



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la

Producción

“Utilización de Harina de Arroz en la Elaboración de Pan”

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERAS DE ALIMENTOS

Presentada por:

Kristel Solange Agurto Andrade

Evelyn Ivonne Mero Carpio

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2011

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres Amelia Andrade, Erick Agurto, por haber sido parte de esto con todo su apoyo y amor incondicional. A mi querido amigo, esposo Manuel León que fue una parte fundamental en los pilares de mi vida personal en donde descubrí que las grandes oportunidades solo están si tú lo buscas, si tú así lo quieres y que cuando te llegan debes aprovecharlas y por enseñarme que todo lo que existe es AHORA.

Agradezco a mis amigos por todas las inolvidables noches de estudio que se combinaban con un poco de entretenimiento, que le dieron sabor a mi vida estos 5 años, y que aprendí a distinguir lo maravilloso que pueden ser los seres humanos si solo los ves en su grandeza y los amas incondicionalmente.

Agradezco a mi compañera de tesis Evelyn Mero, por su gran amor, su paciencia, su empuje siendo una mujer sin complicaciones y que fluye en su vida y que gracias a ella estamos aquí.

DEDICATORIA

A mis padres Amelia Andrade, Erick Agurto

A mi esposo, amigo y compañero Manuel León

A mis amigos de toda la vida.

A la energía de amor infinito “Dios”.

AGRADECIMIENTO

A mis Padres, Carlos Mero y Ruth Carpio porque de ellos aprendí el valor de la constancia y el trabajo, no con sus palabras, sino con sus ejemplos especialmente a mis maestras: Ing. Fabiola Cornejo, Grace Vásquez Directora de Tesis, por su invaluable ayuda; también a mi compañera de tesis Kristel Agurto por todo el apoyo brindado.

A todos mis maestros que durante estos 5 años me enseñaron el deber, la responsabilidad, dedicación y tolerancia para lograr el éxito profesional y personal.

A mis amigos, colegas por su apoyo y empuje durante el tiempo de carrera universitaria de ser cada día mejor, por esos momentos compartidos e inolvidables.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MI FAMILIA

A MIS ABUELOS

A MIS HERMANOS

A MIS AMIGOS

A LA ING. PRISCILA

CASTILLO POR SER

BUENA MAESTRA,

COMPAÑERA Y MAS

QUE UNA AMIGA

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Francisco Andrade S.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Grace Vásquez V.
DIRECTORA DEL PROYECTO

Ing. Fabiola Cornejo Z.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Kristel Agurto A.

Evelyn Mero C.

RESUMEN

De todos los cereales, el Arroz (*Oryza Sativa*) es uno de los principales cereales del mundo, y nuestra principal materia prima para la elaboración del presente proyecto. El arroz lo consume aproximadamente un tercio de la humanidad debido a su gran contenido nutricional. En el Ecuador, el arroz es un producto de la canasta familiar e importante generador de empleos directos e indirectos, no solo para productores sino para comercializadores.

Siendo el arroz un cultivo tradicional en el Ecuador que no contiene gluten y de producción continua, el presente proyecto expone difundir una alternativa de sustituir parcialmente la harina de trigo por harina de arroz para la elaboración del pan.

En la primera parte del proyecto, se demostró los aspectos generales de la materia prima, tales como zonas de cultivo y disponibilidad, composición química y valor nutricional del arroz.

Posteriormente, se efectuó un estudio del proceso de obtención de la harina de arroz mediante pruebas experimentales; el cual contiene selección de la materia prima, obtención de las curvas de secado, caracterización de la harina de arroz, etc.

Después, de los estudios previos se fabricó el polvo base y se estableció el tiempo de vida útil. Luego se comprobó las aplicaciones de esta harina para la formulación del pan y su aceptabilidad fue medida mediante evaluadores sensoriales con el cual se estipuló el porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de arroz en pan elaborado.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	II
ÍNDICE GENERAL	IV
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
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	4
1.2. Proceso de Secado	8
1.3. Productos de panificación: Pan	12
1.3.1. Tipos y especificaciones	12
1.3.2. Proceso de Elaboración	16
1.4. Principales Alteraciones Físico- Químicas y Microbiológicas	17
1.5. Retro degradación de almidones	19
CAPÍTULO 2	
2. PROCESO DE OBTENCIÓN DE HARINAS	26
2.1. Características de Materia Prima	27
2.2. Metodología de trabajo	29
2.2.1. Ensayos Físico – Químicos	31
2.2.2. Secado	32
2.3. Isotermas de absorción	33

2.4. Proceso de secado	35
2.4.1. Curvas de secado	38
2.5. Caracterización de la harina	39

CAPÍTULO 3

3. SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE ARROZ.	45
3.1 Ingredientes	45
3.2 Formulaciones	49
3.3 Proceso de Elaboración del pan	51
3.4 Características físico-químicas y nutricionales	53
3.5 Análisis sensorial	55
3.5.1. Textura	56
3.4 Estabilidad del pan	58

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
-----------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICES

ABREVIATURAS

$^{\circ}\text{C}$	Grados Centígrados
Cm	Centímetros
cm^2	Centímetros cuadrados
g	Gramo
g/ml	Gramo por mililitro
h	Hora
Kg	Kilogramos
m	Metro
m^2	Metro cuadrado
ml	Mililitro
mm	Milímetro
min	Minuto
s	Segundo
μm	micrómetros
%	Por ciento
CO_2	Dióxido de Carbono
NaCl	Cloruro de Sodio

SIMBOLOGÍA

A	Área
A_w	Actividad de agua
b.h.	Base húmeda
D_p	Diámetro promedio
$D_{p_{sup}}$	Diámetro superior
ERH	Humedad relativa en equilibrio
H_2O	Agua
HR	Humedad relativa
m	Masa inicial
m_e	Humedad de equilibrio del alimento con el ambiente
m_o	Humedad inicial
ph	Potencial de Hidrógeno
R	Velocidad de secado
s.s.	Sólido seco
T	Temperatura
T	Tiempo
Δt	Diferencia de tiempo
Δx	Diferencia de Humedad libre
X	Humedad libre
X_c	Humedad crítica
X_t	Humedad en base seca
X^*	Humedad en equilibrio
W	Peso de la muestra
W_s	Peso de sólidos secos

ÍNDICES DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Esquema del grano de arroz.....	3
Figura 1.2. Envejecimiento de la Miga de Pan.....	20
Figura 2.1. Isoterma de Absorción del arroz.	34
Figura 2.2. Humedad Libre en función del tiempo (t) durante el secado del arroz.....	38
Figura 2.3. Curva de velocidad de secado.....	39
Figura 2.4. Equipo de Tamizado.....	43
Figura 3.1. Diagrama de Proceso para elaborar pan de arroz.....	52
Figura 3.2. Gráfica Dureza vs Tiempo.....	57

ÍNDICES DE TABLAS

Tabla 1 Composición Química(%) media del arroz (referido a 100 gramos)	6
Tabla 2 Minerales presentes en el arroz (referido a 100 gramos)	7
Tabla 3 Vitaminas presentes en el arroz (referido a 100 gramos).	7
Tabla 4 Características Físicas y Químicas del pan común	15
Tabla 5 Características Microbiológicas del pan común.....	15
Tabla 6 Propiedades Físicas del arroz utilizado	
Durante el secado.....	27
Tabla 7 Características Químicas de arroz pre-cocido utilizado	
durante el secado.....	28
Tabla 8 Ensayos Físicos- Químicos del arroz.....	31
Tabla 9 Condiciones de Operación durante el secado.....	35
Tabla 10 Fórmulas para obtener la Curva de Secado.....	36-37
Tabla 11 Propiedades Físicas de la harina de arroz.....	40
Tabla 12 Propiedades Químicas de la harina de arroz.....	41-42
Tabla 13 Análisis de Granulometría de la harina de arroz.....	44
Tabla 14 Fórmulas para selección de masa de pan.....	49
Tabla 15 Fórmula para la elaboración del pan de arroz.....	51
Tabla 16 Características Físicas del pan de arroz.....	53
Tabla 17 Características Nutricionales del pan de arroz.....	54
Tabla 18 Estabilidad del Pan de arroz.....	58

INTRODUCCIÓN

Actualmente uno de los principales alimentos preferidos por las personas y de mayor consumo general, es el pan, el cual se elabora usualmente con harina de trigo; pero debido a los costos de ésta en la actualidad, ha hecho que pondere el producto. El presente proyecto pretende incluir el arroz (*Oryza Sativa*) de la familia Poaceae cuyos cultivos en nuestro país son abundantes; debido al clima que poseemos, sustituir parcialmente la harina de trigo por harina de arroz para la elaboración del pan, con el objetivo de adquirir un producto final con características físico-química, sensoriales y nutricionales similares a las de un pan tradicional.

