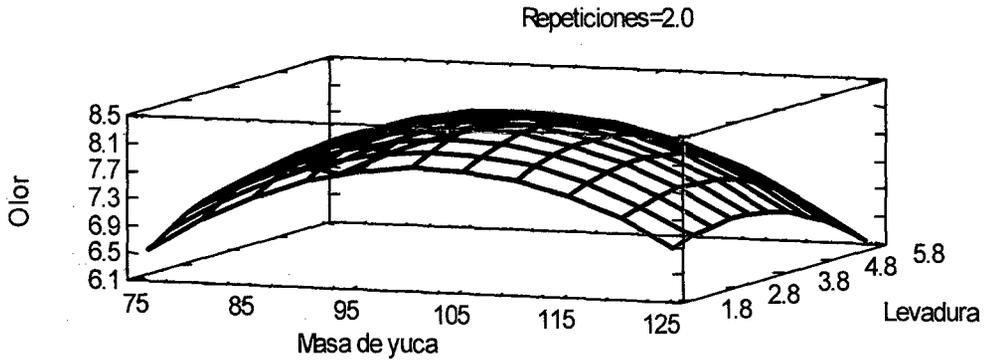


Figura 13. Superficie de respuesta estimada para el olor de bizcocho en función del masato y de la levadura.

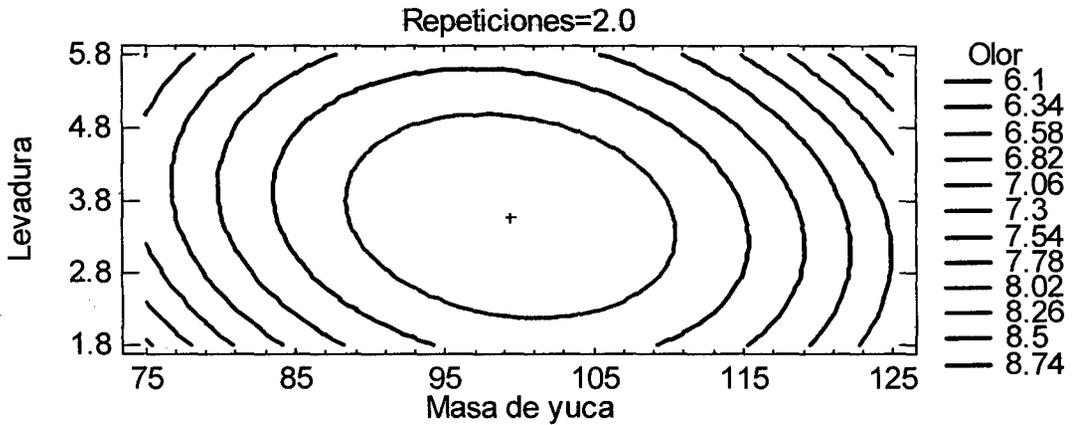


Figura 14. Contornos de la superficie de respuesta estimada del olor del bizcocho en función del masato y de la levadura.

4.2.1.3. Para el color

La tendencia en el color es igual que para el sabor habiendo diferencia para la masa de yuca fermentada y para las interacciones, tal como vemos en el anexo 9, lo cual es una clara muestra de que si existe un tratamiento mejor que es el óptimo.

En el cuadro 6 se tiene un valor óptimo del color del biscocho que está en la calificación de agrandar mucho. El valor óptimo de la yuca sancochada fermentada esta próximo a 100 gramos y de la levadura se aproxima a 3,67.

Cuadro 6. Optimización de la respuesta maximizando el color.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Masa de yuca	75,00	125,00	97,790
Levadura	1,83	5,51	3,802

Valor óptimo = 7,832

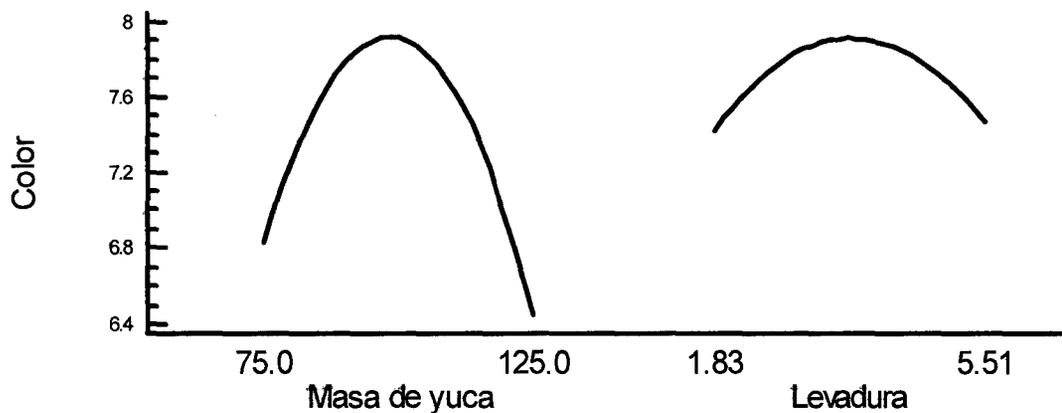


Figura 15. Efectos principales de la masa de yuca fermentada y de la levadura en el color del biscocho.

Las figuras 15, 16 y 17 no hacen otra cosa que confirmar esta tendencia, observándose con claridad los valores óptimos de las variables y el punto óptimo.

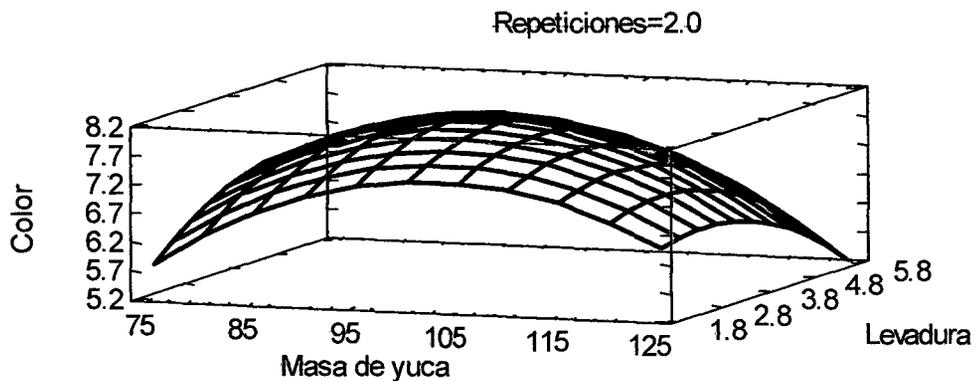


Figura 16. Superficie de respuesta estimada para el color de bizcocho en función del masato y de la levadura.

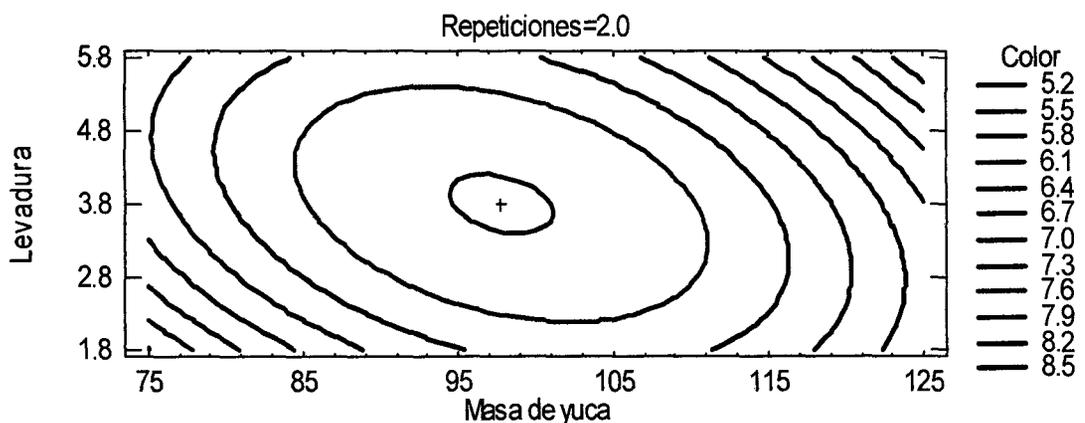


Figura 17. Contornos de la superficie de respuesta estimada del color del bizcocho en función del masato y de la levadura.

4.2.1.4. Para la textura

En la textura del bizcocho la tendencia es igual que para el sabor y el color, lo que permite afirmar que el mejor biscocho fue aquel que se elaboró con 100 gramos de masa de yuca cocida fermentada y utilizando

únicamente 3,67 gramos de levadura. El anexo 10 y el cuadro 7 y las figuras 18, 19 y 20 así lo confirman.

Cuadro 7. Optimización de la respuesta maximizando la textura.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Masa de yuca	75,00	125,00	98,551
Levadura	1,83	5,51	3,580

Valor óptimo = 7,922

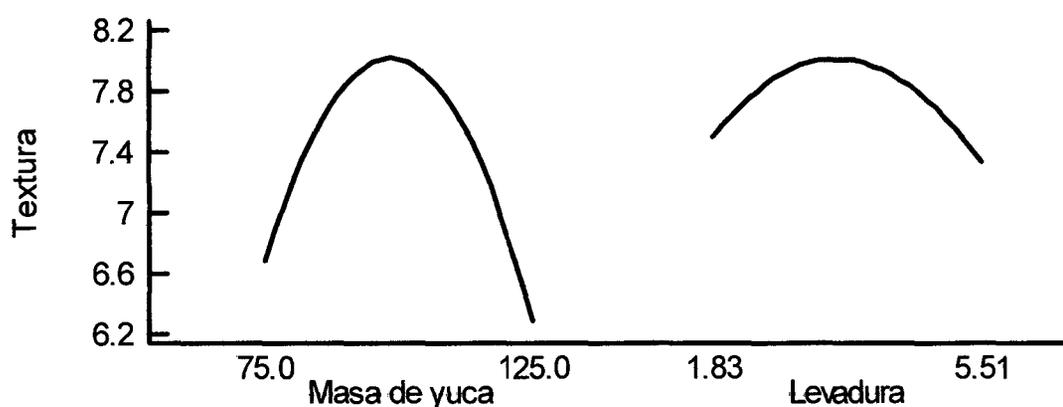


Figura 18. Efectos principales de la masa de yuca fermentada y de la levadura en la textura del bizcocho.

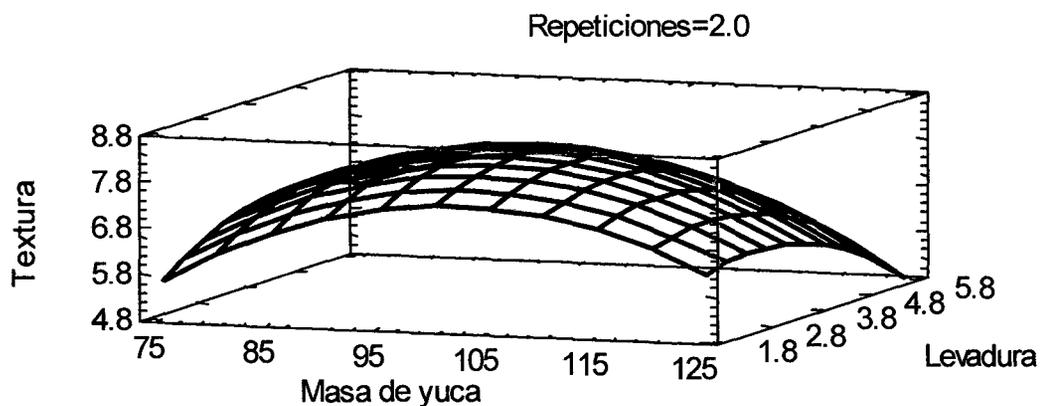


Figura 19. Superficie de respuesta estimada para la textura de bizcocho en función del masato y de la levadura.

