ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"Utilización de Harina de Camote (Ipomea Batatas) en la Elaboración de Pan"

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERAS DE ALIMENTOS

Presentado por:

Samanta Gabriela Bastidas Velásquez

Shirley Tatiana De La Cruz García

GUAYAQUIL- ECUADOR

Año: 2010

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente, a Dios por llenarme de fortaleza diariamente para cumplir mis metas.

A mi madre, Lcda. Grecia Velásquez por inculcarme el valor de la constancia y enseñarme que los logros más gratificantes son los que mayor esfuerzo han requerido. Por convertirme en su prioridad, por dedicar su vida entera a mi cuidado y en especial por apoyarme incondicionalmente.

A las Ingenieras, Grace Vásquez y Fabiola Cornejo por sus relevantes aportes, críticas y sobre todo por estar siempre pendientes del desarrollo de este trabajo.

Como no mencionar a mis amigos, a los recientes, a los de siempre, a los que conozco hace media vida o mejor dicho hace vida y media; por compartir conmigo su valiosa amistad, sus secretos, sus amarguras, sus alegrías, sus aventuras y fantasías, y hasta por sus “regañadas” les agradezco amiguis.

Y el mayor de los agradecimientos a Mathías, mi hijo, gracias a tu llegada mi vida tuvo sentido, la llenaste de dicha, fuiste mi inspiración cuando sentí que no podía seguir. Gracias por tu sacrificio; por haberte restado tanto tiempo de dedicación, por mis estudios. Mi amor este logro es gracias a ti, Te amo.

Samanta Gabriela Bastidas Velásquez

AGRADECIMIENTO

Este trabajo testifica las múltiples ayudas recibida a lo largo del camino, es la suma de incontables deudas de gratitud. Es infinitamente lo recibido que lo que se devuelve en estas páginas, debo corresponder a cuantas personas enriquecieron con su ayuda esta obra.

A Dios por darme lo más preciado, la vida y fortaleza necesaria para seguir adelante.

A mi madre Lcda. Nelly García por ser mi apoyo, mi guía incondicional, gracias por estar a mi lado y por ser siempre lo primero en tu vida. Te amo mamá.

A mi padre Lcdo. Wilson De La Cruz por ser un pilar fundamental en mi vida por brindarme la oportunidad de llevar a cabo cada uno de mis sueños, gracias papá este triunfo también es tuyo.

A mis abuelitos, tíos(as) y primos(as) por darme tantos momentos felices y agradables que nunca olvidare, gracias por su cariño.

A las Ingenieras Grace Vásquez y Fabiola Cornejo por contribuir con sus conocimientos en la realización de este proyecto.

A mis amigas y amigos por brindarme su apoyo siempre, los quiero millón.

Shirley Tatiana De La Cruz García

DEDICATORIA

A DIOS,

A MIS PADRES,

A MIS TÍAS,

A MI HIJO

DEDICATORIA

A DIOS,

A MIS PADRES,

A MIS FAMILIARES,

A MIS AMIGOS

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Francisco Andrade S.
PRESIDENTE

Ing. Grace Vásquez V.
DIRECTORA DEL PROYECTO

Ing. Fabiola Cornejo Z.
VOCAL PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

_____	_____
Samanta Bastidas V.	Tatiana De La Cruz G.

RESUMEN

El Ecuador posee una diversidad de productos agrícolas con propiedades nutricionales excelentes, entre éstos se encuentra el camote (ipomoea batatas) que es una raíz tuberosa comestible con un alto contenido de antioxidantes, gran valor vitamínico y proteico; aunque con poca explotación industrial a nivel nacional a pesar de ser un producto muy competitivo por sus bajos costos de producción.

En los procesos de panificación, el 96% de la materia prima principal utilizada proviene de las importaciones. Por lo que es necesario, buscar alimentos nativos que puedan ser utilizados como sustitutos en la elaboración de pan.

Actualmente, en el país se están realizando investigaciones para sustituir la harina de trigo por harinas no tradicionales con el objetivo de obtener una reducción en el costo de producción sin embargo, se desconoce sus consecuencias en las características sensoriales y envejecimiento del pan.

En este trabajo, primeramente se definió las condiciones adecuadas de secado para la obtención de harina, además se elaboró una formulación

base sustituyendo parcialmente la harina de trigo por la de este tubérculo y posteriormente se estableció el efecto del uso de ésta harina en la estabilidad del pan. Para lo cual, se empezó caracterizando la materia prima utilizada, también se determinó la respectiva isoterma de sorción, velocidad y tiempo de secado; luego se realizaron pruebas de formulación evaluando sensorialmente su efecto sobre la textura y movilidad molecular del agua. Por último, se estudió los efectos de la sustitución en la calidad final del pan, precisando su estabilidad durante el almacenamiento en comparación con el pan tradicional. Los resultados fueron analizados utilizando el análisis de varianza (ANOVA) como herramienta estadística a fin de determinar su significancia.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN…… II
ÍNDICE GENERAL…… IV
ABREVIATURAS…… VI
SIMBOLOGÍA…… VII
ÍNDICE DE FIGURAS…… VIII
ÍNDICE DE TABLAS…… XI
INTRODUCCIÓN..…… 1

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES…….. 2
1.1 Materia Prima…….. 2
1.1.1 Cultivos y Disponibilidad…….. 3
1.1.2 Composición Química y Valor Nutricional…… 5
1.2 Proceso de Secado……..…… 6
1.3 Productos de Panificación: Pan…….…… 9
1.3.1 Tipos y Especificaciones……..…… 10
1.3.2 Proceso de Elaboración……..…… 13
1.4 Principales Alteraciones Físico-Químicas y Microbiológicas…… 21

CAPÍTULO 2

2. PROCESO DE OBTENCIÓN DE HARINAS…… 27
2.1 Características de la Materia Prima……. 27
2.2 Metodología de Trabajo……..... 33
2.2.1 Ensayos Físico-Químicos…… 36
2.2.2 Secado…… 37
2.3 Isotermas de sorción……. 37

2.4 Proceso de Secado……... 40
2.4.1 Curvas de Secado…… 45
2.5 Caracterización de la harina…… 47

CAPÍTULO 3

3. SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE CAMOTE (IPOMOEA BATATAS)…… 50
3.1 Ingredientes…….. 50
3.2 Formulaciones…….. 53
3.3 Proceso de Elaboración de pan……. 58
3.4 Análisis Sensorial……. 60
3.5 Características físico-químicas y Nutricionales…… 67
3.6 Estabilidad del Pan…… 68

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES…….. 71

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

Aw	Actividad de agua
AOAC	Association of Analytical Communities
BET	Brunauer-Emmett-Teller
°C	Grados Centígrados
CO_2	Dióxido de Carbono
cm	Centímetros
cm^2	Centímetros cuadrados
Ec.	Ecuación
GAB	Guggenheim-Anderson-de- Boer
G	Gramos
IU	Unidades Internacionales
h	Hora
Ha	Hectáreas
HR	Humedad Relativa
HRE	Humedad relativa en equilibrio
Kcal	Kilocalorías
Kg	Kilogramos
min	Minutos
mg	Miligramos
mm	Milímetros
s	Segundo
Tm	Toneladas métricas
%	Por ciento

SIMBOLOGÍA

A	Área
b.h.	Base húmeda
b.s	Base seca
$\overline{Dp}$	Diámetro partícula
Dpsup	Diámetro superior
H2O	Agua
pH	Potencial de Hidrógeno
Rc	Velocidad de Secado
s.s.	sólido seco
T	Temperatura
t	Tiempo
Δt	Diferencial de tiempo
Δx	Diferencial de Humedad libre
Δx_i	Porcentaje de retenidos
X	Humedad Libre
X_i	Partícula mas pequeña en el diámetro superior
X_{media}	Humedad media
Xc	Humedad crítica
Xt	Humedad en base seca
X*	Humedad en equilibrio
W	Peso de la muestra
Ws	Peso de sólidos secos

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.1 Períodos de secado……. 9
Figura 1.2 Diagrama de flujo del proceso de elaboración del pan…….. 13
Figura 1.3 Envejecimiento de la miga de pan……..…… 23
Figura 2.1 Fotos de cambios de color del camote…….. 29
Figura 2.2 Diagrama de Flujo del proceso de Elaboración de harina……. 34
Figura 2.3 Sistema de adsorción…… 37
Figura 2.4 Isoterma de sorción……..... 39
Figura 2.5 Variación de la humedad en base seca con respecto al tiempo… 40
Figura 2.6 Variación del peso con respecto al tiempo…… 41
Figura 2.7 Humedad libre en función del tiempo……... 44
Figura 2.8 Curva de velocidad de secado…… 45
Figura 3.1 Diagrama de flujo del proceso de elaboración de pan de camote. 57
Figura 3.2 Texturómetro CT3…..……... 68
Figura 3.3 Gráfica de textura vs tiempo…..……. 69

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Clasificación Científica del Camote……..…….…. 4
Tabla 2. Composición nutricional del Camote en 100g de porción comestible…. 6
Tabla 3. Especificaciones físico-químicas para pan…….. 12
Tabla 4. Especificaciones microbiológicas para pan……. 12
Tabla 5. Características físicas del camote……. 28
Tabla 6. Rendimiento del camote……..……. 28
Tabla 7. Escala de firmeza…… 30
Tabla 8. Características sensoriales del camote……..…… 31
Tabla 9. Características físico-químicas del camote……. 31
Tabla 10. Métodos de ensayos físico-químicos…….…. 35
Tabla 11. Datos para elaboración de isoterma de sorción …….. 38
Tabla 12. Condiciones de trabajo……. 39
Tabla 13. Características Sensoriales de la harina de camote…… 47
Tabla 14. Resultados de Análisis físico-químicos de la harina de camote…… 48
Tabla 15. Fórmula base de pan de sal……. 52
Tabla 16. Fórmula base de pan de dulce…… 55
Tabla 17. Cuadro de análisis de varianza……. 64
Tabla 18. Formulación para la Elaboración de pan de camote…… 65
Tabla 19. Aporte calórico y propiedades nutricionales del pan de camote……. 67

INTRODUCCIÓN

El pan, es uno de los alimentos más consumidos por la humanidad. Tradicionalmente, el pan se elabora con harina de trigo; sin embargo los altos costo de ésta han ido encareciendo el producto. Por lo que, este estudio pretende incluir alimentos autóctonos, como el camote, en la elaboración de pan; a través de una sustitución parcial de la harina de trigo por la harina de este tubérculo. Con el objetivo de obtener un producto final con características físico-química, sensoriales y nutricional similares a las de un pan tradicional.

Esto, no solo contrarrestará los múltiples problemas con las importaciones del trigo, sino que también incentivará al desarrollo del cultivo intensivo del camote el mismo que posee una gran adaptabilidad a condiciones ambientales adversas convirtiéndose en un producto muy competitivo.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1 Materia Prima

El camote es un alimento tradicional del Ecuador, sin embargo no se lo ha aprovechado industrialmente, ya que los agricultores lo han destinado básicamente para consumo local y como forraje para alimentación animal. Es un cultivo nativo de países andinos, a pesar de que su producción se adapta fácilmente a climas cálidos y tropicales.

El *Ipomoea Batatas* (camote*)* es una raíz tuberosa reservante comestible, de forma indefinida y es precisamente su forma la que ha restringido su acogida en el mercado. Por ésta razón, actualmente se está apostando por su comercialización como alimento procesado; en muchos países ya se está explotando su uso en la producción de balanceado, pellets, flakes y etanol por su gran aporte energético. [1]

1.1.1 Cultivos y Disponibilidad

El camote también conocido como batata o boniato y cuyo nombre científico es Ipomoea Batatas es una raíz de color púrpura, con un peso entre 500 gramos y 3 kilos; su carne es blanda, azucarada y rica en almidones.

La planta es herbácea y perenne de 1 a 6 metros de altura con tallos delgados y hojas de color verde jaspeado con manchas púrpuras, originaria de zonas subtropicales pero que se adapta muy bien a climas fríos. Su cultivo es muy rústico requiere pequeñas extensiones y soporta condiciones marginales, sembrado en suelos de baja calidad, con un limitado abastecimiento de agua y gran resistencia a las plagas; y su cosecha se puede realizar tres veces al año; por lo que sus costos de producción son muy competitivos. [7]

Existe alrededor de 500 variedades de camote de las cuales Perú posee unas 250 y a pesar de contar con un ecosistema y condiciones climáticas similares a la del Ecuador, en el país existen muy pocas variedades entre las que destacan: Imperial (amarillo) y Guayaco (morado).

TABLA 1

CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA DEL CAMOTE

Reino	Plantae
Filo	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Solanales
Familia	Convolvulaceae
Género	Ipomoea
Especie	Batatas

Fuente: F. FOLQUER, 1978 [13]

La producción anual global excede actualmente los 150 millones de toneladas, a nivel nacional las plantaciones de camote hasta el año 2000 eran de 3075 ha ubicadas principalmente en Morona Santiago, Pastaza y Manabí, sin embargo desde entonces se han registrado varios proyectos gubernamentales con el objetivo de incentivar el cultivo de camote en gran escala. Hasta estas fechas se registró una producción de 3733 Tm destinadas básicamente para el consumo local, según III Censo Nacional Agropecuario (Ver Apéndice A).

1.1.2 Composición Química y Valor Nutricional

El camote brinda un gran aporte energético debido a que sus raíces reservantes están principalmente compuestas de almidón, el contenido de este varía entre un 50% y 70% de la materia seca. Posee un 25% de azúcares fácilmente digestibles, además es una fuente excelente de vitamina C, minerales, fibra y proteínas; también es muy rico en compuestos fenólicos, pigmentos como antocianinas y betacarotenos.

Su contenido de aminoácidos es bien balanceado, incluso con un mayor porcentaje de lisina que el arroz y el trigo. Sin embargo los aminoácidos de la proteína del camote son deficientes en cisteína, metionina y leucina; pero rico en ácidos aspártico y glutámico.

En los últimos años se ha relacionado su consumo con la disminución de enfermedades crónicas como el cáncer y problemas hepáticos, debido a su alta concentración de antioxidantes naturales.

TABLA 2

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL CAMOTE EN 100g DE PORCIÓN COMESTIBLE

Compuestos	Cantidad
Calorías	86 kcal
Agua	77.28 g
Proteína	1.57 g
Grasa	0.05 g
Cenizas	0.99 g
Carbohidratos	20.12 g
Azúcares totales	4.18 g
Fibra	3.0 g
Almidón	12.65 g
Calcio	30 mg
Hierro	0.61 mg
Fósforo	47 mg
Potasio	337 mg
Vitamina C	22.7 mg
Vitamina A	14.187 IU

Fuente: USDA, 2009 [11]

Su consumo es altamente recomendado en casos de desnutrición y afecciones gastrointestinales como úlceras estomacales, gastritis y colitis pues es un alimento de fácil digestión.

1.2 Proceso de Secado

El secado es uno de los métodos más comunes de conservación de alimentos, cuyo principio fundamental es el de disminuir la disponibilidad del agua para las reacciones enzimáticas y de

crecimiento microbiano. Sin embargo, también es ampliamente utilizado para reducir los costos de transporte y almacenamiento, mediante la reducción del volumen y peso del producto. [4]

Esta “disponibilidad” de agua se conoce como *actividad de agua* y es la relación entre la presión parcial del agua del alimento (*p)* y la presión de vapor del agua pura (p_o) a la misma temperatura; y ésta a su vez se relaciona con la humedad relativa de equilibrio (*%HRE*) del medio. La actividad de agua de un producto es siempre inferior a 1, esto significa que los constituyentes del producto fijan parcialmente el agua disminuyendo su capacidad de vaporizarse. Un producto alimenticio contiene en general simultáneamente varias formas de agua: agua fuertemente ligada ($0 < a_w < 0.2$), agua débilmente ligada ($0.2 < a_w < 0.6$) y agua libre ($a_w > 0.6$) siendo ésta última la de fácil remoción. [10]

Períodos de Secado

El proceso de secado se divide en tres etapas: una etapa inicial de precalentamiento, seguido de una fase de secado constante y una o más etapas de velocidad de secado decreciente (ver Figura 1.1).

Período de Precalentamiento

Es la etapa transcurrida mientras el producto y el agua contenida en él se calientan, hasta conseguir la temperatura de bulbo húmedo característica del ambiente secante. Ésta es la fase más corta del proceso de secado.

Período de velocidad constante

Durante este período, el calor intercambiado entre el aire y el producto se utiliza enteramente para la evaporación del agua. La evaporación se efectúa en la superficie del producto, a temperatura constante, siendo ésta la de bulbo húmedo del aire. Esta etapa se alarga mientras que la superficie del producto esté abastecida de agua libre desde el interior; y terminará cuando el contenido medio de humedad del producto alcance el valor de la humedad crítica. [10]

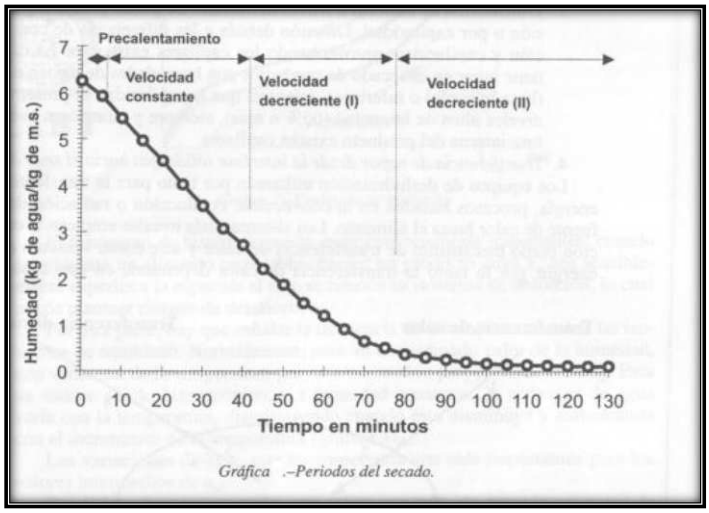
Período de velocidad decreciente

Primer Período de velocidad decreciente.- Esta etapa se caracteriza por comenzar cuando la superficie del producto en contacto con el aire de secado alcanza la humedad crítica. La zona de evaporación que se encuentra en la superficie, se desplaza hacia el interior; la migración del agua es cada vez más difícil. En este período el mecanismo de transporte de masa que predomina es la difusión de

vapor, desde la zona de evaporación hasta la superficie del producto.[10]

Segundo período de velocidad decreciente.- en esta fase el flujo másico se reduce más rápidamente que en el período anterior. En el alimento no queda más que agua ligada que se evacua muy lentamente; esta fase se termina cuando el producto alcanza su humedad de equilibrio.

FIGURA 1.1 PERÍODOS DE SECADO



Fuente: A.CASP Y J. ABRIL, 2003 [10]

1.3 Productos de Panificación: Pan

El término pan designa el producto resultante de la cocción en horno de una masa pesada y formada por la mezcla de harina de trigo, sal comestible, grasa comestible, agua potable y aditivos autorizados;

fermentada por especies de microorganismos propios de la fermentación panaria.

1.3.1 Tipos y Especificaciones

Existen dos tipos de pan el común y el especial.

Pan Común.- De consumo habitual en el día, elaborado con harina de trigo blanca, semi-integral o integral y que cumpla los requisitos establecidos, y al que sólo se le pueden añadir coadjuvantes tecnológicos y aditivos autorizados para este tipo de pan.

