ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"Determinación De Los Cambios Organolépticos Y La Disminución De Aditivos Empleando Masa Madre En La Formulación De Pan Artesanal Campestre"

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERA EN ALIMENTOS

Presentada por:

María Belén Reyes Rentería

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2009

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser la fuente infinita de amor, sacrificio y fortaleza. A todas las personas que aportaron a la realización exitosa de este trabajo y especialmente al Ing. Patricio Cáceres C. Director de Tesis por su invaluable ayuda y apoyo.

DEDICATORIA

DIOS

A MI PADRES

A MI PADRINO

A MI FAMILIA

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

_____	_____
Ing. Francisco Andrade F.	Ing. Patricio Cáceres C.
DECANO DE LA FIMCP	DIRECTOR DE TESIS
PRESIDENTE	
_____	_____
Ing. Priscila Castillo S.	Ing. Grace Vásquez V.
VOCAL	VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

_____

María Belén Reyes Rentería

RESUMEN

Esta tesis presenta el estudio de la investigación de cambios organolépticos en el pan, basándome en disminución de aditivos con el empleo de masa previamente fermentada o masa madre.

El éxito en la elaboración de pan radica en la adecuada manipulación de las fermentaciones, a fin de controlar o resaltar los sabores y aromas característicos del pan. Desde la aparición de la levadura industrial, este concepto ha sido relegado; el desarrollo de aditivos como mejoradores y acondicionadores de masa simplifican el proceso de elaboración, mejorando la apariencia del producto pero a la vez merma el aroma y sabor que identifican al pan tradicional.

El objetivo de esta tesis es evaluar la utilización de la masa madre en el proceso de panificación según diseño de experimentos y evaluación sensorial con panelistas no entrenados, determinando si

hay diferencia significativa entre el Pan Campestre con masa madre y Pan Campestre con mix de mejorador.

En la parte inicial de la tesis y conformando el primer capítulo, detallo los insumos utilizados dentro de la formulación del Pan Campestre, las características básicas de la masa madre y la descripción del proceso de elaboración de masa madre y pan campestre basado en masa previamente fermentada.

En el segundo capítulo describo las pruebas experimentales desarrolladas aplicando diseño experimental, seguido por un análisis de las muestras obtenidas de las pruebas sensoriales Hedónica y Triangular a panelistas no entrenados. Los datos obtenidos son objeto de un estudio de análisis de varianza y Ji-cuadrada para determinar similitudes o diferencias significativas de los productos.

El capítulo tercero de esta tesis presenta la esquematización del proceso de elaboración con los diagramas de flujo y equipos utilizados respectivamente, y costos de producción.

Finalmente, presento la descripción de las conclusiones que obtengo del análisis de los resultados estadísticos de la investigación realizada.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN……..... II

ÍNDICE GENERAL……. III

SIMBOLOGÍA……. IV

ÍNDICE DE FIGURAS……. V

ÍNDICE DE TABLAS…….. VI

GLOSARIO……..... VII

INTRODUCCIÓN……..... 1

CAPÍTULO 1.-

1. GENERALIDADES…… 2

1.1 Panificación…….. 2

1.1.1 Panificación en el Ecuador……. 3

1.1.2 Materias primas utilizadas en la elaboración del pan. 4

1.1.3 Tipos de Harinas según su fuerza…….. 13

1.2 Masa Madre en Panificación…… 16

1.2.1 Masa madre como base en Proceso de Panificación……. 16

1.2.2 Efectos del Exceso de Acidez de la Masa Madre…. 21

1.2.3 Uso y Ventajas de la Masa Madre en Panificación... 21

1.3 Proceso de Elaboración de Pan Artesanal Campestre con Masa Madre…… 24

1.3.1 Descripción del proceso de elaboración de Masa Madre…… 24

1.3.2 Descripción del proceso de fabricación del Pan Artesanal Campestre a base de Masa Madre…… 26

CAPÍTULO 2.-

2. DISEÑO DEL EXPERIMENTO…….. 33

2.1 Formulación del diseño de experimentos para el Desarrollo de Masa Madre……... 33

2.1.1 Planteamiento de Hipótesis: Determinación de las variables a controlar y las variables no controladas. 34

2.1.2 Corridas experimentales…… 35

2.1.3 Análisis del diseño del experimento…… 36

2.1.4 Caracterización……... 37

2.1.5 Evaluaciones Sensoriales…… 38

2.1.6 Determinación del proceso y su formulación……. 50

CAPÍTULO 3.-

3. ESCALADO…….. 51

3.1 Proceso de Elaboración…… 51

3.1.1 Fórmula…… 58

3.1.2 Equipos…… 58

3.1.2.1 Diagrama de Equipos…… 67

3.1.3 Diagrama de Flujo…….. 67

3.2 Rendimientos…….. 67

3.3 Costos…….. 68

CAPÍTULO 4.-

4. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES……. 69

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

SIMBOLOGÍA

Ac.	Ácido
HP	Caballos de fuerza.
cm	Centímetro
cc	Centímetro cúbico
CM	Cuadrados medios
L	Extensibilidad de la masa
W	Fuerza
ºC	Grados Celsius
gl	Grados de Libertad
g	Gramos
h	Hora
Kg	Kilogramos
mm	Milímetro
min	Minutos
%	Porcentaje
%H	Porcentaje de Humedad
pH	Potencial de Hidrógeno
F	Relación de Variación
P	Resistencia al estiramiento
rpm	Revoluciones por minuto
‘’	Segundo
SC	Suma de Cuadrados
ºT	Temperatura
t	Tiempo
unid.	Unidad
unit.	Unitario

ÍNDICE DE FIGURAS

Pag.
Figura I. Diagrama de Flujo para la Elaboración de Masa Madre. 26

ÍNDICE DE TABLAS

		Pag.
Tabla I.	Composición de Harina de Trigo……..	5
Tabla II.	Formulación para la Elaboración de Masa Madre	25
Tabla III.	Variables y Niveles para Pruebas Sensoriales…..	35
Tabla IV.	Análisis de Diseño de Experimentos……...	37
Tabla V.	Cuadro de Análisis de Varianza……...	43
Tabla VI.	Fórmula de Pan Campestre con Masa Madre por Parada……	60
Tabla VII.	Costo de Pan Campestre con Masa Madre……....	68

GLOSARIO

ALMIDÓN.- Sustancia feculenta, blanca, ligera y suave al tacto muy útil en alimentación artesana e industrial, siendo un gran espesante que se extrae de muchas plantas, los más usuales dentro de la pastelería son los siguientes: almidón de trigo, maicena, almidón de arroz.

ANÁLISIS DE VARIANZA.- Técnica estadística básica para analizar datos experimentales, permitiendo discriminar la magnitud de la variabilidad que producen distintas causas.
Aptitud de reconstruir la historia, la utilización o la localización de un producto por medio de identificaciones registradas.

FERMENTACIÓN O LEUDADO.- Etapa en la cual se somete una masa de panificación a condiciones de temperatura y humedad controlada dentro de una cámara de fermentación, para lograr el

incremento del volumen deseado por acción de la actividad metabólica de las levaduras de panificación.

FERMENTO.- Cuerpo orgánico que, puesto en contacto con otro, lo hace fermentar o le precipita la fermentación.

GLUTEN.- Compuesto que contiene la harina de trigo, siendo muy importante saber la cantidad y la calidad del gluten que contiene la harina para determinar a que clase de masa se destina, las harinas con mucho gluten son las harinas de fuerza y las con poco gluten son las harinas flojas.

LEVADURA.- Producto que principalmente posee microorganismos capaces de actuar como fermentos en las masas y hacer que leven las elaboraciones.

MASA MADRE.- Es una porción de masa que se deja fermentar y sirve de base para elaborar otra nueva masa.

MEJORANTES.- Productos aditivos que tiene la propiedad de mejorar las masas dándoles mayor volumen, mejor aspecto, más conservación, mejor textura, mejor sabor, etc.

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de esta investigación es evaluar la utilización de la masa madre o masa pre fermentada en el proceso de panificación artesanal mediante diseño de experimentos y evaluación sensorial en panelistas no entrenados determinando la aceptación del producto según sus características organolépticas y sensoriales, para que la elaboración de panes y productos de panadería se realicen con menor contenido de aditivos o mix de mejorador.

El desarrollo de nuevos productos químicos como aditivos y mejoradores en el proceso de panificación ha relegado técnicas artesanales de fermentación que adicionan al producto características organolépticas y sensoriales potenciadas, por ello el diseño de experimentos se basa en el análisis mediante herramientas estadísticas de degustaciones a consumidores, evaluando el escalado del proceso guiado hacia una planta semi industrial.