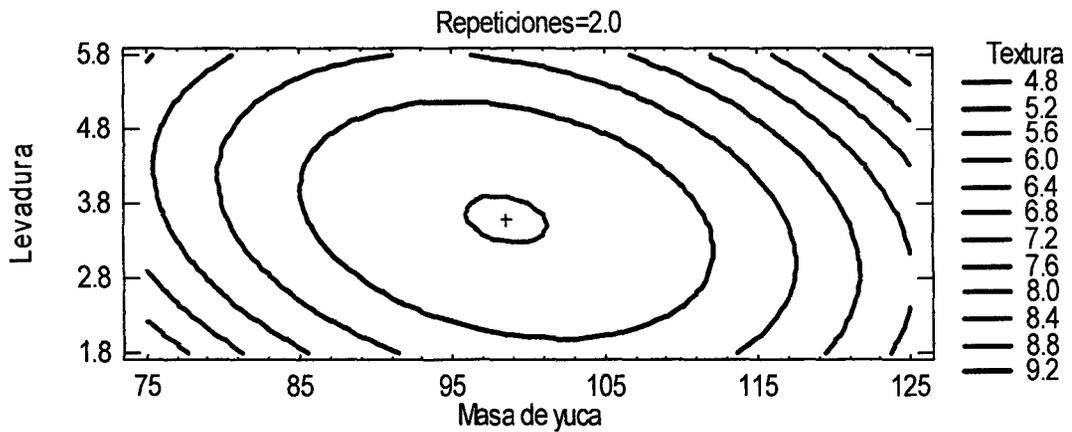


Figura 20. Contornos de la superficie de respuesta estimada de la textura del bizcocho en función del masato y de la levadura.

4.2.2. Para el tiempo de fermentación y temperatura por tiempo de horneado

4.2.2.1. Determinación del peso en el bizcocho

Esta variable se midió una vez que se le realizó la formulación óptima del bizcocho, los resultados se muestran en el cuadro 8.

A simple vista se observa que los pesos son casi similares, para encontrar diferencia estadística fue necesario un ANVA que nos permita establecer si hay diferencia o no para poder establecer un tratamiento óptimo, esto lo tenemos en el anexo 11, allí vemos que no existe diferencia estadística y es confirmada por la prueba de Tukey del cuadro 9, tanto para el tiempo de fermentación como para la temperatura de horneado con el tiempo que tardó esta operación.

Cuadro 8. Promedio de pesos en los bizcocho.

Tratamientos	Media (gramos)
t1T1	48,97
t1T2	48,83
t1T3	48,90
t2T1	48,67
t2T2	48,97
t2T3	49,03
t3T1	49,00
t3T2	49,03
t3T3	49,13

En la figura 21 de los promedios se puede apreciar con mucha claridad esta tendencia del peso, lo que nos permite afirmar en forma categórica que todos los tratamientos son iguales cuando nos referimos al peso del bizcocho elaborado con masato.

Cuadro 9. Pruebas de múltiple rangos Tukey HSD para Peso por Tiempo de Fermentación y temperatura y tiempo de horneado.

Variables	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
θ de Fermentación				
1.5	3	48,89	0,073	A
1	3	48,90	0,073	A
2	3	49,05	0,073	A
T° y θ de Horneado				
150	3	48,88	0,073	A
175	3	48,94	0,073	A
200	3	49,02	0,073	A

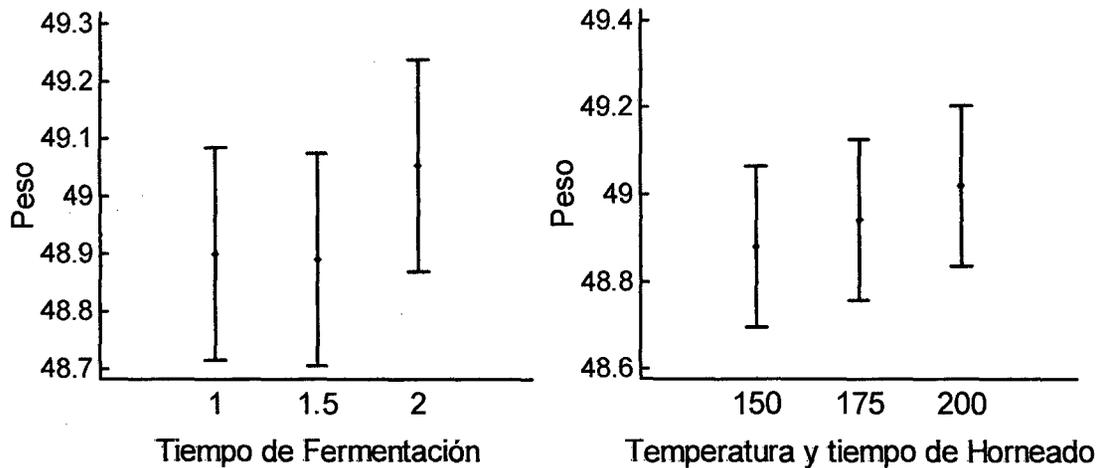


Figura 21. Medias según Tukey HSD par el peso según tiempo de fermentación y temperatura y tiempo de horneado.

Pero a pesar de la no significancia estadística, al graficar las medias de los tratamientos se pudo observar una diferencia de pesos, teniendo como mejor tratamiento el que corresponde a 2 horas de fermentado y a 200 °C por 10 minutos de horneado.

4.2.2.2. Determinación del volumen en el bizcocho

Esta variable se midió una vez que se obtuvo el producto formulado elaborado a diferentes tiempos de fermentación y diferentes temperaturas y tiempos de horneado, los resultados se muestran en el cuadro 10.

Acorde con el análisis de varianza para el volumen en el bizcocho final, se detectó que existe alta significación estadística para tratamientos, para el factor tiempo de fermentación y no para el factor temperatura y tiempo de horneado.

Luego de detectada la significación estadística se realizaron las pruebas de diferencia estadística Tukey HSD para los dos factores que se estudió.

Cuadro 10. Promedio de Volúmenes en los bizcochos.

Tratamientos	Media (gramos)
t1T1	109
t1T2	113
t1T3	119
t2T1	119
t2T2	121
t2T3	119
t3T1	121
t3T2	125
t3T3	128

Cuadro 11. Pruebas de múltiple rangos Tukey HSD para Volumen por Tiempo de Fermentación y temperatura y tiempo de horneado.

VARIABLES	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
θ de Fermentación				
1.5	3	113.667	1.563	A
1	3	119.667	1.563	AB
2	3	124.667	1.563	B
T° y θ de Horneado				
150	3	116,333	1,563	A
175	3	119,667	1,563	A
200	3	122,000	1,563	A

Al graficar las medias de los tratamientos se pudo observar una diferencia de volúmenes, teniendo como mejor tratamiento el que corresponde a 2 horas de fermentado, y 200 °C por 10 minutos por que representa a la mejor media de volumen en el bizcocho.

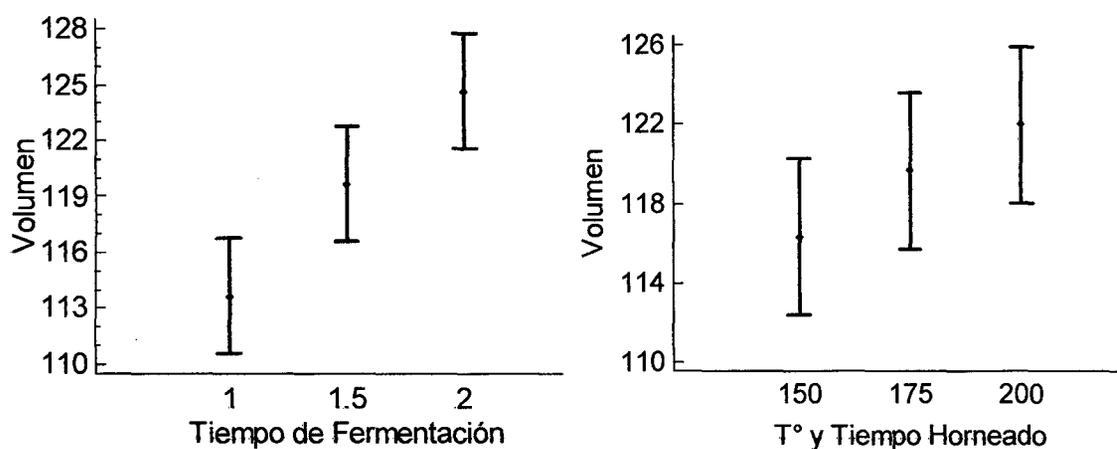


Figura 22. Medias según Tukey HSD para el volumen según tiempo de fermentación y temperatura y tiempo de horneado.

4.2.2.3. Determinación del peso específico en el bizcocho

Esta variable se midió una vez que se formuló el producto para luego estudiar el tiempo de fermentado y la temperatura y tiempo de horneado, los resultados se muestran en el cuadro 12.

Cuadro 12. Promedio del peso específico en el bizcocho.

Tratamientos	Media (gramos)
t1T1	0,4499
t1T2	0,4310
t1T3	0,4098
t2T1	0,4101
t2T2	0,4097
t2T3	0,4112
t3T1	0,4051
t3T2	0,3933
t3T3	0,3833

Acorde con el análisis de varianza del anexo 13, para los pesos específicos en el bizcocho formulado, se detectó que existe alta significación estadística para los tratamientos que tiene que ver con el tiempo de fermentación, más no así para el factor temperatura y tiempo de horneado.

Luego de detectada la significación estadística en la primera variable, se realizaron la prueba de diferencia estadística de Tukey HSD, que se muestra en el cuadro 13, donde se aprecia que el tratamiento con menos peso específico corresponde a 2 horas de fermentado y a 200 °C por 10 minutos, pero es necesario recalcar que constituye el mejor tratamiento debido a que tuvo mayor volumen lo que origina que tenga el menor pesos específico.

Cuadro 13. Pruebas de múltiple rangos Tukey HSD para peso específico por Tiempo de Fermentación y temperatura y tiempo de horneado.

Variables	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
θ de Fermentación				
2	3	0,393	0,006	A
1.5	3	0,410	0,006	AB
1	3	0,430	0,006	B
T° y θ de Horneado				
200	3	0,401	0,006	A
175	3	0,411	0,006	A
150	3	0,421	0,006	A

Al graficar las medias de los tratamientos se pudo observar una diferencia de pesos específicos, teniendo como mejor tratamiento aquel que tiene la menor media que corresponde a 2 horas de fermentado y 200 °C por 10 minutos.