Pan Especial.- Es el pan que se obtiene añadiendo a la fórmula de pan común elementos enriquecedores como: huevos, leche, azúcar, grasa comestible (animal o vegetal) y aditivos autorizados. También puede reunir algunas de las condiciones siguientes:

- Que se haya utilizado como materia prima, harina enriquecida.
- Que se haya añadido cualquier ingrediente que eleve su valor nutricional.
- Que la masa se caracterice por la adición de uno o más de los enriquecedores: malta, nueces, coco, miel, dulce de frutas, frutas, queso, licor, u otros permitidos.

ESPECIFICACIONES GENERALES

El pan deberá ser fabricado con materias primas de calidad. Debe presentar el sabor y olor característicos del producto fresco y bien cocido, no debe estar quemado. Su sabor no debe ser amargo, ácido o con indicios de rancidez. No deberá presentar fermentaciones extrañas, gérmenes patógenos, hongos, materia extraña, ni microorganismos que indiquen una manipulación defectuosa del producto.

Características organolépticas:

- Aspecto externo: Las piezas de pan tendrán su forma característica puede tener cortes en la parte superior.
- Corteza: deben presentar un color ligeramente dorado a café, el cual deberá ser lo más uniforme, sin quemaduras, ni hollín, u otras materias extrañas. La corteza debe ser una costra regular y de textura firme.
- Miga: La miga debe ser suave, elástica, porosa, uniforme. No debe ser seca, pegajosa o desmenuzable. El color de la miga debe ser blanco, con un matiz uniforme, sin manchas ni coloraciones.
- Olor: Deberá ser característico, agradable.
- Sabor: Característico, ligeramente salado y agradable. No debe ser ácido.

Características físicas y químicas. El pan debe cumplir con lo indicado en la TABLA 3.

TABLA 3.

ESPECIFICACIONES FÍSICO-QUÍMICAS PARA PAN

Especificaciones	Mínimas	Máximas
Sólidos Totales %	_	65
Humedad %	_	35
Ph	5.5	6.0

Fuente: INEN 95:1979

Características microbiológicas. El pan debe cumplir con las especificaciones microbiológicas de la TABLA 4.

TABLA 4.

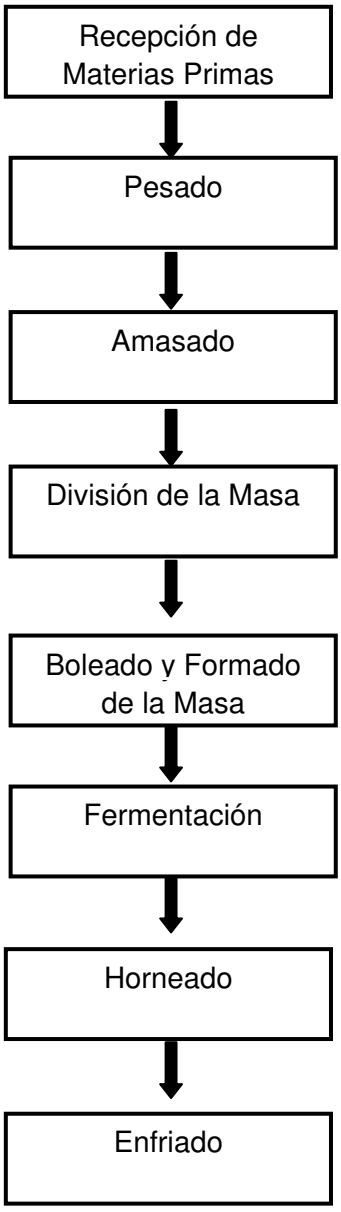
ESPECIFICACIONES MICROBIOLOGICAS PARA PAN

Indicadores	Limite máximo
Mesofílicos aerobios	1000 UFC/g
Coliformes totales	< 10

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008 [15]

1.3.2 Proceso de Elaboración

FIGURA1.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PAN



Elaborado por: Bastidas y De la Cruz. 2010

A continuación se describe cada una de las etapas del proceso de elaboración del pan.

Recepción de materias primas.- Al iniciar el proceso de elaboración de pan se recepta las materias primas, se procede a examinar la calidad de las mismas y determinar la cantidad de cada ingrediente, respetando la formulación elegida.

Pesado.- Se pesan las materias primas e ingredientes restantes en las cantidades adecuadas para proceder a la siguiente etapa de proceso***.***

Amasado.- Esta etapa consiste en mezclar el agua, la harina y los demás ingredientes. La absorción del agua durante el amasado viene principalmente producida por las proteínas de la harina (gliadina y glutenina) que aumenta el doble de su volumen inicial, por el almidón dañado que oscila entre 5% y 7% de su total de almidón y que ejerce un efecto de absorción rápido, por la pequeña proporción de dextrinas constantes en la harina antes de la actuación de las enzimas diastásicas y por último las pentosanas. [8]

El amasado asegura la mezcla de los componentes, para formar una masa, hasta conseguir las mejores propiedades de viscoelasticidad, cohesidad y reológicas. La cantidad de agua recomendada es de 60 partes por cada 100 partes de harina. Las gliadinas y gluteninas de la harina 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 esponjará durante la fermentación debido a la presión ejercida por el CO_2.

Existen dos etapas de amasado, en la primera llamada *fresaje* se introducen todas las materias primas pesadas dentro de la amasadora a velocidad lenta, este paso nos indica si la hidratación de la harina ha sido suficiente o no, esta etapa dura entre dos a cinco minutos.

La segunda fase llamada Oxigenación o Maduración que se desarrolla a velocidad media por un tiempo relativo entre 10 a 15 minutos, es la más importante ya que es en esta etapa donde se desarrolla el cuerpo final de la masa y sus características plásticas. Se considera finalizada esta etapa cuando la masa es un solo cuerpo y se separa de las paredes de la amasadora teniendo una elasticidad

correcta. Por otro lado se produce una transformación de distintas materias primas en un solo cuerpo, este efecto es quizás el que más define cuando una masa está bien amasada, para lo cual se deben tener en cuenta varios conceptos:

- Que se agarre en un solo cuerpo a los brazos de la amasadora.
- Que estirando una porción de la misma sea capaz de dar la suficiente elasticidad hasta dejar una fina película de masa.
- Que en la misma se observen poros blancos que determinan una buena oxigenación.

Con estas tres características se puede dar por finalizado el amasado dando como resultado una masa fina y elástica.

División.- La división es una operación bastante agresiva que acarrea una pérdida de la flexibilidad de la masa, e incluso la degradación de la estructura formada durante el amasado volviéndose pegajosa al tacto. Sin embargo es necesario para asegurar un peso del pan constante y garantizado en la venta. El control de calidad aplicado a la división debe efectuarse en no admitir un máximo de irregularidad en peso del 1%, ya que esto supondría piezas de una misma masa con volúmenes muy dispersos.

Boleado y formado.- El boleado permite reconstituir la estructura, persigue la formación aproximadamente esférica de las piezas, consiguiendo un exterior liso. El principal objetivo de esta operación es dar la forma concreta y definitiva a la pieza.

Fermentación.- Comienza en el amasado y finaliza en el horneado, produciéndose paralelamente una estructuración del pan, gelatinización y posterior cristalización del almidón, caramelización de los azúcares restantes y desnaturalización de las proteínas. En cualquier fermentación panaria deben producirse tres etapas fundamentales:

PRIMERA ETAPA, es una fermentación muy rápida y que dura relativamente poco tiempo. Se inicia en la amasadora al poco tiempo de añadir la levadura, ya que las células de saccharomyces cerevisiae comienzan la metabolización de los primeros azúcares libres existentes en la harina.

SEGUNDA ETAPA, es la etapa más larga y aunque en muchos casos la actividad de las enzimas diastásicas comienza muy pronto, su etapa degradatoria es larga. Se considera la etapa en la que α-

amilasa, β-amilasa, glucosidasa y amiloglucosidasa actúan sobre el almidón. Es en esta etapa donde se produce la mayor cantidad de fermentación alcohólica pero donde a su vez comienza a producirse las fermentaciones complementarias como son la Butírica, Láctica y Acética. [8]

TERCERA ETAPA, es la última y normalmente es una fermentación de corto tiempo, aunque tiene mucho que ver el tamaño de la pieza.

El fundamento de los procesos químicos producidos en la fermentación son:

- Aumento de volumen de la pieza.
- Textura fina y ligera.
- Producción de aromas.

Normalmente una dosis de 3% (15 g de levadura/kg de harina), es recomendada para obtener una fermentación en un período de 2 a 4 horas a temperaturas de 28ºC consiguiendo un pH 5.8 – 6 y en caso de realizarse una fermentación larga de 12 horas se debe utilizar temperaturas más bajas, para evitar gasificaciones prematuras.

Horneado.- Es el responsable de aumentar la presión del gas en el interior del pan, produciendo el aumento de volumen significativo en

el mismo. La temperatura y la duración del horneado varía según el tipo de pan y de horno; encontrándose en rangos aproximados a 220ºC y 270ºC a una atmósfera de presión y el tiempo puede variar desde 13 - 18 minutos para panes de 200g hasta 45 - 50 minutos para panes grandes de 2000g. En cualquier caso, en el interior de la pieza no se superan los 98ºC. [8]

Durante la cocción se producen en la masa una serie de fenómenos descritos a continuación:

1. Activación y muerte de la levadura: en los primeros instantes el metabolismo de la levadura se intensifica, el CO_2 producido contribuye al último impulso de la pieza. La dilatación producida por el calor en estos gases forma alvéolos internos, al alcanzar los 55ºC se produce la muerte de las levaduras.
2. Amilolisis: Las □-amilasas fúngicas se activan con el incremento de temperatura. Se produce la formación de dextrinas que por encima de 70ºC son destruidas. También se produce una coagulación y posterior desnaturalización de las proteínas a los 43ºC.
3. El almidón de la harina tiene una temperatura óptima de gelatinización próxima a 65-70ºC. El almidón gelatinizado es soporte de la estructura de la miga, finalizando en una

cristalización del mismo y proporcionando la estructura final del pan.

4. El gluten va coagulando a la vez que los alvéolos se dilatan por efecto del calor y esto condiciona la textura de la miga de pan.
5. El gas producido por la levadura y el proveniente de la evaporación provoca la expansión de la pieza.
6. A partir de 100ºC la corteza empieza a perder en primer lugar la humedad y se vuelve rígida, siguiendo un progresivo secado y pérdida de humedad que se acentúa a partir de los 140ºC hasta llegar a los 220ºC.
7. Las reacciones de Maillard.

***Enfriamiento*.-** es la última etapa del proceso y consiste en almacenar el producto en perchas a temperatura ambiente, por 40 minutos, posterior a esto se puede realizar el enfundado o empaquetado.

1.4 Principales Alteraciones Físico-Químicas y Microbiológicas del Pan

El pan constituye un medio sólido idóneo para el desarrollo de numerosas especies microbianas causantes de importantes alteraciones físico-químicas. La elevación de la humedad y

temperatura de almacenamiento favorecen el crecimiento de microorganismos que provocan:

Pan enmohecido o florido: El enmohecimiento se debe a que sobre la superficie del mismo se depositan y posteriormente se desarrollan nuevas esporas de mohos siempre presentes en el aire, superficies de paredes, máquinas y utensilios de la panadería. Entre las principales especies causantes de esto tenemos: Rhizopus nigricans, Penicillium expansum, Aspergillus niger, Monilia sitophila, Mucor mucedo, Monilia variabilis. [2]

Pan filante o ahilado: Es un ataque al gluten y almidón. Este tipo de alteración se presenta cuando han transcurrido doce o más horas desde el momento de la cocción del pan. En este caso el pan desprende un olor similar al de la fruta en descomposición y, al partirlo, aparecen en el centro de la miga manchas pegajosas de color pardo y al estirarse forma hilos delgados y gelatinosos. Los bacilos que da origen al pan "ahilado" o "viscoso" son Bacilus Mesentericus, Bacillus licheniformis panis. [2]

Pan azucarado: producido por Leuconostoc mesenteroides causante de una disminución del pH.

A raíz de la contaminación microbiana se desatan una variedad de reacciones físico-químicas causantes de alteraciones de las características de pan como: hidrólisis de polisacáridos estructurales como el almidón, variaciones de pH, modificaciones en el sabor del pan, producción de aromas particulares, disminución del valor nutritivo. Entre las principales alteraciones físico-químicas del pan encontramos:

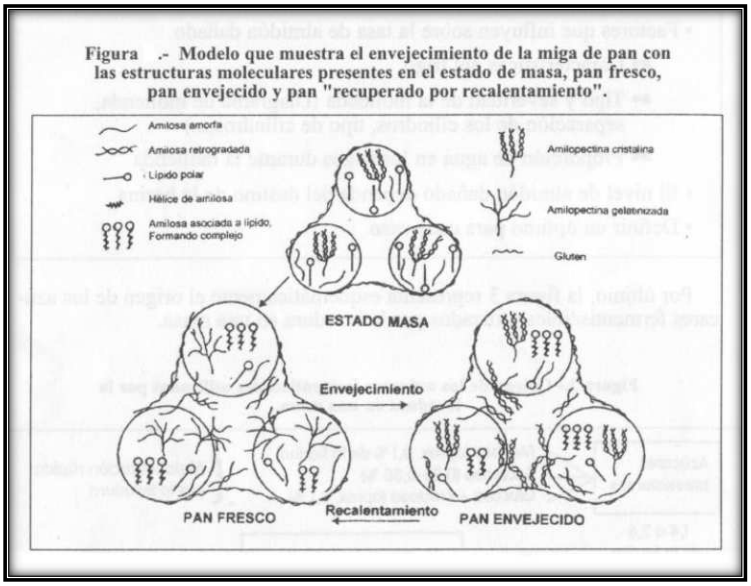
Pan Agrio: se provoca por la utilización de mucha masa madre o por el uso de harinas alteradas, provoca olor y sabor agrio en el pan.

Pan descascarillado: es un problema muy frecuente, es la pérdida paulatina de la corteza hasta quedar totalmente cuarteado y se produce principalmente por un mal enfriamiento del pan. [8]

Pan con ampollas: se pueden observar huecos en la corteza del pan el motivo de esto es un defecto en el formado de la pieza de pan es decir se han dejado espacios de aire en la masa.

Retrogradación de almidones: es la principal alteración química del pan se produce cuando las moléculas de almidón comienzan a asociarse en estructuras ordenadas [9], esta fase se da una vez completado el ciclo de panificación, comienza el proceso de enfriamiento y envejecimiento.

FIGURA 1.3.- ENVEJECIMIENTO DE LA MIGA DE PAN



Fuente: M. Callejo, 2002 [9]

Los cambios desde el estado de masa, al pan fresco (después de la cocción) y al envejecimiento del pan, así como los cambios producidos como consecuencia del recalentamiento del pan y por ende el incremento de la frescura temporal en el mismo se muestran en la Figura 1.3.

En el estado de masa los gránulos de almidón son pequeños lo que indica que están sin gelatinizar. El gluten se presenta cubriendo la superficie de los gránulos y como puente entre ellos, formando una fase contínua. La amilopectina aparece como un solo segmento de conformaciones moleculares helicoidales agregadas en regiones cristalinas. La amilosa en forma amorfa en conformación de simple hélice. Otro componente son los lípidos polares que son susceptibles de interaccionar con la amilosa durante el proceso de panificación. [9]

En el estado de pan fresco, refleja los cambios que se dan después de sacar el pan del horno durante su enfriamiento. Durante la cocción se pierde la cristalinidad de la amilopectina produciéndose la gelatinización y gelificación del gránulo. Con este cambio en el gránulo, una parte de las moléculas de amilopectina tiene la libertad de expandirse en el espacio intergranular. La amilosa, lixiviada de los gránulos gelificados, aparece en este espacio. Al mismo tiempo la amilosa exudada se muestra en forma de dobles hélices retrogradadas. En este estado fresco una parte de la amilosa permanece en los gránulos y se representa en un complejo con forma de hélice por lípidos polares presentes en la harina los lípidos.[9]

El estado de pan envejecido, muestra la “reformación de estructuras de doble hélice” en la fracción amilopectina y su reorganización en regiones cristalinas durante el envejecimiento. Esta nueva organización imparte rigidez tanto al gránulo del almidón gelatinizado como el material intergranular, funcionando con un “entrelazamiento físico” sobre toda la estructura del gel. La acción de las amilasas, inhibiendo el incremento de firmeza que se produce como consecuencia de la retrogradación del almidón, podría iniciarse en el horno, tras la gelatinización del almidón. Tras un recalentamiento, el envejecimiento puede ser momentáneamente reversible. [9]

CAPÍTULO 2

2. PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA HARINA

En este capítulo se detalla el proceso de obtención de la harina de camote, que servirá en la sustitución parcial de la harina de trigo para la elaboración de pan. Para lo cual inicialmente se realizará la caracterización de la materia prima considerando análisis físicos, químicos y sensoriales.

Posteriormente, se describirá el procesamiento de la materia prima, las condiciones para realizarlo, así como los parámetros a controlarse en el proceso.

2.1 Características de la Materia Prima

Es necesario considerar las características del camote a secar, por lo que se realizó una evaluación de sus características sensoriales. Se utilizó camotes de producción nacional de la variedad Guayaco o más conocido como camote morado. La materia prima fue lavada y luego pelada para proceder al rayado del mismo.

En esta etapa se realizo análisis de los parámetros químicos de la materia prima que pueden influir en el producto final. Además, se realizó controles para evaluar las características físicas, sensoriales y químicas del camote. Las especificaciones de los equipos utilizados para los análisis se muestran en el Apéndice B.

Características Físicas

Para esta evaluación se trabajó por triplicado, con el fin de determinar un valor promedio de cada característica.

a. **Peso**

   Para este análisis se utilizó una balanza electrónica, se pesaron tres muestras y se promediaron sus pesos.

b. **Dimensiones: Diámetro y altura**

   Para la determinación del diámetro y la altura se utilizó una regla, se tomaron 3 muestras de características similares y las medidas correspondientes de cada uno, para determinar la media. En la Tabla 5, se observa las características del camote determinadas en el laboratorio.

TABLA 5. CARACTERISTICAS FÍSICAS DEL CAMOTE

N° muestra	Dimensiones		Peso Total (g)
	Altura(cm)	Diámetro(cm)	
1	15.2	4.8	211.65
2	13.7	5.5	204.97
3	14.1	3.9	228.46
Promedio	**14.3 ± 0.9**	**4.7 ± 1.1**	**215.02 ± 15**

Elaborado por: Bastidas y De la Cruz. 2010

c. Rendimiento

Este parámetro se halló relacionando los pesos de la cáscara de cada muestra y de la pulpa. Los datos de la relación cáscara-pulpa están consignados en la tabla 6.

TABLA 6. RENDIMIENTOS DEL CAMOTE

Nº Muestras	Peso Total (g)	Peso cáscara (g)	Peso Pulpa (g)	% Cáscara	% Pulpa
1	211.65	56.03	155.62	26.47	73.52
2	204.97	48.52	156.45	23.67	76.33
3	228.46	52.83	175.63	23.12	76.88
Promedio	**215.02 ± 15**	**52.46 ± 3.2**	**162.57 ± 9**	**24.42**	**75.57**

Elaborado por: Bastidas y De la Cruz. 2010

Características Sensoriales

Para determinar estas características se tomaron 3 muestras y se procedió a almacenarlos a condiciones ambientales por un lapso de 7 días; con el objetivo de realizar un seguimiento a los cambios en sus características organolépticas más sobresalientes como color, firmeza y olor.

a. Color

Para determinar el color se utilizó un Pantone, el color de la piel del camote determinado es 248 U.