CAPITULO 1

1. GENERALIDADES

1.1. Panificación

El pan es un alimento básico que forma parte de la dieta tradicional. Se suele preparar mediante el horneado de una masa elaborada fundamentalmente con harina de cereales, sal y agua. La mezcla en algunas ocasiones suele contener levaduras para que fermente la masa y sea más esponjosa y tierna. El cereal más utilizado para la elaboración del pan es la harina de trigo, también se utiliza el centeno, la cebada, el maíz, el arroz.

Existen muchos tipos de pan que pueden contener otros ingredientes, como grasas de diferentes tipos, huevos, azúcar, especias, frutas, frutas secas. A la masa se le puede dar diferentes formas debido al empleo de diversos moldes y técnicas de amasado: de esta forma existen las barras, las trenzas, los aros, etc.

El pan es un alimento valioso desde el punto de vista nutricional, pues proporciona en un aporte moderado de energía, cantidades apreciables de diversos macro y micronutrientes. Es destacable como fuente de hidratos de carbono, proteínas, fibra, hierro, zinc y vitamina B1, también proporciona cantidades importantes de magnesio, potasio, niacina, vitamina B2, ácido fólico y vitamina B6.

1.1.1. Panificación en el Ecuador

El pan industrial (de molde); es demandado en los países industrializados y/o grandes ciudades del mundo y consumido por los sectores sociales de ingresos altos y medio alto, en tanto el pan tradicional es consumido por sectores medios y de bajos ingresos. Cabe indicar que el consumo anual ecuatoriano de pan tradicional se estima en 70 kg por habitante, mientras que el industrializado promedio un 3.5 kg por habitante.

La elaboración de este producto (pan tradicional), demanda entre el 55% y el 90% de consumo interno de harina de trigo para los distintos productos de panificación. El agua puede llegar a representar

entre el 20% y 30% del producto final y la materia grasa de origen animal y vegetal de 0,1% a 4,5%.

1.1.2. Materias Primas Utilizadas en la Elaboración del Pan

El pan, sin otro calificativo, es el producto perecedero restante de la cocción de una masa obtenida de la mezcla de harina de trigo, sal comestible y agua potable, fermentada por especies de microorganismos propias de la fermentación.

Para la elaboración del pan suelen utilizarse dos tipos de levadura: la masa madre, procedente de un amasado anterior muy fermentado y la levadura biológica prensada, obtenida industrialmente.

Además, también se autoriza el empleo de otros ingredientes y aditivos, que pueden ser diferentes dependiendo del tipo de pan pero que, en cualquier caso, deben contar con el permiso de las autoridades sanitarias.

Harina de Trigo

La harina de trigo es el producto obtenido de la maduración del grano de trigo, limpiado e industrialmente puro.

Tabla I

Composición	Porcentaje	
Almidón	68 a 72 %	glúcidos
Agua	< del 16 %	
Gluten	8 a 12 %	prótidos
Azúcares	1 a 2 %	glúcidos
Materias grasas	1,2 a 1,4 %	Lípidos
Minerales	0,5 a 0,6 %	
Vitaminas	B, PP, E	

Fuente: Libro “Panes y Bollería” PARMENTELAT CLAUDE, Susaeta Ediciones S.A.

Almidón.-

Es el elemento principal de la harina. En panificación, el almidón se transforma en gas carbónico por la acción de las levaduras y, más tarde, en azúcares durante la digestión. Tres partes de almidón absorben una parte de agua.

Agua.-

La tasa de humedad en las harinas es uno de los aspectos regulados por la normativa: cuando dicha tasa supera el 16% el producto tiene malas condiciones de conservación.

Gluten.-

El gluten es una sustancia que se encuentra únicamente en la semilla del trigo. Su papel en la elaboración del pan es de suma importancia, pues tiene la propiedad de retener el almidón y los gases producidos por la fermentación. Gracias a sus propiedades de elasticidad se consiguen los agujeros en el interior de la miga de pan.

Azúcares.-

Presentes en las harinas en muy pequeñas proporciones, son muy importantes para el proceso de fermentación de la masa.

Materias grasas.-

Contenidas principalmente en el germen y la envoltura externa del grano. Su presencia en las

harinas es escasa. Una tasa superior de materias grasas en el producto limitaría la conservación del mismo y degradaría el gluten.

Minerales.-

Los minerales se encuentran principalmente en el germen y en el envoltorio de los granos o semillas de trigo. Por consiguiente cuantos menos minerales tenga la harina, más pura será.

Las harinas se clasifican según la cantidad de minerales que contenga.

- Harina tipo 00 contiene entre un 0.5 y 0.6% de minerales. Esta harina se recomienda para la fabricación del pan y para repostería que no requiera elasticidad en las manos: pasta quebrada, pastaflora, galletas, etc.
- La harina de repostería es de tipo 0. Contiene entre 0.4 y el 0.5% de minerales, por lo que es más pura que la anterior. La harina tipo 0 es adecuada para las masas que requieran elasticidad: brioches, cruasanes, kougelhopf, etc.

- La harina de sémola se hace a partir del trigo candeal desnudo de su corteza. Es de tipo 0.

  Vitaminas

  La harina contiene pocas vitaminas, como: Vitamina B1 que participa en la transformación de los glúcidos y B2 que favorece al crecimiento.

  El alveógrafo permite obtener información relativa a la propiedad mecánica de la masa y al estado de oxidación. Sus índices son altura máxima de la curva o resistencia al estiramiento P, longitud de la curva o extensibilidad de la masa L, y área debajo de la curva W. Una harina es considerada buena para panificación si tiene una W (fuerza) entre 140 y 160, y una relación P/L entre 0,5 y 0,6. Para productos de horno y fermentación se debe utilizar harinas fuertes con una W entre 180 y 200 de fuerza.

  El Agua

  Función del agua en la elaboración del pan:

- La misión del agua es suavizar el gluten y hacer que se hinche el almidón.

- El agua ayuda también a la disolución de la sal y de la levadura.

- Asimismo, permite la caracterización de los glúcidos y participa en la formación de la corteza de pan.

Sal

Función de la sal en la elaboración de pan:

- Fortalece el gluten.- actúa reforzando la estructura del gluten, aumentando la fuerza y la tenacidad a medida que la dosificación aumenta. La falta de sal en la masa se manifiesta con masas blandas, pegajosas y suaves y la miga del pan se desmorona.

- Aumenta la absorción del agua.- el gluten absorbe más agua, es decir aumenta la fijación del agua al gluten, permitiendo añadir más agua en las masas. De tal forma que la humedad en el pan será mayor, aumentando también el agua retenida por el gluten.

- Frena la actividad de la levadura.- el exceso de sal tiende a reducir la capacidad de la levadura, incluso puede detener la fermentación. Es muy frecuente en las fermentaciones largas añadir un poco de sal con el fin de que restrinja la actividad de la levadura durante las primeras horas de fermentación.

- Inhibe la acción de las bacterias ácidas.- reduce la acidez de la levadura por su propiedad antiséptica. Retarda las fermentaciones del ácido láctico y butírico. También frena ligeramente la actividad proteolítica mejorando ligeramente aquellas harinas con degradación.

- Produce la corteza más fina y crujiente.- favorece el colorido de la corteza y le confiere un aspecto más atractivo, de tal forma que el pan sin sal es siempre más pálido y de peor aspecto en comparación con el que si lleva sal.

- Da gusto y sabor al pan.- junto con algunas reacciones que se producen durante la fermentación y cocción, la sal mejora el aroma y el sabor del pan.

Levadura

Se utiliza desde la antigüedad, los egipcios y más tarde los hebreos confeccionaban tartas preparadas con levadura de cerveza.

Durante el periodo de tiempo en que se desarrolla la fermentación tiene lugar a cuatro funciones importantes en la masa:

1. Desprendimiento de anhídrido carbónico (CO_2). Comenzando inmediatamente después de mezclada la levadura en la masa, la producción de gas carbónico persiste durante todas las fases de preparación de la masa. Dentro de ciertos límites, la cantidad de gas producida durante el reposo es poco importante. Lo funcional es que alcance un nivel elevado y constante durante la fermentación final.

2. Durante la fermentación ocasiona la producción de ciertas cantidades de otros compuestos resultantes de estas reacciones: ácido acético, butírico y láctico,

con una gran influencia sobre el sabor y aroma del pan.

3. Fermentación es la producción de sustancias que colaboran en la modificación de las estructuras de las proteínas de la harina (gluten), de forma que las paredes celulares están capacitadas para retener el anhídrido carbónico producido. La reducción de la fermentación tiene como consecuencia la pérdida de parte de la plasticidad de la masa, que la capacita a adoptar la forma de las piezas sin perder sus características estructurales.

4. Desempeña una importante función relativa a la consistencia de la masa, necesaria para ser tratada por las máquinas automáticas que realizan la división, boleado y formado, que va a depender de.

- La relación existente entre la cantidad y calidad del gluten que posibilite la retención de gas carbónico durante el desarrollo de la fermentación y primeros minutos de la cocción.