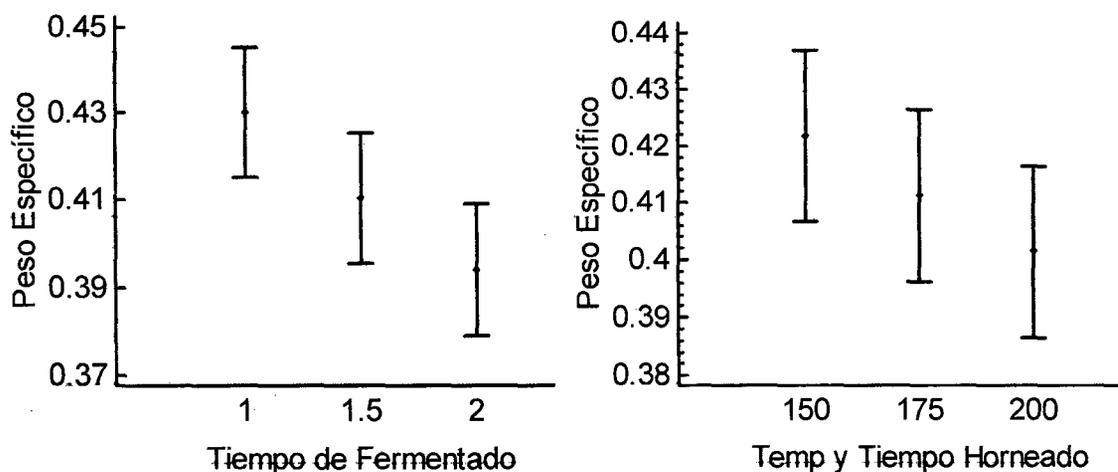


Figura 23. Medias según Tukey HSD para el peso específico según tiempo de fermentación y temperatura y tiempo de horneado.

4.2.2.4. Análisis organoléptico

En el análisis organoléptico del bizcocho se analizaron el color, el aroma, el sabor, la corteza y la miga, para ello intervinieron 13 panelistas semientrenados, quienes evaluaron los 9 tratamientos que resultaron de tres tiempos de fermentación y tres temperaturas de horneado con su respectivo tiempo.

Apreciación del color

Cuadro 14. Promedio de la apreciación del color del bizcocho elaborado.

Panel	1 hora			1.5 horas			2 horas		
	150°C	175°C	200°C	150°C	175°C	200°C	150°C	175°C	200°C
1	4	6	5	5	6	7	6	6	8
2	6	5	5	5	5	7	7	7	7
3	5	4	6	6	6	6	7	6	8
4	4	5	6	5	6	7	6	6	8
5	6	4	5	6	7	6	7	7	8
6	4	5	5	7	5	6	7	7	8
7	5	4	4	5	5	5	6	7	7
8	5	5	5	6	7	6	6	8	7
9	4	5	5	6	6	7	7	7	8
10	4	5	5	6	7	5	6	6	8
11	5	4	6	7	5	7	7	7	7
12	5	5	5	5	5	6	6	6	7
13	5	6	6	5	7	7	6	7	8
X	4,769	4,846	5,230	5,692	5,923	6,307	6,461	6,692	7,615

Luego de establecer los rangos del puntaje otorgado por trece panelistas lo cual se aprecia en el cuadro 14, para nueve tratamientos más un testigo, se observó que existe una alta significación tanto para el tiempo de

fermentación como para la temperatura y tiempo de horneado tal como se ve en el anexo 14, lo cual indica que estadísticamente las 9 muestras son diferentes, lo que quiere decir que los tratamientos tuvieron una aceptabilidad del color en forma variada, existiendo un tratamiento óptimo para lo cual establecimos las pruebas de múltiples rangos Tukey HSD del cuadro 15.

Cuadro 15. Pruebas de múltiple rangos Tukey HSD para el color en función al tiempo de Fermentación y temperatura y tiempo de horneado.

Variables	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
θ de Fermentación				
1	3	4,948	0,114	A
1,5	3	5,974	0,114	B
2	3	6,923	0,114	C
T° y θ de Horneado				
150	3	5,641	0,114	A
175	3	5,821	0,114	AB
200	3	6,384	0,114	B

Al graficar las medias de los tratamientos se pudo observar que el tratamiento de 2 horas de fermentación con un horneado de 200 °C por 10 minutos, tuvo mayor aceptabilidad de color con un rango de 6,384 a 6,923 lo que significa que tiene un color entre dorado a ligeramente moreno que es de gran aceptabilidad en bizcochos.

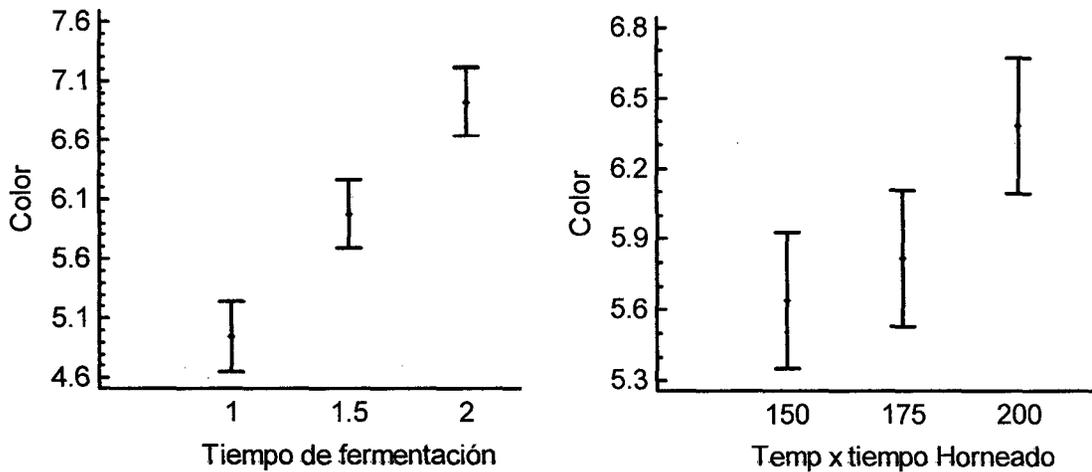


Figura 24. Medias según Tukey HSD para el color según tiempo de fermentación y temperatura y tiempo de horneado.

Apreciación del Aroma

Establecido los rangos del puntaje otorgado por trece panelistas para nueve tratamientos del cuadro 16, se observó en el anexo 15 que si existe diferencia significativa por el tiempo de fermentación, pero no existe diferencias significativas para la temperatura y tiempo de horneado, lo cual indica que estadísticamente las 9 muestras no son iguales, lo que quiere decir que no todos tuvieron la misma aceptabilidad en relación al aroma, existiendo un mejor tratamiento.

Cuadro 16. Promedio de la apreciación del aroma del bizcocho elaborado.

Panel	1 hora			1.5 horas			2 horas		
	150°C	175°C	200°C	150°C	175°C	200°C	150°C	175°C	200°C
1	6	6	5	5	6	7	7	8	8
2	6	5	5	7	5	7	7	7	7
3	5	6	6	6	6	7	7	7	7
4	6	5	6	5	6	7	8	6	8
5	6	6	5	6	7	6	7	7	8
6	4	5	5	7	7	6	7	7	8
7	5	6	5	7	7	7	6	7	7
8	5	5	5	6	7	6	6	8	7
9	6	5	5	6	6	7	7	7	8
10	4	5	5	6	7	6	8	8	8
11	5	6	6	7	5	7	7	7	7
12	5	5	5	7	7	6	7	7	7
13	5	6	6	5	7	7	8	7	8
X	5,231	5,461	5,307	6,153	6,384	6,615	7,076	7,154	7,538

Cuadro 17. Pruebas de múltiple rangos Tukey HSD para el aroma en función al tiempo de Fermentación y temperatura y tiempo de horneado.

Variables	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
θ de Fermentación				
1		5,333	0,086	A
1,5		6,384	0,086	B
2		7,256	0,086	C
T° y θ de Horneado				
150		6.15385	0,086	A
175		6.33333	0,086	A
200		6.48718	0,086	A

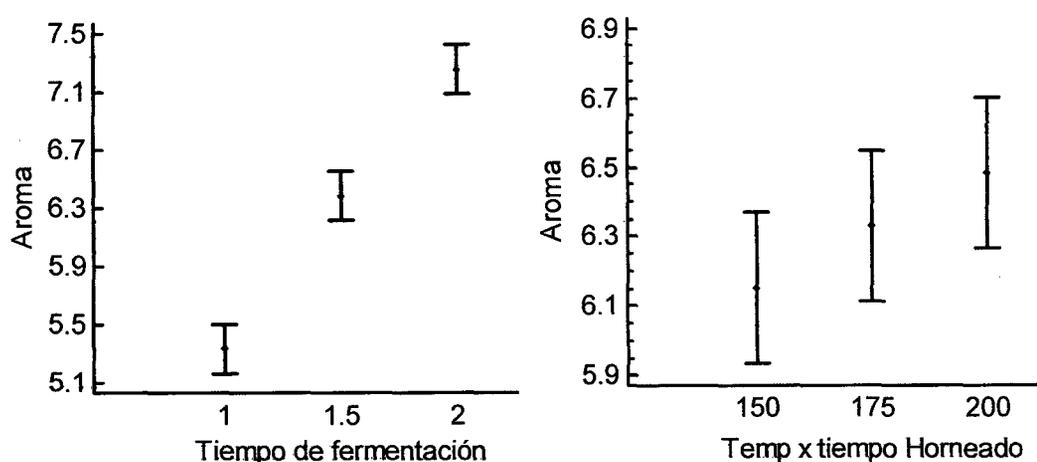


Figura 25. Medias según Tukey HSD para el aroma según tiempo de fermentación y temperatura y tiempo de horneado.

Al graficar las medias de los tratamientos se pudo observar que el tratamiento de 2 horas de fermentado es el mejor para el aroma porque tuvo mayor aceptabilidad con un rango de 7,256 seguido del 1,5 horas, lo que significa que tienen el olor característico de un bizcocho. Mientras que el de 1 hora fue el que menos aceptabilidad tuvo por parte de los panelistas. Es

necesario indicar que a pesar que al analizar la temperatura y tiempo de horneado no fue significativo, pero al juntarse con el tiempo de fermentación el mejor tratamiento constituye el de 200 °C por 10 minutos.

Apreciación del sabor

Cuadro 18. Promedio de la apreciación del sabor del bizcocho elaborado.

Panel	1 hora			1.5 horas			2 horas		
	150°C	175°C	200°C	150°C	175°C	200°C	150°C	175°C	200°C
1	4	6	5	5	6	6	6	6	8
2	4	5	5	4	5	5	7	7	7
3	5	4	4	6	6	6	8	8	7
4	4	5	4	5	6	6	7	6	8
5	4	4	5	6	5	5	6	7	8
6	4	5	5	4	5	5	7	6	8
7	5	6	5	4	5	6	6	7	7
8	5	5	5	6	5	5	6	8	7
9	4	5	5	6	6	6	7	7	8
10	4	5	5	6	5	5	6	8	8
11	5	4	4	4	5	6	7	7	7
12	5	5	5	5	6	5	6	6	7
13	5	4	6	5	5	6	8	7	8
X	4,462	4,846	4,846	5,076	5,384	5,538	6,692	6,923	7,538

En el cuadro 18 luego de establecer los rangos del puntaje otorgado por trece panelistas para nueve tratamientos, se observó en el anexo 16 que si existen diferencias significativas para las dos variables en estudio, lo

cual indica que estadísticamente las 9 muestras son diferentes existiendo un mejor tratamiento que corresponde según el cuadro 29 al de 2 horas de fermentación y 200 °C por 10 minutos, lo que quiere decir que este tratamiento tuvo la mayor aceptabilidad.

Cuadro 19. Pruebas de múltiple rangos Tukey HSD para el sabor en función al tiempo de Fermentación y temperatura y tiempo de horneado.

Variables	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
θ de Fermentación				
1	3	4,717	0,097	A
1,5	3	5,333	0,097	B
2	3	7,051	0,097	C
T° y θ de Horneado				
150	3	5,410	0,097	A
175	3	5,717	0,097	A B
200	3	5,974	0,097	B

En la figura 26 al graficar las medias de los tratamientos se pudo observar que el mejor tratamiento efectivamente es aquel que corresponde al de 2 horas de fermentación con un horneado de 200 °C por 10 minutos, tuvo mayor aceptabilidad con un rango de 5,974 a 7,051 lo que significa que tiene el sabor característico de un bizcocho fresco.