FIGURA 2.1 FOTOS DE CAMBIOS DE COLOR DEL CAMOTE

Se observa variaciones en el color con el paso de los días, hasta finalizar el día 7 con un color 221 U.

b. Firmeza

Dado que el camote no varía su color de manera significativa, el parámetro sensorial más adecuado para su evaluación es la firmeza, para lo cual se desarrolló una escala mostrada en la Tabla 7 para su cuantificación.

TABLA 7. ESCALA DE FIRMEZA

Escala de Firmeza		
Escala		**Descripción**
1	Muy firme	Resistente a la depresión
2	Firme	Depresión suave
3	Moderadamente firme	Depresión Moderada
4	Ligeramente firme	Fuerte depresión
5	Blando	Sin resistencia a la depresión

Elaborado por: Bastidas y De la Cruz. 2010

c. Olor

El camote posee un olor muy leve, así que con el paso de los días no se percibe variación en este.

En la Tabla 8 se muestra las características sensoriales del camote que se escogieron como idóneas para la experimentación.

TABLA 8. CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL CAMOTE

Color		Firmeza	Olor
1	PANTONE 221 U	2	Característico
2	PANTONE 221 U	2	Característico
3	PANTONE 221 U	2	Característico

Elaborado por: Bastidas y De la Cruz. 2010

Características Químicas

Los parámetros químicos analizados fueron: potencial de hidrógeno (pH), acidez titulable, humedad, actividad de agua (aw) y ceniza. Todos los análisis de la materia prima fueron realizados por duplicado (ver Tabla 9).

TABLA 9. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL CAMOTE

N° Muestras	pH	Acidez %	Humedad %	Aw
1	6.40	0.021	68.95	0.997
2	6.42	0.012	70.41	0.998
Promedio	**6.41 ± 0.02**	**0.016 ± 0.009**	**69.68 ± 1**	**0.997 ± 0.001**

Elaborado por: Bastidas y De la Cruz. 2010

2.2 Metodología de Trabajo

Proceso de obtención de la harina de camote

A continuación se describe cada etapa del proceso empleado para obtener la harina de camote.

Recepción: En esta etapa, se llevó a cabo una inspección visual de la materia prima, observando características como color, firmeza y se determinó el peso de la misma para establecer parámetros de rendimiento para el proceso.

Lavado: Se realizó un lavado con agua clorada para eliminar materias extrañas e impurezas adheridas a la raíz.

Pelado: Se elimina la cáscara manualmente con cuchillos.

Triturado: Se procede a rayar el camote para reducir su tamaño y así aumentar la superficie de secado.

Secado: El secado del camote se llevó a cabo mediante un secador horizontal (tipo cabina) de fabricación artesanal cuyas características se muestran en el Apéndice B. El camote rayado se dispuso en una bandeja de 30 cm de largo, 27 cm de ancho, luego dicha bandeja

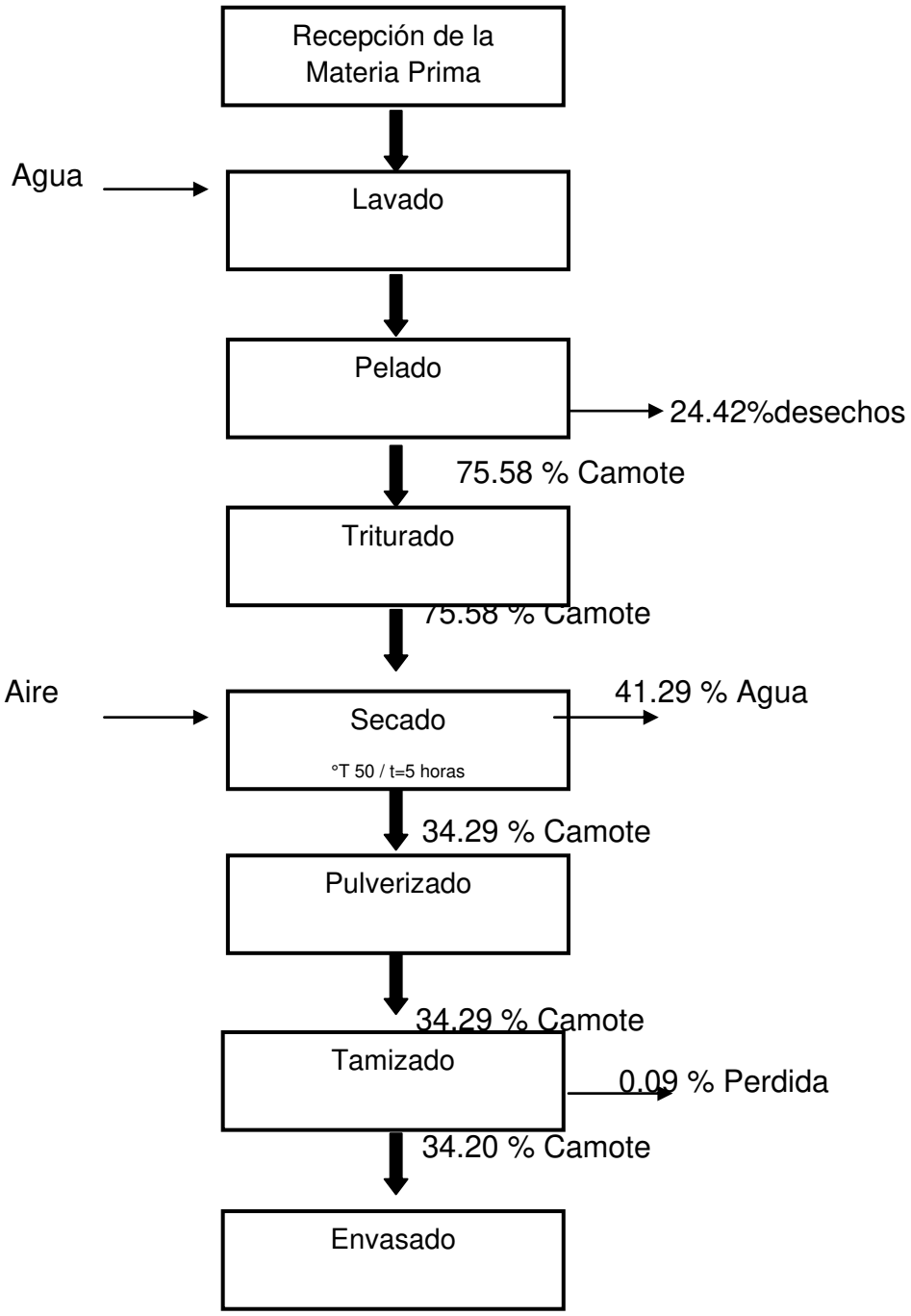
fue colocada en el secador a temperatura de trabajo 50 ± 2º C aproximadamente. El tiempo requerido para que el producto llegara a peso constante fue de 3.16 horas. Después de esta operación se colocó el material tratado en recipientes para su posterior análisis físico-químico.

Pulverizado: La reducción de tamaño del material seco se realizó mediante un molino marca UDY cuyas características se muestran en el Apéndice B.

Tamizado**:** Se hizo pasar el polvo fino por una serie de mallas para determinar su granulometría.

Envasado: La harina de camote obtenida se envasó en fundas de polietileno para su posterior caracterización. Es necesario almacenar las muestras en condiciones ambientales frescas y evitar su exposición a la luz.

FIGURA 2.2. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE HARINA DE CAMOTE



Elaborado por: Bastidas y De la Cruz. 2010

2.2.1 Ensayos Físico-Químicos

Durante esta experimentación se utilizó métodos de análisis químicos establecidos para determinar los parámetros físico-químicos a controlarse tanto en la materia prima como en la harina de camote. Los métodos utilizados se exponen a continuación en la TABLA 10.

TABLA 10. MÉTODOS DE ENSAYOS FÍSICO-QUÍMICOS

Parámetro	Unidad	Método	Referencia
pH	N/A	Potenciómetro	AOAC 33.007
Acidez Titulable	%	Volumetría	NTE INEN 521
Humedad	%	Balanza Termo Gravimétrica	AOAC 22.021
Cenizas	%	Mufla-Gravimétrico	AOAC 18th 923.03
Actividad de Agua	N/A	Medidor de aw AQUALAB	AOAC 32.005
Fibra	%	Ácido Básico Gravimétrico	AOAC 18th 978.10
Grasa Total	%	Soxhlet-Gravimétrico	AOAC 18th 920.85
Proteínas	%	Kjeldahl-Volumétrico	AOAC 18th 920.87
Granulometría	%	Gravimetría	NTE INEN 517

Elaborado por: Bastidas y De la Cruz. 2010

2.2.2 Secado

Para realizar el secado se va a trabajar con un secador horizontal (tipo cabina) de fabricación artesanal, el mismo que opera a una velocidad de 4.19 m/s por convección con aire caliente, las demás características de este equipo se muestran en el Apéndice B. La materia prima debe entrar al secador con el mínimo tamaño de partícula posible para garantizar un secado homogéneo.

Se debe realizar una estabilización del sistema previo a la colocación de la muestra. Al inicial el proceso se registran las condiciones ambientales, la temperatura de entrada del aire y la humedad relativa del mismo.

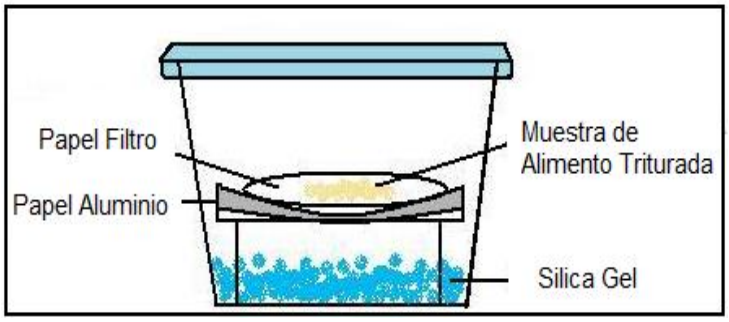
El proceso de secado se prolonga hasta alcanzar peso constante en el sistema. Con los datos registrados se procederá a la elaboración de las curvas de secado y de velocidad de secado.

2.3 Isotermas de Sorción

Una isoterma indica la cantidad de agua absorbida, o adsorbida en el componente con una actividad de agua conocida o presión de vapor relativa, cuando está en equilibrio.

Para poder determinar la isoterma de sorción de la materia prima se recurre a la elaboración de un sistema de adsorción (ver figura 2.3), en el cual se utiliza silica gel, determinando así la cantidad de humedad que el producto en análisis cede a la sal saturada.

FIGURA 2.3 SISTEMA DE ADSORCION



Elaborado por: Bastidas y De la Cruz. 2010

Se tomaron muestras por triplicado a través del tiempo y se determino la aw en el equipo Aqualab marca Decagon, la humedad en el equipo Humidímetro marca Kern, el peso inicial y peso final de la muestra en la balanza analítica marca Kern, todos estos análisis fueron realizados a una temperatura ambiental de 25ºC, y los resultados de los mismos se encuentran en el Apéndice C.

Para realizar la gráfica de la isoterma se requiere convertir la humedad en base húmeda a humedad en base seca aplicando la

Ecuación 1; los resultados obtenidos con los cuales se graficó la isoterma de sorción del camote se muestran en la Tabla 11.

$$Hbs = \frac{\%Hf}{100 - \%Hf}$$ **Ec. 1**

Donde:

Hbs= Humedad en base seca

Hf= Humedad final en base húmeda

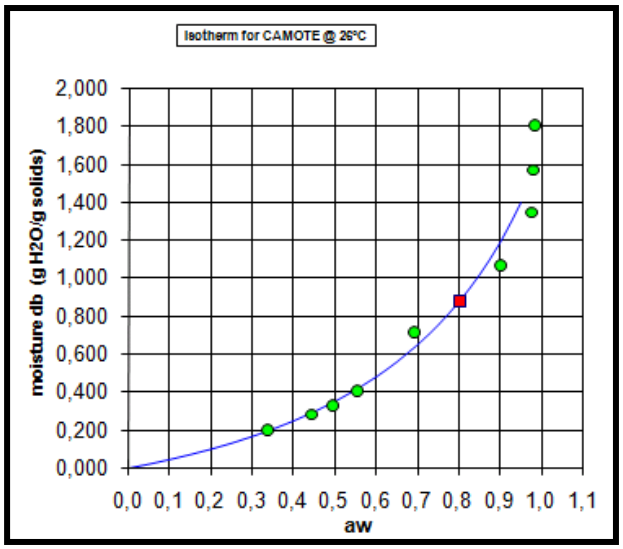
TABLA 11. DATOS PARA ELABORACIÓN DE LA ISOTERMA DE SORCIÓN

Humedad en Base Seca	Aw T=25°C
1,802	0.982
1,566	0.977
1,343	0.973
1,067	0,899
0,716	0,690
0,406	0,552
0,327	0,493
0,282	0,441
0,198	0,334

Elaborado por: Bastidas y De la Cruz. 2010

La herramienta utilizada para graficar fue el programa Water Analyzer, arrojando un valor de monocapa de BET de 0.2303 g H_2O/g solido seco, monocapa de GAB 0.8357 g H_2O /gsolido y R^2 0.9617; la figura 2.4 muestra la isoterma de sorción del camote.

FIGURA 2.4. ISOTERMA DE SORCION



2.4 Proceso de Secado

El proceso de secado se realizó bajo condiciones ambientales de 26ºC y HR 66% las condiciones de trabajo del secador se especifican en la Tabla 12, se trabajó con un peso de muestra inicial de 162 gramos. Las dimensiones de la bandeja son de 30 cm de largo, 27 cm de ancho, por lo que se determina que el área de secado es de 810 cm^2.

TABLA 12. CONDICIONES DE OPERACIÓN DURANTE EL SECADO

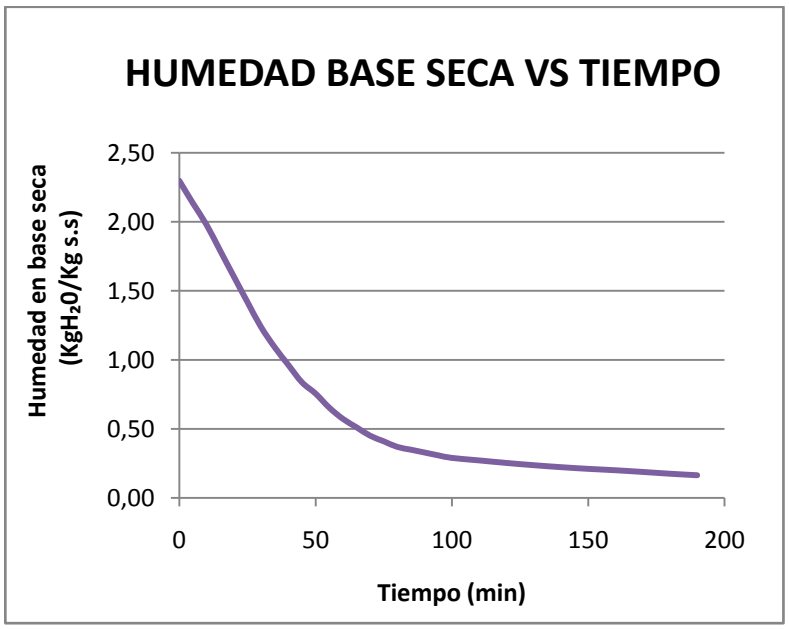
Temperatura de Trabajo	50 ± 2 ºC
Temperatura de entrada de aire	43.8 ± 1 ºC
Humedad relativa del aire de salida	26%
Velocidad de aire	4.19 m/s

Elaborado por: Bastidas y De la Cruz. 2010

El tiempo requerido para llevar a cabo el secado es de 3 horas con 16 minutos, para la cantidad de muestra especificada de 162 gramos.

Los datos del proceso de secado fueron obtenidos pesando periódicamente las muestras a intervalos de 5 minutos durante la primera hora y media de secado, y cada 10 minutos durante las siguientes horas; originándose una variación de la humedad en base seca con respecto al tiempo (ver figura 2.5) y la respectiva variación del peso a través del tiempo (ver figura 2.6).

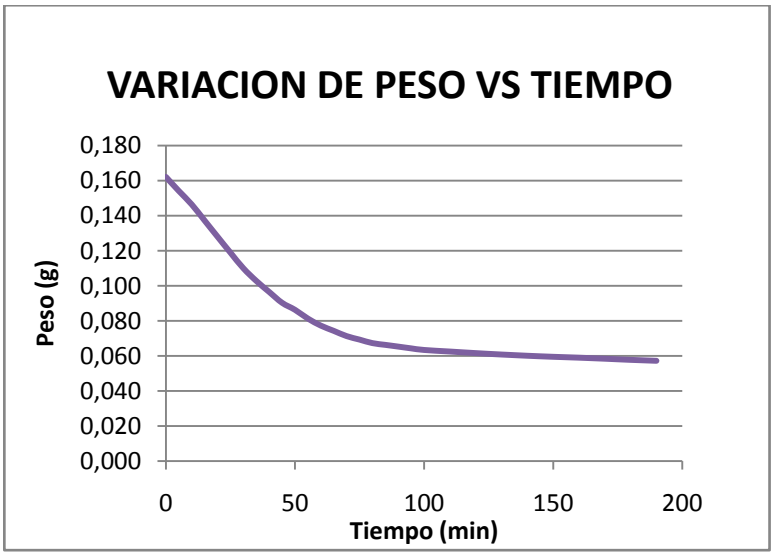
FIGURA 2.5.- VARIACIÓN DE LA HUMEDAD EN BASE SECA CON RESPECTO AL TIEMPO



Elaborado por: Bastidas y De La Cruz. 2010

Como se observa en la Figura 2.5, durante los primeros 100 minutos del proceso se presentó una disminución significativa de la humedad del sólido. Esta disminución está incluso por debajo de la mitad del valor de humedad inicial del sólido. Por otra parte, la caída de la humedad del sólido es mucho más moderada (menor pendiente) a partir de la segunda hora de secado.

FIGURA 2.6.- VARIACIÓN DEL PESO CON RESPECTO AL TIEMPO



Elaborado por: Bastidas y De La Cruz. 2010

En los primeros 80 minutos de secado se observa una disminución acelerada del peso, posteriormente esta variación es muy leve y por último se observa que no existe variación, es decir el peso permanece constante; por lo que se da por terminado el proceso de secado en un tiempo de 3 horas con 16 minutos.