De esta manera las importaciones de trigo se verán afectadas, ya que el arroz considerado como un cultivo promisorio con una amplia variedad de aplicaciones especialmente en el campo alimentario, le dará un valor agregado al excedente de arroz convirtiéndolo así en un producto muy competidor.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1. Materia Prima

El arroz es el grano que posiblemente sigue siendo la base de la alimentación de dos tercios de la población mundial por ser una buena fuente de carbohidratos. Generalmente, es consumido como arroz blanco pero últimamente están apareciendo numerosos productos en los que este cereal se añade como ingrediente [4].

El arroz presenta en su estructura una cáscara externa no comestible llamada cascarilla. Si se le quita la cáscara pero se conservan el germen (embrión) y el pericarpio se le llama arroz integral o completo que después de pulido se transforma en arroz blanco [15].

La figura 1 muestra el esquema del grano de arroz y sus partes.

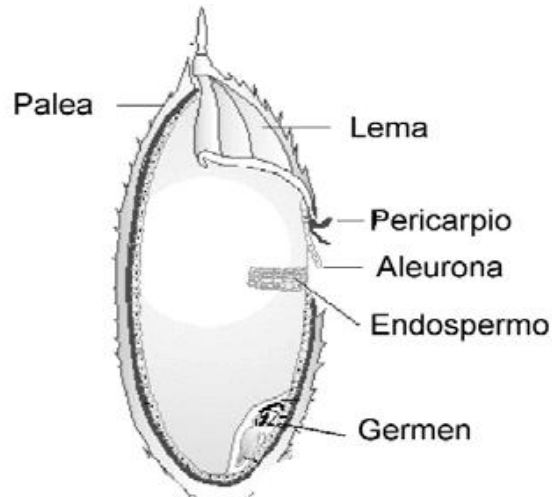


Figura 1.1 Esquema del grano de arroz. Adaptado de FAO (2007). (<http://www.fao.org/rice2004/en/aboutrice.htm>)

1.1.1. Cultivos y disponibilidad

El cultivo de arroz en términos de explotación es una actividad agrícola muy importante y conocida a nivel mundial; sin embargo, por ser un cultivo semiacuático tiene una particularidad en los sistemas de manejo que depende básicamente de la estación, zona de cultivo, disponibilidad de infraestructura de riego, ciclo vegetativo, tipo y clase de suelo, niveles de explotación y grados de tecnificación. [8]

El arroz tiene una alta disponibilidad en el mercado debido a que se cultiva durante todo el año con 2 siembras, una en la

estación seca y otra en la estación lluviosa. El arroz está considerado como el 2do producto alimenticio de mayor consumo a nivel nacional urbano tanto en estratos de ingresos bajos como altos. [18]

El 3.6 % de esta superficie se cultiva en los valles cálidos de la sierra y en provincia de la Amazonía y el 96,4 % en el litoral con la distribución del 53,6 % en la provincia del Guayas, el 38 % en la provincia de Los Ríos y el 8,4 % en otras provincias de la costa [2]. En el Apéndice A se muestra la Producción del Arroz en el Ecuador.

1.1.2 Composición Química y Valor Nutricional

El arroz es un cereal rico en carbohidratos, es fuente de proteínas y minerales, y no contiene colesterol. Su composición depende en gran medida de la variedad, de las condiciones medioambientales y del proceso al que sea sometido [8].

En términos generales, la cascarilla representa el 20% del grano y está compuesta por aproximadamente un 20% de sílice.

El salvado constituye el 10-15% del grano siendo una excelente fuente de proteínas (12-15%) y lípidos (15-20%). Las vitaminas y minerales principalmente se encuentran en el salvado y el germen, por ello cuando se eliminan estos componentes, su contenido presenta una considerable disminución.

Los hidratos de carbono representan la mayor parte de la composición química del arroz, con un contenido aproximado de almidón del 80% (14% humedad). El almidón de arroz es un polímero de glucosas, formado por amilosa y amilopectina en diferentes proporciones según la variedad. El almidón determina las propiedades y la funcionalidad de los granos de arroz, y éstas son dependientes en gran parte de la relación amilosa/amilopectina.

La proteína es el segundo componente más abundante en el arroz, con valores situados entre 6,3-7,9%. El contenido de lípidos, aunque es mínimo tiene un papel muy importante en la

nutrición, y en las características sensoriales y funcionales. La tabla 1 muestra la composición química del arroz (referido a 100 gramos).

Tabla 1.

Composición Química (%) media del
Arroz (referido a 100 gramos)

	Arroz Blanco (%)
Hidratos de Carbono	79.9
Proteínas	7.1
Fibra Dietética	1.3
Grasa	0.7
Minerales	0.6

Nutritivamente hablando, el arroz representa aproximadamente el 27% de la ingesta calórica en los países en vías de desarrollo, y tan sólo el 4% en los países desarrollados.

El hierro, el fósforo, el potasio y el magnesio son los minerales más importantes de este cereal (Tabla 2), y es fuente de vitamina B al igual que el resto de cereales (Tabla 3).

Tabla 2.

Minerales presentes en el arroz (referido a 100 gramos)

	Arroz blanco (%)
Calcio (mg)	28.0
Hierro (mg)	0.8
Magnesio (mg)	25.0
Fósforo (mg)	115.0
Potasio (mg)	115.0
Sodio (mg)	5.0
Zinc (mg)	1.1
Cobre (mg)	0.2
Manganeso (mg)	1.1
Selenio (mg)	15.1

Tabla 3.

Vitaminas presente en el arroz (referido a 100 gramos).

	Arroz blanco
Vitamina E (mg)	0.1
Vitamina K (mg)	0.1
Tiamina (B1) (mg)	0.1
Riboflavina (B2) (mg)	0.0
Niacina (PP) (mg)	1.6
Vitamina B6 (mg)	0.2
Fosfatos (mg)	8.0
Acido pantoteico (mg)	1.0

1.2.- Proceso de Secado

El secado es un procedimiento de conservación que al eliminar la totalidad del agua libre de un alimento, impide toda actividad microbiana y reduce la actividad enzimática. Existen diferentes denominaciones de este sistema de conservación: desecación, secado y deshidratación, que pueden considerarse sinónimos aunque algunos autores establecen diferencias, únicamente cuantitativas entre ellos [3]:

✓ **Deshidratación:**

La deshidratación es un método de estabilización de alimentos que se basa en la reducción de la actividad del agua (a_w) para ralentizar los procesos de deterioro a los que se ve sometido un alimento. Se distingue muy claramente de la concentración o evaporación porque, aunque ambas operaciones se basan en disminuir la actividad del agua, la concentración u evaporación da productos líquidos, que aun contienen cantidades del orden de hasta el 50% en agua. Los productos de la deshidratación son sólidos con un contenido en agua inferior al 10%.

El agua se elimina de los alimentos por medio de su difusión, en fase líquida y/o vapor, a través de su estructura interior. Al movimiento del agua líquida le seguirá su evaporación en algún punto del alimento, para lo cual es necesario calor, por lo tanto el proceso supone realmente un transporte simultáneo de materia y calor.

La transmisión de calor tiene lugar en el interior del alimento y está relacionada con el gradiente de temperatura existente entre su superficie y la correspondiente a la superficie del agua en el interior del alimento. Si se suministra al agua suficiente energía para su evaporación, el vapor producido se transportará hacia la superficie de éste. El gradiente de presión existente entre la superficie del agua en el interior y en el aire exterior al alimento, es el que provoca la difusión del vapor del agua hacia la superficie del mismo. [11]

Por lo tanto, durante el secado se producen cuatro procesos de transporte:

1. Transmisión de calor desde el gas hasta la superficie del producto. Puede realizarse por conducción, convección o radiación.
2. Transmisión de calor desde la interfase sólido-gas hasta el interior del sólido. Solo puede tener lugar por conducción, en régimen no estacionario (las condiciones en cualquier lugar punto varían con el tiempo).
3. Transmisión de materia a través del sólido. Se puede producir por difusión o por capilaridad. Difusión debida a las diferencias de concentración y capilaridad, aprovechando los capilares existentes. La difusión tiene lugar en el secado de productos con humedades del orden de 25% (base húmeda) o inferiores, mientras que la capilaridad se presenta para niveles altos de humedad (65% o más), siempre y cuando en la estructura interna del producto existan capilares.