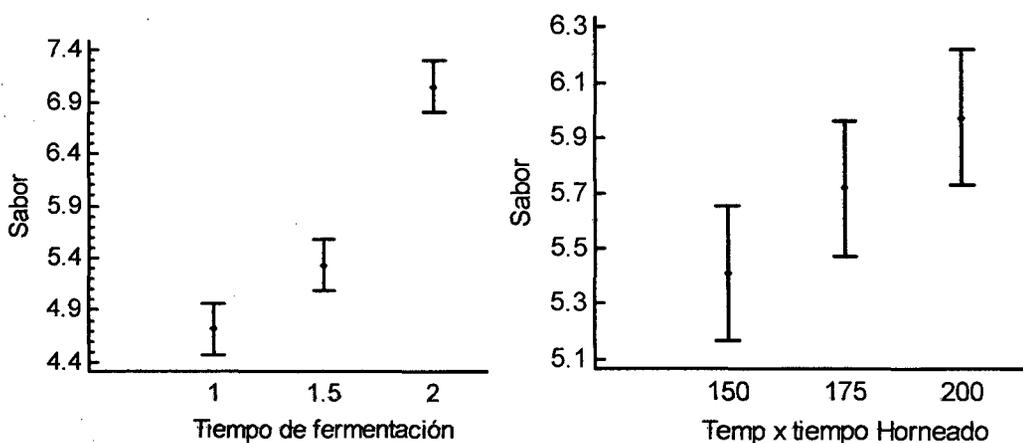


Figura 26. Medias según Tukey HSD para el sabor según tiempo de fermentación y temperatura y tiempo de horneado.

Apreciación de la corteza

En el cuadro 20 se tiene los rangos del puntaje otorgado por trece panelistas para nueve tratamientos. En el anexo 17 se observó que existe diferencias significativas para la primera variable, más no así para la segunda, lo cual indica que estadísticamente las 9 muestras no son iguales, lo que quiere decir que uno de ellos tuvo la mayor aceptabilidad y corresponde al tratamiento de 2 horas de fermentación con un horneado de 200 °C por 10 minutos que nos muestra el cuadro 21.

Cuadro 20. Promedio de la apreciación de la corteza del bizcocho elaborado.

Panel	1 hora			1.5 horas			2 horas		
	150°C	175°C	200°C	150°C	175°C	200°C	150°C	175°C	200°C
1	4	5	5	5	6	5	6	6	8
2	4	5	5	7	5	7	7	7	7
3	5	4	4	6	6	5	7	6	7
4	6	5	4	5	6	7	5	6	8
5	4	4	5	6	7	6	7	7	8
6	4	5	5	7	5	6	7	6	8
7	5	4	5	5	7	7	6	7	7
8	5	5	5	6	5	6	6	5	7
9	6	5	5	5	6	7	7	7	8
10	5	5	5	6	7	6	6	6	8
11	4	4	4	7	5	7	7	7	7
12	5	5	5	7	7	6	6	6	7
13	4	6	6	5	7	5	5	7	8
X	4,692	4,769	4,846	5,923	6,076	6,153	6,307	6,384	7,538

Cuadro 21. Pruebas de múltiple rangos Tukey HSD para la corteza en función al tiempo de Fermentación y temperatura y tiempo de horneado.

Variables	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
θ de Fermentación				
1	3	4,769	0,204	A
1,5	3	6,051	0,204	B
2	3	6,743	0,204	B
T° y θ de Horneado				
150	3	5,641	0,204	A
175	3	5,743	0,204	A
200	3	6,179	0,204	A

En la figura 27 de las medias de los tratamientos se pudo observar que el la tendencia descrita del mejor tratamiento corresponde al de 2 horas de fermentación, pero en el horneado no hay diferencia lo que significa que todos los tratamientos tienen una corteza uniforme sin quemaduras ni hollín.

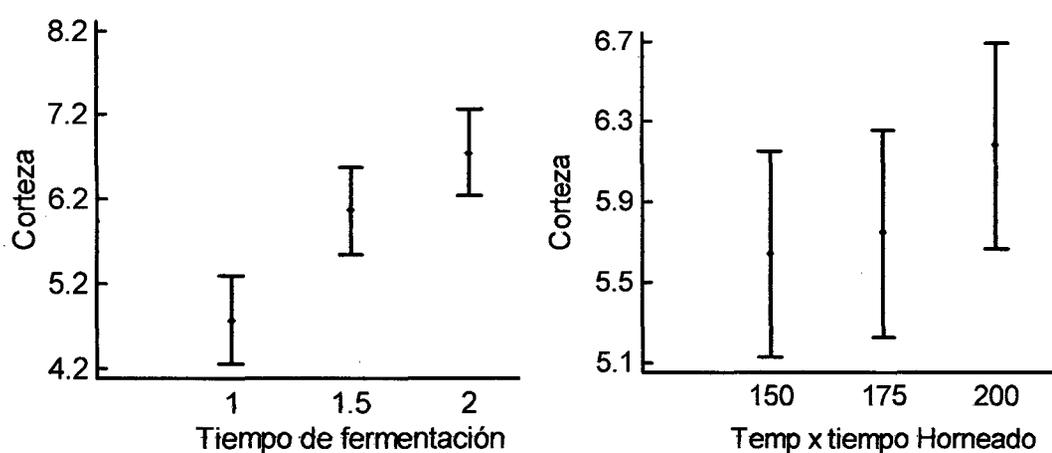


Figura 27. Medias según Tukey HSD para la corteza según tiempo de fermentación y temperatura y tiempo de horneado.

Apreciación de la miga

En el cuadro 22 se tiene los rangos del puntaje otorgado por trece panelistas para nueve tratamientos de la miga.

Cuadro 22. Promedio de la apreciación de la miga del bizcocho elaborado.

Panel	1 hora			1.5 horas			2 horas		
	150°C	175°C	200°C	150°C	175°C	200°C	150°C	175°C	200°C
1	4	5	5	5	6	7	6	6	8
2	6	5	5	4	5	5	7	7	7
3	5	3	3	6	6	5	7	6	7
4	6	5	6	5	6	7	7	6	8
5	3	6	5	6	4	6	7	7	8
6	4	5	5	7	7	6	7	6	8
7	5	4	5	7	4	7	6	7	7
8	5	5	5	6	7	6	6	8	7
9	3	5	5	6	6	7	7	7	8
10	4	5	5	6	7	6	6	6	8
11	5	4	6	4	5	7	7	7	7
12	5	5	5	4	7	6	6	6	7
13	5	6	6	5	4	5	6	7	8
X	4,615	4,846	5,076	5,461	5,692	6,153	6,538	6,615	7,538

En el anexo 18 se observó que existen diferencias significativas para los nueve tratamientos que corresponde a las dos variables, lo cual indica que estadísticamente existe un tratamiento óptimo lo cual según el cuadro 23

corresponde al de 2 horas de fermentación con un horneado de 200 °C por 10 minutos.

Cuadro 23. Pruebas de múltiple rangos Tukey HSD para la miga en función al tiempo de Fermentación y temperatura y tiempo de horneado.

Variables	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
θ de Fermentación				
1	3	4,846	0,106	A
1,5	3	5,769	0,106	B
2	3	6,897	0,106	C
T° y θ de Horneado				
150	3	5,538	0,106	A
175	3	5,717	0,106	A
200	3	6,256	0,106	B

En la figura 28 de las medias de los tratamientos se observó que en realidad el mejor tratamiento corresponde al de 2 horas de fermentación, con un horneado de 200 °C por 10 minutos con una aceptabilidad comprendido entre 6,256 para el horneado y 6,897 para la fermentación.

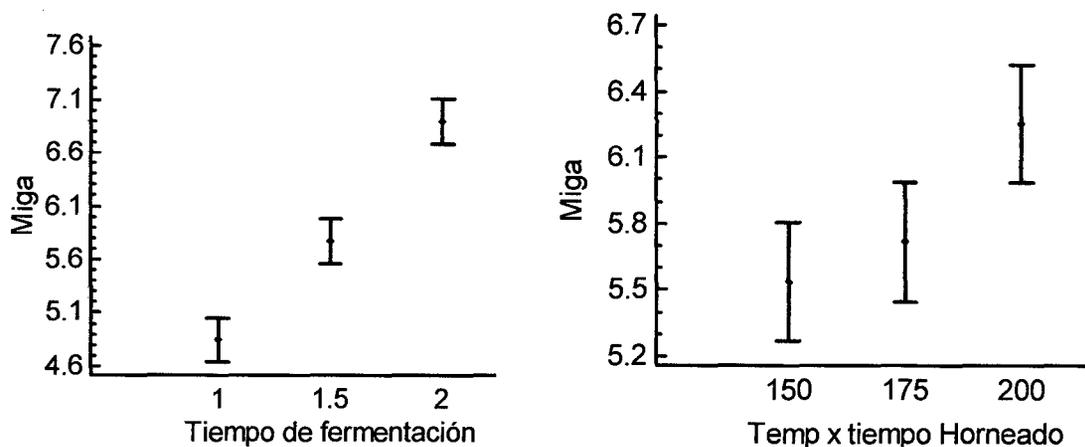


Figura 28. Medias según Tukey HSD para la miga según tiempo de fermentación y temperatura y tiempo de horneado.

4.3. Pruebas definitivas

Formulado y determinado los tratamientos óptimos del bizcocho llevado a cabo en las pruebas preliminares se procedió a establecer el diagrama de flujo definitivo con su respectivo balance de materia y rendimientos que detallamos a continuación.

4.3.1. Diagrama de flujo definitivo

En la figura 29 se tiene el diagrama de flujo definitivo para elaborar bizcocho con yuca cocinada fermentada cuyas operaciones describimos a continuación.