- El contenido enzimático de las harinas, es decir de su poder de fermentación.

- Las condiciones de desarrollo de la fermentación (Temperatura y humedad)

  De lo citado se desprende la importancia de la estructura de gluten para mantener los gases producidos en la fermentación, que proporcionan la estructura esponjosa de la masa.

1.1.3. Tipos de Harina según su Fuerza

El grano de trigo contiene entre 8 a 14 % de proteínas. Son estas proteínas las que originan el gluten, al hidratarse durante el proceso de amasado en la panificación, y de él dependen las características plásticas de una harina. La determinación de su cantidad y calidad es una forma de valorar la aptitud panadera de una harina. La composición de las harinas panificables es de 24% de Gluten Húmedo y de 8% de Gluten Seco como

mínimo. Este parámetro es el que diferencia a las harinas en dos tipos, las que tienen escaso gluten denominadas harina de *poca fuerza o flojas* y las de alto contenido llamadas *fuerza o gran fuerza*.

Esta variación en el contenido de proteínas da a las harinas la capacidad de absorber más o menos agua durante el empaste. Una harina débil o floja puede absorber alrededor de 500 cc. de agua, una de gran fuerza hasta 750 cc. de la misma. Esta capacidad de absorción de agua se llama tasa de hidratación.

Harinas de fuerza.

Las harinas para pan provienen de trigos que contienen como mínimo 12% o 13% de proteína, con el fin de reforzar la estructura de la masa en el proceso de fermentación, reteniendo los gases producidos adquiriendo volumen. El índice de proteínas debe ser un índice de control especialmente si la formulación del producto final contiene grasas, la cual contrarresta las propiedades

de las proteínas, así que difícilmente fermentaría sin quebrarse.

Otro elemento que hay que considerar es la incorporación del azúcar en la masa, como alimento esencial de la levadura para producir gas carbónico, una harina con pocas proteínas se cae una vez fermentada, por no tener fuerza para retener la gasificación. Por ello la harina con esta característica es utilizada frecuentemente en la industria panadera, adicionándole mejoradores para fortalecer la estructura de la miga y mantener la humedad del producto.

Harinas flojas

Son las harinas de bajo contenido de proteína, en un rango de hasta un 8 o 9%. Se emplea para aquellas masas con poca elasticidad como por ejemplo bizcochuelos, fondo de tarta o tarteletas. El residuo elástico de la masa puede solucionarse dando un previo descanso a la masa en lugar frío y para la utilización de este tipo de harina en la industria

panadera se emplea una mezcla previa reposada por un lapso de tiempo, llamada masa madre, que ayuda a la elaboración de gas carbónico originado por la fermentación, dándole la fuerza que originalmente no tiene y el volumen esperado al pan, sin la incorporación de aditivos o bien llamados "leudantes" químicos que tienen el mismo objetivo.

1.2. Masa Madre en Panificación Artesanal

1.2.1 Masa madre como base en Proceso de Panificación.

La masa madre es un cultivo de levaduras adicionadas o presentes de manera natural en alimentos, como los cereales, y las bacterias presentes en el medio ambiente, en especial levaduras como la *Saccharomyces cerevisiae*, responsable también de la fermentación del vino y la cerveza. Tradicionalmente ha servido para hacer fermentar el pan, antes de que existiese la levadura comercial.

Se suele elaborar a partir de cereales como el trigo o el centeno. Los panaderos desde antiguo guardan la masa madre, ya sea en estado líquido o como un trozo de masa, para la elaboración diaria del pan incorporándole harina y los demás elementos de que se vaya a componer el pan. Las bacterias de la masa madre son relativamente resistentes a las bajas temperaturas (más que las de la levadura comercial) por eso se pueden almacenar "vivas" alimentándolas con harina y agua; o bien en estado pasivo, adormecidas a bajas temperaturas.

1.2.1.1 Obtención

Para obtener masa madre se adiciona un mínimo porcentaje de levadura prensada junto con harina, agua y sal, creando un cultivo que impida el crecimiento de bacterias malignas en la masa harinosa. Este cultivo necesita 3 elementos básicos:

- Alimento (harina)
- Humedad

- Temperatura adecuada (30 a 32ºC).

Un exceso o falta de alguno de ellos puede resultar en la muerte de los microorganismos que componen la masa madre. Del mismo modo, aumentos o descensos de temperatura influyen en la cantidad de alimento necesario. En condiciones normales las bacterias duplican su número cada 2 horas aproximadamente, así que se trata de capturarlas y poner las condiciones para que proliferen

Para elaborar masa madre se necesita agua, un cereal y levadura. Del porcentaje total de la masa se pesa un determinado porcentaje de cada insumo utilizado para la elaboración de masa madre, mezclando el 20% de harina, 19,3% de agua, 3% de levadura y 0,4% de sal. A lo largo de 10 a 15 horas de fermentación (depende de las condiciones, puede variar) habrá un aumento considerable de volumen y crea

una apariencia de agujeros por la acidificación y gasificación de la masa. En ese punto, la masa con mayor volumen está preparada para ser usada en su totalidad para la elaboración de pan.

1.2.1.2 Maduración y Punto Óptimo

Maduración

Para garantizar la regularidad de los resultados, resulta imprescindible controlar la velocidad de fermentación de la masa madre. Los factores que la determinan son la cantidad de pie de masa y de levadura, y fundamentalmente la temperatura del recinto donde se deje fermentar.

Lo más conveniente será ponerla en uno o varios recipientes, bien cubierta con una lámina de plástico para que no se reseque la superficie, y mantenerla a temperatura ambiente 32ºC.

Punto óptimo de maduración

Como toda masa fermentada, la masa madre llegará al punto de máximo desarrollo, a partir del cual sus propiedades se irán deteriorando, aunque este fenómeno será tanto más lento cuanto menor sea la temperatura de conservación.

Debe utilizarse cuando haya triplicado su volumen, y se vea bien hinchada y con la superficie lisa. Tendrá un aroma rico, de suave acidez, y exento de olores rancios o fétidos. El pHmetro, será el medio de apreciar la correcta acidificación de la madre.

Conforme se indicaba, manejando la cantidad de pie, de levadura y la temperatura de fermentación, puede

obtenerse regularmente una madre bien madurada.

1.2.3 Efectos del Exceso de Acidez de la Masa Madre.

Una masa pasada, vieja, produce efectos negativos sobre las características de los productos: las masas quedan excesivamente tenaces y a veces pierden capacidad de retención. Como consecuencia, se dificulta el desarrollo de las piezas en la fermentación y en el horno. Tendremos, pues panes de menor volumen, que llegan a reventar por los costados, de corteza fácilmente descascarillable, con frecuentes huecos en la miga. Una acidez excesiva, por último, deteriorará el aroma y sabor del producto.

1.2.3 Uso y Ventajas de la Masa Madre en Panificación

Es innegable que la utilización de la masa madre en el proceso de panadería proporciona unos productos finales con mejores propiedades organolépticas.

Pero para conseguir esos óptimos resultados no debemos perder de vista las condiciones que requieren la preparación de las masas madre, partiendo de la base de que existe una adición de levadura.

El empleo de masa madre es utilizado para mejorar el comportamiento de las harinas que son generalmente flojas (mayor porcentaje de proteína). La cantidad a añadir dependerá del tipo de harina utilizada, así como de otros factores del proceso: tiempo de fermentación final de las piezas, tipo de aditivos empleados, intensidad de aroma deseada en los productos. Según los casos, oscilará entre un 5 y un 20%.

Cuando se trabaja con harinas flojas, de W 110, conviene adicionar un 20% de una masa bien madurada. Si la harina es de 140 de W, puede bajarse al 15 o incluso al 10%.

Para obtener un buen pan, no debe descuidarse la preparación de la masa madre, ya que la calidad del

producto final va a depender, en buena parte, de la correcta maduración de ésta, así como de la proporción añadida a la masa.

Ventajas.-

La incorporación de una masa madre a la masa panaria, permite obtener una serie de ventajas, propias de su prolongada fermentación:

- Aumenta la fuerza de la masa. La masa gana en tenacidad y cuerpo, y, en general, adquiere una mayor capacidad de retención, por lo que los productos suelen tener mayor volumen, resultando más ligeros.

- Mejora las características de la corteza. Se observa una mayor coloración y resulta más crujiente

- Mejora el sabor del producto. La prolongada fermentación de la masa madre permite el desarrollo, no sólo de ácidos orgánicos, sino de gran variedad de sustancias aromáticas o que darán lugar a aromas durante la cocción, que enriquecen el sabor de la miga y de la corteza.

- Mejora la conservación del producto. Como consecuencia de la adición de una parte de masa prefermentada, el pan se mantiene tierno durante más tiempo, en relación con las masas que no contienen masa madre.

- Mejora la Miga. Es oscura y de alveolado irregular pero con las paredes fuertes y compactas.