4. Transferencia de vapor desde la interfase sólido-gas hacia el seno del gas. Para la transferencia de energía, los equipos de deshidratación utilizarán procesos basados en la convección, conducción o radiación desde la fuente de calor hasta el alimento. Los sistemas más usuales emplean la convección como mecanismo de transferencia de calor y aire como vehículo de esta energía, por lo tanto la transferencia de calor dependerá, en este caso, de la temperatura del aire, de su humedad, de su caudal, de la superficie expuesta del alimento y de la presión.

Es necesario tener en cuenta los cuatro procesos de transporte citados, puesto que la velocidad de secado será proporcional al más lento de ellos. En la mayoría de los casos los procesos limitantes serán los de transporte de materia y calor en el interior del alimento [11].

1.3. Productos de Panificación: Pan

El pan es un alimento básico que forma parte de la dieta tradicional en la mayor parte del mundo. Se suele preparar mediante el horneado de una masa elaborada fundamentalmente con harina de cereales, sal y agua.

Su mezcla en algunas ocasiones suele contener levaduras, la adición de la levadura provoca la fermentación de la masa antes del horneado, y como consecuencia le proporciona un volumen y una esponjosidad debido a la producción de pequeñas burbujas de dióxido de carbono (CO₂) que se quedan inmersas entre la masa húmeda de la harina.[16]

1.3.1. Tipos y Especificaciones

La variedad de panes en la culinaria mundial es muy grande debido en gran parte a las variantes en los procesos de su elaboración, a las tradiciones culinarias, a la disponibilidad de los

diferentes tipos cereales, a las formas impresas a sus masas, a la ausencia de uno de sus ingredientes (como puede ser de la levadura), a las decoraciones exteriores, etcétera.

El código Alimentario Español diferencia dos tipos de pan [12]

1. **Pan Común:** se define como el de consumo habitual en el día, elaborado con harina de trigo, sal, levadura y agua, al que se le puede añadir ciertos coadyuvantes tecnológicos autorizados. Dentro de este tipo se incluyen:

- ✓ **Pan bregado**, de miga dura, español o candeal, es el elaborado con cilindros refinadores.

- ✓ **Pan de flama o de miga blanda**, es el obtenido con una mayor proporción de agua que el pan bregado y normalmente no necesita del uso de cilindros refinadores en su elaboración.

2. **Pan Especial:** Es aquel que, por su composición, por incorporar algún aditivo o coadyuvante especial, por el tipo de harina, por otros ingredientes especiales (leche, huevos, grasas, cacao, etc.), por no llevar sal, por no haber sido fermentado, o por cualquier otra sustancia autorizada, no

corresponde a la definición básica del pan común. Con ejemplos de pan especial tenemos:

- ✓ **Pan Integral:** Es aquel en cuya elaboración se utiliza harina integral, es decir la obtenida por trituración del grano completo, sin separar ninguna parte del mismo.
- ✓ **Pan de Viena o pan francés,** es el pan de flama que entre sus ingredientes incluye azúcares, leche, o ambos a la vez.
- ✓ **Pan de Molde o americano,** es el pan de corteza blanda en cuya cocción se emplea moldes.
- ✓ **Pan de cereales,** es el elaborado con harina de trigo más otro tipo de harina en proporción no inferior al 51%.

En la tabla 4 se muestra las características físicas y química del pan normal y en la tabla 5 las características microbiológicas del pan respectivamente. [5]

Tabla N°4

Características físicas y químicas del pan común

ESPECIFICACIONES	TIPO DE PAN COMUN	
	Min	Máx
Humedad % (1)	23	35
Proteína (2)	9	-
Mejorantes de la fabricación (2)	-	BPF
Grado de Acidez (3)	2,0	5,0
Azúcares % (3)	-	3
Sal % (2)	-	2,5
Grasa % (2)	0	3,5
Tiempo de rotación (horas)	-	12
(1) porcentajes en masa/masa (con un tiempo máximo de 1 hora de salida del horno)		
(2) referida a materia seca, BPF: Buenas Prácticas de Fabricación		
(3) cantidad de ml de NaOH para neutralizar un peso de 5g de miga en solución.		

Tabla N 5.

Características microbiológicas del pan

ESPECIFICACIONES	UNIDADES FORMADORAS DE COLONIAS UFC, MÁXIMO
Hongos y Levaduras	1×10^3
Coliformes totales	1×10^2
E. Coli	NEGATIVO
Recuento total de aerobios	1×10^3
Staphylococcus	NEGATIVO
Salmonella	en 25 g.

1.3.2. Proceso de Elaboración del Pan

Existen tres sistemas generales de elaboración de pan que vienen determinados principalmente por el tipo de levadura utilizado, son los siguientes [12]:

Directo: Es el menos frecuente y se caracteriza por utilizar exclusivamente levadura comercial. Requiere un periodo de reposo de la masa de unos 45 minutos antes de la división de la misma. No es útil en procesos mecanizados con división automática volumétrica.

Mixto: Es el sistema más frecuente en la elaboración de pan común. Utiliza simultáneamente masa madre (levadura natural) y levadura comercial. Requiere un reposo previo a la división de la masa de sólo 10-20 minutos. Es el más recomendable cuando la división de la masa se hace por medio de divisora volumétrica.

Esponja o <<poolish>>: Es el sistema universalmente empleado en la elaboración de pan francés y sobre todo en la de pan de molde. Consiste en elaborar una masa líquida (esponja) con el 30-40% del total de la harina, la totalidad de la levadura (comercial) y tantos litros de agua como kilos de harina. Se deja reposar unas horas, se incorpora el resto de la harina y del agua y a partir de ahí se procede como en el método directo.

1.4. Principales Alteraciones Físico-Químicas y Microbiológicas

Los productos de panadería sufren un proceso de deterioro que limita su vida útil. Las principales formas de deterioro son la pérdida de textura, la pérdida o aumento de humedad y la alteración de origen microbiano.

El pan se reviene por cambios físicos y químicos que provocan una mayor dureza de los productos, sin que tenga lugar una pérdida de humedad o la modificación del sabor. Entre las principales alteraciones físico-químicas del pan encontramos.

- **Pan Agrio:** Se debe en sí a la proliferación de microorganismos que no están en su desarrollo, sino en exceso; esto es debido a la utilización de cuantiosa masa madre o por una masa madre pesada; es decir que tenga un pH menor de 3,4(lo que al tocarla con la palma de la mano no se recupera y también el uso de harinas alteradas y averiadas. [7]

- **Pan descascarillado:** Es un problema frecuente en las panaderías en donde se observa la pérdida paulatina de la corteza hasta quedar totalmente cuarteado y se da principalmente por un mal enfriamiento del pan, por exceso de volumen y también por mucho vapor en el horno.[7]

- **Pan con ampollas:** Es el pan que tiene huecos en la corteza dejando una mala presencia en la pieza, sus principales motivos son: Cuando se hace la forma de la pieza de una manera irregular quedando espacios de aire en la masa, cuando se realiza un trabajo mecánico elevado durante el amasado produciendo la oxidación de la masa y también

cuando la cámara de fermentación se encuentra con una humedad relativa >80%. [7]

1.5. Retro degradación de almidones: es la principal alteración química del pan se produce cuando las moléculas de almidón comienzan a asociarse en estructuras ordenadas, esta fase se da una vez completado el ciclo de panificación, comienza el proceso de enfriamiento y envejecimiento[10]

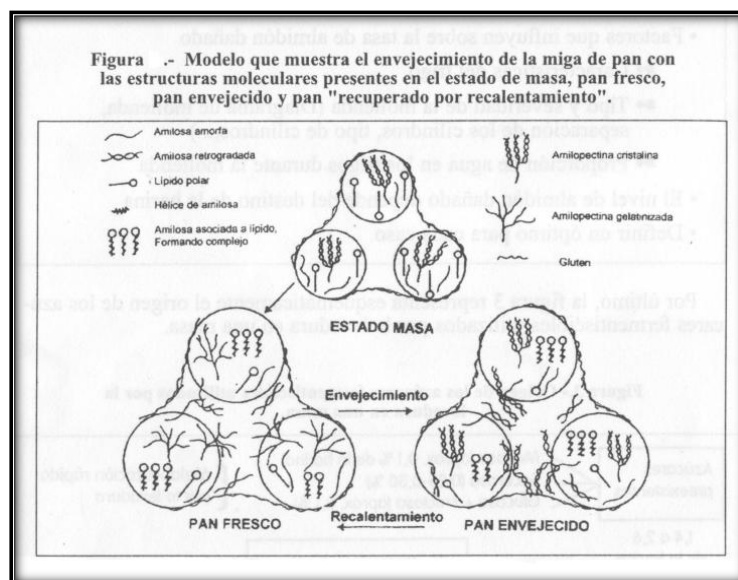
Entre dichas alteraciones del pan, el envejecimiento es una de ellas, donde está asociado principalmente con el endurecimiento de la miga cuando empieza el enfriamiento. El mecanismo de endurecimiento de la miga es algo más que una simple redistribución de la humedad de la miga hacia la corteza. El proceso global del envejecimiento se compone de dos subprocesos: [10]

- ✓ El endurecimiento provocado por la transferencia de humedad de la miga hacia la corteza

- ✓ El endurecimiento intrínseco del material de las paredes de los alveolos que están asociados con la recristalización del almidón durante el almacenamiento.