Velocidad de Secado

Se define como el parámetro que relaciona la cantidad de agua que se elimina durante un tiempo determinado en el área de secado definida. Para calcular la Velocidad de secado se realizó los siguientes pasos con la aplicación de sus respectivas ecuaciones:

1. Cálculo del Peso de sólidos secos.

$$Ws = \frac{W - \%Solidos}{100\%} \qquad \textbf{Ec. 2}$$

Donde:

Ws = Peso de sólidos secos

W = masa inicial de la muestra

%Sólidos= porcentaje de sólidos secos en la muestra

2. Cálculo de humedad en base seca.

$$X_t = \frac{W - W_S}{W_S} \qquad \textbf{Ec. 3}$$

Donde:

Xt = Humedad en base seca de la muestra

W= Peso de la muestra

Ws= Peso de sólidos secos

3. Determinación la humedad libre.

$$X_t = Xt - X^* \quad \textbf{Ec. 4}$$

Donde:

X = Humedad Libre

Xt = Humedad en base seca de la muestra

X*= Humedad de equilibrio de la muestra

El valor de X* se la obtiene haciendo uso de la carta psicrométrica entrando con temperatura y humedad relativa del aire del ambiente y se calienta hasta la temperatura de entrada del aire de secado y se lee la %HR en este punto (ver Apéndice D). Con este dato, se entra a la gráfica de la isoterma en el eje de las x (Aw), y se determina la humedad de equilibrio (Ver Apéndice E).

1. Humedad media

$$X\ \text{media} = \frac{X_1 + X_2}{2} \quad \textbf{Ec. 5}$$

2. Determinación de la velocidad de secado

$$Rc = -\frac{W_S}{A}\left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right) \quad \textbf{Ec. 6}$$

Donde:

Rc = Velocidad de secado

Ws = Peso de sólidos secos

A= Área superficial de la muestra

Δ x = Diferencial de humedad libre media

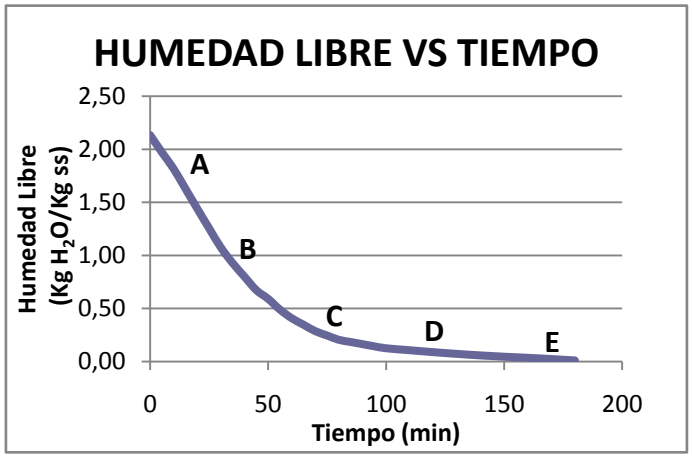
Δ t = Diferencial de intervalos de tiempo

Los resultados obtenidos de la aplicación de este procedimiento se muestran en el Apéndice F. Con estos resultados se procede a graficar las curvas de secado.

2.4.1 Curvas de Secado

En la Figura 2.7 se observan los puntos A, B, C, D, E con sus respectivos intervalos:

FIGURA 2.7.- HUMEDAD LIBRE EN FUNCION DELTIEMPO



Elaborado por: Bastidas y De La Cruz. 2010

Donde:

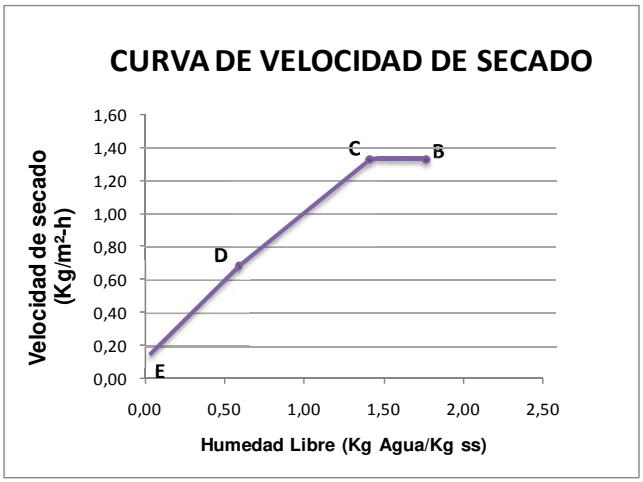
A: contenido inicial de humedad libre

A-C: Velocidad constante, se elimina la mayor cantidad de humedad del producto.

C-D: Período de velocidad decreciente.

E: Humedad en equilibrio.

FIGURA 2.8- CURVA DE VELOCIDAD DE SECADO



Elaborado por: Bastidas y De La Cruz. 2010

Al analizar la curva de secado (Figura 2.8) se puede observar que en el intervalo A-B la velocidad de secado empieza a aumentar lentamente debido a la extracción de la humedad libre, el punto o Humedad libre inicial es de 2.13 Kg de agua/ Kg.s.s. En B-C se observa un período de velocidad constante en esta fase la muestra presenta un alto contenido de

humedad superficial, observándose que la humedad libre se mantiene en un rango entre 1.76 y 1.44 Kg de agua/Kg s.s, siendo esta última el punto de cambio de período constante a decreciente y por ende la humedad crítica del producto. Luego, se observa un descenso en la velocidad C-D conocida como primer período de velocidad decreciente que llega hasta 0.62 Kg de agua/Kg s.s de humedad libre. En el período D-E se observa un segundo descenso, conocido como segundo período decreciente que finaliza al llegar a una Humedad de equilibrio de 0.01Kg de agua/Kg s.s, es decir que no existe humedad libre para ser extraída por lo que la velocidad tiende a cero.

2.5 Caracterización de la Harina

La harina de camote es un polvo fino, que se obtiene del secado y molienda de camote, procesos anteriormente descritos. Sin embargo, este polvo necesita de análisis sensoriales y físico-químicos para asegurar que sus características están dentro de los parámetros establecidos por Norma INEN para Harina de trigo y la Norma INEN 517 para la determinación del tamaño de partícula, las mismas que fueron utilizadas como referencia para este trabajo. A continuación se detalla la caracterización de la harina de camote.

Características Sensoriales

Las características sensoriales que se determinaron fueron el color utilizando un PANTONE Color specifier 1000/uncoated y el olor organolépticamente (ver Tabla 13).

TABLA 13. CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE LA HARINA DE CAMOTE

Producto	Color	Olor
Harina de Camote	PANTONE 4675	Característico Agradable

Elaborado por: Bastidas y De la Cruz. 2010

Características Físico-Químicas

Los análisis se realizaron por duplicado bajo condiciones de medio ambiente estándar y los resultados promedios de la harina estudiada se resumen en la tabla14.

TABLA 14. RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA HARINA DE CAMOTE

pH	Acidez (%)	Humedad (%)	Aw	Ceniza (%)
6.17	0.096%	5.5	0.406	2.917

Elaborado por: Bastidas y De La Cruz, 2010.

Granulometría

Siendo la granulometría uno de los parámetros más críticos en las harinas y polvos, se procedió a analizarlo tomando como referencia la norma INEN 517 para la determinación del tamaño de partículas en harinas de origen vegetal (Ver apéndice H). Se utilizaron las mallas N° 50, 70, 100, 140 y 200. Las características de dichas mallas se muestran en el Apéndice I.

La operación de tamizado se realizó por 5 minutos, al final de la cual se pesó cada tamiz determinando así la cantidad de material retenido y el porcentaje de partículas que pasa en cada malla. En el Apéndice J se registran todos los resultados del análisis granulométrico realizado a la harina. Además podemos observar que el 95% de la harina, pasó la malla número 70 por lo tanto, esta harina cumple con los requerimientos de la norma INEN mencionada anteriormente.

CAPÍTULO 3

3. SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE CAMOTE

3.1 Ingredientes

Harina de Trigo: es el ingrediente primario en la elaboración de pan debido a su alto contenido proteico esencialmente del gluten que constituye un 80 - 90% de estas proteínas. También, posee un gran porcentaje de almidón lo que contribuye en el poder de absorción de agua durante el amasado.

Agua: hace posible el amasado pues es indispensable en la formación de la masa, en la hidratación de los almidones además tornándolos digestibles, el acondicionamiento del gluten, disuelve los ingredientes secos y la levadura.

Sal: en el caso de la fórmula de dulce la sal se usa básicamente para reforzar la calidad del gluten aumentando su tenacidad y plasticidad; también ayuda a la absorción del agua.

Azúcar: la sacarosa es la comúnmente utilizada, dentro de sus funciones está mejorar el sabor del pan, ayuda a una rápida formación de la corteza debido a la caramelización del mismo, también contribuye en la suavidad de la miga.

Margarina: es la grasa más utilizada puesto que es muy económica. Mejora la apariencia produciendo un efecto lubricante, disminuye la perdida de humedad y ayuda a conservar el pan retardando su endurecimiento.

Huevo: es un ingrediente ampliamente utilizado en la panificación debido a su capacidad coagulante y emulsificante, además cumple funciones especiales entre las que esta brindar esponjocidad y suavidad a la miga, controlar la cristalización de almidones, además de aumentar el valor nutritivo del pan.

Levadura: La levadura utilizada en panificación es saccharomyces cerevisiae, la función de esta es básicamente producir una transformación de la masa la que consiste en pasar de un cuerpo poco activo a ser un cuerpo fermentativo, con producción de gas y por ende aumento de volumen. Por otro lado, la fermentación de esta levadura conduce a la formación de un gran número de compuestos volátiles que aportan las características asociadas al flavor del pan. [9]

Gluten: está constituido por proteínas (glutenina y gliadina) que, por sus características, forman una red capaz de retener el anhídrido carbónico liberado durante la fermentación [8]. También le confiere a la masa características reológicas como elasticidad y plasticidad.

Mejorantes: son una mezcla de aditivos y otras sustancias que puede perseguir alguno o todos los siguientes objetivos:

- Compensar las variaciones en la calidad de las harinas.
- Aumentar el volumen del pan elaborado.
- Obtener una miga más suave.
- Retrasar el fenómeno de endurecimiento del pan.
- Acelerar la velocidad de fermentación.
- Mantener una calidad constante en la producción.

Un buen mejorante debe ser completo, es decir, debe contener un conjunto de sustancias capaces de corregir todos los defectos que pueden ocurrir durante el curso de la panificación. [9]

3.2 Formulaciones

A fin de escoger la mejor fórmula para elaborar el pan de camote, se procedió a realizar formulaciones con una sustitución de 20, 30 y 40% de harina de camote, trabajando con una fórmula base para pan de sal (ver Tabla 15); todas las variaciones realizas se han hecho respetando esta formulación.

TABLA 15. FÓRMULA BASE DE PAN DE SAL

Ingredientes	Porcentaje (%)
Harina de Trigo	52
Agua	19
Azúcar	4
Manteca	20
Sal	2
Levadura	3

Elaborado por: Bastidas y De La Cruz, 2010.

Las primeras sustituciones (Formulación 1) se observan en el Apéndice K, en esta primera formulación se realizaron 3 pruebas identificadas como:

PS20: Pan de sal con 20% de sustitución.

PS30: Pan de sal con 30% de sustitución.

PS40: Pan de sal con 40% de sustitución.

Dentro de los problemas que se presentaron en estas sustituciones tenemos:

- La falta de leudado de las piezas de la fórmula PS20 aumentaron su volumen en el tiempo de fermentación estimado, sin embargo su textura fue muy defectuosa.
- En las formulaciones PS30 y PS40 el tiempo de leudado varió, alargándose mientras más porcentaje de harina de camote tenían; por lo que el aumento de su volumen fue poco significativo; obteniéndose panes pequeños, pesados y con miga húmeda.

Debido a todos los inconvenientes presentes en estas formulaciones, se procede a hacer una reformulación recurriendo a la adición de coadyuvantes tecnológicos permitidos en panadería; dichas reformulaciones se pueden observar en el Apéndice K (Formulación 2) y se identifican de la siguiente manera:

PS20C: Pan de sal con 20% de sustitución + Coadyuvantes tecnológicos.

PS30C: Pan de sal con 30% de sustitución + Coadyuvantes tecnológicos.

PS40C: Pan de sal con 40% de sustitución + Coadyuvantes tecnológicos.

Aunque en menor proporción se mantiene el problema de miga húmeda sobre todo en la fórmula PS40C, se supera problema de leudado. Según análisis sensorial, las piezas poseen buen olor, color y una textura medianamente buena. Sin embargo, se propone que por la naturaleza de la materia prima (camote) se realicen pruebas de formulaciones de dulce. Ya se define que la sustitución del 40% no es recomendable pues produce un pan muy oscuro y provoca mayores problemas durante el proceso.

Por recomendaciones de degustadores se experimenta con una fórmula base de pan de dulce ver Tabla 16. A diferencia de la fórmula base de sal, en la de dulce si se plantea desde el inicio el uso de los coadyuvantes tecnológicos, esta decisión se tomó basándose en la experimentación anterior para evitar defectos similares. Solo se realizarán sustituciones del 20% y 30% por razones ya mencionadas anteriormente, dichas sustituciones se pueden observar en el Apéndice L (Formulación 1), en la cual se identifica a cada prueba como:

PD20C: Pan de Dulce con 20% de sustitución + Coadyuvantes tecnológicos.

PD30C: Pan de Dulce con 30% de sustitución + Coadyuvantes tecnológicos.

TABLA 16. FÓRMULA BASE DE PAN DE DULCE

Ingredientes	Porcentaje (%)
Harina de Trigo	49
Azúcar	14
Sal	0,5
Manteca	25
Levadura	1
Huevo	7
Gluten	1
Mejorador	0,1
Esencia de Vainilla	0,2

Elaborado por: Bastidas y De La Cruz, 2010.

Ambas formulaciones PD20C y PD30C dieron un producto final de buena calidad, con sabor agradable y miga suave; sin embargo se observa que la muestra PD30C posee una corteza un poco crujiente. Durante el proceso no se presentaron problemas, por lo que se decide enviar a evaluación sensorial ambas formulaciones.

Entre estas dos formulaciones la preferida por los panelistas fue PD30C pues presentaba un sabor más intenso a camote, sin embargo acotaron que el pan estaba muy dulce y la corteza del mismo no

correspondía a la de este tipo de producto, por lo que se procede a hacer una corrección en la formulación escogida (ver Apéndice L, Formulación 2), dicha prueba se identifica como:

PD30CC: Pan de Dulce con 30% de sustitución + Coadyuvantes tecnológicos, corregida.

Se hicieron dos correcciones de la fórmula PD30C anteriormente escogida pues el problema de textura de la corteza se mantenía, por lo que se hizo un cambio en la grasa que estaba siendo utilizada; en la formulación final se cambió la manteca por margarina; debido a sus características ya mencionadas en el literal 3.1; y también se aumenta su porcentaje dentro de la fórmula.

Estos cambios no solo eliminaron el problema de la corteza, sino que también mejoró la miga dándole más suavidad. También, se excluyeron de la fórmula la vainilla ya que inhibía el flavor del camote en el pan.

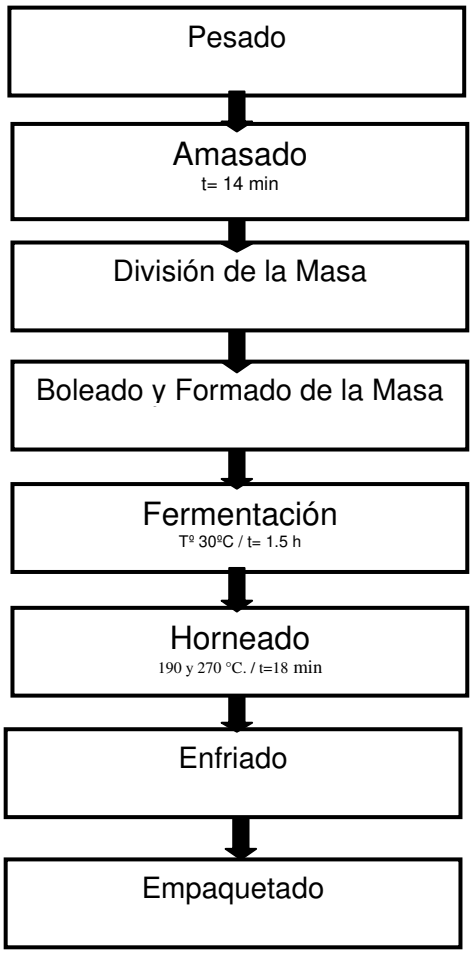
La segunda corrección de la fórmula PD30C fue identificada como PD30CF y se muestra en el Apéndice L (Formulación 3), esta junto con la fórmula PD20C fueron las muestras analizadas sensorialmente

y con los resultados de ésta evaluación se hizo el respectivo análisis estadístico.

3.3 Proceso de Elaboración del Pan

El proceso seguido para la elaboración del pan de camote se resume en el diagrama de flujo que se muestra en la Figura 3.1.

FIGURA 3.1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PAN DE CAMOTE



Elaborado por: Bastidas y De La Cruz, 2010.

A continuación se describe el proceso de elaboración de pan de camote:

Pesado.-Las materias primas utilizadas para el proceso de elaboración del pan deben ser pesadas respetando la formula final.

Amasado.-se coloca en la amasadora todos los ingredientes excepto la sal, se agrega un poco de agua, de ahí se procede a amasar a una velocidad lenta por 6 minutos, se agrega la sal y se aumenta la velocidad por 5 minutos. Por último se agrega la levadura disuelta y se procede a amasar a máxima velocidad por 3 min. Se tiene que lograr una distribución uniforme de todos los ingredientes para que se forme y se desarrolle la red de gluten para obtener un pan de buena calidad.

División de la masa.- una vez obtenida la masa se procede a dividirla en piezas de 50g.

Boleado y formado de la masa.- El boleado permite reconstituir la estructura y la formación esférica de las piezas del pan.

Fermentación.- El proceso de fermentación es el más importante por cuanto permite que la proporción de gas en la masa aumente y se

produzcan los aromas; en esta etapa se utiliza una temperatura de 30ºC por un tiempo de 1, 5 horas.

Horneado.- Durante el proceso de horneado, la masa cruda se convierte en un producto digerible y de buen sabor, la temperatura adecuada para la cocción del pan está entre 190 y 270 °C por un tiempo de 18 minutos aproximadamente dependiendo del tamaño de la pieza.

Enfriado.- Se procede a colocar en perchas a temperatura ambiente de 30ºC por 45 minutos.

Empaquetado.- Una vez enfriado el pan se lo coloca en fundas de polietileno.

3.4 Análisis Sensorial

Para la evaluación se utilizó el método afectivo, se aplicó una prueba de escala hedónica de cinco niveles de agrado. El panel estuvo formado por 30 jueces no entrenados, consumidores frecuentes de pan y con edades comprendidas entre 18 y 50 años. En el Apéndice M se observa la ficha utilizada para la degustación.

Se presentaron dos muestras simultáneamente, una elaborada con la fórmula PD20C y la otra utilizando la fórmula PD30CF , se vuelve necesario determinar si existe diferencia significativa entre estas formulaciones pues ambas presentan características sensoriales similares y dentro de este estudio es importante definir cual es la fórmula más conveniente para la sustitución.

Los resultados de esta evaluación se muestran en el Apéndice N. El análisis estadístico de dichos resultados se realizó basándose en un Análisis de Varianza o también conocido como ANOVA.

Se plantea la hipótesis nula H_o y la hipótesis alternativa H_1

H_o: El porcentaje de sustitución de harina no incide sobre la calidad sensorial del pan de camote.

H_1: El porcentaje de sustitución de harina afecta la calidad sensorial de pan de camote.