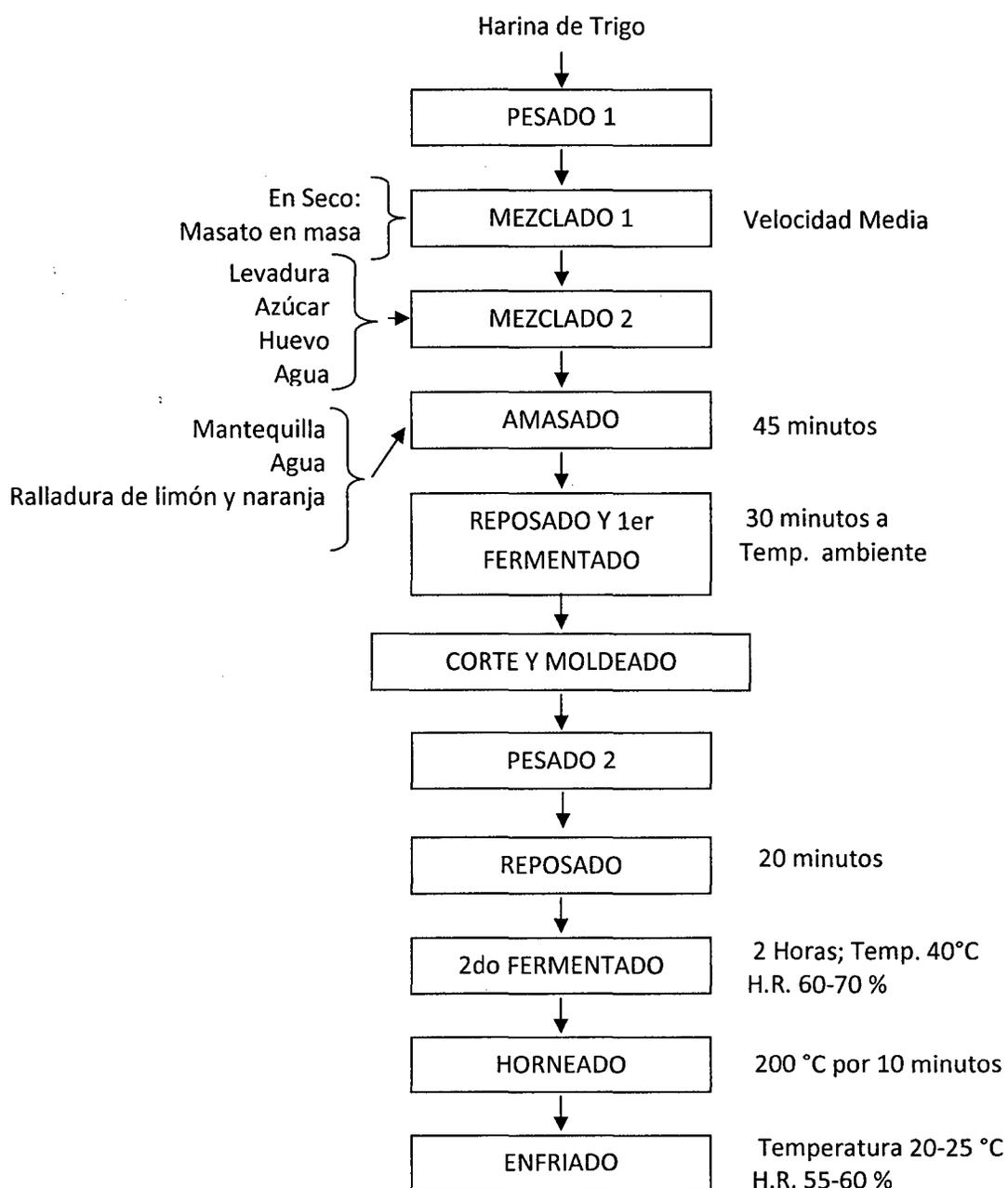


Figura 29. Diagrama de flujo definitivo para elaborar bizcocho con sustitución parcial de harina de trigo con yuca cocida fermentada.

4.3.1.1. Harina de trigo

Se utilizo harina de trigo de tipo 00 que corresponde a media fuerza y Harina 000 que es una harina de fuerza por su buen contenido de proteínas que garantizaron la viscoelasticidad de la masa del bizcocho.

4.3.1.2. Pesado1

En esta operación se pesaron el trigo 400 g, la masa de yuca cocida fermentada 100 g y lo ingredientes. Se pesó en una balanza digital, con la finalidad de garantizar una regularidad en la masa.

4.3.1.3. Mezclado 1

En este primer mezclado se agregó la masa de yuca cocida fermentada en la harina de trigo y se mezclo hasta tener una masa homogénea.

4.3.1.4. Mezclado 2

En este segundo mezclado se agregó una parte de agua, levadura, azúcar y huevo hasta tener una mezcla homogénea.

4.3.1.5. Amasado

Al empezar el amasado se agregó la mantequilla, el resto de agua, la vainilla y las ralladuras de limón y naranja. En el bizcocho se sigue la norma de producción de pan normal obteniendo una masa ligera y elástica. Se procedió al amasado durante 45 minutos.

4.3.1.6. Reposado y primer fermentado.

Se dejó la masa en reposo 30 minutos con la finalidad que la levadura empiece a actuar y se de el proceso de gasificación provocando un primer crecimiento y sobre todo el desarrollo del sabor característico en la masa.

4.3.1.7. Corte y moldeado

El corte y moldeado se hizo manualmente con la ayuda de una cuchilla para panificación calculando el tamaño deseado, luego se realizó el formado de la masa.

4.3.1.8. Pesado 2

Posteriormente se pesó la porción formada de masa en una balanza digital con la finalidad de determinar el peso de cada unidad de bizcocho

4.3.1.9. Reposado

Una vez formados las unidades de biscocho son colocados en latas debidamente engrasadas, para luego ser colocados en coches en esta operación el bizcocho reposa aproximadamente un tiempo de 20 minutos.

4.3.1.10. Segundo fermentado

Los coches con las latas con bizcochos son llevadas a la cámara de fermentación por un tiempo de 2 horas con la finalidad que se produzca los

cambios deseados en el proceso de fermentación en los bizcochos, en donde la levadura gasifica por segunda vez provocando crecimiento o levante en el bizcocho, hasta que alcance el nivel óptimo de volumen.

4.3.1.11. Horneado

Los bizcochos esponjados por la fermentación se llevaron al horno con la finalidad de realizar la cocción final (horneado) a una temperatura de 200 °C por un tiempo de 10 minutos. Es quizá la fase más importante, ya que en esta etapa es donde se obtiene la finalización de un proceso en el que se busca: volumen (bueno), corteza (fina y crujiente, de color dorado), miga (tierna y blanca), descascarillamiento (mínimo), y que el producto tenga una duración mínimo de 6 horas sin que pierda sus características organolépticas deseadas.

4.3.1.12. Enfriado

Los bizcochos horneados son enfriados en las latas colocadas en andamios para que no sufran aplastamiento y no se vea afectado su apariencia.

4.3.2. Balance de materia y rendimientos

El balance de materia y rendimiento se determinó para el masato y para el bizcocho en forma separada.

4.3.2.1. Para la yuca cocida sancochada fermentada

En la figura 29 y el cuadro 24 se tiene el balance de materia en la elaboración de yuca cocida fermentada

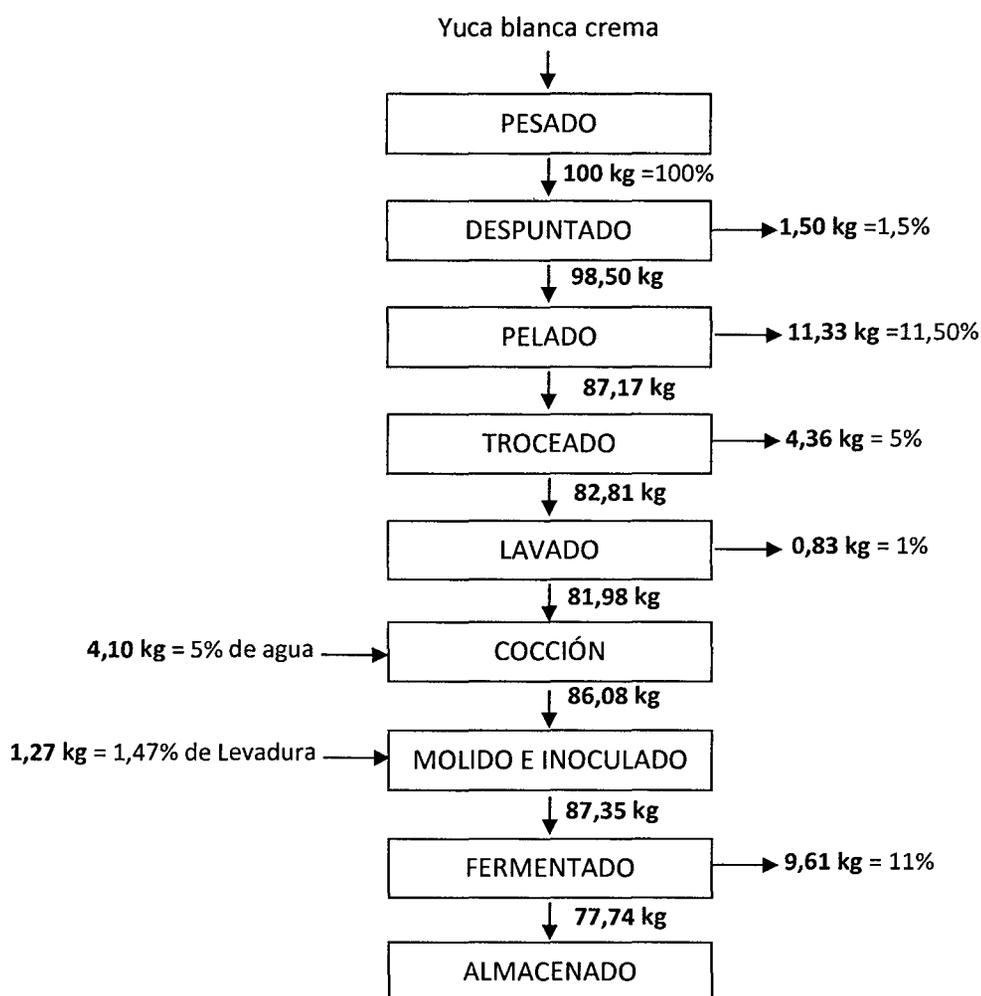


Figura 30. Diagrama de flujo con el balance de materia de la yuca cocida fermentada.

Se determinó que las mayores pérdidas se encuentran en la operación de pelado con un 11,50% y en el fermentado con el 11%; ya que

parte del sustrato se convierte en CO₂, así como también se pudo establecer los rendimientos por operación y por proceso siendo este último de 77,74%.

Cuadro 24. Balance de materia del proceso de elaboración de yuca cocida fermentada.

Operaciones	Entra	Pierde	Continua	Rendimiento %	
	Kg	Kg	Kg	Operación	Proceso
Recepción y Acopio	100,00	----	100,00	100,00	100,00
Pesado	100,00	----	100,00	100,00	100,00
Despuntado	100,00	1,50	98,50	98,50	98,50
Pelado	98,50	11,33	87,17	88,50	87,17
Troceado	87,17	4,36	82,81	95,00	82,81
Lavado	82,81	0,83	81,98	99,00	81,98
Cocinado	81,98	----	86,08	105,00	86,08
Molido e inoculado	86,08	----	87,35	101,48	87,35
Fermentado	87,35	9,61	77,74	89,00	77,74
Almacenado	77,74	----	77,74	100,00	77,74

4.3.2.2. Para el bizcocho

En la figura 30 y el cuadro 25 se tiene el balance de materia en el procesamiento del bizcocho con yuca cocida fermentada. Se presenta el balance de materiales para el tratamiento de 2 horas de fermentación con una temperatura de horneado de 200 °C por 10 minutos. La misma indica que para obtener 836,28 gramos de bizcocho de yuca cocida fermentada que corresponde a 17 panes de 49,20 gramos cada uno, se partió de una mezcla de 100,00 g de masa de yuca cocida fermentada, más 400,00 gramos de

harina de trigo, lo que da un subtotal de 500,00 gramos de mezcla; a dicha mezcla se agregó 529,67 gramos que corresponde a los insumos, para llegar a obtener un total de 1029,67 gramos los cuales van a entrar al proceso.