Los cambios a partir del 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 aumento de la frescura temporal en el mismo se muestran en la Figura 1.2. [10].

FIGURA 1.2.- ENVEJECIMIENTO DE LA MIGA DE PAN



Fuente: M. Callejo, 2002 [6]

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 continua. 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 interactuar con la amilosa durante el proceso de panificación. [6]

En el estado de pan fresco, refleja los cambios que se dan después de obtener 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 [6].

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

Los productos de panadería y repostería están exentos de microorganismos viables tras el proceso de horneado. Su contaminación se produce antes del envasado a través del entorno que los rodea (el aire del local, las superficies en contacto con ellos y los propios manipuladores). Las principales alteraciones microbiológicas de estos alimentos se deben al desarrollo en su superficie de colonias de mohos y de levaduras.

- ✓ **Alteración por mohos.-** La alteración del pan por mohos es debida a una contaminación posterior al procesado. El pan fresco que sale del horno está libre de mohos o de esporas de mohos debido a la inactivación térmica que se produce durante el proceso de horneado, pero inmediatamente después se convierte en un medio de cultivo óptimo sobre el que se depositan y multiplican las esporas que se encuentran la atmósfera que le rodea durante su enfriamiento, rebanado, envasado y almacenamiento.

Los principales mohos que intervienen en la alteración del pan son: el denominado moho del pan (*Rhizopus Nigricans*), *Penicillium expansum*; *Aspergillus Niger* y *Monilia (Neurospora Sitophila)*. [17]

- ✓ **Alteración Bacteriana.-** El Ahilamiento o encordamiento es una alteración del pan; esto se debe a una humedad relativa de equilibrio alta.

Las condiciones que favorecen a la aparición de esta alteración son: un periodo lento de enfriamiento por encima de 25⁰C, pH superior a 5, un elevado nivel de esporas y una pieza de pan húmedo. Las esporas sobreviven fácilmente al horneado y germinan y se desarrollan en 36-48 horas.

- ✓ **Alteraciones por levaduras.**- Muchos de los olores anómalos del pan cuando no son debidas al encordamiento, están asociadas a las levaduras. La contaminación con levaduras salvajes es rara en panes elaborados según un proceso corto, pero puede suceder en algunas ocasiones cuando se utilizan masas o esponjas de fermentación prolongada. Las levaduras, al igual que los mohos, no sobreviven al horneado, pero el pan se puede contaminar con ellas durante las operaciones de enfriado y rebanado [17].

Las principales fuentes de contaminación son a través de contacto físico o con un equipo sucio o con alimentos con un elevado contenido en azúcares contaminados, que son un sustrato perfecto para levaduras osmófilas.

Hay dos tipos principales de levaduras implicadas en la alteración del pan que son: Las levaduras fermentativas y las levaduras filamentosas.

- ✓ Las primeras fermentan los azúcares desarrollando un olor anómalo “alcohólico”.
- ✓ La segunda se la denomina “mohos tizosos” porque generan un crecimiento blanco y extendido en la superficie del pan a que se puede confundir con el crecimiento de mohos. El más común de los mohos tizosos y problemáticos es *Pichia Burtonii* que tiene la aptitud de crecer rápidamente sobre el pan y es más resistente a los conservantes y a los desinfectantes que muchos otros mohos [17].

Además de las enfermedades debidas al desarrollo de microorganismos, el pan puede tener defectos más o menos evidentes debido a diversas causas, reconocibles en el aspecto externo, en la miga, en la forma y en las características organolépticas. [15].

CAPÍTULO 2

1. PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA HARINA DE ARROZ

En este capítulo, se detalló como se llevó a cabo las operaciones para obtener la harina de arroz, la cual sirvió para la sustitución parcial de la harina de trigo para la elaboración del pan. Para lograr dicho objetivo, lo primero que se realizó fue la caracterización de la materia prima, considerando los análisis físicos, organolépticos y químicos.

Posterior a esto, se describió el procesamiento de la materia prima para obtener la harina de arroz, al cual se le caracterizó y se realizó de manera experimental la isoterma de absorción y las curvas de secado.

2.1. Caracterización del Materia Prima (Arroz)

Se utilizó arroz adquirido en la Piladora Marianita ubicada en Palenque, en la afueras de la ciudad de Guayaquil. Antes del secado a la materia prima adquirida se le hizo un pre-tratamiento (pre-cocción). Todos los análisis se hicieron por duplicado. Las especificaciones de los equipos utilizados para los análisis se muestran en el Apéndice B.

1.5.1. Características físicas

El tipo de arroz que se utilizó fue las de tipo “Arroz con arista y semilla larga”. En la tabla 6, se muestran las propiedades físicas del ARROZ.

Tabla 6

Propiedades Físicas del Arroz.

Color	Blanco grisáceo traslucido
Olor	Característico
Sabor	Característico
Consistencia	Grano Fuerte
Tamaño de grano	4- 6mm
Elaborado por: Evelyn Mero, Kristel Agurto, 2010.	

1.5.2. Características químicas:

En la tabla 7, se muestran las propiedades químicas que se obtuvo del arroz pre-cocido con sus respectivos métodos.

Tabla 7
Características Químicas del arroz pre-cocido.

PROPIEDADES QUÍMICAS		
Determinación	Método	Resultados
Ph	AOAC Oficial Method 943.02	5,756 ±0.02
Acidez	AOAC Oficial Method 942.15	0,002±8x10 ⁻⁴
%Humedad	AOAC 22.021	64,75±1
% Cenizas	AOAC Oficial Method 923.03	1,190±0.72
AW	AOAC Oficial Method 32.005	0.997±0.001
Elaborado por: Evelyn Mero, Kristel Agurto. 2010		

1.6. Metodología de trabajo

Proceso de obtención de la harina de Arroz

A continuación se describe cada etapa del proceso que se empleó para obtener la harina de arroz.

Recepción: En esta etapa, se llevó a cabo una inspección sensorial de la materia prima, en la que se observó las características como color, dureza.

Lavado: Se realizó un lavado para eliminar materias extrañas e impurezas.

Pre- Cocción: Se procedió a pre-cocinar el arroz por 15 minutos en proporción 2:1 (2 arroz y uno de agua). [19]

Secado: El secado del arroz se llevó a cabo mediante un secador horizontal (tipo cabina) de marca GuntHamburg CE 130 cuyas características se muestran en el Apéndice B. El arroz previamente pre-cocido se dispuso en una bandeja de 28,5 cm de largo, 36,2 cm de ancho, luego dicha bandeja se colocó en el secador a temperatura de trabajo $50 \pm 2^\circ \text{C}$ aproximadamente. El tiempo requerido para que el producto llegue a peso constante fue de 4:30 horas. Después de esta operación se colocó el material tratado en recipientes para su posterior análisis físico-químico.

Molido: Se redujo de tamaño el material seco, mediante un molino marca UDY cuyas características se muestran en el Apéndice B.

Tamizado: Se pasó el polvo fino obtenido por una serie de mallas para determinar su granulometría.

Empaquetado: La harina de arroz obtenida se colocó en fundas de polietileno para su caracterización, almacenando las muestras bajo condiciones ambientales frescas y evitando exponer a la luz.

1.6.1. Ensayos Físicos – Químicos

Para el desarrollo de este trabajo se realizó muestras para la identificación física y química de la materia prima. Con un previo procesamiento de las muestras, mediante el uso del procesador de alimentos **ALTON** MC – 3000 que permitió hacer una reducción en el tamaño de muestra facilitando los análisis detallados en la Tabla 8

TABLA 8
ENSAYOS FÍSICO-QUÍMICOS.