Para realizar el análisis de varianza o ANOVA es necesaria primero obtener los grados de libertad:

GLv: grados de libertad de variables = GLv= m-1

GLj: grados de libertad para jueces = GLj=N-1

GLt: grados de libertad totales = GLt= (N)(m) -1

GLr: grados de libertad residual = GLr= GLt-GLv-GLj

Donde:

m: número de muestras

N: número de jueces

A continuación se obtienen el factor de corrección (Fc) ecuación 7 y las sumas de cuadrados de la variable (SCv), los jueces (SCj), total (SCt) y residual (SCr) para lo cual aplicaremos las ecuaciones 8, 9, 10, y 11 respectivamente.

$$\boxed{Fc = \frac{TT^2}{(N * m)}} \quad \textbf{Ec.7}$$

Donde:

Fc: Factor de Corrección.

TT: Sumatoria de las respuestas de cada uno de los jueces

N: número de jueces

M: número de muestras

$$\boxed{SCv = \frac{(C_1)^2 + (C_2)^2 + \ldots\ldots + (C_m)^2}{n} - Fc} \quad \textbf{Ec. 8}$$

Donde:

SCv: Suma de Cuadrados de variables.

T: Sumatoria del total de las calificaciones de cada muestra.

$$SCj = \frac{(GT_1)^2 + (GT_2)^2 + ... + (GT_n)^2}{m} - FC \qquad \textbf{Ec. 9}$$

Donde:

SCj: Suma de Cuadrados de jueces

GT: Sumatoria del total de las calificaciones de cada juez

$$SCt = (X_{11})^2 + (X_{12})^2 + (X_{13})^2 + ...+ (X_{mn})^2 - FC \qquad \textbf{Ec. 10}$$

Donde:

SCt: Suma de Cuadrados total

X: Sumatoria de cada observación

Fc: Factor de Corrección.

$$SCr = SCt - SCv - SCj \qquad \textbf{Ec. 11}$$

Donde:

SCr: Sumatoria de Cuadrado residual

Después se calculan los cuadrados medios (CM) para cada fuente de variación y para el residual ver Ecuación 12. Por último, se obtiene el valor de F calculado usando la ecuación 13 y éste se compara con el F que se obtienen de la tabla de valores críticos para F con un nivel de significancia de 0.05 que se presenta en el apéndice O.

$$CM = \frac{SC}{GL}$$ **Ec. 12**

Donde:

CM: Cuadrados medios para cada fuente de variación

SC: Suma de Cuadrados para cada fuente de variación

GL: grados de libertad de cada fuente de variación

$$Fv = \frac{CMv}{CMr}$$ **Ec. 13**

Donde:

Fv: Valor de F calculado para las variables

CMv: Cuadrado medio de las variables

CMr: Cuadrado Medio residual

TABLA 17. CUADRO DE ANÁLISIS DE VARIANZA

Cuadro de Análisis de Varianza					
Fuente de Varianza	**GL**	**SC**	**CM**	**Fc**	**Ft**
Muestras	1	8,07	8,07	8,37	4,183
Jueces	29	10	0,34	0,36	
Residual	29	27,9	0,96		
Total	59	46			

Elaborado por: Bastidas y De La Cruz, 2010.

Los resultados del análisis de varianza se muestran en la Tabla 17, basados en estos datos se realiza la comparación entre el F calculado Fc=8.37 y el F de tabla Ft=4.183 obtenido de la tabla F y se concluye que si existe diferencia entre las muestras por lo que se rechaza la H_o.

Se requiere establecer cuál es la diferencia significativa mínima (DMS) entre las muestras para lo cual se aplica la prueba de Tukey. Primeramente, se ordenan de mayor a menor las medias de cada tratamiento, después se calcula el error estándar (ε) aplicando la ecuación 14. Posteriormente, se consulta la tabla de rangos estudentizados significativos (RES) que se presenta en el Apéndice P y valiéndonos de la ecuación 15 se determina la diferencia mínima significativa (DMS). [3]

$$\varepsilon = \left(\frac{CM_r}{n} \right)^{1/2}$$ **Ec. 14**

$$DMS = \varepsilon(RES)$$ **Ec. 15**

Por último, se compara la diferencia entre las medias de las muestras y si ésta es mayor a DMS se considera a las muestras significativamente diferentes.

Según la comparación realizada entre el valor calculado de DMS=0.52 y la diferencia de las medias de los tratamientos, puede decirse que las muestras PD20C y PD30CF son significativamente diferentes entre sí, por lo que se escoge la formulación PD30CF (Ver tabla 18) como formulación base para la elaboración de pan de camote dulce ya que esta fue la muestra con mayor porcentaje de aceptación entre los jueces.

TABLA 18. FORMULACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE PAN DE CAMOTE

Ingredientes	PD30CF (%)
Harina de trigo	35
Harina de camote	13
Azúcar	12
Sal	0,2
Margarina	11
Levadura	2,7
Huevo	6
Agua	19
Gluten	1
Mejorador	0,1

Elaborado por: Bastidas y De La Cruz, 2010.

3.5 Características Físico-Químicas y Nutricionales

Se realizaron análisis bromatológicos del producto final, a fin de determinar sus características físico-químicas y establecer si el pan de camote elaborado cumple con los parámetros establecidos en la norma NTE INEN 95:1979 (ver Apéndice Q), utilizada como referencia. Todos los análisis se realizaron según los métodos especificados en esta norma obteniéndose que los panes tenían un peso de 64 ± 2 con un pH de 5.5.

Para definir las características nutricionales del pan se ha basado en la Tabla de Composición de alimentos ecuatorianos, 1975 (ver Apéndice V). Se ha definido el aporte calórico del producto y estimado sus propiedades nutricionales en 100 gramos de porción comestible, el aporte energético y el contenido nutritivo se presentan en la Tabla 19; donde se puede observar que el aporte calórico es de 310,6 Kcal lo cual representa un 11% más que un pan tradicional siendo aconsejable su consumo especialmente para niños, adolescente y deportista debido a sus altos requerimientos energéticos. Sin embargo es necesario aclarar que su aporte vitamínico es bastante pobre pues durante el proceso de secado del camote se produce una destrucción de gran parte de sus vitaminas especialmente el acido ascórbico, la tiamina y los carotenos precursores de la Vitamina A.

TABLA 19. APORTE CALÓRICO Y PROPIEDADES NUTRICIONALES DEL PAN DE CAMOTE

COMPUESTOS	CANTIDAD
Carbohidratos(Kcal)	192,5
Proteína(Kcal)	19
Grasa(Kcal)	99,1
Total Aporte Energético (Kcal)	310,6
Humedad(g)	32,9
Ceniza (g)	0,64
Fibra(g)	0,26
Calcio(mg)	26,16
Fósforo(mg)	70,719
Hierro(mg)	1,448
Vitamina A(mg)	0,106
Tiamina (mg)	0,079
Riboflavina(mg)	0,081
Niacina(mg)	1,06

3.6 Estabilidad del pan

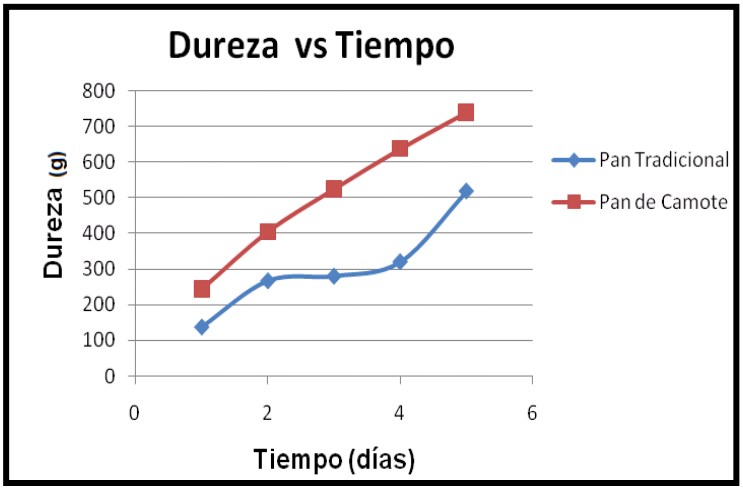
Con el objetivo de definir el tiempo de vida útil del pan, se realizó un análisis de textura en función del tiempo, para lo cual se hizo un seguimiento de la textura de un pan tradicional y un pan de camote a fin de realizar un estudio comparativo entre ambos.

Para esto se recurrió a la ayuda de un texturómetro de marca Brookfield, modelo CT3 empleando software TexturePro Ct V1.1 Build 7; se escogieron panes de características sensoriales similares como, forma, tamaño, ingredientes y sabor, a los cuales se los analizó diariamente en condiciones ambientales estándar.

FIGURA 3.2 TEXTURÓMETRO CT3

Los datos obtenidos de esta evaluación se muestran en el Apéndice R, donde se puede observar que el pan de camote a pesar de ser suave; su textura durante todo el almacenamiento presentó más dureza que un pan tradicional, dicha variación se muestra en la figura 3.3. Al tercer día de almacenamiento se observó que la esponjosidad del mismo se vió considerablemente afectada por la pérdida de humedad.

FIGURA 3.3 GRAFICA DE DUREZA VS TIEMPO



Es importante destacar que, el pan de camote presentó características sensoriales aceptables hasta el cuarto día de almacenamiento en percha y que al día 8 ya se observó crecimiento microbiano.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. De acuerdo al estudio realizado para obtener harina de camote morado se ha podido concluir que, al trabajar con una materia prima con características físico-químicas tales como pH=6.41, humedad inicial de 69.68 y aw de 0.997 su isoterma de sorción arroja un valor de monocapa de BET de 0.2303kg de agua/kg s.s. valor que nos indica el punto de máxima estabilidad, obteniéndose una humedad de equilibrio de 0.165 kg de agua/kg s.s.

2. Gracias a la aplicación de una prueba sensorial de escala hedónica se pudo definir la fórmula base para la elaboración de pan de camote dulce, la misma que posee un 30% de sustitución de harina de trigo por la harina de camote producida. Lo cual indica que este polvo obtenido si ofrece las propiedades reológicas requeridas en procesos de panificación, siempre y cuando se enriquezca la mezcla

adicionando gluten ya que la harina de camote es deficiente en este y mejoradores de textura.

3. El pan elaborado presentó características sensoriales similares a las de un pan tradicional como suavidad, esponjosidad, buena palatabilidad y sabor agradable. En cuanto a la composición nutricional se hizo una estimación en 100 gramos de porción comestible, encontrándose que el pan de camote proporciona 310.6 Kcal lo cual supera al aporte calórico de un pan tradicional por lo que se recomienda su consumo a personas con grandes exigencias energéticas.

4. La estabilidad del pan fue estudiada periódicamente a fin de establecer su tiempo de vida útil el mismo que fue de cuatro días, este tiempo se ha considerado como prolongado tomando en cuenta que se elaboró bajo un proceso artesanal y que su empaque fue realizado en fundas de polietileno simple.

5. Con el trabajo realizado se pudo constatar que el camote posee una gran aceptación dentro del mercado nacional por lo que se propone

realizar estudios para la explotación industrial de este producto, se sugiere evaluar el uso de la harina de camote en la elaboración de tortas, bocadillos y más productos de panificación y repostería pues se pudo palpar un nicho de mercado que aun no ha sido satisfecho.

BIBLIOGRAFIA

[1] ACHATA, Adolfo; FANO, Hugo; GAYOS, Hugo; CHIANG, Olga; ABDRADE, Marissa; El CAMOTE EN EL SISTEMA ALIMENTARIOO DEL PERU, Publicado por el centro internacional de la papa, lima /Perú 1990.

[2] ALTERACIONES MICROBIOLOGICA EN PAN; Se encuentra disponible en: http://www.alimentariaonline.com/desplegar_nota.asp?did=93

[3] ANZALDÚA Morales, Antonio; La Evaluación Sensorial de los Alimentos, Editorial Acribia S.A., Zaragoza – España, 1994, Páginas. 85–87, 163 – 176.

[4] BARBOSA, G; Li Ma; BARLETTA, Blas; IBARZ Ribas, Alberto; Manual de Laboratorio de Ingeniería en Alimentos, Editorial Acribia 2000, Zaragoza – España. Páginas 71 - 88.

[5] BARBOZA G; VEGA H, Deshidratación de Alimentos, Editorial Acribia S.A., Zaragoza – España, 2000, Págs. 27- 35, 130 – 135.Zaragoza – España, 2000, Págs. 27- 35, 130 – 135.

[6] BERNAN J.G.; BUTTERS J.R.; COWELL N.D.; LILLY A.E.V.; Las Operaciones de la Ingeniería de los Alimentos, Editorial Acribia S.A., Zaragoza – España. Páginas 236 - 245.

[7] BOTANICA Y MORFOLOGIA DE CAMOTE; Se encuentra disponible en: http://ebooks9.com/BOTANICA-Y-MORFOLOGIA-DEL-CAMOTE-pdf-2.html.

[8] CALAVERAS, Jesús; Tratado de Panificación y Bollería, Publicado por AMV Ediciones, Primera Edición, España 1996, Páginas 43 – 66, 166 – 266.

[9] CALLEJO Gonzales, María; Industrias de Cereales y derivados, Publicado por Ediciones Mundi-Prensa, Primera Edición, España 2003, Páginas 191 – 243.

[10] CASP A., ABRIL J., Procesos de Conservación de Alimentos, Publicado por Ediciones Mundi-Prensa, Segunda Edición, 2003. Páginas 325-359.

[11] COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL CAMOTE; Se encuentra disponible en: http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/nut_search_new.pl

[12] DESROSIER, Norman W.; Conservación de los Alimentos, Editorial Continental S.A., Vigésima Quinta Reimpresión, México 1999, Páginas 157 - 186.

[13] FOLQUER, F.; La Batata (Camote) Estudio de la planta y su producción comercial, Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires - Argentina, 1978. Páginas 5-7.

[14] La Composición de los Alimentos Peruanos, Ministerio de Salud – Instituto de Nutrición, 4ta edición, Lima - Perú, 1974.

[15] Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba.

[16] Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense 03 039-02 Norma Técnica de Panificación. Especificaciones Sanitarias y de Calidad.

[17] SANCHO J., BOTA E., CASTRO J.J., Introducción Al Análisis Sensorial De Los Alimentos, Publicado por Ediciones Universitaria Barcelona Primera edición, España 1999 paginas 142 -147.

[18] Tabla de Composición de Alimentos Ecuatorianos. Ministerio de Prevención Social y Sanidad. Instituto Nacional de Nutrición, Quito – Ecuador, 1965.

[19] Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. Institutos Nacionales de Salud, Ministerio de Salud. Lima - Perú,1996

APÉNDICE A

PRODUCCIÓN DE CAMOTE EN EL ECUADOR

Por Regiones y Provincias
Variable de análisis: Cultivos Transitorios CAMOTE

REGIONES Y PROVINCIAS			UPAs	Superficie Sembrada (Has)	Superficie Cosechada (Has)	Producción (Tm)	ventas
TOTAL NACIONAL			4.312	3.075	2.854	3.733	2.894
TOTAL		REGION SIERRA	1.420	489	459	455	350
		REGION COSTA	455	223	165	917	890
		REGION AMAZONICA	2.427	2.360	2.227	2.355	1.650
		REGION INSULAR	10	3	3	5	5
TOTAL	REGION SIERRA	Azuay	60	33	33	9	9
		Bolivar	8	4	2	1	.
		Cañar	53	21	21	23	18
		Carchi	65	25	15	25	22
		Cotopaxi	131	48	48	48	27
		Chimborazo	59	27	23	14	13
		Imbabura	290	75	74	159	126
		Loja	349	90	83	116	90
		Pichincha	351	162	157	57	43
		Tungurahua	54	4	2	4	2
	REGION COSTA	El Oro	24	5	4	5	3
		Esmeraldas	8	2	2	0	0
		Guayas	180	42	34	34	24
		Los Rios	1	0	0	0	.
		Manabi	242	174	124	878	863
	REGION AMAZONICA	Morona Santiago	2.264	2.166	2.061	2.286	1.627
		Napo	3	7	7	6	2
		Pastaza	155	171	143	62	20
		Zamora Chinchipe	1	0	0	0	0
		Sucumbios	1	15	15	2	0
		Orellana	2	0	0	0	0
	REGION INSULAR	Galapagos	10	3	3	5	5

0 (Cero) Dato menor a 0.5
III Censo Nacional Agropecuario 2000

Fuente: INEC, 2000

APÉNDICE B

ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS EMPLEADOS EN LABORATORIO PARA OBTENER HARINA DE CAMOTE

SECADOR HORIZONTAL (Tipo cabina)

FIMCP-Laboratorio de Operaciones Unitarias

Modelo No.: Prototipo
Hertz: 60 Velocidad del aire: T= 4.19 m/s
Voltios: 220 Amperios: 25.5
Watts: 5600

WATER ACTIVITY METER: AQUALAB
FIMCP- Laboratorio de Bromatología
Modelo No.: Series 3
Compañía: Decagon, USA.
Precisión +/-0.003 aw Resolución: ±0.001aw
Dimensiones: 24.1 x 22.9 x 8.9 cm (9.5 x 9.0 x 3.5 in)
Ambiente de operación: 5 to 50°C (41 to 122°F) - 20 to 85% Humidity
Rango: 0.030 a 1.000aw
Capacidad de muestra en el platillo: 7ml recomendado (15ml full)
Poder universal: 110V to 220V AC, 50/60Hz

BALANZA DE HUMEDAD (HUMIDIMETRO)
FIMCP- Laboratorio de Bromatología
MARCA: KERN MODELO: MLB 50-3.
Lectura: 0.001 g - 0.01%
Máxima carga de pesaje: 50 g
Cantidad mínima para el secado: 0.02 g
Rango de temperatura: 50-160°C

PH METRO / FIMCP – Laboratorio de Bromatología
Model: EC-PH510
Rango: 0.00 to 14.00 pH
Resolución & Precisión: 0.01 & ±0.01 pH
mV Rango: ±199.9 mV; ±1999 mV
Rango de Temperatura: 0.0 to 100.0 °C