1.3 Proceso de Elaboración de Pan Artesanal Campestre con Masa Madre

1.3.1 Descripción del proceso de elaboración de Masa Madre

El peso de las diferentes materias primas que son utilizadas para la elaboración de masa madre va con relación a un porcentaje de la fórmula total para la elaboración del pan Campestre, el proceso comienza con el pesado de la materia con el siguiente porcentaje: 20% de harina; 19,3% de agua;

3% de levadura; y, 0,4% de sal como está esquematizado en la tabla II.

Incorporar la materia prima en la amasadora a velocidad media por 12 minutos. Colocar la mezcla en un recipiente amplio y dejar reposar a temperatura ambiente (30ºC a 32ºC) por 16 horas para que la levadura que ha sido incorporada se active y por reacciones enzimáticas se obtenga gas carbónico (CO_2) que le da la fuerza a la masa que va a ser utilizada posteriormente en el proceso de elaboración de Pan Campestre.

Tabla II.

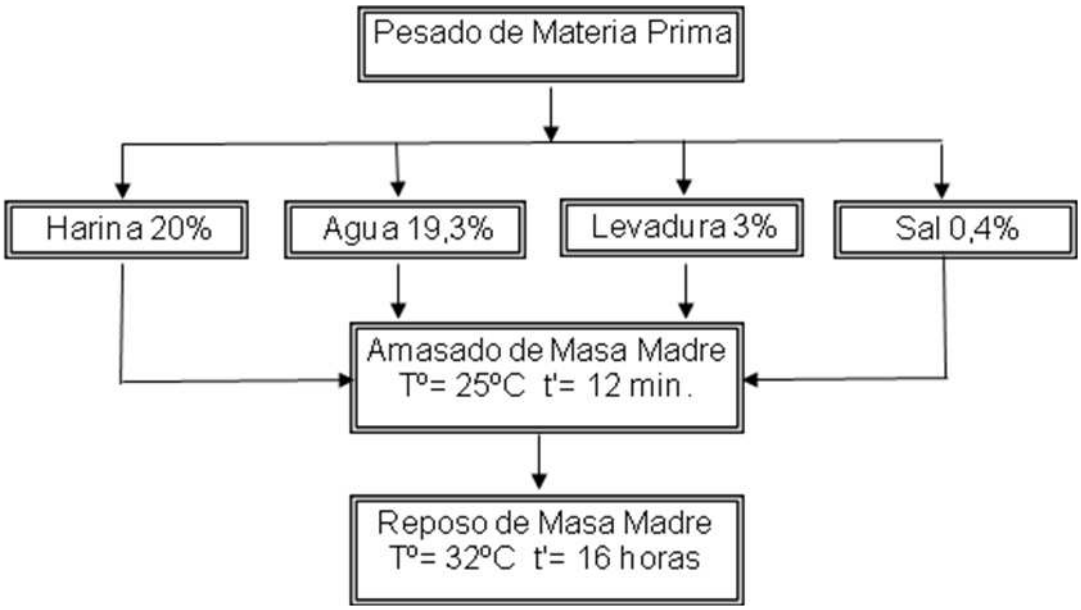
Formulación para Elaboración de Masa Madre

	Fórmula Total	**Fórmula Masa Madre**
Materia Prima	**%**	**%**
Harina	100%	20%
Agua	58%	19,3%
Levadura	2,5%	3%
Sal	2,2%	0,40%
Grasa vegetal	4%	0%

Elaborado por: Ma. Belén Reyes R.

Figura I.

Diagrama de Flujo para Elaboración de Masa Madre



Elaborado por: Ma. Belén Reyes R.

1.3.2 Descripción del proceso de fabricación del Pan Artesanal Campestre a base de Masa Madre.

Pesado

Se pesa la cantidad faltante de materia prima de la fórmula total de pan Campestre.

Amasado

Se coloca en la amasadora todos los ingredientes incorporando como último la sal y masa madre, amasar por 17 minutos a temperatura ambiente y a velocidad media. El objetivo del amasado es el desarrollo del gluten, un adecuado desarrollo es esencial para obtener un pan de buena calidad. Con el movimiento de la amasadora se logra que la masa sea presionada, cortada y azotada, lo cual hace que se incorpore aire y le dé elasticidad. Si la masa es elástica será capaz de retener el gas generado por la levadura. Cuando el gluten ha desarrollado su fuerte estructura, la masa pierde su pegajosidad y se hace estirable y elástica, reteniendo numerosas burbujas diminutas de gas que aparecen justo por debajo de la superficie. La masa debe ser sometida

a un trabajo mínimo, ya que el gluten pierde su cohesividad y elasticidad y por lo tanto la capacidad de retención de gas.

Durante el amasado se busca el “desarrollo de la masa”, definido como la obtención de las características deseables para producir un pan de calidad, entre las que podemos mencionar se encuentran la elasticidad y la flexibilidad.

División

En la divisora se establece el peso final que se requiere, para el pan campestre el peso será 100g.

Boleo

Pasa a la boleadora con el fin de eliminar las bolsas de aire, lograr una tensión uniforme en la masa, lograr que la masa tenga una superficie lisa, suministrar una forma básica para el moldeado a una pieza uniforme de masa y distribuir homogéneamente las células de levadura y la temperatura de la masa.

Reposo

En la reposadora la masa reposa 7 minutos aproximadamente, con el fin de relajarla, siendo susceptible a ser extendida y modelada.

Laminado

Pasa a la laminadora, este paso se realiza con el fin de distribuir homogéneamente las grandes burbujas de gas acumuladas a toda la masa. En el caso de contar con la maquinaria, se hacen pasar las piezas por un par de rodillos que giran en direcciones opuestas y que causan el mismo efecto.

Formado

Pasa a la formadora para que el producto en masa tome la forma deseada colocándola luego en latas siliconadas.

Fermentación

El proceso de Fermentación es el más importante por cuanto permite que la masa se haga más firme y más seca, la proporción de gas en la masa aumenta; las celdas de la masa se hacen más grandes y las

paredes se extienden más allá y se adelgazan, y la proporción de substancias que contribuyen a la formación de aromas aumentan en la masa; el gluten pierde algo de elasticidad. Este proceso se lo realiza en la Cámara de Leudo a temperatura entre 35 y 40ºC y humedad relativa de 85% por un rango de tiempo de 112 a 120 minutos. Aún no se ha desarrollado un instrumento confiable para determinar la madurez fermentativa. Los panaderos deben utilizar su experiencia. Para evaluarla, se deben basar en características típicas como apariencia de la superficie, volumen y resistencia de la masa al tocarla.

Corte

Las hogazas o barras antes de hornear se cortan en su superficie para obtener el patrón apropiado característico del tipo de producto. La profundidad del corte debe aumentarse conforme el número de cortes sea menor y entre menor sea el tiempo de fermentación, para el pan campestre se le harán dos cortes diagonales.

Horneo

Durante el proceso de horneado, la masa cruda se convierte en un producto digerible y de buen sabor. Este proceso de horneado tiene una influencia definitiva e irreversible sobre la calidad del producto y pequeños cambios en este proceso pueden causar la diferencia entre un buen producto y un producto mediocre. Por esto es importante conocer los procesos individuales que tienen lugar durante el horneado y las medidas que afectan estos procesos. La formación y expansión de gases.

Las etapas en el proceso de horneado son:

1) La retención de los gases en la red de gluten (proteína).
2) Formación de pasta de almidones.
3) La coagulación de las proteínas.
4) Formación de la costra y el pardeamiento.

Las condiciones del proceso serán a 200ºC de temperatura, 18 a 22 minutos de tiempo y adicionar vapor. Si se aplica vapor demasiado tarde en el proceso de horneado no tiene efecto en el producto, una vez que la piel más externa de la masa se ha

calentado, el vapor ya no puede condensarse. La ventaja de la utilización de vapor es que previene el rompimiento de la piel de la costra, produce un aumento en el volumen del producto, el pardeamiento de la costra se mejora por cuanto las dextrinas (las cuales se disuelven primero) al secarse producen un brillo café en la costra.

Enfriamiento

Colocar el producto en las Perchas de Enfriamiento a temperatura ambiente (32ºC) por 40 minutos aproximadamente.

Enfundado

Como último paso del proceso el producto es enfundado manualmente en funda de papel kraft.

CAPÍTULO 2

2. DISEÑO DEL EXPERIMENTO

2.1 Formulación del Diseño de Experimentos para el Desarrollo de Masa Madre.

Luego de realizar diferentes experimentos de pan elaborado a base de masa madre la idea tomó fuerza, pues al probar su uso en pruebas de laboratorio eliminando de la formulación el porcentaje de mix de mejorador tuvo una buena acogida.

Para ampliar la buena acogida del producto debido a sus características organolépticas planteé un diseño de experimentos para el mejoramiento del proceso de panificación.