Ensayo	Método	Equipo	Unidad
Ph	AOAC Oficial Method 943.02	PHmetro – Mv 510	N/A
Acidez Titulable	AOAC Oficial Method 942.15	Volumetría	%

Actividad de Agua	AOAC Oficial Method 32.005	Analizador de actividad de agua. Aqualab Series 3	%
Humedad final	AOAC Oficial Method 22.021	Termobalanza modelo KERN MLB 50-3	%
Cenizas	AOAC Oficial Method 923.03	Mufla Gravimétrico	%
Fibra	Gravimétrico	AOAC 18th 978.10	%
Grasa Total	Soxhelt Gravimétrico	AOAC 18th 920.85	%
Proteínas	Kjeldahl-Volumétrico	AOAC 18th 920.87	%
Elaborado por: Evelyn Mero, Kristel Agurto. 2010			

2.2.2. Secado

El objetivo principal de un proceso de secado es la selección de parámetros de secado a partir de las experiencias prácticas. El proceso se llevó a través de un secador horizontal (tipo cabina) de marca Gunt Hamburg CE 130. La materia prima entró al secador en bandejas de aluminio con el mínimo tamaño de partícula posible para garantizar un secado homogéneo. Dicho secador operó a una velocidad de 4,16 m/s por convección de aire caliente, las demás características se muestran en el Apéndice B.

Al comienzo del proceso se examinó las condiciones ambientales, la temperatura de entrada del aire y la humedad

relativa del mismo. El proceso de secado se extendió hasta alcanzar peso constante en el sistema. Con los datos registrados se procedió a la obtención de las curvas de secado y de velocidad de secado.

2.3. Isotermas de Sorción

La isoterma de sorción del arroz se estableció mediante el método isopiéctico, usando sílica gel en la que se determinó la cantidad de humedad que el producto cede a la sal saturada.

Para efectuar la gráfica de la isoterma de absorción se convirtió la humedad en base húmeda a humedad en base seca, empleando la Ecuación 1.

$$H_{bs} = \frac{\% H_f}{100 - \% H_f}$$

Ec. 1

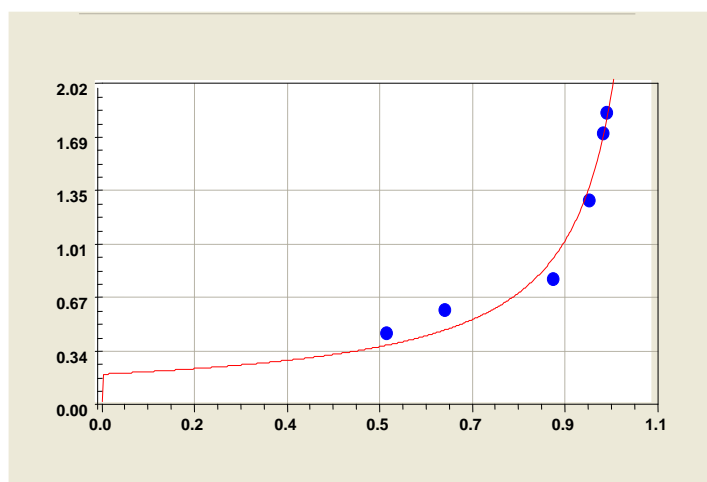
Dónde:

H_{bs}= Humedad en base seca

H_f= Humedad final en base húmeda

El instrumento que se utilizó para graficar fue el programa Water Analyzer, lanzando un valor de monocapa de BET de 0.0362g de agua/g s.s. con un R^2 0,90537917; la figura 2.1 muestra la isoterma de sorción del arroz pre-cocido

FIGURA 2.1 ISOTERMA DE SORCIÓN DEL ARROZ PRECOCIDO



2.4. Proceso de Secado

Los datos del proceso de secado se obtuvo pesando periódicamente las muestras a intervalos de 5 minutos durante las dos primeras horas de secado y las dos últimas restantes cada 10 minutos con una balanza.

El proceso de secado se realizó bajo condiciones ambientales de 25°C y HR 60% las condiciones de trabajo del secador se especifican en la Tabla 9, se trabajó con un peso de muestra inicial de 166 gramos. Las dimensiones de la bandeja son de 28,5 cm de largo, 36,2cm de ancho, por lo que se determinó que el área de secado es de 0,41268 m².

Tabla 9

Condiciones de operación durante el Secado

Temperatura de Trabajo	50 +/- 2 °C
Temperatura de entrada de aire	41.12°C+/- 1 °C
Humedad relativa del aire de salida	28%
Velocidad de aire	4.19 m/s
Elaborado por: Evelyn Mero, Kristel Agurto, 2010	

El secado se realizó hasta un peso constante y se determinó el contenido de humedad final de las muestras.

Velocidad de Secado

Para obtener las respectivas curvas de secado se utilizó las siguientes fórmulas que se muestran a continuación en la Tabla 10.

Tabla 10

Formulas para obtener la Curva de Secado

CARACTERISTICAS	FORMULAS
<p>Peso de sólidos secos.</p> <p>Ws= Peso de sólidos secos W = masa inicial de la muestra %Sólidos= porcentaje de sólidos secos en la muestra.</p>	$W_s = \frac{W - \% \text{Sólidos}}{100\%}$
<p>Humedad en base seca</p> <p>Xt = Humedad en base seca de la muestra W= Peso de la muestra Ws= Peso de sólidos secos</p>	$X_t = \frac{W - W_s}{W \text{ [kg H}_2\text{O/Kg s. s]}}$

<p>Humedad Libre (X)</p> <p>X = Humedad Libre Xt = Humedad en base seca de la muestra X* = Humedad de equilibrio de la muestra</p>	$X = (X_t - X^*)$
<p>Velocidad de Secado (Rc)</p> <p>Rc = Velocidad de secado Ws = Peso de sólidos secos A = Área superficial de la muestra Δx = Diferencial de humedad libre media Δt = Diferencial de intervalos de tiempo</p>	$R_c = - (W_s/A)(\Delta X/\Delta t)$ $[\text{Kg H}_2\text{O}/\text{h}\cdot\text{m}^2]$
<p style="text-align: center;">Área</p>	<p style="text-align: center;">B x A x #de bandejas</p>
<p style="text-align: center;">Humedad de Equilibrio (X*)</p>	<p>El valor de X* se la obtuvo 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. Con este dato, se entró a la gráfica de la isoterma en el eje de las x (Aw), y se determinó la humedad de equilibrio.</p>

Los datos obtenidos durante el proceso de secado se consignan en el Apéndice C. Con estos efectos se procedió a graficar las curvas de secado.

1.6.2. Curvas de Secado

En la Figura 2.2, se muestra la Humedad Libre en función del tiempo

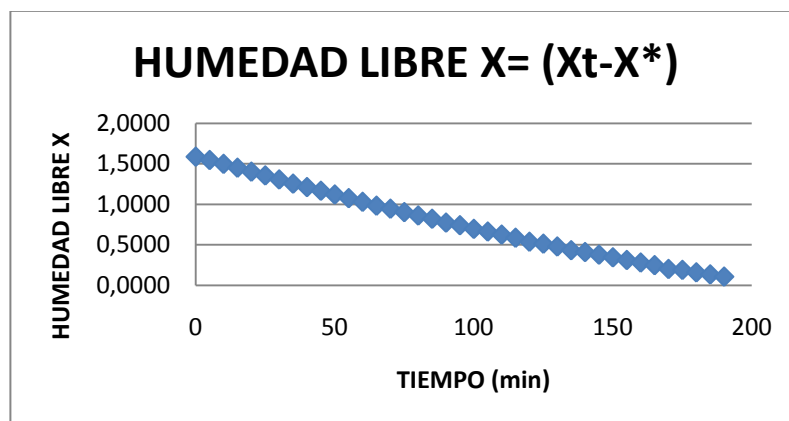
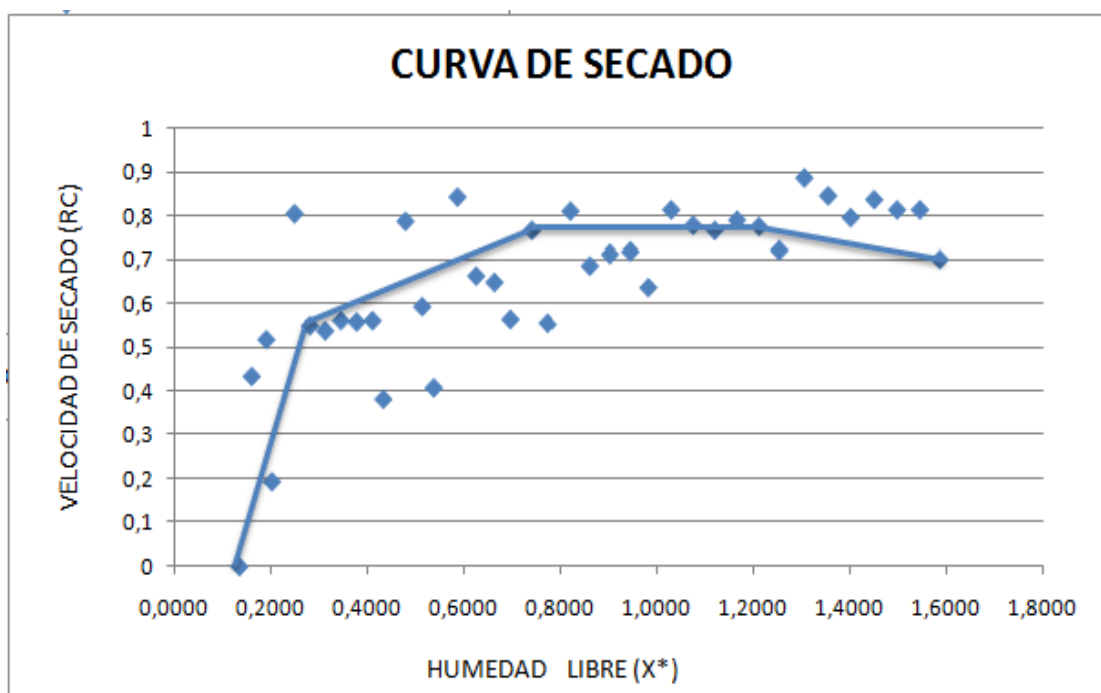