MOLINO CYCLONE SAMPLE MILL

FIMCP – Laboratorio de Bromatología

Marca: UDY
Serie: 466
Modelo: CYCLOTEC

TEXTURÓMETRO

FIMCP – Laboratorio de Bromatología

Marca: BROOKFIELD
Serie: 8406102
Modelo: CT3

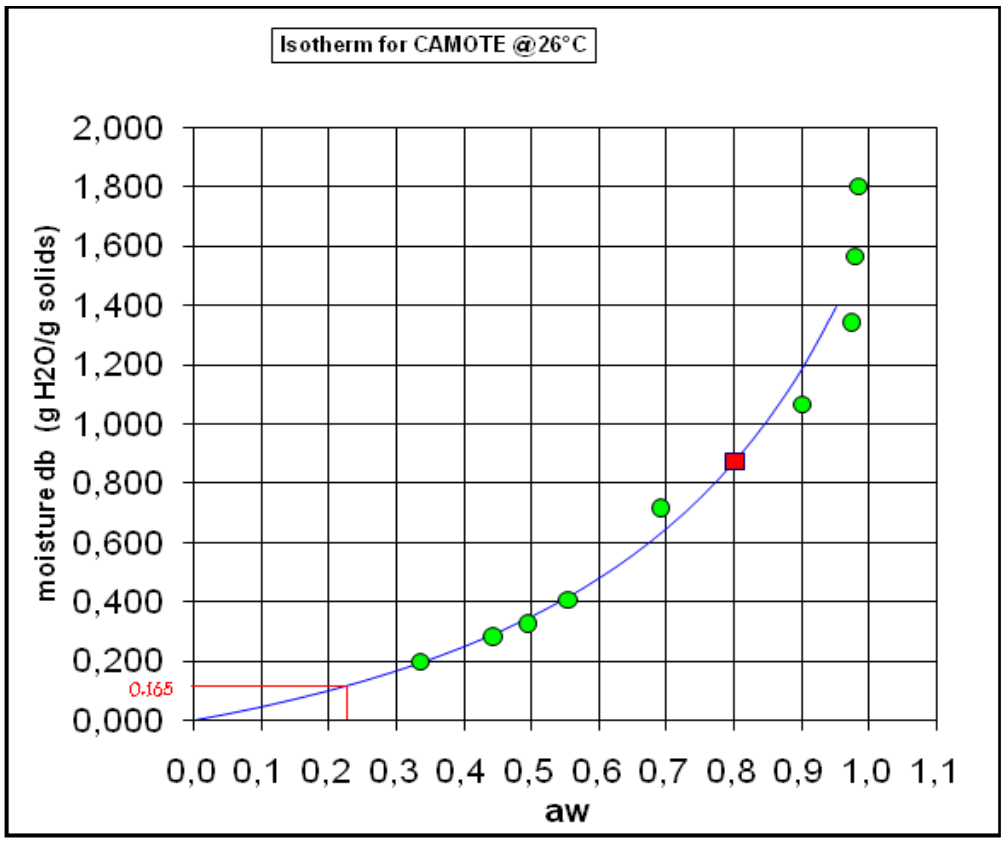
APÉNDICE C

DATOS PARA ELABORAR LA ISOTERMA

#	Hora Entrada	Hora Salida	Peso Entrada	%Hi	Agua Inicial(g)	Peso Salida (g)	W	%Hf	aw	Temperatura(°C)
1	15H58	16H28	10,1000	69,68%	7,04	8,5806	1,5194	64,31%	0,982	25
2	16H52	17H02	8,2793	64,31%	5,32	7,5812	0,6981	61,02%	0,977	24,8
3	17H20	17H30	7,4244	61,02%	4,53	6,7793	0,6451	57,32%	0,973	24,8
4	17H39	17H54	6,6045	57,32%	3,79	5,8271	0,7774	51,62%	0,899	24,8
5	17H58	18H20	5,5886	51,62%	2,88	4,6397	0,9489	41,73%	0,690	24,8
6	18H21	18H41	4,5102	41,73%	1,88	3,6950	0,8152	28,87%	0,552	24,8
7	18H42	19H02	3,5937	28,87%	1,04	3,3922	0,2015	24,65%	0,493	24,9
8	19H03	19h23	3,3730	24,65%	0,83	3,2575	0,1155	21,97%	0,441	24,8
9	19h24	_	3,0984	21,97%	0,68	2,8962	0,2022	16,53%	0,334	24,8

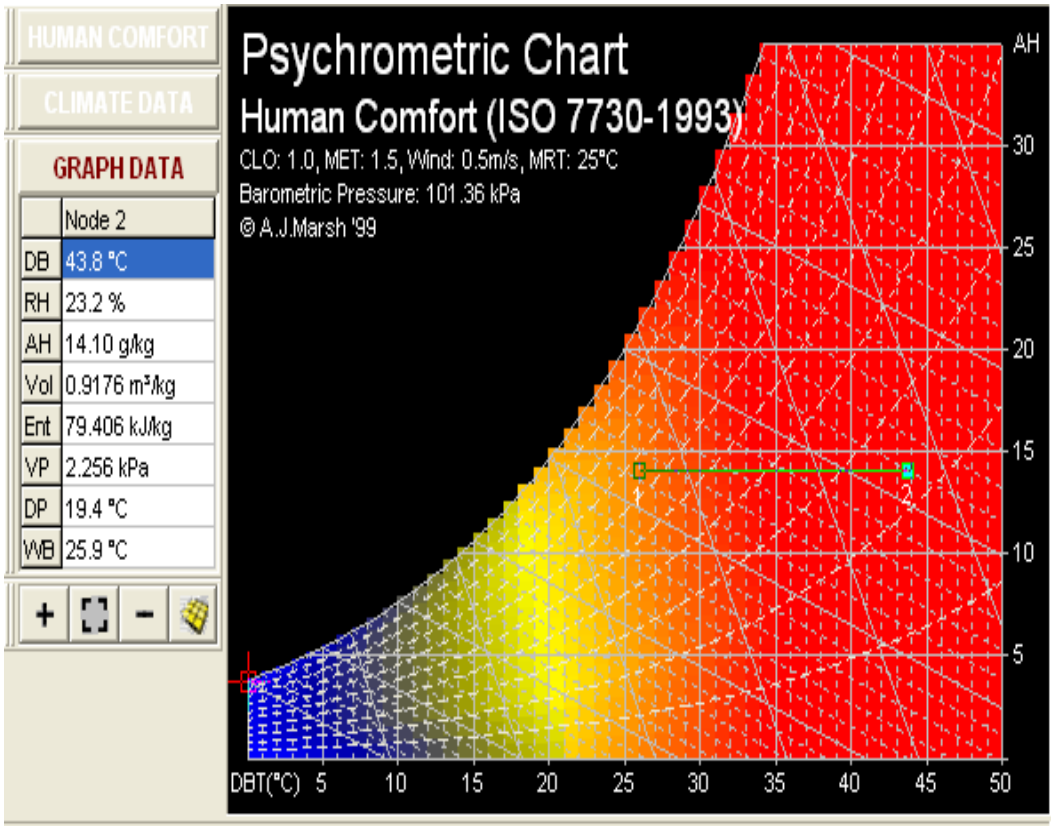
APÉNDICE D

ISOTERMA DE SORCIÓN



APÉNDICE E

CARTA PSICROMÉTRICA



APÉNDICE F

DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD DE SECADO

Tiempo (min)	Peso de la Muestra W (Kg)	Humedad en Base Seca (KgH_20/Kg s.s) Xt=W-Ws/Ws	Humedad Libre X=Xt-X*	Xmedia	ΔX	Δt(Horas)	Velocidad de Secado ($KgH_20/h.m^2$) Rc=(Ws/A)(ΔX/Δt)
0	0,162	2,30	2,13	2,05	-0,16	0,08	1,16
5	0,154	2,14	1,97	1,89	-0,17	0,08	1,25
10	0,146	1,98	1,81	1,72	-0,19	0,08	1,36
15	0,137	1,79	1,63	1,53	-0,19	0,08	1,36
20	0,128	1,60	1,44	1,35	-0,18	0,08	1,33
25	0,119	1,42	1,25	1,16	-0,16	0,08	1,19
30	0,110	1,24	1,07	1,00	-0,14	0,08	1,00
35	0,103	1,09	0,93	0,86	-0,13	0,08	0,93
40	0,097	0,96	0,80	0,74	-0,10	0,08	0,76
45	0,090	0,84	0,67	0,63	-0,09	0,08	0,67
50	0,086	0,76	0,59	0,54	-0,09	0,08	0,67
55	0,081	0,65	0,49	0,45	-0,07	0,08	0,52
60	0,077	0,57	0,41	0,38	-0,06	0,08	0,44
65	0,074	0,51	0,35	0,32	-0,05	0,08	0,37
70	0,071	0,45	0,29	0,27	-0,04	0,08	0,30
75	0,069	0,41	0,25	0,22	-0,03	0,08	0,22
80	0,067	0,37	0,20	0,19	-0,02	0,08	0,15
85	0,066	0,35	0,18	0,17	-0,02	0,08	0,15

90	0,065	0,33	0,16	0,15	-0,02	0,08	0,14
95	0,064	0,31	0,14	0,13	-0,02	0,08	0,13
100	0,063	0,29	0,12	0,12	-0,02	0,08	0,13
110	0,062	0,27	0,11	0,10	-0,02	0,08	0,13
120	0,062	0,25	0,09	0,08	-0,02	0,33	0,03
130	0,061	0,24	0,07	0,06	-0,01	0,17	0,05
140	0,060	0,22	0,06	0,05	-0,01	0,17	0,04
150	0,059	0,21	0,05	0,04	-0,01	0,17	0,04
160	0,059	0,20	0,04	0,03	-0,01	0,17	0,05
170	0,058	0,19	0,02	0,02	_	0,17	0,04
180	0,058	0,18	0,01	0,00	_	0,17	0,04
190	0,057	0,16	_	_	_	_	0,03

APÉNDICE G

NORMA INEN DE LA HARINA DE TRIGO

CDU: 664.633.11
ICS: 67.060

INEN

CIIU: 3116
AL 02.02-401

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	HARINA DE TRIGO. REQUISITOS.	NTE INEN 616:2006 Tercera revisión 2006-01

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las harinas de trigo para consumo humano.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a la harina de trigo fortificada o enriquecida que se destina al consumo directo y al uso industrial, principalmente para la elaboración de pan, pastas, fideos y galletas.

3. DEFINICIONES

3.1 Harina de trigo. Es el producto que se obtiene de la molienda y tamizado del endospermo del grano de trigo *(Triticum vulgare, Triticum durum)* hasta un grado de extracción determinado, considerando al restante como un subproducto (residuos de endospermo, germen y salvado).

3.2 Grado de extracción. Es el rendimiento, en porcentaje de harina, que se obtiene en kilogramos por cada 100 kg de trigo limpio.

3.3 Gluten. Es una sustancia de naturaleza proteica que se forma por hidratación de la harina de trigo y que tiene la característica especial de ligar los demás componentes de la harina.

3.4 Leudante. Es toda sustancia química u organismo que en presencia de agua, con o sin acción del calor, provoca la producción de anhídrido carbónico.

3.5 Harina autoleudante. Es la harina que contiene una cierta cantidad de sustancias leudantes.

3.6 Harina fortificada. Es la harina que contiene agregados de vitaminas, sales minerales u otros micronutrientes. El producto que corresponde a esta definición debe contener todos los elementos de enriquecimiento descritos en la tabla 1.

4. CLASIFICACIÓN

La harina de trigo, de acuerdo a su uso se clasifica en:

4.1 Harina panificable

4.1.1 *Extra.* Es la harina elaborada hasta un grado de extracción determinado, que puede ser tratada con blanqueadores y/o mejoradores, productos málticos, enzimas diastásicas y fortificada con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.

4.2 Harina integral. Es la harina obtenida de la molienda de granos limpios de trigo y que contiene todas las partes de éste, que puede ser tratada con mejoradores, productos málticos, enzimas diastásicas y fortificada con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.

(Continúa)

DESCRIPTORES: trigo, harina, productos de molinería

4.3 Harinas especiales. Son harinas con un grado de extracción bajo, como lo permita el proceso de industrialización, cuyo destino es la fabricación de productos de pastificio, galletería y derivados de harinas autoleudantes, que 'pueden ser tratadas con mejorad ores, productos málticos, enzimas . diastásicas y fortificada con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.

4.3.1 *Harina para pastificio.* Es el producto definido en 4.3, elaborado a partir de trigos aptos para estos productos, que puede ser tratada con blanqueadores, mejoradores, productos málticos, enzimas diastásicas y fortificada con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.

4.3.2 *Harina para galletas.* .Es el producto definido en 4.3, elaborado a partir de trigos blandos y suaves o con otros trigos aptos para su elaboración, que puede ser tratada con blanqueadores, mejoradores, productos málticos, enzimas diastásicas y fortificada con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.

4.3.3 *Harina autoleudante.* Es el producto definido en 4.3, que contiene agentes leudantes y que puede ser tratada con blanqueadores, mejoradores y fortificada con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.

4.4 Harina para todo uso. Es el producto definido en 3.1, proveniente de las variedades de trigo Hard Red Spring o Norther SpringHard Red Winter, homólogos canadienses y trigos de otros orígenes que sean aptos para la fabricación de pan, fideos, galletas, etc. Tratada o no con blanqueadores y/o mejoradores, productos málticos, enzimas diastásicas y fortificada con vitaminas y minerales, descritos en la tabla 1.

5. REQUISITOS

5.1 Generales

5.1.1 La harina de trigo debe presentar un color uniforme, variando del blanco al blanco-amarillento, que se determinará de acuerdo a la NTE INEN 528.

5.1.2 La harina de trigo debe tener el olor y sabor característico del grano de trigo molido, sin indicios de rancidez o enmohecimiento.

5.1.3 La harina de trigo presentará ausencia total de otro tipo de harina, tal como se define en 2.1.

5.1.4 No deberá contener insectos vivos ni sus formas intermedias de desarrollo.

5.1.5 Debe estar libre de excretas animales.

5.1.6 Cuando la harina de trigo sea sometida a un ensayo normalizado de tamizado, mínimo 95% deberá pasar por un tamiz INEN *210 µm* (No. 70).

5.2 Generales de aditivos

5.2.1 *Agentes leudantes*

5.2.1.1 Las harinas autoleudantes pueden contener agentes leudantes, tales como: bicarbonato de sodio y fosfato monocálcico o pirofosfato ácido de sodio o tartrato ácido de potasio o fosfato ácido de sodio y aluminio.

5.2.1.2 Las harinas autoleudantes pueden contener, a más del agente leudante: grasas, sal, azúcar, emulsificantes, saborizantes, sustancias de enriquecimiento y otros ingredientes autorizados.

5.2.1.3 Bicarbonato de sodio y fosfato monocálcico, leudante artificiales más comunes, pueden usarse combinados hasta un límite máximo de 4,5% (m/m).

5.2.2 *Mejoradores y/o blanqueadores*

5.2.2.1 Cloro; blanqueador de harina, máximo 100 mg/kg, sólo en harinas destinadas para repostería.

(Continúa)

5.2.2.2 Dióxido de cloro; blanqueador y madurador de harina, máximo 30 mg/kg .

5.2.2.3 Peróxido de benzoilo; blanqueador de harina, máximo 30 mg/kg .

5.2.2.4 Ácido ascórbico; mejorador de harina, máximo 200 mg/kg .

5.2.2.5 Azodicarbonamida; mejorador de harina, máximo 45 mg/kg .

5.2.2.6 Bromato de potasio; no se admite su uso en harinas para panificación y su valor determinado según la NTE INEN 525 debe ser "**ausencia**".

5.2.3 *Sustancias de fortificación*

5.2.3.1 Todas las harinas de trigo, independientemente de sí, son blanqueadas, mejoradas. con productos málticos, enzimas diastásicas, leudantes, etc., deberán ser fortificadas con las siguientes sustancias micronutrientes, de acuerdo a lo especificado en la tabla 1.

TABLA 1. Sustancias de fortificación.

SUSTANCIAS	UNIDAD	REQUISITO MÍNIMO
Hierro reducido o micronizado	mg/kg	55,0
Tiamina (vitamina B_1)	mg/kg	4,0
Riboflavina (vitamina B_2)	mg/kg	7,0
Ácido fólico	mg/kg	0,6
Niacina	mg/kg	40

5.3 Requisitos físicos y químicos, se indican en la tabla 2.

TABLA 2. Requisitos físicos y químicos de la harina de trigo.

REQUISITOS	Unid.	Harina panificable		Harina Integral		Harinas especiales						Harinas para todo uso		Método de ensayo
		Extra				Pastificios		Galletas		Autoleud.				
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	
Humedad	%	-	14,5	-	15	-	14,5	-	14,5	-	14,5	-	14,5	NTE INEN 518
Proteína (base seca)	%	10	-	11	-	10	-	9	-	9	-	9	-	NTE IN EN 519
Cenizas (base seca)	%	-	*0,75	-	2,0	-	0,8	-	0,75	-	3,5	-	0,85	NTE INEN 520
Acidez (Exp. en ácido sulfúrico)	%	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	0,1	NTE INEN 521
Gluten húmedo	%	25	-	-	-	23	-	23	-	23	-	25	-	NTE INEN 529

* Para el caso de harina panificables enriquecida extra, el porcentaje de cenizas será máximo de 1,6%.

(Continúa)

5.4 Requisitos microbiológicos. La harina de trigo debe cumplir con los requisitos microbiológicos indicados en la tabla 3.

TABLA 3. Requisitos microbiológicos.

Requisitos	Unidad	Limite máximo	Método de ensayo
Aerobios mesófilos	ufc/g	100 000	NTE INEN 1 529-5
Col iformes	ufc/g	100	NTE INEN 1 529-7
E. Coli	ufc/g	0	NTE INEN 1 529-8
Salmonella	ufc/25 g	0	NTE INEN 1 529-15
Mohos y levaduras	ufc/g	500	NTE INEN 1 529-10

5.4.1 Para la aceptación de lotes (o partidas) de harina, se debe cumplir con los requisitos microbiológicos del Anexo A.

6. INSPECCIÓN

6.1 El muestreo debe realizarse de acuerdo a lo establecido en la NTE INEN 617.

6.2 Criterios de aceptación y rechazo

6.2.1 Defectos críticos corresponde al incumplimiento de los requisitos establecidos en 5.4 y Anexo A, con el consiguiente rechazo del lote.

6.2.2 Defectos mayores; corresponde al incumplimiento de alguno de los requisitos establecidos en 5.1, 5.2 y 5.3.

En caso de discrepancia, se repetirán los ensayos sobre las muestras reservadas para el efecto. Si se repite en el análisis un requisito no satisfactorio, la decisión de aceptación o rechazo del lote se tomará en común acuerdo entre el comprador y el vendedor, según el plan de muestreo acordado y a lo estipulado en la NTE INEN 617.

7. REQUISITOS COMPLEMENTARIOS

7.1 La harina de trigo debe almacenarse en sitios que se encuentren ventilados, protegidos de la humedad, infestación y/o contaminantes.

7.2 Envasado. La harina debe envasarse en recipientes limpios, resistentes a la acción del producto, de tal manera que no alteren las cualidades higiénicas, nutritivas y técnicas del producto.