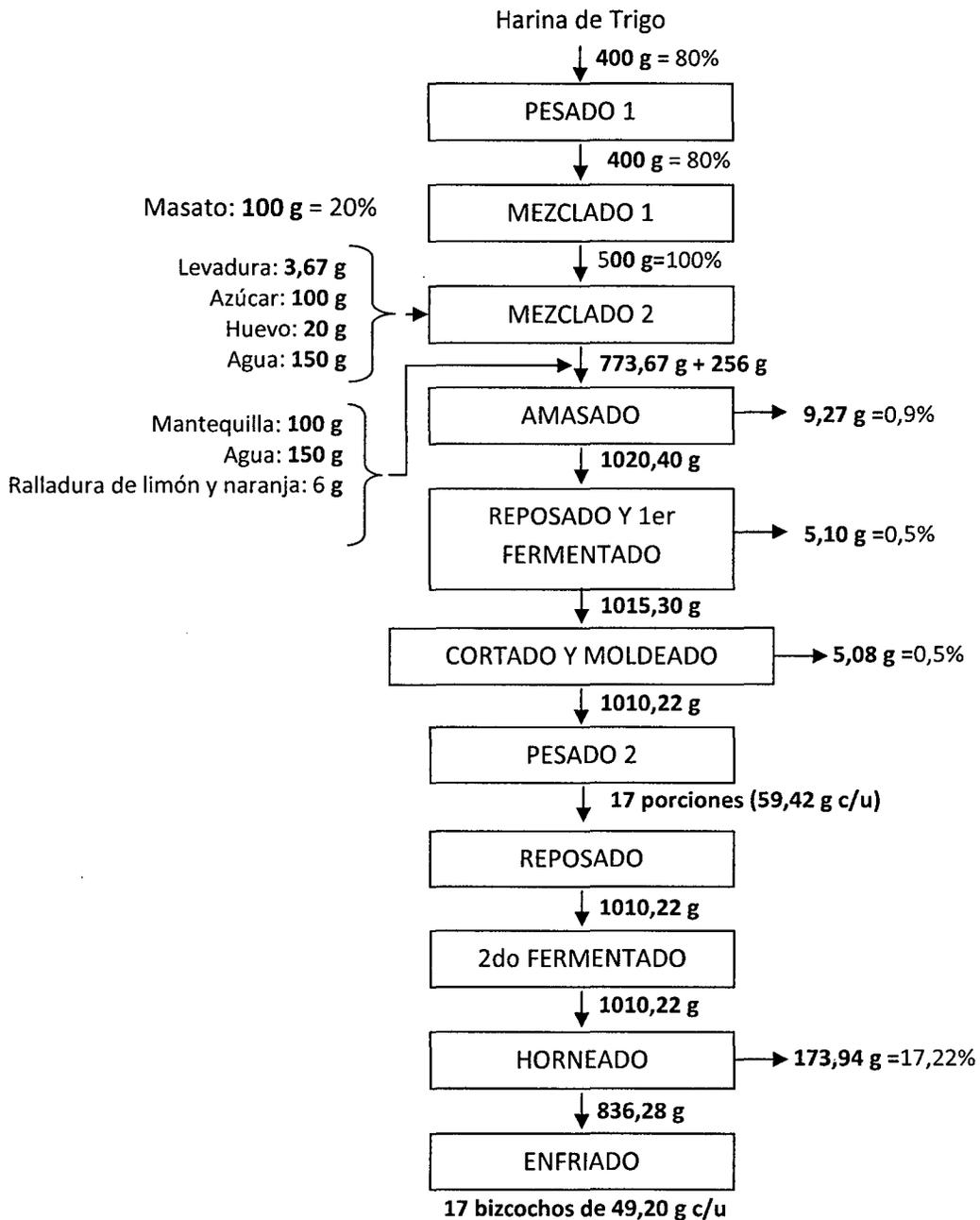


Figura 31. Balance de materia en el procesamiento de bizcocho con sustitución parcial de harina de trigo con yuca cocida fermentada.

Cuadro 25. Balance de materia del proceso de elaboración de bizcocho con yuca cocida fermentada.

Operaciones	Entra	Pierde	Continua	Rendimiento %	
	g	g	g	Operación	Proceso
Pesado	500,00	---	500,00	----	----
Mezclado 1	500,00	---	500,00	100,00	100,00
Mezclado 2	500,00	----	773,67	154,73	154,73
Amasado	1029,67	9,27	1020,40	99,10	204,08
Reposado y 1er fermentado	1020,40	5,10	1015,30	99,50	203,06
Cortado y moldeado	1015,30	5,08	1010,22	99,50	202,04
Pesado 2	1010,22	----	1010,22	100,00	202,04
Reposado	1010,22	----	1010,22	100,00	202,04
Segundo fermentado	1010,22	----	1010,22	100,00	202,04
Horneado	1010,22	173,94	836,28	82,77	167,36
Enfriado	836,28	----	836,28	100,00	167,36

También en el cuadro 25 vemos que tenemos 836,28 gramos de bizcocho que corresponde a 17 unidades del producto de 49,20 gramos cada uno. Se tiene un rendimiento de 167,36% partiendo de 500 gramos de harinas.

4.4. Caracterización fisicoquímica y microbiológica del bizcocho

En el cuadro 26 se tiene los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del bizcocho que se elaboró con el tratamiento óptimo.

Cuadro 26. Análisis físico-químico y microbiológico en el bizcocho final.

Parámetro determinado	Unidad	Muestra		
		1	2	X
Contenido acuoso	%	34,67	34,60	34,64 ± 0,05
Extracto etéreo	%	18,17	18,20	18,19 ± 0,02
Proteína	%	8,83	8,79	8,81 ± 0,03
Cenizas	%	2,61	2,59	2,60 ± 0,01
Azúcares reductores libres	%	10,74	10,70	10,72 ± 0,03
Fibra	%	0,90	0,93	0,092 ± 0,02
Carbohidratos totales	%	35,72	35,69	35,71 ± 0,02
Recuento estándar en placa		UFC/g		3
Recuento mohos		UFC/g		3
Recuento levaduras		UFC/g		1

De igual manera en dicho análisis para el bizcocho final se determinó que como existía una diferencia significativa entre los tratamientos, entonces existía un tratamiento óptimo y este fue el de 2 horas de fermentado y 200 °C por 10 minutos de horneado; vemos que presentan un porcentaje considerable de proteína, constituyéndose en un producto de alto valor proteínico.

Se puede observar que en el biscocho final la presencia de microorganismos es nula o mínima en algunos casos, pero se considera despreciable ya que se encuentra dentro de los parámetros según la norma INEN 1529.

V. CONCLUSIONES

Luego de haber realizado el análisis e interpretación de los resultados en esta investigación, se obtienen las siguientes conclusiones:

- El desarrollo de esta investigación permitió demostrar que si es posible la elaboración de "Bizcocho" a base de masa de yuca cocinada fermentada (Masato) activa como sucedáneo.
- Se elaboró yuca cocida fermentada (masato) cuyas operaciones fueron las siguientes: pesado, despuntado, pelado, troceado, lavado, cocción, molido e inoculado, fermentado y almacenado; cuyas características fisicoquímicas y microbiológico fueron: humedad ($45,59 \pm 0,02$ g), grasa ($0,10 \pm 0,02$ g), proteína ($0,21 \pm 0,02$ g), cenizas ($1,91 \pm 0,02$ g), azúcares reductores libres ($11,06 \pm 0,20$ g), fibra ($1,09 \pm 0,02$ g); carbohidratos totales ($28,73 \pm 0,11$ g), densidad ($1,027 \pm 0,003$ gr/cm³), recuento estándar en placa 33 ± 1 UFC/g, recuento de mohos (5 ± 1) y recuento de levaduras ($24,33 \pm 0,57$)
- Se estudió en forma preliminar: primeramente la formulación y optimización del bizcocho mediante la superficie de respuesta, llegándose a determinar que el mejor tratamiento fue aquel donde se utilizó 400 gramos de harina de trigo y 100 gramos de yuca cocida fermentada (masato), determinándose además que el mejor tratamiento debía contener 3,67 gramos de levadura y utilizándose en esta fórmula: azúcar

(100 g), agua (300 ml), huevos (20g), mantequilla (100g), ralladura de limón (2 g), ralladura de naranja (2 g) y esencia de vainilla (2 g). En segunda instancia se determinó que el mejor tratamiento era el que correspondía a 2 horas de fermentado y con un horneado a 200 °C por 10 minutos.

- Se estableció el proceso definitivo para elaborar el bizcocho estableciéndose las siguientes operaciones: después del acopiado de los ingredientes, pesado¹, mezclado 1, mezclado 2, amasado, reposado y primer fermentado, cortado y moldeado, pesado 2, reposado, segundo fermentado, horneado y enfriado. El rendimiento alcanzado en el proceso de elaborar yuca cocida fermentada fue de 77,74% y en el proceso para elaborar bizcocho con masato fue de 167,36 %.
- Las características de calidad del bizcocho con masato en cuanto al aspecto fisicoquímico y microbiológico fue: contenido acuoso ($34,64 \pm 0,05$), extracto etéreo ($18,19 \pm 0,02$), proteína ($8,81 \pm 0,03$), cenizas ($2,60 \pm 0,01$), azúcares reductores libres ($10,72 \pm 0,03$), fibra ($0,092 \pm 0,02$), carbohidratos totales ($35,71 \pm 0,02$), recuento estándar en placa (3), recuento mohos (1) y recuento levaduras (1).

VI. RECOMENDACIONES

La presente investigación permite establecer las siguientes recomendaciones:

- En trabajos posteriores se debe hacer la determinación de acidez y CO₂, durante el proceso de fermentación trabajando con una mayor cantidad de masa, de esta manera se obtendrá una mayor variabilidad entre los tratamientos.
- Realizar un estudio formal y detallado en la elaboración de masato, estudiando variables como niveles de amilasa, cantidades y tipos de levaduras, etc., utilizando superficie de respuesta para su optimización
- Aplicar la tecnología de la precocción, con la cual los dueños de panaderías y panificadoras bajarían sus costos de producción, desperdicio de materia prima, excedentes de pan, mano de obra en las noches, pérdida de la clientela al no tener pan fresco y caliente en horas pico, con el siguiente procesamiento para la elaboración de pan especial sin conservantes químicos.
- Se realice investigaciones en pan precocido, aplicando otros derivados de la yuca como: harina o almidón.
- Se amplíe a nivel industrial la gama de productos alimenticios que tengan como base la yuca tales como: galletas, tortas, licores, fideos, snacks, entre otros.

VII. ABSTRACT

- In the present work the masato he uses as a substitute of that Wheat in cake with physiochemical, nutritional and sensory a lot of acceptability and preference properties. This product with fermented cooked yucca (masato) as substitute of the wheaten flour, I bring functional components without altering, I improve the wished features of a normal cake, still keeping his quality and suigeneris features, on the contrary is like that that when making the present work raise the following objectives: elaborate a cake with fermented cooked yucca (masato) current I eat Substitute of the wheaten flour; elaborate and characterize it Boiled fermented yucca (masato.); study by the formulation and optimization of the smooth surface on answer of the elaborated cake with partial flour substitution wheaten with fermented cooked yucca preliminarily; set the definitive flow grass for the elaboration of the cake, the material balance and performance; set the characteristic of quality of the end product by microbiological physicist chemical and analyses.
- The research development allowed to prove that if it is possible the elaboration of "Cake" with fermented cooked yucca mass (Masato) activates as substitute.
- He elaborated fermented cooked yucca (masato) whose operations were the following ones: Weighed, broken Bare patch; cut; wash; baking, ground and inoculated, fermented and reposition; whose features Physiochemical and microbiological they went: Humidity ($45,59 \pm 0,02$ g), grease $0,10 \pm 0,02$ g,) protein ($0,21 \pm 0,02$ g), ashes ($1,91 \pm 0,02$ g,) free sugars reducers ($11,06 \pm$

- 0,20 g), fibre ($1,09 \pm 0,02$ g); total carbohydrates ($28,73 \pm 0,11$ g), density ($1,027 \pm 0.003$ gr/ cm³) I recount standard inboard 33 1 UFC/ g, \pm , recount of rusts (5 ± 1) and yeast recount ($24,33 \pm 0,57$)
- One he studied in preliminary way: Firstly the formulation and optimization of the cake by the smooth surface on answer, arriving to determine that the best treatment was that one where he was used 400 grams of wheaten flour and 100 grams of fermented cooked yucca (masto,) determining one that the best treatment should contain 3,67 grams of yeast and being used besides in this formula: Sugar (100 g,) spoils (300 ml,) eggs (20g), (100g,) ralladura butter of lemon (3 g), and ralladura of orange (3 g). In second instance he determined that the best treatment was what corresponded at 2 hours of fermented and with one baked to to 200 °C per 10 minutes.
 - One the definitive process set to elaborate the cake setting the following operations: After quiet, and molded, weighed 2, shy fermented, first quiet and mixed, mixed 2, mixed 1, weighed 1, gathered of the ingredients, that fermented, baked and gotten cool second. The reached performance in the process of elaborating fermented cooked yucca was of 77,74% and in the process to elaborate cake with masto was of 167,36 %.
 - The characteristic of quality of the cake with masto as for the physiochemical and microbiological aspect went: Watery content ($34,64 \pm 0,05$), ethereal excerpt ($18,19 \pm 0,02$,) protein ($8,81 \pm 0,03$), ashes ($2,60 \pm 0,01$), free sugars reducers ($10,72 \pm 0,03$), fibre ($0,092 \pm 0 02$,) total carbohydrates ($35,71 \pm 0,02$,) I recount standard inboard (3), I recount (1) rusts and I recount (1) yeasts.
 - **Words keys:** Cake; fermented cooked yucca; substitute; formulation; optimization; answer smooth surface.