FIGURA 2.2: HUMEDAD LIBRE VS TIEMPO

En la figura 2.3, se observan los cambios que experimenta la velocidad de secado en función de la humedad libre del sólido, durante el proceso de secado del arroz. Esta curva refleja el paso del sólido por distintos periodos.

FIGURA 2.3.: CURVA DE VELOCIDAD DE SECADO



Elaborado por: Kristel Agurto, Evelyn Mero. 2010

2.5. Caracterización de la Harina de Arroz

La harina de arroz es un producto blanco, fino, que se obtuvo del proceso de secado y molienda del arroz, procesos previamente escritos.

2.5.1. Características Físicas.

Para determinar las características de la harina se hizo un análisis sensorial y para saber el color se analizó mediante el Pantone. En la tabla 11 se muestran las Propiedades Físicas obtenidas.

Tabla 11

Propiedades Físicas de la harina de arroz

Color	Blanco grisáceo translucido
Olor	Característico
Sabor	Característico
Textura	Granulada
Elaborado por: Evelyn Mero, Kristel Agurto, 2010.	

2.5.2. Características Químicas

Las características químicas de la harina de arroz que se analizó, se determinó por métodos de la AOAC al igual que la materia prima y también bajo la norma de dicha harina. (Ver Apéndice D). La medición de pH y humedad se realizó utilizando un potenciómetro y una balanza respectivamente; la determinación de cenizas mediante la calcinación en mufla. La obtención de fibra, grasa total, y proteína se analizó en el laboratorio de PROTAL (Ver apéndice E)

En la tabla 12, se muestran los análisis realizados por duplicado con sus respectivos resultados promedios de la harina estudiada.

Tabla 12
Propiedades químicas de la harina de arroz

Ensayo	Método	Equipo	Medida (%)
Ph	AOAC Oficial Method 943.02	PHmetro – Mv 510	6,24±0.01

Acidez Titulable (%)	AOAC Oficial Method 942.15	Volumetría	$0.020 \pm 3 \times 10^{-3}$
Humedad final (%)	AOAC Oficial Method 925.09	Termobalanza modelo KERN MLB 50-3	3.26 ± 0.02
Cenizas (%)	AOAC Oficial Method 923.03	Mufla- Gravimétrico	99.78 ± 0.015
Grasa Total (%)	Monjonier	Soxhelt- Gravimétrico	0.0
Proteínas (%)	AOAC 18th 920.87	Kjeldahl- Volumétrico	11.13 ± 1.11
Fibra (%)	AOAC 18th 978.10	Gravimétrico	0.12 ± 0.012
Elaborado por: Evelyn Mero, Kristel Agurto. 2010			

Granulometría

Se utilizó un molino – tamiz, el cual permitió obtener una granulometría. El tamizado se realizó por medio de un juego de tamices marca Tyler de varios micrajes, el cual se muestra en la Figura 2.4.



Fig. 2.4 Equipo de Tamizado

La granulometría es 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 F). Se utilizó como malla superior el N₀ 50 y seguidamente los N 70, 100, 140 y 200. La operación se hizo por 15 minutos, al final de la cual se pesó cada tamiz y se determinó así la cantidad de material retenido en cada uno. En la tabla 13 se registran los resultados del análisis granulométrico realizado a la harina obtenida.

Tabla 13

Análisis de Granulometría de la Harina de Arroz.

Clase	Malla	Masa retenida (g)	% de Retenidos Δx_i	X_i	Dp superior (mm)	\overline{dp}	$\Delta X_i / D_{pi}$
0	-	150	-	-	-	-	
1	50	20.2	0.21	0.79	0.3	0.256	0,820
2	70	15.7	0.16	0.84	0.212	0.181	0,884
3	100	22.6	0.23	0.73	0.15	0.128	1,796
4	140	22.2	0.23	0.77	0.106	0.088	2,613
5	200	17.4	0.18	0.82	0.075	-	-
TOTAL		98.1	1		1		6,113

$$D_p = \left(\frac{1}{\Delta X_i / D_{pi}} \right) = 1 / 6,113 = 0,1636mm$$

Al realizar la granulometría con diferentes mallas nos dimos cuenta que en la que menor porcentaje de harina se pierde es la de la malla # 70 por lo tanto, esta harina cumple con los requerimientos de la norma INEN mencionada

CAPÍTULO 3

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

En este capítulo se obtuvo la fórmula base de la mezcla de estas dos harinas y la fórmula completa para la elaboración del pan de arroz conociendo cada uno de sus ingrediente, así mismo un diagrama de flujo y sus respectivas características físico- químicas; concluyendo con un análisis sensorial, tiempo de vida útil y textura del pan a elaborar.

3.1. INGREDIENTES

Para la elaboración de pan con la sustitución parcial de harina de trigo por harina de arroz, lo primero que se consideró son sus ingredientes; los cuales están a continuación:

➤ **Harina de trigo**

La más importante de las proteínas funcionales de la harina de trigo es el gluten, y una propiedad importante que tiene es que cuando se moja y se amasa por medio de acción mecánica, forma una masa elástica. El gluten de la harina se combina con el almidón, que cuando se le humedece y calienta, forma una pasta que se pone más rígida, o se gelatiniza [16]

➤ **Harina de arroz**

La harina de arroz se obtiene de la molienda del arroz previamente secado. Tiene un valor nutritivo semejante a otras harinas de cereales, pero como está libre de gluten no se utiliza comúnmente para la elaboración del pan [16].

➤ **Levadura**

La levadura de panadería utilizada es de marca FLEISCHMANN; se utiliza bien fresca y bien desecada. Son hongos microscópicos (*Saccharomyces cerevisiae*) que producen fermentación de los azúcares sencillos en otras sustancias orgánicas como CO₂ y

alcohol. Este CO₂ queda atrapado en la masa la cual se esponja y aumenta de volumen.

➤ **Sal**

El cloruro de sodio o sal común (Cl-Na), tiene la facultad de disolverse fácilmente en el agua, aportando a la masa un sabor característico. Es muy importante ya que hace a la masa más tenaz, actúa como regulador de la fermentación, favorece la coloración de la corteza durante su cocción y aumenta la capacidad de retención de agua en el pan y es un factor determinante de la calidad [12].

➤ **Grasa**

La utilización de grasa vegetal de marca TRES CHANCHITOS, contribuye a la acción esponjadora, debido a la liberación de burbujas de aire que contiene la grasa al derretirse en el horno. Se las denomina agentes de enriquecimiento, ya que modifican las propiedades de comestibilidad del pan, también logran mejorar la vida útil del pan en términos de textura.

➤ **AZUCAR**

El azúcar (compuesto químico formado por C, H, O), da sabor y color al pan, mejora el volumen, reduce la dureza de la corteza y produce paredes más finas en las celdillas de la miga, dando por resultado un pan con una textura más tierna y un corte del pan mejorado. También es importante porque sirve de alimento para la levadura, ayuda a una rápida formación de la corteza del pan debido a la caramelización del azúcar permitiendo que la temperatura del horno no ingrese directamente dentro del pan para que pueda cocinarse y también para evitar la pérdida del agua [13].