2.1.1. Planteamiento de Hipótesis: Determinación de las Variables a Controlar y No Controladas.

El producto a obtener debería ser aceptado según características organolépticas de sabor, miga y textura determinando si hay diferencia significativa entre los productos elaborado con masa madre y mix de mejorador por medio de técnicas estadísticas.

Para empezar a elaborar las pruebas, se diseñó el experimento basado en la evaluación sensorial según métodos afectivos (Prueba hedónica) y métodos analíticos (Prueba triangular) obteniendo calificaciones. Para obtener el diseño de experimentos se determina como Variable Independiente: Porcentaje de Masa madre en fórmula y Porcentaje de Mix de mejorador influyendo directamente en las características organolépticas de sabor, olor y textura del pan.

2.1.2. Corridas Experimentales

Todas las pruebas presentarán condiciones comunes como ingredientes: harina, agua, levadura, grasa vegetal y sal. Para cada característica a evaluar se realizará las combinaciones según las variables y niveles, determinando las muestras que vamos a obtener y posteriormente evaluándolas sensorialmente, cada producto está codificado con tres dígitos indistintos para diferenciar las muestras.

Tabla III.

Variables y Niveles para pruebas Sensoriales

Variables	**Niveles**	
Porcentaje de Masa Madre	0%	18%
Porcentaje de Mix de Mejorador	0%	3%

Número de Pruebas= 2x2
Número de Pruebas= 4

	% de Masa Madre	% de Mix de Mejorador
Prueba 1	18%	3%
Prueba 2	18%	0%
Prueba 3	0%	3%
Prueba 4	0%	0%

Elaborado por: Ma. Belén Reyes R.

2.1.3. Análisis del Diseño de Experimentos

En el diseño de experimentos se ha planteado 4 pruebas a desarrollar pero algunas serán obviadas por anticipar sus resultados y a más que no aplican según la hipótesis y objetivo del estudio.

La prueba 1 que es la comparación entre muestras que contienen 18% de Masa madre y 3% de mix de mejorador y prueba 4 que contienen 0% de masa madre y 0% de mix de mejorador no aplican a lo que queremos demostrar según la hipótesis del diseño de experimentos.

Evaluando así la prueba 2 que es la muestra que contiene 18% de Masa madre y 0% de mix de mejorador; y, prueba 3 que es la muestra que

contiene 0% de Masa madre y 3% de mix de mejorador comparándolas según evaluación sensorial para determinar si existe diferencia significativa.

Tabla IV.

Análisis de Diseño de Experimentos

	% de Masa Madre	% de Mix de Mejorador	Código	Resultado
Prueba 1	18%	3%		No se toma
Prueba 2	18%	0%	847	Se toma
Prueba 3	0%	3%	935	Se toma
Prueba 4	0%	0%		No se toma

2.1.4. Caracterización

Muestra 847: Elaborada a base de materia prima común con 18% de Masa madre y 0% de Mix de mejorador en su formulación.

Muestra 935: Elaborada a base de materia prima común con 0% de Masa madre y 3% de Mix de mejorador en su formulación.

Se realizarán una prueba afectiva de nivel de agrado o Hedónica y una prueba analítica triangular

evaluando los productos sensorialmente para determinar si existe diferencia significativa mediante análisis estadístico con calificaciones de 50 panelistas no entrenados.

2.1.5. Evaluaciones Sensoriales

La Evaluación sensorial es el análisis normalizado de los alimentos que se realiza con los sentidos. Se suele denominar "normalizado" con el objeto de disminuir la subjetividad que pueden dar la evaluación mediante los sentidos. La evaluación sensorial se emplea en el control de calidad de ciertos productos alimenticios, en la comparación de un nuevo producto que sale al mercado, en la tecnología alimentaria cuando se intenta evaluar un nuevo producto, etc.

La IFT (Instituto de Tecnólogos de Alimentos de Estados Unidos) y su división de Evaluación Sensorial, la define como: “La disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de

alimentos y otras sustancias que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído."

Los métodos de Evaluación se dividen en dos grandes grupos:

Pruebas Analíticas.- las cuales se ejecutan en condiciones controladas de un laboratorio con jueces entrenados.

Pruebas Afectivas.- las cuales se realizan con consumidores (personas no entrenadas en técnicas sensoriales) y en condiciones que no les sean ajenas o extrañas para utilizar o consumir el producto en estudio.

Este estudio está basado en la utilización de Pruebas Afectivas, que dentro de su división demarcaremos dos métodos: Prueba de Nivel de Agrado (Escala Hedónica) y Prueba Triangular.

Prueba de Nivel de Agrado.-

El objetivo de esta prueba es localizar el nivel de agrado o desagrado que provoca una muestra específica. Utilizamos una escala estructurada detallando los niveles de agrado, indiferencia o desagrado que pueda provocar el producto.

Muestras: Se presentan dos muestras, ubicando a cada por separado en la escala hedónica. Presentamos las muestras como un consumidor las confrontaría habitualmente procurando evitarle la sensación de que se encuentra en una circunstancia de laboratorio o bajo análisis.

La degustación se realizó en el área del comedor de una planta alimenticia presentando el producto al personal a media tarde.

Jueces: la población elegida fueron 50 consumidores potenciales del producto que tienen constante contacto con el mismo ya que laboran en una planta panificadora que tienen un habitual contacto con el producto pero desconociendo la problemática del estudio.

Hoja de respuestas: utilizo una escala estructurada iniciando con la calificación de 9 para el máximo agrado y 1 para el máximo desagrado. Véase Apéndice 1.

Análisis de Datos por Método de Varianza:

Factor de Corrección (FC)

$FC = (643)^2/50*2$

FC = 4121,64

Suma de Cuadrados (SCm)

$SCm = (316^2 + 326^2)/50 – FC$

SCm = 1

Grados de Libertad de la muestra (glm)

glm = 2-1

glm = 1

Suma de Cuadrados para Jueces (SCj)

$SCj = (10^2 +15^2 +12^2 +13^2 +11^2 +15^2 +9^2+ 13^2 +11^2 +13^2 +15^2 +14^2 +11^2 +12^2 +15^2 +13^2+ 13^2+ 12^2+ 13^2+ 13^2+ 15^2+ 13^2+ 13^2+ 14^2+ 13^2+ 12^2+ 14^2+ 11^2+ 15^2+ 14^2+ 13^2+ 12^2+ 11^2+ 11^2+ 11^2 +14^2 + 11^2+ 12^2+ 8^2+ 14^2+15^2+ 15^2+ 13^2+ 13^2+ 12^2+ 17^2+ 16^2+ 11^2+ 12^2+ 14^2)/2– SCm$

SCj = (8400/2) - 1

SCj = 4199

Grados de Libertad para Jueces (glj)

glj = 50-1

glj = 49

Suma de Cuadrados, total (SCt)

SCt = (7^2+ 3^2+ 8^2+ 7^2+ 5^2+ 7^2+ 5^2+..... 7^2+ 5^2+ 6^2+ 8^2) - FC

SCt = 4320 – 4121,64

SCt = 198,36

Grados de Libertad Total (glt)

glt = 100 – 1

glt = 99

Suma de Cuadrados del Error (SCe)

SCe = SCj – SCm – SCt

SCe = 4199 – 1 – 198,36

SCe = 3999,64

Grados de Libertad del Error (gle)

gle = glj – glm – glt

gle = 49 – 1 - 99

gle = 49

Cuadrados Medios

CM muestra = SCm / glm

CMm = 1/1

CMm = 1

CM juez = SCj / glj

CMj = 4199 / 49

CMj = 85,69

CM error = SCe / gle

CMe = 3999,54 / 49

CMe = 81,62

Relación de Variación por muestra

Fm = CM muestras / CM error

Fm = 1 / 81,62

Fm = 0,01

Relación de Variación para jueces

Fj = CM jueces / CM error

Fj = 85,69 / 81,62

Fj = 1,05

Cuadro de Análisis de Varianza.- Tabla V.

Fuente de la variación	**gl**	**SC**	**CM**	**F**
Muestras	1	1	1	0,01
Jueces	49	4199	85,69	1,05
Error	49	3999,64	81,62	
Total	99	8199,64		

Tabla Comparativa

Nivel de Significancia	Tabla F	Comparativo	Valor F Calculado	Diferencia significativa
0,05	7,1	>	0,01	Si
0,01	4,036	>	0,01	Si

Elaborado por: Ma. Belén Reyes R.

Distancia entre una muestra y otra

Aplicando la prueba de diferencia mínima significativa

$$DMS = t\frac{\sqrt{2CMe}}{n}$$

Cálculos:

$$DMS = (2,679)\frac{\sqrt{2(81,62)}}{50}$$

$$DMS = 0,68$$

El valor de la diferencia entre las medias de dos muestras, cualesquiera que sea, igual o mayor a 0.68, indica que entre esas dos muestras hay diferencia significativa al 1%.