VIII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- ANÓNIMO. 1996. FIBREGUM a bioactive natural soluble fibre from Acacia. Bulletin S30/C. Colloides Naturels International. Francia.
- ANÓNIMO. 2000. Tenacidad-Extensibilidad-Elasticidad-Fuerza Panadera de las Harinas. Chopin. Francia.
- A.O.A.C. Official Methods of Analysis. 1976. Bread Firmness. Métodos 14-22, 54-21, 54-30, 72-10, 74-09.
- BADUI, D. S. 1990. Química de los Alimentos, 2ª. Edición. Alhambra Mexicana, S.A. México.
- BOURNE, M.C. 1978. Texture profile analysis. Food Technology. 32:62.
- BRAKO, L. y ZARUCHI, J. L. 1993. Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú. Missouri Botanical Garden. St. Louis, Missouri, EE.UU. 1 286 p.
- BREKELBAUM, T. 1991. Secado Natural de Yuca en la Costa Norte de Colombia. Colombia. IICA. OSPINA, B. 1984. Manual de Construcción y Operación de una planta de secado natural de yuca. Centro Internacional de Agricultura tropical. Colombia.
- CALVO C. y DURÁN L. 1997. Propiedades físicas II: Ópticas y color, en "Temas en Tecnología de Alimentos", editado por J.M. Aguilera, CYTED-IPN, México.

- CHARLEY, H. 1988. Preparación de Alimentos. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México, D.F.
- CHERBUT, C. 2000. State of research on nutritional aspects of Acacia gum and recent clinical studies. Colloides Naturels International. Francia.
- COLLAZOS, C. P. L.; WHITE. H. S. 1975. La composición de los alimentos peruanos. Instituto de Nutrición. Minist. de Salud. Lima. 35 p.
- DREHER, M. L. 1987. Handbook or Dietary Fiber. Marcel Dekker Inc. Nueva York, Nueva York.
- ELLIS, P.R. 1985. Fibre and food products. En "Dietary Fibre Perpectives Review and Bibliography" Ed. A. R. Leeds. John Libbey and Company Limited. Londres, UK.
- FAUBION, J.M. y HOSENEY, R.C. 1990. The viscoelastic properties of wheat flour dough. En Dough rheology and baked product texture". Eds. H. Faridi y J. M. Faubion. Van Nostrand Reinhold. Nueva York, Nueva York.
- GARCÍA, R. M. 1990 "Alimentación Humana. Errores y sus consecuencias." Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp.121, 243-245.
- GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. 2001. Dietary modulation of the human colonic microbiota. Introducing the concept of prebiotics. J. Nutr. 1995; 125:1401-12. Citado en Schrezenmeir.
- GLICKSMAN, M. 1969. Gum Technology in the Food Industry. Academic Press. Nueva York, Nueva York.
- GUARNER, A. F.; MALAGELADA, B. J. R. 2002. Ecología intestinal: modulación mediante probióticos. En "Alimentos funcionales Probióticos". Eds. R., Ortega, A., Marcos, J., Aranceta, J.A., Mateos,

- A.M., Requejo, L., Serra. Editorial Médica Panamericana. Madrid, España.
- HERRERA, J. 1992 Desarrollo de productos de Raíces y Tubérculos. Centro Internacional de la Papa, CIP. Perú.
- LAWRENCE, T., J. TOLL D. H. y VAN S. 1986. Directory of germplasm collections. 2. Root and tuber crops. International Board for Plant Genetic Resources, IBPGR. Roma. 178 p.
- LEÓN, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. p. 77. IICA. San José, Costa Rica.
- LÓPEZ, L. M. y GARCÍA, M. 1993. Evaluación y selección de un mejorante para masas panarias. Tesis de Licenciatura. Universidad de las Américas, Puebla, México.
- LÓPEZ, S. y MINGO, T. 2003. A la Salud del Cliente. Énfasis Alimentación. Pp.14-28.
- MEER, W. 1977. Plant Hidocolloids. En "Food Colloids". Ed. H. Graham. The Avi Publishing Company, Inc. Connecticut, E.U.A.
- MENENDES, A. 1982. Cultivando inhame ou cará da costa. Cruz das Almas. EMBRAPA/ CNPMF. Circular Técnica N4. 16 p.
- MENJIVAR, J. A. 1990. Fundamental Aspects or Dough Rheology. En "Dough Rheology and Baked Product Texture. Eds. H. Faridi y J. M. Faubion. Van Nostrand Reinhold. Nueva York, Nueva York.
- MONTALDO, A. 1975. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. IICA, San José. Costa Rica.

- MULLER, H. G. 1973. An Introduction to Food Rheology. Crane, Russak and Company, Inc. Nueva York, Nueva York.
- PELEG, M. 1983. The semantics of rheology and texture. Food Technology. 11: 54-61.
- PINEDO, M. 1975. Estudio sobre un clon de *pituca* (*Colocassia esculenta*). Calidad de su harina en la Panificación. Tesis. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Iquitos. Perú.
- PYLER, E. J. 1988. Baking Science and Technology. Tercera Edición. Sosland Publishing Company. Kansas, E.U.A.
- RAO, V. N. M. y SKINNER, G. E. 1986. Rheological properties of solid foods. En "Engineering Properties of Food". Eds. M. A. Rao y S. S. H. Rizvi. Marcel Dekker, Inc. Nueva York, Nueva York.
- RHA, C. 1975. Theory, Determination and Control of Physical Properties of Food Materials. D. Reidel Publishing Company. Dordrecht, Holanda.
- SOSA, M. 1999. Estudio del proceso del freído de donas formuladas con levadura. Tesis de Maestría. Universidad de las Américas, Puebla, México.
- STARKK, A. y MADAR, Z. 1994. Dietary Fiber. En "Functional Food". Ed. I. Goldberg. Chapman and Hall. Nueva York, Nueva York.
- TROWELL, H.; BURKITT, D. y HEATON, K. 1976. Definitions of dietary fibre and fibre-depleted foods. En "Handbook of Dietary Fiber" Dreher, M. L. 1987. Marcel Dekker Inc. Nueva York, Nueva York.
- VÉLEZ, A. J. 1991. Las hortalizas amazónicas cultivadas en el medio Caquetá. Colombia Amazónica. 5(2):131-162.

ANEXOS

Anexo 1: Formato para la prueba hedónica

Muestra: Bizcocho

Masculino

Femenino

Pruebe por favor la muestra e indique su nivel de agrado marcando el punto en la escala que mejor describe su reacción para cada uno de los atributos.

Evaluación organoléptica del bizcocho.

COLOR	OLOR	TEXTURA	SABOR	ACEPTAB
-------	------	---------	-------	---------

Me gusta muchísimo

Me gusta mucho

Me gusta moderadamente

Me gusta poco

No me gusta ni me disgusta

Me disgusta poco

Me disgusta moderadamente

Me disgusta mucho

Me disgusta muchísimo

Anexo 2: Prueba Hedónica de 9 puntos

Me gusta muchísimo	9
Me gusta mucho	8
Me gusta moderadamente	7
Me gusta poco	6
No me gusta ni me disgusta	5
Me disgusta poco	4
Me disgusta moderadamente	3
Me disgusta mucho	2
Me disgusta muchísimo	1

Anexo 3. Análisis del sabor para la formulación del biscocho

Panel	Tratamientos																										
	Cantida de yuca sancochada fermentada																										
	75g									100 g									125 g								
	Levadura									Levadura									Levadura								
	1,83 g			3,67			5,51			1,83 g			3,67			5,51			1,83 g		3,67		5,51				
	Repeticiones			Repeticiones			Repeticiones			Repeticiones			Repeticiones			Repeticiones			Repeticiones		Repeticiones		Repeticiones				
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	6	6	5	7	6	7	6	6	7	8	7	6	9	9	8	8	7	6	6	5	6	5	6	6	5	4	5
2	6	6	5	7	9	7	7	7	7	7	8	7	8	9	9	5	8	7	5	6	5	5	6	5	5	5	5
3	5	6	6	6	6	7	7	5	7	7	8	6	8	8	7	7	8	6	7	6	6	6	6	6	6	5	4
4	6	7	6	6	6	7	7	6	5	8	6	7	8	8	8	8	6	7	6	6	7	5	7	7	5	6	5
5	6	6	5	6	7	6	7	7	5	6	7	8	9	9	8	5	7	8	5	7	6	5	7	6	5	4	5
6	4	5	5	7	7	6	7	6	6	8	8	7	7	8	8	8	8	7	6	6	7	5	6	5	5	5	4
7	5	6	5	7	7	7	6	7	7	7	8	8	7	9	7	7	8	8	7	6	6	6	6	6	6	5	5
8	5	7	5	6	7	8	5	5	7	7	6	8	8	8	9	7	6	8	7	6	6	6	6	6	6	6	5
9	6	7	5	6	6	7	7	7	6	8	8	7	6	7	8	8	8	7	6	7	7	5	6	7	5	5	6
10	4	7	5	6	7	6	6	5	6	7	7	7	8	8	9	7	7	7	7	9	7	7	5	7	6	6	6
11	5	6	6	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	9	8	8	8	6	7	6	5	6	6	5	5	5
12	5	5	5	7	7	6	6	6	7	8	5	8	9	9	9	7	5	8	7	5	6	6	5	6	6	5	5
13	5	6	6	5	7	7	6	7	6	7	8	7	8	7	8	7	8	6	7	7	7	6	6	7	6	5	4
X	5.2	6.2	5.3	6.4	6.8	6.8	6.5	6.2	6.4	7.4	7.2	7.2	7.9	8.2	8.2	7.1	7.2	7.2	6.3	6.4	6.3	5.5	6	6.2	5.5	5.1	4.9