3.2. Formulaciones

Las formulaciones fue mediante ensayos a nivel experimental. Para determinar las características de la masa óptima para la elaboración del pan, se utilizó como base la receta tradicional de un pan de sal [15] y [13]; con tres diferentes porcentajes de sustitución parcial de

harina de trigo por harina de arroz y sus demás ingredientes iguales, como se muestra en la tabla 14.

Tabla 14
Fórmulas para selección de Masa de Pan

FÓRMULA A

INGREDIENTES	500 g (30%)	%PANADERO	% ABSOLUTO
Harina de trigo	350	70	40,84
Harina de arroz	150	30	17,50
Agua	250	50	29,17
Sal	7	1,4	0,82
Azúcar	15	3	1,75
Margarina	75	15	8,75
Levadura	10	2	1,17
	857	171,4	100

FÓRMULA B

INGREDIENTES	500 g (20%)	%PANADERO	% ABSOLUTO
Harina de trigo	400	80	46,67
Harina de arroz	100	20	11,67
Agua	250	50	29,17
Sal	7	1,4	0,82
Azúcar	15	3	1,75
Margarina	75	15	8,75
Levadura	10	2	1,17
	857	171,4	100

FÓRMULA C

INGREDIENTES	500 g (25%)	%PANADERO	% ABSOLUTO
Harina de trigo	375	75	43,76
Harina de arroz	125	25	14,59
Agua	250	50	29,17
Sal	7	1,4	0,82
Azúcar	15	3	1,75
Margarina	75	15	8,75
Levadura	10	2	1,17
	857	171,4	100

Elaborado por: Evelyn Mero, Kristel Agurto, 2010

Luego de realizar las tres Fórmulas de pan con diferentes sustituciones, se llevó a un análisis sensorial con 30 panelistas no entrenados de edades comprendidas entre los 16- 65 años, usando una escala hedónica de cinco niveles de agrado para saber la aceptabilidad y con los resultados obtenidos en dicha evaluación, los cuales se muestran en el Apéndice G se hizo los respectivos análisis estadísticos, por lo cual se determinó que la Fórmula A era la optima y la que más le agrado a los evaluadores sensoriales. En la Tabla 15 se muestra la fórmula más aceptada para la elaboración del pan de arroz.

Tabla 15

Fórmula para la elaboración del Pan Mixto de Arroz

INGREDIENTES	500 g (30%)	%PANADERO	%ABSOLUTO
Harina de trigo	350	70	42,07
Harina de arroz	150	30	18,03
Agua	250	50	30,05
Sal	7	1,4	0,84
Azúcar	15	3	1,80
Margarina	75	10	6,01
Levadura	10	2	1,20
TOTAL	832	166	100
Elaborado por: Evelyn Mero, Kristel Agurto, 2010			

3.3. Proceso de Elaboración del Pan

En la figura 3.1 se presenta el proceso detallado para la elaboración del pan de arroz.

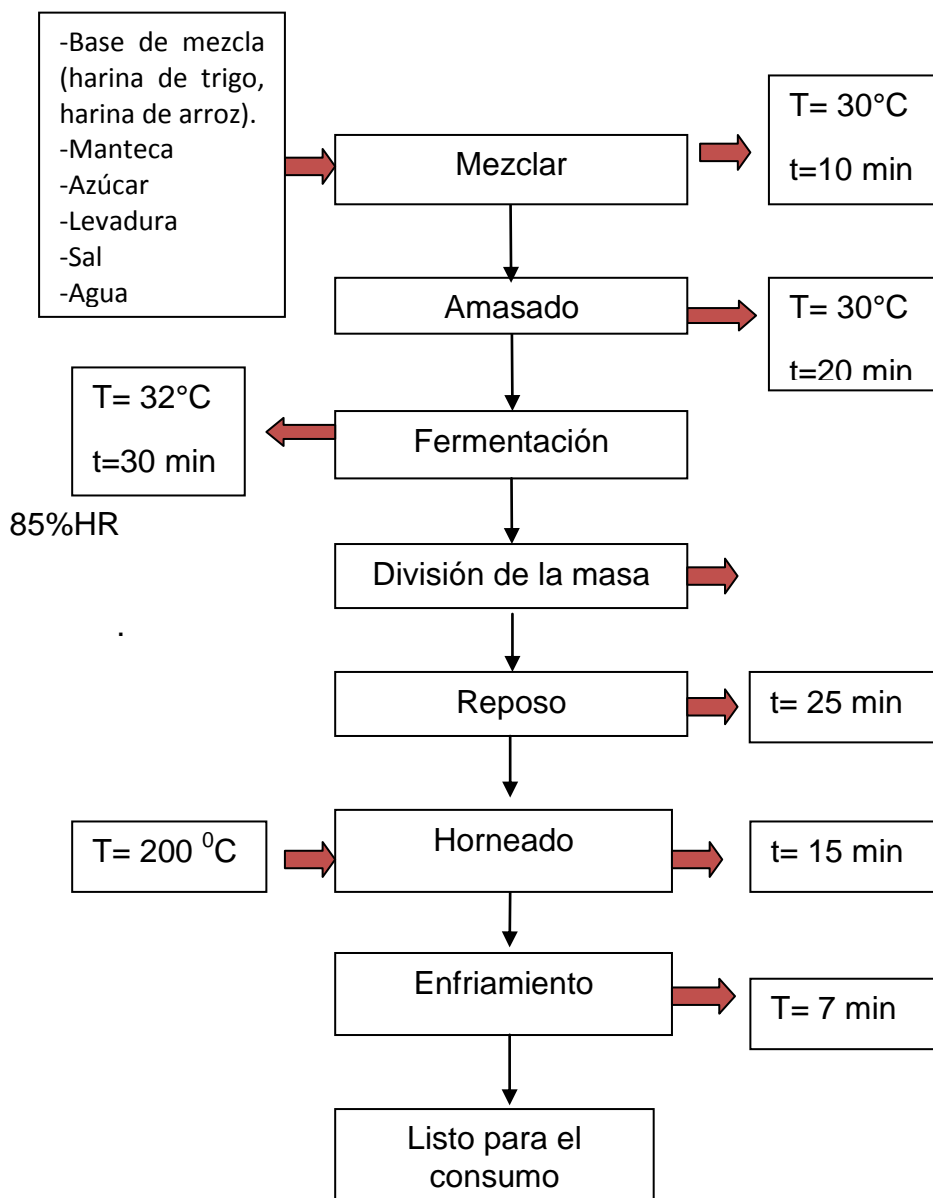


Figura 3.1 Diagrama de Proceso para elaborar Pan de Arroz.

3.4. Características Físico-Químicas y Nutricionales

3.4.1. Características físico- químicas

Se efectuó análisis físico- químicos al pan de arroz (30%), para establecer si el pan elaborado cumple con los parámetros establecidos en la norma NTE INEN 95:1979 (ver Apéndice H), utilizada como referencia. Los análisis se realizaron según los métodos señalados en dicha norma, en la cual se obtuvo un peso de 67 +/- 2 en los panes y con un pH de 5.6. En la tabla 16 se muestra las características químicas del pan de arroz.

Tabla 16

Características Químicas del Pan de Arroz

	Trigo: Arroz (70:30)
Humedad, g/100g	31.03 + 0.32
Proteína, g/100g	11.36 + 0.36
Grasa, g/100g	4.48 + 0.11
Cenizas, g/100g	1.98 + 0.03
Carbohidratos, %	51.65 + 0.39
Fibra %	2

3.4.2. Características Nutricionales

Mediante el programa NUTRIBER [14] y los respectivos ingredientes para la elaboración del PAN DE ARROZ sustituyendo parcialmente la harina de trigo por harina de arroz en un 30% se obtuvo las siguientes características nutricionales presentadas a continuación en la tabla 17, en la cual se definió el aporte calórico del producto en 100 gramos de porción comestible, el aporte energético y el contenido nutritivo.

TABLA 17

CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DEL PAN DE ARROZ.