7.3 Rotulado. Los envases deben llevar etiquetas de material que pueda ser cocido o de fácil adherencia a los mismos. Cada etiqueta llevará impresa, con características legibles e indelebles, la siguiente información:

a) número de Registro Sanitario,
b) número de identificación del lote,
c) designación del producto, ejemplo: "Harina de trigo panificable extra fortificada",
d) marca comercial registrada,

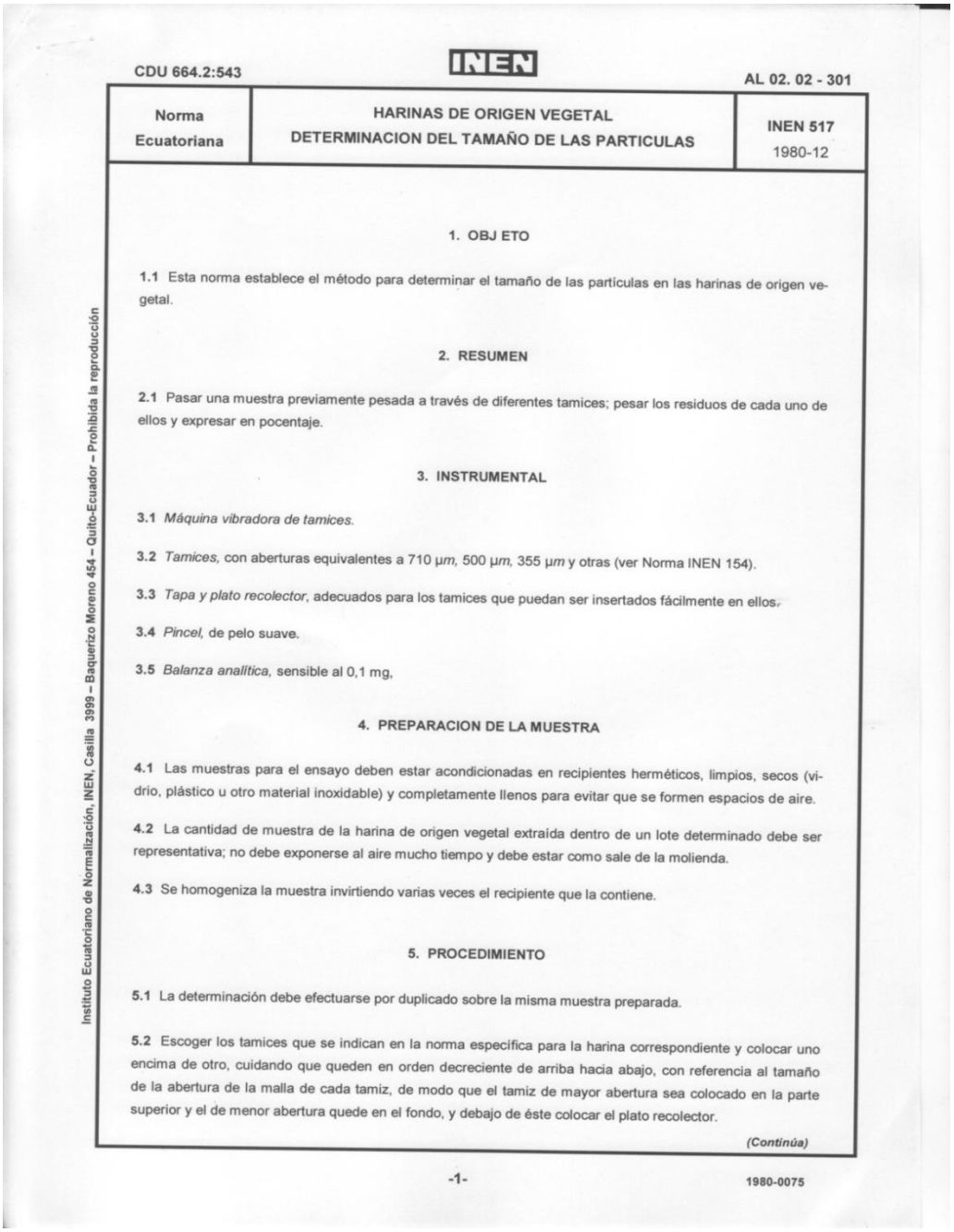
(Continúa)

e) razón social del fabricante,
f) ingredientes, se mencionarán por sus nombres específicos, ejemplo: trigo, hierro, tiamina (Vitamina B1), riboflavina (Vitamina B2), ácido fólico, niacina, y otros como blanqueadores, mejoradores, etc. en caso de que sean agregados, en orden decreciente de sus masas. Para envases pequeños de plástico o papel, deberá registrarse la fórmula cuantitativa de sus componentes.
g) contenido neto expresado en unidades del SI,
h) fecha de elaboración,
i) fecha de caducidad o duración mínima,
j) instrucciones para su conservación,
k) norma NTE INEN de referencia,
1) lugar de origen (ciudad, país), y
m) en caso de exportación, podrá agregarse cualquier información adicional que el país de destino así lo exija.

(Continúa)

APÉNDICE H

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS EN HARINAS DE ORIGEN VEGETAL



CDU 664.2:543

INEN

AL 02. 02 - 301

Norma Ecuatoriana	HARINAS DE ORIGEN VEGETAL DETERMINACION DEL TAMAÑO DE LAS PARTICULAS	INEN 517 1980-12

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, Casilla 3999 – Baquerizo Moreno 454 – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

1. OBJ ETO

1.1 Esta norma establece el método para determinar el tamaño de las partículas en las harinas de origen vegetal.

2. RESUMEN

2.1 Pasar una muestra previamente pesada a través de diferentes tamices; pesar los residuos de cada uno de ellos y expresar en pocentaje.

3. INSTRUMENTAL

3.1 *Máquina vibradora de tamices.*

3.2 *Tamices,* con aberturas equivalentes a 710 µm, 500 µm, 355 µm y otras (ver Norma INEN 154).

3.3 *Tapa y plato recolector,* adecuados para los tamices que puedan ser insertados fácilmente en ellos.

3.4 *Pincel,* de pelo suave.

3.5 *Balanza analítica,* sensible al 0,1 mg.

4. PREPARACION DE LA MUESTRA

4.1 Las muestras para el ensayo deben estar acondicionadas en recipientes herméticos, limpios, secos (vidrio, plástico u otro material inoxidable) y completamente llenos para evitar que se formen espacios de aire.

4.2 La cantidad de muestra de la harina de origen vegetal extraída dentro de un lote determinado debe ser representativa; no debe exponerse al aire mucho tiempo y debe estar como sale de la molienda.

4.3 Se homogeniza la muestra invirtiendo varias veces el recipiente que la contiene.

5. PROCEDIMIENTO

5.1 La determinación debe efectuarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.

5.2 Escoger los tamices que se indican en la norma específica para la harina correspondiente y colocar uno encima de otro, cuidando que queden en orden decreciente de arriba hacia abajo, con referencia al tamaño de la abertura de la malla de cada tamiz, de modo que el tamiz de mayor abertura sea colocado en la parte superior y el de menor abertura quede en el fondo, y debajo de éste colocar el plato recolector.

(Continúa)

5.3 Pesar, con aproximación al 0,1 mg, 100 g de harina de cuyas partículas debe determinarse el tamaño.

5.4 Transferir la muestra al tamiz superior de la columna de tamices, poner la tapa, fijar la columna en el aparato de vibración y poner en funcionamiento durante cinco minutos, y después de este tiempo, suspender el movimiento de la máquina.

5.5 Desintegrar los aglomerados pasando suavemente el pincel contra la malla, empezando la operación por el tamiz superior, luego al inmediato inferior y así sucesivamente hasta llegar al tamiz del fondo.

5.6 Pasar cuantitativamente a una hoja de papel, previamente pesada, la fracción de la muestra retenida por cada uno de los tamices y pesar con aproximación al 0,1 g.

6. CÁLCULOS

6.1 El contenido de harina de origen vegetal retenido por cada uno de los tamices se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$MR = \frac{m_2 - m_1}{m} x100$$

Siendo:

MR = masa retenida de harina, en porcentaje de masa.
m = masa de la muestra de harina, en g.
m_1 = masa del papel sin harina, en g.
m_2 = masa del papel con la fracción de harina, en g.

7. ERRORES DE METODO

7.1 La diferencia entre los resultados de una determinación efectuada por duplicado no debe exceder de 0,4%; en caso contrario, debe repetirse la determinación.

8. INFORME DE RESULTADOS

8.1 Como resultado final, debe reportarse la media aritmética de los resultados de la determinación.

8.2 En el informe de resultados, deben indicarse el método usado y el resultado obtenido. Debe mencionarse, además, cualquier condición no especificada en esta norma o considerada como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.

8.3 Deben incluirse todos los detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

APÉNDICE I

TABLA DE ABERTURA DE MALLA Y EL NÚMERO MESH DE LOS SISTEMAS ASTM, TYLER Y BRITISH STANDARD

Sieve opening (mm)	USA standard ASTM E 11-61	Mesh number Tyler (mesh/in.)	British standard (mesh/in.)
0.037	400	400	—
0.044	325	325	—
0.045	—	—	350
0.053	270	270	300
0.063	230	250	240
0.074	200	200	—
0.075	—	—	200
0.088	170	170	—
0.090	—	—	170
0.105	140	150	150
0.125	120	115	120
0.149	100	100	—
0.150	—	—	100
0.177	80	80	—
0.180	—	—	85
0.210	70	65	72
0.250	60	60	60
0.297	50	48	—
0.300	—	—	52
0.354	45	42	—
0.355	—	—	44
0.420	40	35	35
0.500	35	32	30
0.595	30	28	—
0.600	—	—	25
0.707	25	24	—
0.710	—	—	22
0.841	20	20	—
1.00	18	16	16
1.19	16	14	—
1.20	—	—	14
1.41	14	12	—
1.68	12	10	10

APÉNDICE J

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍA DE LA HARINA DE CAMOTE

Clase	Malla	Masa Retenida (g)	% de Retenidos ∆Xi	Xi	Dsup (mm)	Dpi	∆Xi/ Dpi
1	50	8,2	0,055	1,00	0,297	0,254	0,216
2	70	48,6	0,324	0,95	0,21	0,180	1,805
3	100	54,6	0,364	0,62	0,149	0,127	2,866
4	140	29,4	0,196	0,26	0,105	0,090	2,190
5	200	9,2	0,061	0,06	0,074	-	-
Total		150					7,077

$$Dp = \left(\frac{1}{\Delta Xi/Dpi} \right) = \frac{1}{7,077} = 0,141 mm$$

APÉNDICE K

FORMULACIONES DE PAN DE SAL

FORMULACIÓN 1			
Ingredientes	**PS20**	**PS30**	**PS40**
	%	**%**	**%**
Harina de trigo	42	36	31
Harina de camote	10	16	21
Agua	19	19	19
Azúcar	4	4	4
Manteca	20	20	20
Sal	2	2	2
Levadura	3	3	3

FORMULACIÓN 2			
Ingredientes	**PS20C**	**PS30C**	**PS40C**
	%	**%**	**%**
Harina de trigo	39	34	30
Harina de camote	10	15	20
Azúcar	6	6	5
Sal	1	1	1
Manteca	5	5	5
Empaste	5	5	5
Levadura	1	1	1
Huevo	7	7	7
Agua	25	25	25
Gluten	1	1	1
Mejorador	0,1	0,1	0,1

APÉNDICE L

FORMULACIONES DE PAN DE DULCE

FORMULACIÓN 1		
Ingredientes	**PD20C (%)**	**PD30C (%)**
Harina de trigo	40	35
Harina de camote	10	15
Azúcar	14	12
Sal	0,5	0,5
Manteca	5	5
Levadura	1	1
Huevo	7	7
Agua	21	23
Gluten	1	1
Mejorador	0,2	0,2
Esencia de Vainilla	0,3	0,3

FORMULACIÓN 2	
Ingredientes	**PD30CC (%)**
Harina de trigo	31
Harina de camote	13
Azúcar	13
Sal	0,5
Manteca	8
Levadura	1
Huevo	6
Agua	26
Gluten	1
Mejorador	0,1
Esencia de Vainilla	0,3

FORMULACIÓN 3	
Ingredientes	**PD30CF (%)**
Harina de trigo	35
Harina de camote	13
Azúcar	12
Sal	0,2
Margarina	11
Levadura	2,7
Huevo	6
Agua	19
Gluten	1
Mejorador	0,1

APÉNDICE M

FICHA PARA LA EVALUCIÓN SENSORIAL

FICHA PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE PAN DE CAMOTE

Nombre:_____
Fecha_____

Su opinión sincera es muy importante

Por favor pruebe la muestra y marque con una X la casilla que corresponda con su nivel de agrado:

VALOR	DESCRIPCION	561	473
5	Me gusta mucho		
4	Me gusta ligeramente		
3	Ni me gusta, ni me disgusta		
2	Me disgusta ligeramente		
1	Me disgusta mucho		

OBSERVACIONES:_____
_____
_____
_____

¡MUCHAS GRACIAS!

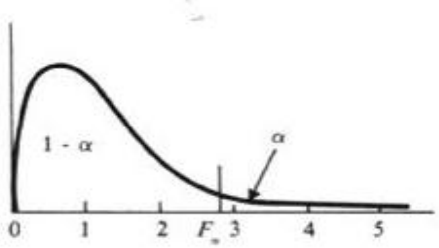
APÉNDICE N

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL

HOJA DE VACIADO DE DATOS			
	MUESTRAS		
JUECES	561	473	**GRAN TOTAL**
1	5	4	9
2	4	3	7
3	4	4	8
4	4	5	9
5	4	5	9
6	4	5	9
7	3	4	7
8	3	3	6
9	3	5	8
10	3	5	8
11	2	5	7
12	2	5	7
13	4	5	9
14	4	4	8
15	4	4	8
16	5	3	8
17	5	3	8
18	5	3	8
19	4	4	8
20	4	4	8
21	3	5	8
22	4	4	8
23	3	5	8
24	3	5	8
25	4	5	9
26	2	4	6
27	4	5	9
28	3	5	8
29	3	5	8
30	4	5	9
Total	109	131	
Media	3,633	4,367	240

APÉNDICE O

TABLA DE VALORES CRÍTICOS PARA F



Nivel 5%

g.l.del denominador	g.l. del numerador									
	1	2	3	4	5	6	8	12	24	∞
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	238.9	243.9	249.0	254.3
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.37	19.41	19.45	19.50
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.84	8.74	8.64	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.04	5.91	5.77	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.82	4.68	4.53	4.36
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.15	4.00	3.84	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.73	3.57	3.41	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.44	3.28	3.12	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.23	3.07	2.90	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.07	2.91	2.74	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	2.95	2.79	2.61	2.40
12	4.75	3.88	3.49	3.26	3.11	3.00	2.85	2.69	2.50	2.30
13	4.67	3.80	3.41	3.18	3.02	2.92	2.77	2.60	2.42	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.70	2.53	2.35	2.13
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.64	2.48	2.29	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.59	2.42	2.24	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.55	2.38	2.19	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.51	2.34	2.15	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.48	2.31	2.11	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.45	2.28	2.08	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.42	2.25	2.05	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.40	2.23	2.03	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.38	2.20	2.00	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.36	2.18	1.98	1.73
25	4.24	3.38	2.99	2.76	2.60	2.49	2.34	2.16	1.96	1.71
26	4.22	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.32	2.15	1.95	1.69
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.30	2.13	1.93	1.67
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.44	2.29	2.12	1.91	1.65
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.54	2.43	2.28	2.10	1.90	1.64
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.27	2.09	1.89	1.62

APÉNDICE P

TABLA DE RANGOS ESTUDENTIZADOS

TABLA DE RANGOS «ESTUDENTIZADOS» SIGNIFICATIVOS PARA UN NIVEL DEL 5%

a) **Tabla 1.** De 2 a 8 tratamientos:

Grados de libertad	NUMERO DE TRATAMIENTOS						
	2	3	4	5	6	7	8
1	18,0	26,7	32,8	37,2	40,5	43,1	45,4
2	6,09	8,28	9,80	10,89	11,73	12,43	13,03
3	4,50	5,88	6,83	7,51	8,04	8,47	8,85
4	3,93	5,00	5,76	6,31	6,73	7,06	7,35
5	3,61	4,54	5,18	5,64	5,99	6,28	6,52
6	3,46	4,34	4,90	5,31	5,63	5,89	6,12
7	3,34	4,16	4,68	5,06	5,35	5,59	5,80
8	3,26	4,04	4,53	4,89	5,17	5,40	5,60
9	3,20	3,95	4,42	4,76	5,02	5,24	5,43
10	3,15	3,88	4,33	4,66	4,91	5,12	5,30
11	3,11	3,82	4,26	4,58	4,82	5,03	5,20
12	3,08	3,77	4,20	4,51	4,75	4,95	5,12
13	3,06	3,73	4,15	4,46	4,69	4,88	5,05
14	3,03	3,70	4,11	4,41	4,64	4,83	4,99
15	3,01	3,67	4,08	4,37	4,59	4,78	4,94
16	3,00	3,65	4,05	4,34	4,56	4,74	4,90
17	2,98	3,62	4,02	4,31	4,52	4,70	4,86
18	2,97	3,61	4,00	4,28	4,49	4,67	4,83
19	2,96	3,59	3,98	4,26	4,47	4,64	4,79
20	2,95	3,58	3,96	4,24	4,45	4,62	4,77
24	2,92	3,53	3,90	4,17	4,37	4,54	4,68
30	2,89	3,48	3,84	4,11	4,30	4,46	4,60
40	2,86	3,44	3,79	4,04	4,23	4,39	4,52
60	2,83	3,40	3,74	3,98	4,16	4,31	4,44
120	2,80	3,36	3,69	3,92	4,10	4,24	4,36
∞	2,77	3,32	3,63	3,86	4,03	4,17	4,29

APÉNDICE Q

NORMA INEN PARA PAN COMÚN

INEN

CDU: 664

AL:02.08-401

Norma Técnica Ecuatoriana	PAN COMÚN. REQUISITOS.	NTE INEN 95:1979 Primera Revisión

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

1.OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que debe reunir el pan común.

2. TERMINOLOGÍA

2.1 Pan común. Es el pan de miga blanca u obscura, elaborado a base de harina de trigo: blanca, semi-integral o integral, agua potable, levadura, sal, azúcar, grasa comestible (animal o vegetal) y aditivos autorizados.

2.2 Otros términos relacionados con esta norma están definidos en la NTE INEN 93.

3. DISPOSICIONES GENERALES

3.1 Las materias primas utilizadas en la elaboración del pan común deben sujetarse a las NTE INEN correspondientes.

3.2 El pan común debe procesarse en condiciones sanitarias adecuadas, a fin de evitar su contaminación con microorganismos patógenos o causantes de la descomposición del producto.

4. REQUISITOS DEL PRODUCTO

4.1 Componentes. La masa para la cocción del pan común debe prepararse con los siguientes componentes:

a) harina de trigo: blanca, semi-integral o integral,
b) agua potable,
c) levadura activa, fresca o seca,
d) sal comestible,
e) azúcar en cantidad suficiente para ayudar al desarrollo de la levadura,
f) grasa comestible (animal o vegetal),
g) aditivos autorizados.

4.2 Características organolépticas.

4.2.1 El pan común debe presentar el sabor y olor característicos del producto fresco y bien cocido. Su sabor no debe ser amargo, ácido o con indicios de rancidez.

4.2.2 *Corteza.* El pan común debe presentar una corteza de color uniforme, sin quemaduras, ni hollín u otras materias extrañas.

4.2.3 *Miga.* La miga del pan común debe ser elástica, porosa, uniforme, no pegajosa ni desmenuzable.

(Continúa)

4.2.4 *Tamaños.* El pan común debe fabricarse en forma de panes, palanquetas o moldes, de acuerdo con las formas establecidas en la NTE INEN 94.

4.2.5 *Sólidos totales.* El contenido de sólidos totales, determinado de acuerdo con el método descrito en el Anexo A, no debe ser menor del 65% para el pan blanco, del 65% para el pan semi-integral y del 60% para el pan integral.

4.2.6 *Acidez.* La acidez determinada de acuerdo con el método descrito en el Anexo B debe estar entre 5,5 y 6,0 para los tres tipos de panes.

4.2.7 *Humedad.* La humedad determinada de acuerdo con el Anexo A no debe ser mayor del 35% para el pan blanco, del 35% para el pan semi-integral y del 40% para el pan integral.

4.2.8 Para efectos de comercialización, el pan debe venderse al peso, de acuerdo a la siguiente escala de números preferidos: 20g, 30g, 50g, 100g, 200g, 300g, 500g, y 1 000g.

4.2.9 Las tolerancias permitidas en el peso, de acuerdo con el numeral 4.2.8, serán del 10% para panes de hasta 50g de peso y del 5% para los demás.