Para el cálculo de las muestras diferentes es necesario, primero, arreglar por orden decreciente los valores de sus medidas.

Pan Campestre con Masa Madre **Muestra 847**	**Pan Campestre con Mix de mejorador** **Muestra 935**
326	316

Se compara el valor de la diferencia entre medias con el valor calculado DMS. Aquellos valores mayores al DMS indican diferencia significativa al 1% entre dichas muestras.

Restando para determinar el rango de diferenciación:

M 847 – M 935	326 – 316	10	> 0,68

Conclusión:

La muestra 847 que corresponde al Pan Campestre con masa madre es de manera significativa más aceptable con diferencia significativa al 1% para el

consumidor en comparación con la muestra 935 que es Pan Campestre con mix de mejorador.

Según resultados obtenidos de la tabulación de calificaciones de la prueba hedónica evaluada por panelistas, los consumidores prefieren el Pan Campestre con Masa Madre por sus características organolépticas como textura con mayor crocancia, miga uniforme y semiabierta; y, sabor y olor ligeramente ácido que lo diferencian del Pan Artesanal con mix de mejorador.

Prueba Triangular.-

Tiene como objetivo determinar si existe diferencia sensorialmente perceptible entre dos muestras, comparando tres muestras a la vez, de las cuales dos son iguales entre sí y otra es diferente.

Muestras: se presentaron tres muestras codificadas con tres números aleatorios. Esta prueba, al igual que las demás pruebas de diferenciación, requiere que la variable motivo de observación sensorial sea

la única causa de variación, que la atención del juez no se distraiga con el color o la forma de la muestra.

Por otra parte, de las muestras en estudio también se puede desconocer la variable sensorial, por lo que simplemente esta prueba permitirá detectar si existe o no diferencia entre las muestras, sin saber en que atributo.

Juez: la población elegida fueron 50 consumidores potenciales del producto que tienen constante contacto con el mismo y previamente han sido entrenados en el uso de la prueba.

Hoja de respuestas: utilicé una hoja de evaluación detallando al panelista que ha recibido 3 muestras codificadas indistintamente, dos muestras son iguales y una diferente. Una vez que el panelista haga el análisis según su criterio encierre el número de la muestra escogida como diferente en un círculo. Véase Apéndice 2.

Análisis de Datos por Método de Ji-Cuadrada:

Construimos las hipótesis del estudio determinando que:

Hipótesis nula (H_o): No hay diferencia significativa.
Hipótesis Alternativa (H_i): Si hay diferencia significativa.

$$x^2 = \frac{(|X_1 - np| - 0.5)^2}{np(1-p)}$$

x = número de opiniones acertadas.
n = número total de ensayos practivados o número de jueces por repeticiones efectuadas.
p = probabilidad de éxito en un ensayo único.
$q = (1-p)$ probabilidad de la falla en un ensayo único.
0.5 = factor de corrección por continuidad para Ji - cuadrada ajustada.
2

$$x^2 = \frac{(|29 - (50 \times \frac{1}{3})| - 0.5)^2}{(50 \times \frac{1}{3})(1 - \frac{1}{3})}$$

$$x^2 = 13{,}22$$

Estadístico	5%	1%
Una cola x^2	9,236	13,388
Dos colas x^2	11,07	15,086

Se acepta H_i, si hay diferencia significativa con el nivel de seguridad de fallar en esta aseveración menos de 5 veces en 100.

Cálculo de Probabilidad Exacta:

$$z = \frac{(X_1 - 0.5) - m}{s}$$

x = punto que limita el área de la curva normal de probabilidad.

0.5 = factor de corrección por continuidad.

m = número esperado de éxitos o del valor medio de n ensayos, y equivalente a np.

s = desviación estándar o típica.

n = número de ensayos

p = probabilidad de éxito o acierto en cada ensayo ⅓ tratándose de pruebas triangulares.

Desviación Estándar o típica:

$$s = \sqrt{np(1-p)}$$

$$s = \sqrt{50 \times \tfrac{1}{3} \times \tfrac{2}{3}}$$

$$s = 3{,}325$$

Probabilidad Exacta:

$$z = \frac{(X_1 - 0.5) - m}{s}$$

$$z = \frac{(29 - 0{,}5) - (50)(\tfrac{1}{2})}{3{,}325}$$

$$z = 1{,}05$$

Conclusión

Al buscar el valor z= 1,05 en la Tabla Área bajo la curva normal estándar y localizar que el área a la derecha del valor z es 0,0262, entenderemos que la probabilidad exacta de este evento es 2,62%, y no ambiguamente como decíamos antes, p menor a 5%.

Se acepta H_i con el nivel de seguridad de fallar en esta aseveración menos de 2,62%. Determinamos que si hay diferencia significativa entre los productos con un nivel de aseveración de 97,38%, esto indica que el consumidor encuentra diferencia entre las pruebas presentadas acertando en la muestra diferente que es la de Pan Campestre con Masa Madre.

2.1.6. Determinación del proceso y su formulación

Obteniendo resultados estadísticos según pruebas de evaluación sensorial a panelistas no entrenados, analizados bajo método de Análisis de Varianza y Ji-Cuadrada llegué a la conclusión de que existe diferencia significativa entre las muestras presentadas, con resultados favorables por el Pan Campestre con Masa Madre. Su formulación y proceso de elaboración será detallado en el siguiente capítulo.

CAPITULO 3

3. ESCALADO

El escalado es una metodología que permite llevar una prueba en laboratorio o nivel piloto de un producto desarrollado a nivel semi-industrial o industrial. Para llevar el proceso desarrollado de nivel de planta piloto a escala semi- industrial he mantenido la proporcionalidad en la formulación del producto según los porcentajes de cada uno de los insumos. Así mismo, mantuve el esquema de equipos utilizados en el desarrollo del producto, aumentando la capacidad de cada uno de ellos.

3.1 Proceso de Elaboración

Elaboración de Masa Madre

Pesado

La cantidad en kilogramos de los insumos básicos para la elaboración de masa madre se lo realizó tomando un porcentaje del total de la cantidad de insumo a utilizarse en

la formulación, ya que la elaboración de masa madre es un proceso previo.

La masa madre está compuesta básicamente de: Harina de trigo en un 20%, agua helada en un 19,3%, levadura en un 3% y sal en un 0,4% de la fórmula según porcentaje panadero.

Amasado

Colocamos en la amasadora los insumos anteriormente pesados y procedemos a mezclar por 3 minutos a velocidad media incorporando cada uno de los insumos y luego se amasa la mezcla por 9 minutos a velocidad rápida para añadir textura a la masa. Es importante controlar la temperatura de la masa luego del amasado pues debe estar en un rango de 24 a 25ºC para que la levadura se mantenga inactiva en este proceso, por esa razón se requiere que el agua esté helada.

Envasado

La masa que obtenemos después del proceso de amasado se coloca en un recipiente plástico cubierto previamente sanitizado y desinfectado. Colocar el recipiente con la

masa y cubierto en un lugar limpio a temperatura ambiente en rangos de 30 a 32ºC por 16 horas. En esta etapa la levadura activa la reacción de fermentación produciendo CO_2 gasificando la masa y aumentando su volumen, así mismo produce cantidades menores de ácido butírico, ácido acético y ácido láctico que acentúan el sabor de la masa, las cuales son las características que necesitamos para nuestro producto.

Elaboración de Pan campestre:

Pesado

Pesar, en una balanza debidamente calibrada, los insumos según los porcentajes de la formulación restando la cantidad previamente utilizada de los insumos para la elaboración de masa madre.

Amasado

Colocar cada uno de los insumos anteriormente pesados en la amasadora y adicionar la masa prefermentada o masa madre como un insumo más dentro de la formulación. Mezclar los insumos por 3 minutos a velocidad y luego aumentar la velocidad por 14 minutos para ligar

cada uno de los insumos dando la textura elástica que requiere la masa.

División y Boleado

En este proceso la masa obtenida en el amasado será dividida en pequeñas porciones según la graduación del equipo, para la elaboración del Pan Campestre se graduó a 110g obteniendo pequeñas porciones de masa en rangos de 110g a 112g con una forma redonda con el fin de mantener lisa la superficie de la masa.

Reposo

Una vez dividida la masa las pequeñas unidades son llevadas por una banda transportadora hacia la reposadora. Al ser transportadas las masas a la reposadora se espolvorea harina sobre cada una y automáticamente se coloca cada masa en canastas individuales para proceder al reposo aproximadamente por 10 minutos.

Laminado

Luego del reposo de la masa continúa con el proceso de laminado, este paso se distribuye homogéneamente las grandes burbujas de gas acumuladas a toda la masa, se

hacen pasar las piezas por un par de rodillos que giran en direcciones opuestas y que causan el mismo efecto.