Anexo 4. Análisis del olor para la formulación del biscocho

Panel	Tratamientos																										
	Cantidad de yuca sancochada fermentada																										
	75g									100 g									125 g								
	Levadura									Levadura									Levadura								
	1,83 g			3,67			5,51			1,83 g			3,67			5,51			1,83 g		3,67		5,51				
	Repeticiones			Repeticiones			Repeticiones			Repeticiones			Repeticiones			Repeticiones			Repeticiones		Repeticiones		Repeticiones				
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	6	6	7	7	8	7	6	6	7	8	9	8	9	9	8	8	7	9	8	5	6	8	6	8	7	4	7
2	6	6	7	7	9	7	7	7	7	7	8	7	8	9	9	9	8	7	8	6	8	5	8	7	7	7	7
3	7	6	6	8	8	7	7	8	7	9	8	6	8	8	7	7	8	9	7	8	6	8	8	8	6	7	6
4	6	7	6	8	8	7	7	6	8	8	6	9	8	8	8	8	9	7	6	6	7	5	7	7	7	6	7
5	6	6	6	8	7	8	7	7	8	6	9	8	9	9	8	9	7	8	8	7	6	5	7	8	7	4	7
6	7	5	5	7	7	6	7	6	6	8	8	7	7	8	8	8	8	7	6	6	7	5	8	5	7	7	6
7	8	6	7	7	7	7	6	7	7	7	8	8	7	9	7	7	8	8	7	6	8	8	8	8	6	7	5
8	8	7	7	6	7	8	8	8	7	7	6	8	8	8	9	7	9	8	7	6	6	8	6	8	6	6	5
9	6	7	7	6	8	7	7	7	6	8	8	9	6	7	8	8	8	7	6	7	7	5	6	7	7	7	6
10	8	7	5	6	7	6	6	8	6	9	9	9	8	8	9	7	7	7	7	9	7	7	5	7	6	6	6
11	7	6	6	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	9	8	8	8	6	7	8	5	6	8	5	7	7
12	7	7	7	7	7	8	6	6	7	8	9	8	9	9	9	7	9	8	7	8	6	8	5	8	6	7	7
13	5	6	6	8	7	7	6	7	6	9	8	7	8	7	8	7	8	6	7	7	7	8	8	7	6	7	6
X	6.7	6.3	6.3	7.1	7.5	7.1	6.7	6.9	6.8	7.8	8	7.8	7.9	8.2	8.2	7.7	8	7.6	6.9	6.8	6.8	6.5	6.8	7.4	6.4	6.3	6.3

Anexo 5. Análisis del color para la formulación del biscocho.

Panel	Tratamientos																										
	Cantida de yuca sancochada fermentada																										
	75g									100 g									125 g								
	Levadura									Levadura									Levadura								
	1,83 g			3,67			5,51			1,83 g			3,67			5,51			1,83 g			3,67			5,51		
	Repeticiones			Repeticiones			Repeticiones			Repeticiones			Repeticiones			Repeticiones			Repeticiones			Repeticiones					
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	6	6	5	8	6	7	6	6	7	7	7	5	8	8	8	8	7	6	5	8	6	7	6	6	6	4	6
2	6	6	5	7	8	7	7	7	7	7	8	7	8	9	9	6	8	7	6	6	5	5	6	5	6	5	6
3	5	6	6	6	6	7	7	8	7	7	8	6	8	8	7	7	8	6	7	6	6	6	6	6	6	6	4
4	6	7	6	6	6	7	7	6	8	8	6	7	8	8	8	8	6	7	6	6	7	8	7	7	5	6	5
5	6	6	5	6	7	6	7	7	8	6	7	8	9	9	8	6	7	8	5	7	6	8	7	6	6	5	6
6	7	5	5	7	7	6	7	6	6	8	8	7	7	8	8	8	8	7	6	6	7	5	6	5	6	5	7
7	5	6	5	7	7	7	6	7	7	7	8	8	7	9	7	7	8	8	7	6	6	6	6	6	6	5	5
8	5	7	5	6	7	8	8	8	7	7	6	8	8	8	9	7	6	8	7	6	6	6	6	6	6	6	5
9	6	7	5	6	6	7	7	7	6	8	8	7	6	7	8	8	8	7	6	7	7	5	6	7	5	5	6
10	7	7	5	6	7	6	6	8	6	7	7	7	8	8	9	7	7	7	7	9	7	7	5	7	6	6	6
11	5	6	6	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	9	8	8	8	6	7	6	5	6	6	5	5	5
12	5	5	5	7	7	6	6	6	7	8	7	8	9	9	9	7	6	8	8	8	6	6	5	6	6	5	5
13	5	6	6	8	7	7	6	7	6	7	6	7	7	9	7	7	8	6	7	7	7	6	6	7	6	5	7
X	5.7	6.2	5.3	6.7	6.8	6.8	6.7	6.9	6.8	7.3	7.2	7.2	7.8	8.3	8.2	7.2	7.3	7.2	6.4	6.8	6.3	6.2	6	6.2	5.8	5.2	5.6

Anexo 6. Análisis de la textura para la formulación del biscocho.

Panel	Tratamientos																												
	Cantida de yuca sancochada fermentada																												
	75g									100 g									125 g										
	Levadura									Levadura									Levadura										
	1,83 g			3,67			5,51			1,83 g			3,67			5,51			1,83 g			3,67			5,51				
	Repeticiones			Repeticiones			Repeticiones			Repeticiones			Repeticiones			Repeticiones			Repeticiones			Repeticiones							
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	6	6	5	7	6	7	6	6	7	8	7	6	9	9	8	8	7	6	6	5	6	5	6	6	5	4	5		
2	6	6	5	7	9	7	7	7	7	7	8	7	8	9	9	5	8	7	5	6	5	5	6	5	5	5	5		
3	5	6	6	6	6	7	7	5	7	7	8	6	8	8	7	7	8	6	7	6	6	6	6	6	6	5	4		
4	6	7	6	6	6	7	7	6	5	8	6	7	8	8	8	8	6	7	6	6	7	5	7	7	5	6	5		
5	6	6	5	6	7	6	7	7	5	6	7	8	9	9	8	5	7	8	5	7	6	5	7	6	5	4	5		
6	4	5	5	7	7	6	7	6	6	8	8	7	7	8	8	8	8	7	6	6	7	5	6	5	5	5	4		
7	5	6	5	7	7	7	6	7	7	7	8	8	7	9	7	7	8	8	7	6	6	6	6	6	6	5	5		
8	5	7	5	6	7	8	5	5	7	7	6	8	8	8	9	7	6	8	7	6	6	6	6	6	6	6	5		
9	6	7	5	6	6	7	7	7	6	8	8	7	6	7	8	8	8	7	6	7	7	5	6	7	5	5	6		
10	4	7	5	6	7	6	6	5	6	7	7	7	8	8	9	7	7	7	7	9	7	7	5	7	6	6	6		
11	5	6	6	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	9	8	8	8	6	7	6	5	6	6	5	5	5		
12	5	5	5	7	7	6	6	6	7	8	5	8	9	9	9	7	5	8	7	5	6	6	5	6	6	5	5		
13	5	6	6	5	7	7	6	7	6	7	8	7	8	7	8	7	8	6	7	7	7	6	6	7	6	5	4		
X	5.2	6.2	5.3	6.4	6.8	6.8	6.5	6.2	6.4	7.4	7.2	7.2	7.9	8.2	8.2	7.1	7.2	7.2	6.3	6.4	6.3	5.5	6	6.2	5.5	5.1	4.9		

Anexo 7. ANVA del sabor del bizcocho con yuca cocida fermentada

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	F calculado	P valor
A:Masa de Yuca	0,726	1	0,726	8,740	0,0075
B:Levadura	0,131	1	0,131	1,580	0,2221
AA	13,965	1	13,965	168,120	0,0000
AB	2,923	1	2,923	35,200	0,0000
BB	2,086	1	2,086	25,120	0,0001
Error total	1,744	21	0,083		
Total (corr.)	21,577	26			

Anexo 8. ANVA del olor del bizcocho con yuca cocida fermentada

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	F calculado	P valor
A:Masa de yuca	0,073	1	0,073	1,740	0,2008
B:Levadura	0,032	1	0,032	0,780	0,3886
AA	8,286	1	8,286	195,40	0,0000
AB	0,604	1	0,604	14,24	0,0011
BB	0,927	1	0,927	21,87	0,0001
Error total	0,890	21	0,042		
Total (corr.)	10,815	26			

Anexo 9. ANVA del color del bizcocho con yuca cocida fermentada

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	F calculado	P valor
A:Masa de yuca	0,636	1	0,636	8,890	0,0071
B:Levadura	0,008	1	0,008	0,110	0,7381
AA	9,730	1	9,730	135,930	0,0000
AB	3,235	1	3,235	45,190	0,0000
BB	1,301	1	1,301	18,190	0,0003
Error total	1,503	21	0,071		
Total (corr.)	16,416	26			

Anexo 10. ANVA de la textura del bizcocho con yuca cocida fermentada

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	F calculado	P valor
A:Masa de yuca	0,726	1	0,726	8,740	0,0075
B:Levadura	0,131	1	0,131	1,580	0,2221
AA	13,965	1	13,965	168,120	0,0000
AB	2,923	1	2,923	35,200	0,0000
BB	2,086	1	2,086	25,120	0,0001
Error total	1,744	21	0,083		
Total (corr.)	21,577	26			

Anexo 11. Análisis de varianza del peso de los bizcochos

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	F calculado	P valor
Efectos Principales					
A: θ de Fermentación	0,050	2	0,025	1,570	0,3135
B: Temp. y θ Horneado	0,029	2	0,015	0,920	0,4685
Residuos	0,064	4	0,016		
TOTAL (CORREGIDO)	0,144	8			

Anexo 12. Análisis de varianza del volumen de los bizcochos

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	F calculado	P valor
Efectos Principales					
A: θ de Fermentación	182.0	2	91.0	12.41	0.0193
B: Temp. y θ Horneado	48.6667	2	24.3333	3.32	0.1414
Residuos	29.3333	4	7.33333		
TOTAL (CORREGIDO)	260.0	8			

Anexo 13. Análisis de varianza del peso específico de los bizcochos

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	F calculado	P valor
Efectos Principales					
A: θ de Fermentación	0,0029	2	0,0009	9,280	0,0314
B: Temp. y θ Horneado	0,0010	2	0,0003	2,880	0,1680
Residuos	0,0004	4	0,0001		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0030	8			

Anexo 14. Análisis de varianza del color de los bizcochos.

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	F calculado	P valor
Efectos Principales					
A: θ de Fermentación	5,850	2	2,925	74,150	0,0007
B: Temp. y θ Horneado	0,903	2	0,452	11,450	0,0221
Residuos	0,158	4	0,039		
TOTAL (CORREGIDO)	6,911	8			

Anexo 15. Análisis de varianza del aroma de los bizcochos.

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	F calculado	P valor
Efectos Principales					
A: θ de Fermentación	5,563	2	2,781	124,440	0,0003
B: Temp. y θ Horneado	0,167	2	0,083	3,740	0,1216
Residuos	0,089	4	0,022		
TOTAL (CORREGIDO)	5,819	8			

Anexo 16. Análisis de varianza del sabor de los bizcochos.

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	F calculado	P valor
Efectos Principales					
A: θ de Fermentación	8,774	2	4,387	155,190	0,0002
B: Temp. y θ Horneado	0,478	2	0,239	8,470	0,0365
Residuos	0,113	4	0,028		
TOTAL (CORREGIDO)	9,366	8			

Anexo 17. Análisis de varianza de la corteza de los bizcochos.

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	F_{calculado}	P_{valor}
Efectos Principales					
A: θ de Fermentación	6,021	2	3,011	24,100	0,0059
B: Temp. y θ Horneado	0,490	2	0,245	1,960	0,2547
Residuos	0,499	4	0,124		
TOTAL (CORREGIDO)	7,011	8			

Anexo 18. Análisis de varianza de la miga de los bizcochos.

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	F_{calculado}	P_{valor}
Efectos Principales					
A: θ de Fermentación	6,332	2	3,166	92,620	0,0004
B: Temp. y θ Horneado	0,837	2	0,418	12,250	0,0197
Residuos	0,136	4	0,034		
TOTAL (CORREGIDO)	7,307	8			