5. MUESTREO

5.1 Las muestras deben extraerse dentro de las 24h después que el producto haya salido del horno.

5.2 Para la verificación del peso se tomarán muestras de diez a quince unidades, en el caso de panes de hasta 50g de peso individual, y de tres panes en los otros casos. El peso promedio se determinará en cada caso.

6. MARCADO, ROTULADO Y EMBALAJE

6.1 El pan común debe ser envasado en las panaderías en fundas individuales, que contengan un número adecuado que facilite su comercialización

6.2 Las fundas o envolturas deben ser de papel especial o plástico, resistente a la acción del producto, no deben alterar sus características organolépticas o su composición; además, proporcionarán una adecuada protección ante la contaminación externa.

6.3 Las fundas o envolturas deben marcarse con el peso, precio, número de registro sanitario, designación del producto, marca comercial registrada y otra información complementaria opcional.

(Continúa)

ANEXO A

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SÓLIDOS TOTALES EN EL PAN

A.1 Instrumental.

A.1.1 Estufa provista de regulador de temperatura.

A.1.2 Balanza analítica.

A.1.3 Cápsulas de porcelana.

A.1.4 Mortero.

A.2 Disposiciones generales.

A.2.1 La determinación debe realizarse dentro de las 30h, después que el pan haya salido del horno.

A.3 Preparación de la muestra.

A.3.1 Cortar, de cada uno de los panes, una sección correspondiente a su octava parte, si el pan es redondo, o a su cuarta parte, si es alargado (ver NTE INEN 94).

A.3.2 Rebanar las secciones cortadas y luego cortar cada rebanada en trozos pequeños y de forma cúbica.

A.4 Procedimiento.

A.4.1 Pesar una cantidad de muestra preparada no menor de 50g y registrar tal valor como m_1.

A.4.2 Calentar la porción pesada en una estufa a 40°C durante un tiempo no menor de 4h, pero suficiente para que la porción se endurezca y pueda ser desmenuzada.

A.4.3 Sacar la porción de la estufa y dejar a temperatura ambiente durante 3h; pesar y registrar tal valor como m_2.

A.4.4 Moler en un mortero el material seco, mezclarlo y transferir una cantidad de aproximadamente 5g (que se registra como m_3) a una cápsula de porcelana.

A.4.5 Calentar la cápsula con su contenido en una estufa a 130°C durante una hora, determinar su masa final y registrar tal valor como m_4.

A.5 Cálculos.

A.5.1 El contenido de sólidos totales se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$S = \frac{m_2 - m_4}{m_1 - m_3} \times 100$$

(Continúa)

Siendo:

S = contenido de sólidos totales en porcentaje de masa.
m_1 = masa de la muestra usada en la determinación, en g.
m_2 = masa de la muestra después de la desecación a 40°C, en g.
m_3 = masa de la porción antes de la desecación a 130°C, en g.
m_4 = masa de la porción después de la desecación a 130°C, en g.

A.5.2 El contenido de humedad se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$H = 100 - S$$

Siendo:

H = contenido de humedad en porcentaje de masa.
S = contenido de sólidos totales en porcentaje de masa

(Continúa)

APÉNDICE R

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE TEXTURA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO

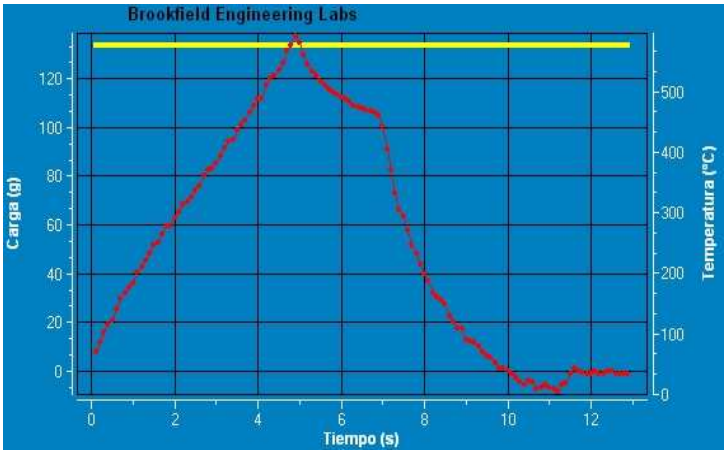
	Días	Dureza (g)	Deformación según dureza(mm)	Deformación Recuperable (mm)	Trabajo Total (mJ)
PAN TRADICIONAL	1	137.5	9.88	6.13	9.196
	2	267.5	9.85	5.69	15.559
	3	280.5	9.86	5.29	17.19
	4	321	9.85	4.49	15.870
	5	520	9.84	4.20	24.327
PAN DE CAMOTE	1	245	9.86	5.08	13.652
	2	406	9.86	5.09	23.672
	3	525.5	9.86	4.27	29.853
	4	638	9.84	4.14	32.488
	5	740	9.84	3.47	35.218

APÉNDICE S

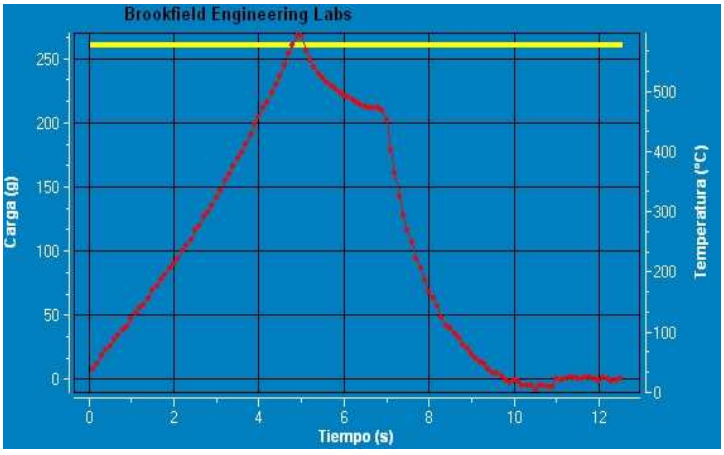
GRÁFICAS DE TEXTURA A TRAVÉS DEL TIEMPO

PAN TRADICIONAL

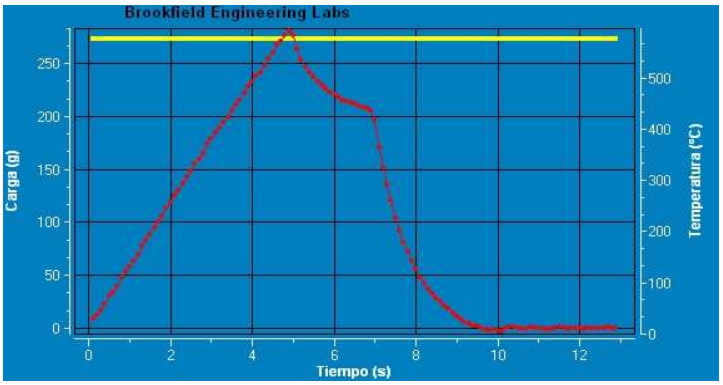
DIA 1



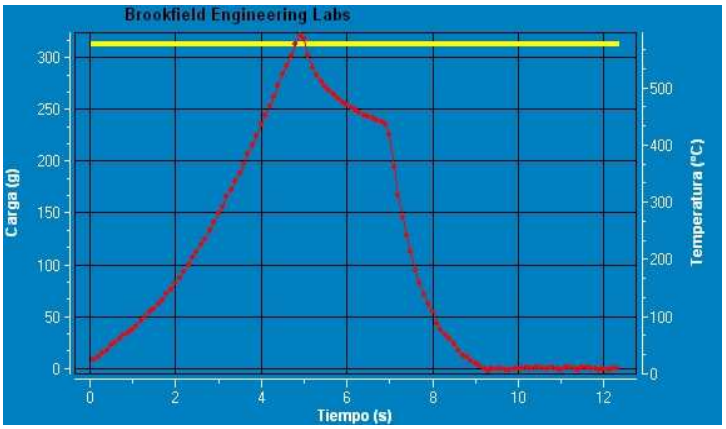
DIA 2



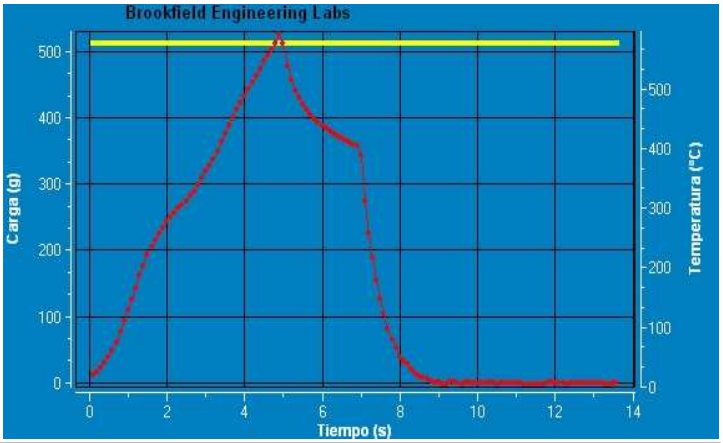
DIA 3



DIA 4

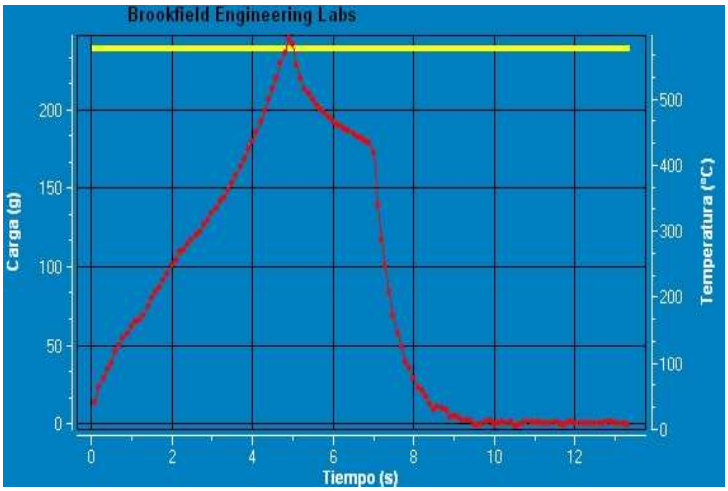


DIA 5

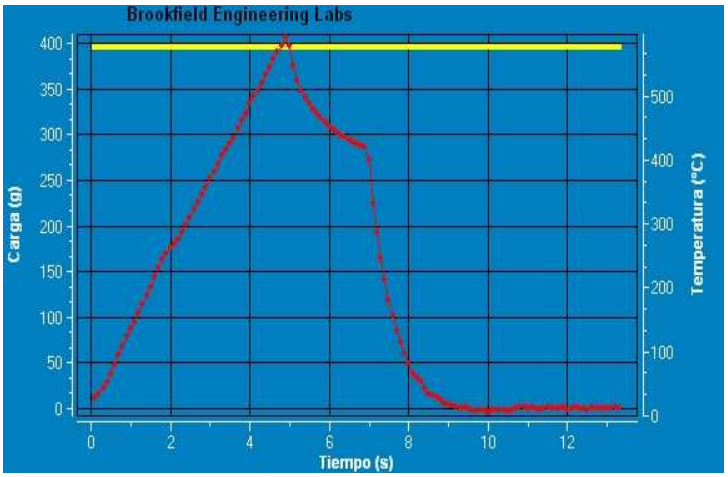


PAN DE CAMOTE

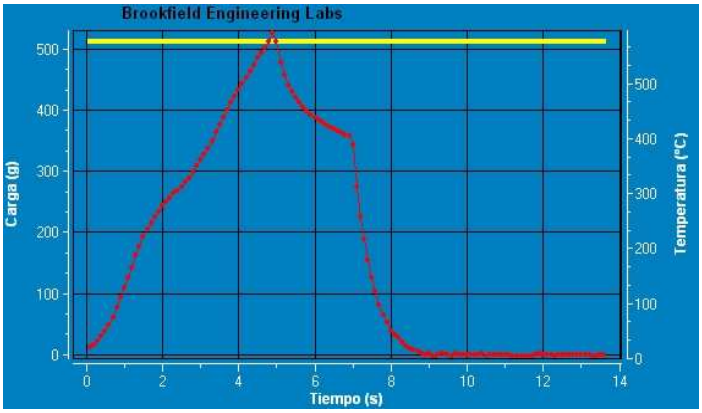
DIA 1



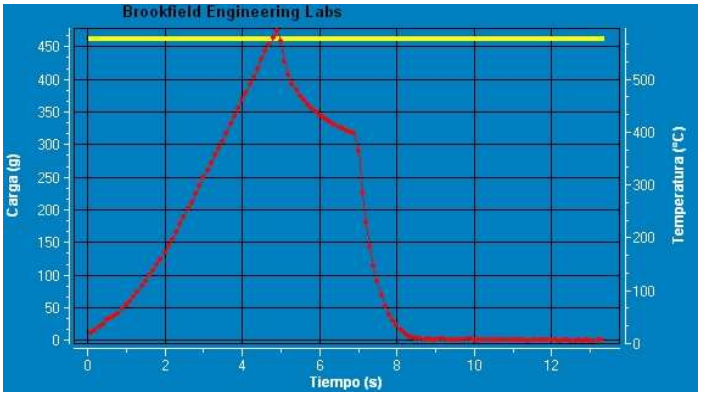
DIA 2



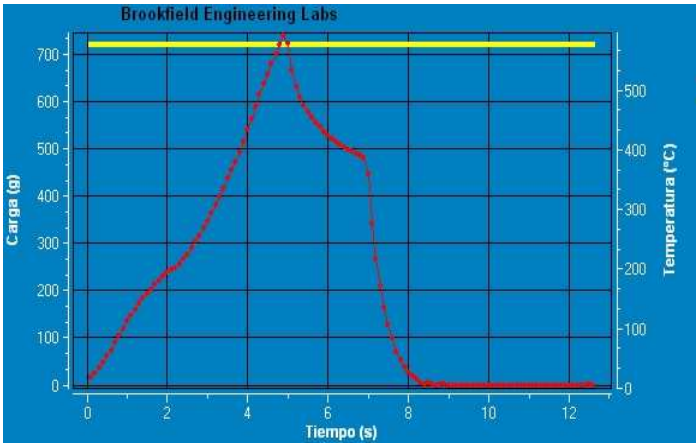
DIA 3



DIA 4



DIA 5



APÉNDICE T

FICHA TÉCNICA DEL MEJORADOR

FICHA TECNICA

GRANOEMUL

Producto	GRANOEMUL MGD ESPECIAL D 416
Descripción	Polvo de color blanco crema.
Composición	Monoglicerido Destilado al 90 % y complejo enzimático (combinación de amilasas y xilanasas) y excipientes.
Especificaciones	
	CARACTERISTICAS FISICAS
	Aspecto — Polvo de libre fluidez
	Color — Blanco crema
	CARACTERISTICAS QUIMICAS
	Humedad — Max. 10 %
	ph — 4,8-6,8
Aplicación	De manera general en panificación y repostería.
Dosificación Recomendada	0,5 % en base a la Harina
Beneficios	• Se hidrata fácilmente durante el mezclado. Provee de excelente suavidad y de una mayor vida útil al producto final. • También mejora el volumen, textura y maquilidad de la masa.
Condiciones de almacenamiento	Almacenar en un lugar fresco y seco. Mantener el container cerrado cuando no está en uso.
Presentación	Funda de polietileno de baja densidad de 25 Kilos
Seguridad	Usar equipo protector sobre el aparato respiratorio.
Vida Útil	12 meses

ACG

APÉNDICE U

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LA HARINA DE CAMOTE

Escuela Superior Politécnica del Litoral
LABORATORIO PROTAL - ESPOL
Acreditado Sistema **ISO 17025**

GCR -4.1-01-00-03

Informe: 10-09/0024-M001

Datos del cliente

Nombre: Samanta Bastidas	**Teléfono:** 091788208
Dirección: Babahoyo	

Identificación de la muestra / etiqueta

Nombre: Harina de camote	**Código muestra:** 10-09/0024-M001
Marca comercial: "S/M"	**Lote:** S/L
Tipo de alimento: Harinas y Semolas	**Fecha elaboración:** 01/07/2010
Envase: Funda de polietileno	**Fecha expiración:** N/A
Conservación: Ambiente 20 °C – 25 °C	**Fecha recepción:** 07/09/2010
Fecha análisis: 8/09/2010	**Vida útil:** N/A
Contenido neto declarado: 50 g	
Contenido neto encontrado: N/R	
Presentaciones: N/A	
Condiciones climáticas del ensayo: Temperatura 22.5 °C ± 2.5 °C Y Humedad Relativa 55% ± 15%	

Análisis Físico - Químicos

Ensayos realizados	Unidad	Resultado	Requisitos	Métodos/Ref.
Fibra *	%	2.26	-	AOAC 18th 978.10 *
Grasa Total *	%	0.0	---	Monjonnier *
Proteínas *	%	7.47	---	AOAC 18th 920.87 *

Los resultados emitidos corresponden exclusivamente a la muestra proporcionada por el cliente.

*** Observaciones:**

Se realizaron los parámetros bromatológicos solicitados por el cliente. Los datos bromatológicos se encuentran registrados en el Cuaderno de Vegetales, Frutas y Derivados Nº 8 en la página 1863.

* Parámetros No Acreditados
^ Representa el Exponente
" Subcontratado

En microbiología los valores expresados como < 1.8, < 2, < 3, y < 10 se estiman ausencia
Los resultados del presente informe son válidos hasta 6 meses a partir de su emisión

Guayaquil, 21 de Septiembre del 2010.

Dra. Gloria Bajaña de Pacheco
Gerente Técnico

Ing. María Teresa Amador
Gerente de Calidad

VIGENTE DESDE: 01.07.07 REV. 03 Página 1 de 1

Campus "Gustavo Galindo V.", Km. 30.5 vía Perimetral, contiguo a la Cdla. Santa Cecilia · Teléfonos: 2-269723 / 729 / 739
Telefax: 2-269733 · e-mail: gbajana@espol.edu.ec · tamador@goliat.espol.edu.ec

APÉNDICE V

FUENTE: EXTRACTO DE TABLA DE COMPOSICIÓN DE ALIMENTOS ECUATORIANOS, 1965

NOMBRE DEL ALIMENTO	HUMEDAD g.	CALORIAS	PROTEINA g.	EXTRACTO ETEREO g.	CARBOHIDRATO		CENIZA g.	CALCIO mg.	FOSFORO mg	HIERRO mg	CAROTENO mg	TIAMINA mg	RIBOFLAVINA mg.	NIACINA mg.	ACIDO ASCORBICO mg.
					TOTALES g.	FIBRA g.									
Harina de Trigo	13.6	353	10.5	1.3	74.1	0.1	0.5	0.21	124	1.4	0.03	0.15	0.05	1.33	_
Harina de Camote	9,9	353	2,1	0	86,1	1,8	2,8	153	99	5,7	0,0015	0,17	0,17	-	-
Azucar	0.0	368	0.0	0.2	99.7	0.0	0.1	11	1	0.2	0.00	0.00	0.00	0.03	_
Mantequilla	13.5	757	0.5	85.9	0.0	_	0.1	21	31	0.4	0.31	0.01	0.22	0.09	_
Huevo	73.7	158	12.0	10.7	2.4	_	1.2	53	198	3.0	0.14	0.08	0.30	0.10	_