Formado

Una vez laminada la masa son llevadas por una banda transportadora hasta el formado que es realizado manualmente por los operarios de línea, este proceso se realiza para darle forma deseada y homogénea al producto. Luego se coloca cada masa en latas acanaladas perforadas y siliconadas que se percharán en coches de acero inoxidable con capacidad en rango de 14 a 34 latas.

Fermentación

Los coches con el producto son colocados en la cámara de Fermentación que está a Temperatura de 40ºC, Humedad relativa de 85%, y, el tiempo depende del producto, para el Pan Campestre el tiempo fue de 75 a 80 minutos.

Se realiza con el objetivo de prestar el medio óptimo para que la levadura reaccione con los azúcares de la masa y obtener la gasificación de la masa con CO_2 aumentando el volumen y a la vez mejorando el sabor del producto con la

producción de ácido láctico, ácido butírico y ácido acético en pequeñas cantidades.

Corte

Al salir el coche de la cámara de Fermentación se procede a realizar dos ligeros cortes diagonales en la superficie del pan que una vez horneados serán la greña característica del producto.

Horneado

Los coches son colocados en el horno a temperatura de 200ºC con inyección de vapor por 28 minutos con el fin de cocer el producto obteniendo textura de la miga y crocancia de la corteza.

Enfriamiento

Se retiran los coches del horno una vez terminado el proceso y se coloca el producto en la percha de enfriamento previamente sanitizada y desinfectada en ambiente controlado a temperatura ambiente de 32ºC por 40 minutos aproximadamente hasta que el producto tenga como temperatura interna 34ºC.

Enfundado

Cuando el producto llegue a la temperatura de 34ºC es el indicador de que está listo para ser enfundado en fundas de papel kraft listo para ser vendido y consumido

Si el producto es enfundado a mayor temperatura expele vapor que se condensará en la superficie interna de la funda por el coche de temperaturas tanto interna del producto como del ambiente, aumentando la probabilidad de que el producto no llegue al tiempo de vida esperado debido al crecimiento de mohos.

3.1.1. Fórmula

La elaboración del Pan Campestre con Masa Madre presenta una fórmula básica panadera de producto tipo baguette, pues cuenta con similares características organolépticas como: textura, miga y crocancia de corteza, con la diferencia de que el Pan Campestre tiene como insumo grasa vegetal en un mínimo porcentaje. La fórmula se presenta en el Apéndice 3.

3.1.2. Equipos

Los equipos que se deben utilizar para la fabricación de este pan, a nivel de planta piloto, serán escogidos por su economía, sencillez y disponibilidad.

Para cada operación se necesitará un equipo y cada equipo tendrá sus propias características. Para realizar los cálculos de capacidad de equipos me basé en información real proporcionada por la empresa Puncalsa, partiendo de la cantidad de sacos de harina producidos diariamente en la línea de panadería para satisfacer la demanda diaria del producto.

Sacos de harina/ día = 14 unid.

Kg Harina/ saco = 50Kg

Kg. Harina/ día = 14 unid. X 50 Kg = 700Kg/día

% de Producción de Pan Campestre/ día = 15%

Kg. Harina/ día para Producción de Pan Campestre:

700Kg/ día x 15% = 105 Kg harina/día

Según los cálculos realizados se utilizaría 105 Kg de harina para la producción diaria de Pan Campestre con Masa Madre teniendo como resultado según la formulación del producto la siguiente tabla.

Tabla VI.

Fórmula de Pan Campestre Con Masa Madre por parada

	Fórmula total		**Fórmula Masa Madre**		**Materia Prima final**	
Materia Prima	**Kg**	**%**	**Kg**	**%**	**Kg**	**%**
Harina	105,000	100%	21,000	20%	84,000	80%
Agua	60,900	58%	11,754	19,3%	49,146	81%
Levadura	2,625	2,5%	0,079	3%	2,546	97%
Sal	2,310	2,2%	0,0092	0,40%	2,301	99,6%
Grasa vegetal	4,200	4%			4,200	100%
TOTAL	175,035		32,842		142,193	

Peso unitario de pan	0,112
Cantidad de pan por parada	1562,81
Porcentaje estimado de desperdicio	10,5%
Cantidad real de pan por parada	1398,72
Desperdicio y vapor cocción	164,10
Rendimiento	89,5%

Elaborado por: Ma. Belén Reyes R.

Por ende para producir 175 Kg de masa utilizaré 105 Kg de harina de trigo obteniendo como resultado 1398 unidades de masa de Pan Campestre con masa madre estimando un porcentaje de desperdicio del 0,5% y 10% por pérdida de vapor en cocción y porcentaje de rendimiento de 89,5%.

Los equipos seleccionados tendrán un porcentaje de colchón del 50% referente a la capacidad (262,5 Kg de masa/ día), para precautelar la inversión inicial y estar preparados para un incremento en la producción.

Recepción de Materia Prima

La materia prima que puede estar a temperatura ambiente como: harina, sal, y grasa vegetal deberá ser colocada en pallets plásticos para proteger del contacto directo con el piso y contaminación por plagas.

La levadura se colocará en una cámara de refrigeración a temperatura de 4ºC para su conservación, ya que a esta temperatura los microorganismos se mantienen inactivos.

Pesado

La balanza a utilizarse debe ser electrónica de acero inoxidable con base plana para colocar los sacos de

harina con un rango de peso de 0 a 600 Kg debidamente calibrada.

Amasado

Luego del proceso de pesado se procede a colocar los insumos en la amasadora que tiene una olla de acero inoxidable, con motor de 7,5 HP y un tornillo sinfín de acero inoxidable que gira a 1050 rpm con dos velocidades (baja y alta) procede a mezclar todos los insumos hasta formar una masa homogénea y elástica.

División

La masa es colocada en la divisora que será calibrada manualmente según el peso deseado para la división del producto, para el Pan Campestre regulé el peso en 112g.

La divisora consta de una tolva de acero inoxidable, la cual es untada con grasa para que la masa no se pegue en las paredes al ser colocada manualmente, pasa por unas cuchillas que dividen a la masa según la calibración, las unidades de masa salen por una

banda transportadora en donde son llevadas al siguiente proceso.

Boleado

Las masas individuales de 112g pasan a la boleadora la cual tiene guías de acero inoxidable que va girando para dar la forma redonda y superficie lisa a la masa.

Reposo

Una vez que sale la masa boleada pasa a una banda transportadora para ser llevada hacia la reposadora que cuenta con capacidad para 1800 masas/ hora. Tiene recipiente que dosifica harina automáticamente para espolvorear en la superficie de la masa antes de ingresar al equipo con el fin de que la masa no se pegue en las canastillas en donde va a reposar individualmente las masas por 10 minutos.

Laminado y Formado

La masa reposada pasa a la laminadora que tiene varios rodillos de 4 cm de diámetro por donde pasará la masa para laminarla eliminando las burbujas de aire que pueda tener saliendo por una banda transportadora para el proceso de formado.

El formado se realiza manualmente por dos operarios de línea que estarán junto a la banda transportadora para formar la masa dependiendo el largo deseado según especificaciones físicas. Cada masa formada es colocada en latas siliconadas, acanaladas y con perforaciones que serán perchadas en coches de acero inoxidable pequeños de 14 pisos y grandes de 34 con garruchas para poder movilizarlo.

Fermentación

Los coches que contienen latas con el producto son colocados en la Cámara de Fermentación de área 4x4 de paneles de poliuretano y cortinas plásticas en las áreas de entrada que recibe vapor y humedad de

caldero de 5,5 BPH a una temperatura de 40ºC y 85% de humedad.

Corte

Cuando el producto ha leudado pasa al corte realizado manualmente por un operador de línea con una cuchilla delgada. Se realiza 2 cortes paralelos diagonales que luego de la cocción será la greña característica del Pan Campestre.

Horneo

Luego del proceso de fermentación las latas se cambian a 2 coches del horno que son 17 pisos. El Horno cuenta con panel de control para ingresar los parámetros de horneo como: temperatura de 200ºC y tiempo de 28 minutos que se requiere para la cocción del producto. Su transferencia de calor se genera a través de un caldero de circulación de aceite térmico por bomba de aceite de 5hp.

Enfriamiento

Los coches son retirados del horno y el producto es colocado manualmente en perchas de enfriamiento de acero inoxidable de 60x80x190cm con 4 pisos debidamente sanitizada y desinfectado en un área controlada a temperatura ambiente de 32ºC.

Enfundado

Una vez que el producto haya alcanzado una temperatura interna media de 37ºC se procede a enfundar manualmente en fundas de papel kraft listo para ser vendido al consumidor. Los operarios están con mallas protectoras para el cabello, guantes plásticos desechables y mascarillas que cubren nariz y boca.

3.1.2.1. Diagrama de Equipos

Véase Apéndice 4.

3.1.3. Diagrama de Flujo

Se presenta un diagrama de flujo para el proceso de elaboración de Pan Campestre con masa madre detallando los parámetros de control como: tiempo,

temperatura y humedad relativa, en cada uno de los procesos de transformación. Véase Apéndice 5.

3.2. Rendimientos

El proceso de panificación tiene un porcentaje de desperdicio mínimo, ya que la materia prima está lista para ser utilizada en su totalidad, es por ello que utilicé un porcentaje de desperdicio estimado de 0,5% que puede ser reprocesado.

En el único proceso en que el producto sufre una disminución de peso es en el horneo, ya que se estima una pérdida por vapor del 10% en el producto debido a la cocción. Obteniendo un porcentaje de rendimiento de 89,5%.

3.3. Costos

Tabla VII

Costo de Pan Campestre con Masa Madre

Materia Prima	Cantidad (Kg)	Costo Unitario	Total
Harina	105	$ 0,64	$ 67,20
Agua	60,9	$ 0,01	$ 0,37
Levadura	2,625	$ 1,07	$ 2,81
Sal	2,31	$ 0,13	$ 0,30
Grasa vegetal	4,2	$ 1,32	$ 5,54
Total	**175,035**		**$ 76,22**
Unidades de Pan producidas			1398,72
Costos del Producto por Unidad			$ 0,054
Costos indirectos estimados			$ 0,020

Costos Totales	$ 0,074
Utilidad (30%)	$ 0,022
Precio de Venta por unidad	$ 0,097

Elaborado por: Ma. Belén Reyes R.

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

1. Se puede obtener un producto panario a base de masa prefermentada con mejores características organolépticas y sensoriales en comparación con el pan elaborado con mix de mejoradores.

2. Las características físicas y organolépticas del producto guardan una relación directa con el tiempo de fermentación de la masa madre o masa prefermentada en condiciones ambientales, es decir a mayor tiempo de fermentación el producto final tiene sabor ligeramente ácido, miga abierta y buena crocancia sin uso de mix de mejoradores.

3. El tiempo de fermentación óptimo de la masa madre es de 15 a 18 horas a temperatura ambiente de 32º, pues es cuando llega a su punto máximo de desarrollo, obteniendo sabor y aroma a acidez e incremento en su volumen. Una vez que la masa madre se somete a mayor tiempo de fermentación sus propiedades se deterioran.

4. Existen clientes potenciales de Pan Campestre con masa madre, ya que la tendencia del consumidor es alimentarse con productos artesanales con cantidad nula de aditivos químicos o mix de mejoradores.

5. Los Análisis de Varianza y Ji-cuadrada son herramientas valiosas estadísticas que permiten analizar los resultados en forma clara, precisa y objetiva, determinando que los panelistas evaluados encontraron diferencia significativa entre los productos prefiriendo el Pan Campestre con masa madre por su sabor y aroma ligeramente ácido, miga semi abierta y textura crocante en su corteza.

6. Según resultados obtenidos de la tabulación de calificaciones de la prueba hedónica evaluada por panelistas, los consumidores prefieren el Pan Campestre con Masa Madre por sus características organolépticas como textura con mayor crocancia, miga uniforme y semiabierta; y, sabor y olor ligeramente ácido que lo diferencian del Pan Artesanal con mix de mejorador.

7. En la prueba triangular evaluada según análisis de Ji-cuadrada determiné que si hay diferencia significativa entre los productos con un nivel de aseveración de 97,38%, esto indica que el consumidor encuentra diferencia entre las pruebas presentadas acertando en la muestra diferente que es la de Pan Campestre con Masa Madre con el nivel de seguridad de fallar en esta aseveración menos de 2,62%.

8. Dado que el proceso tiene un porcentaje de desperdicio de 0,05% materia prima, que es mínimo puede ser reprocesado, es un aliciente factor que disminuye costos de producción influyendo en su precio de venta al público.

9. El escalado del proceso se llevó de nivel de planta piloto a nivel semi- industrial, mantenido la proporcionalidad en la formulación del producto según los porcentajes de cada uno de los insumos y siguiendo con el esquema de equipos utilizados en el desarrollo del producto aumentando la capacidad de cada uno de ellos disminuyendo los procesos manuales.

APÉNDICE

Apéndice I.

Prueba de Referencia: Escala Hedónica

Nombre:_____ **Fecha:**_____

Ud ha recibido 2 muestras codificadas. Pruebe cada muestra y califique en la escala de acuerdo a su preferencia. Ponga una **X** en el casillero que corresponda. Pruebe las muestras en el orden de la tabla.

		935	847
9	Me gusta extremadamente		
8	Me gusta mucho		
7	Me gusta moderadamente		
6	Me gusta ligeramente		
5	Ni me gusta ni me disgusta		
4	Me disgusta ligeramente		
3	Me disgusta moderadamente		
2	Me disgusta mucho		
1	Me disgusta extremadamente		

Comentarios.-

Muchas gracias por su colaboración!!!

Elaborado por: Ma. Belén Reyes R.

Apéndice II.

Prueba Triangular

Nombre:_____ Fecha:_____

Ud. ha recibido 3 muestras codificadas, dos muestras son iguales y una diferente. Pruebe las muestras en el orden que indica el cuestionario. Indique **¿Cual es la muestra diferente?** Encierre el número de la muestra escogida como diferente en un círculo. Enjuague la boca con agua después

563 **262** **846**

Muchas gracias por su colaboración!!!

Elaborado por: Ma. Belén Reyes R.

Apéndice III.

Fórmula de Pan Campestre Con Masa Madre

	Fórmula total	**Fórmula Masa Madre**	**Materia Prima final**
Materia Prima	**%** Panadero	**%**	**%**
Harina	100%	20%	80,0%
Agua	58%	19,3%	80,7%
Levadura	2,5%	3%	97,0%
Sal	2,2%	0,40%	99,6%
Grasa vegetal	4%		100,0%

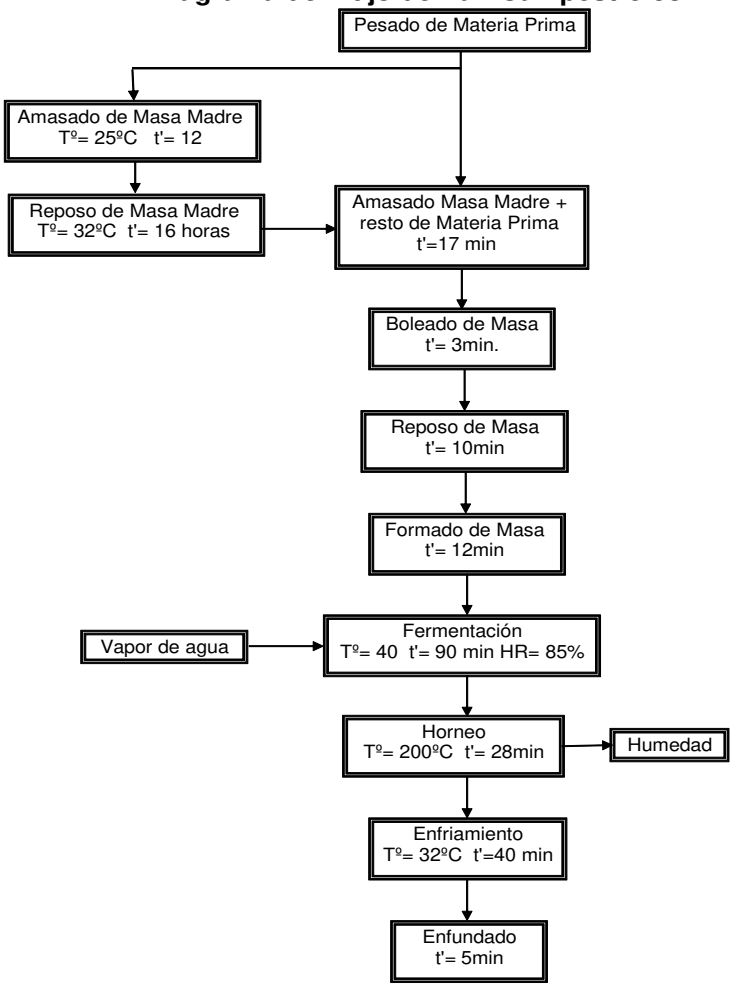
Elaborado por: Ma. Belén Reyes R.

Apéndice IV.

Diagrama de Equipos

Apéndice V.

Diagrama de Flujo de Pan Campestre con Masa Madre



Elaborado por: Ma. Belén Reyes R.

Bibliografía

1. http://www.alimentariaonline.com/desplegar_nota.asp?did=270

2. http://es.wikipedia.org/wiki/Masa_madre

3. PARMENTELAT CLAUDE, Panes y Bollería, Susaeta Ediciones S.A.

4. http://www.pasqualinonet.con.ar/MundoStellita.htm