MACRONUTRIENTES	CANTIDAD
Carbohidratos(Kcal)	282,35
Proteína(Kcal)	31,49
Grasa(Kcal)	11,64
Total Aporte Energético (Kcal)	325,48
Agua(g)	9,26
AGS(g)	5,09
AGM(g)	5,82

AGP(g)	2,03
Fibra(g)	2
Colesterol (mg)	8,75
Calcio(mg)	12,72
Fósforo(mg)	116,38
Sodio (mg)	2,59
Hierro(mg)	1,08
Niacina(mg Eq)	2,73

3.5. Análisis Sensorial

El análisis sensorial se llevó a cabo con tres muestras (pan de arroz) de diferentes porcentajes 20, 25 y 30% de harina de arroz con 30 panelistas no entrenados y seleccionados al azar. Se determinó si existe o no diferencia significativa entre ambas con una escala hedónica de 5 puntos [1]. El formato de la escala hedónica utilizada para la evaluación sensorial se muestra en el Apéndice I

Los datos obtenidos por los respectivos panelistas fue analizado mediante el programa MINITAB, el cual nos dio un F de 4,53 y un P de 0.037, el cual nos indicó que no hay diferencia significativa entre

la prueba A y B con un nivel de significancia del 5 %. (Ver Apéndice J). Por lo que se obtuvo como resultado que la que mayor aceptación tuvo por parte de los panelistas es la Formulación A. (30% de sustitución de harina de trigo por harina de arroz).

3.5.1. Textura

En lo que respecta a la textura se acudió a la ayuda de un texturómetro de marca Bookfield, modelo CtT3 empleando software TexturePro Ct V1.1 Build 7. Se comparó la estabilidad del pan de arroz vs el pan tradicional en función al tiempo.

Se analizó los grado de dureza, trabajo dureza terminado, deformación recuperable, trabajo recuperable y el trabajo total. En la figura 3.2 se observan los cambios que experimenta la dureza del pan de arroz con respecto al tiempo y la dureza del pan tradicional con respecto al tiempo. En el Apéndice K y L

se muestra las diferentes gráficas realizadas en los diferentes días.

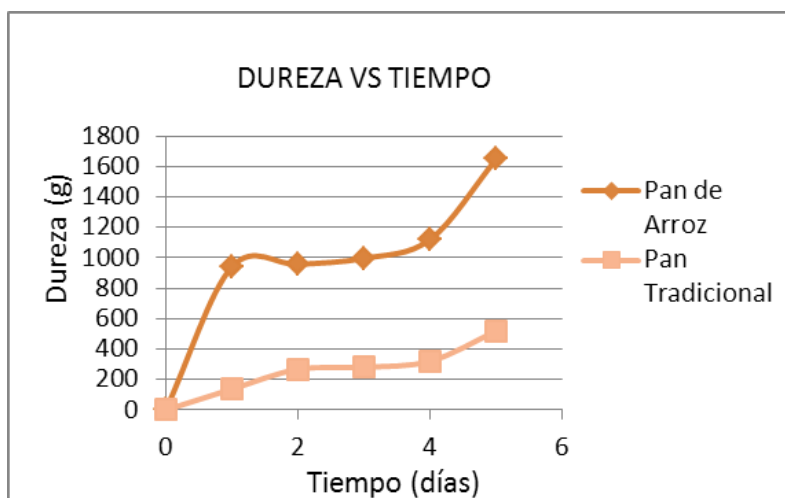


Figura 3.2. GRÁFICA DUREZA VS TIEMPO

Los datos que se obtuvieron de esta evaluación se muestran en el Apéndice M, donde se pudo prestar atención que el pan de arroz a pesar de ser blando; su textura durante el tiempo observado tuvo más dureza que un pan tradicional.

3.4. Estabilidad del Pan de arroz

En la tabla 18 se presentó la estabilidad del pan de arroz observadas durante el tiempo en el que fue comestible.

Tabla 18
Estabilidad del Pan de arroz

DÍAS	CARACTERÍSTICAS
1	Textura blanda en su interior, oquedades normales a la de un pan enrollado, la miga es consistente, la expansión de horneado es uniforme, su sabor es como la de un pan normal y es imperceptible el sabor de harina de arroz.
2	Textura sigue siendo aún suave con sus oquedades normales, la miga apenas se ha endurecido y sigue consistente en cuanto a su masticación. Sabor agradable.
3	Textura comienza a notarse menos consistente, sin embargo la miga aún es uniforme y su tamaño sigue siendo igual, su saber sigue siendo agradable.
4	Su textura comienza a tornarse dura, la miga es menos suave, y la fuerza de masticación del pan es mayor.
5	La textura esta dura, se comienza a ver aparición de hongos y ya no es apto para el consumo humano.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Fue posible desarrollar un pan de sal (tipo enrollado) con la sustitución parcial de la harina de trigo (70%) por harina de arroz (30%) apto para el consumo humano, ya que comparada con un pan tradicional de trigo su contenido total de proteínas es menor; pero la calidad de ésta se mejora debido al mayor valor biológico de la proteína contenida en el arroz (es decir, debido a que existe un mejor balance entre los aminoácidos provistos por el arroz vs los contenidos en el trigo), y también mejora su calidad por su digestibilidad y contenido del aminoácido lisina.

Para definir el tiempo de vida útil del pan elaborado se estudió periódicamente la estabilidad de éste, el mismo que fue de 5 días teniendo en cuenta que su elaboración fue hecha de manera artesanal y empacados en fundas de polietileno.

No hay rechazo alguno en la elaboración de pan con harina de arroz sustituida parcialmente. Las pruebas sensoriales marcaron resultados positivos en cuanto a sus propiedades organolépticas, es decir que si hay una aceptación significativa del pan hecho con harina de trigo totalmente con uno que sea reemplazado parcialmente con harina de arroz.

En efecto, el proyecto elaborado corrobora que es muy factible realizarlo y así darle valor agregado al excedente de arroz que se tiene dentro de nuestro país cada año que es cerca de 300 mil quintales de arroz, es decir que en total producen 710 mil toneladas, más de 1,3 millones de quintales cuando el consumo nacional es de 1 millón de quintales al mes.

Por lo que se propone realizar estudios para la explotación industrial del arroz y sus subproductos, y tener una mejora de divisas en cuanto a economía se refiere en productos alimenticios.

La alternativa planteada de sustituir parcialmente la harina de trigo por harina de arroz para la elaboración de pan de arroz, traería grandes beneficios para el Estado y la comunidad en general, ya que la harina de arroz no sólo se puede emplear para elaborar pan, sino también para elaborar galletas y fideos. Y por ende la importación de trigo se podría reducir hasta en un 60% lo cual lograría un importante ahorro para el Estado.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANZALDÚA MORALES, ANTONIO; La Evaluación Sensorial de los Alimentos, Editorial Acribia S.A., Zaragoza – España, 1994, Págs. 67 – 75.
2. Arroz. Disponible en:
http://www.elnuevoempresario.com/noticias_4160_panorama-de-la-cadena-del-arroz.php.
3. BARBOZA G; VEGA H, Deshidratación de Alimentos, Editorial Acribia S.A., Zaragoza – España, 2000, Págs. 27- 35, 130 – 135.

4. CHANDLER, ROBERT. F.; Arroz en los Trópicos, Guía para el desarrollo en los Programas Nacionales, San José, Costa Rica, 1984, Págs. 7-25.

5. Características físicos y químicas del Pan Normal: Publicado en la Gasetta N. 5, de abril. Disponible:
<http://reventazon.meic.go.cr/informacion/onnum/normas/151.pdf>

6. CALLEJO GONZALES, MARÍA; Industrias de Cereales y derivados, Publicado por Ediciones Mundi-Prensa, Primera Edición, España 2003, Páginas 191 – 243.

7. CALAVERAS JESÚS; Tratado de Panificación y Bollería, Publicado por Ediciones Mundi Prensa, Primera Edición, España 1996, Páginas 255-267.

8. FISCHER KURT, "El Molino de Arroz" "Manual Agrícola de los principales cultivos del Ecuador" INIAP, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS, Primera Edición, año 1959/1960, Guayaquil-Ecuador

9. GONZÁLEZ CALLEJO, MARÍA JESÚS; Industria de Cereales y Derivados, 1 Edición, año 2002, Págs. 215-216, 222-223.

10. HOSENEY R., CARL; Principios de Ciencia Y Tecnología de los Cereales, Editorial Acribia S.A., Zaragoza- España, 1991, Págs. 228-229.

11. IBARZ A., Barbosa-Cánovas, Gustavo V, Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos, Acribia 2005, Zaragoza, Págs. 33, 585-595.

12. J.M. MESAS, M.T. ALEGRES; El Pan y su Proceso de Elaboración, Diciembre, vol3. Número 005, México 2002, Págs. 307-313

13. N.L., KENT; Tecnología de los cereales. Introducción para estudiantes de Ciencia de los Alimentos y Agricultura, Editorial Acribia S.A, Zaragoza-España, 1987, Págs. 21-23,133-134.

14. Programa Nutriber disponible en :
<http://www.funiber.org/> , 2005 - 2010

15. QUAGLIA, GIOVANNI; Ciencia y Tecnología de la Panificación, Editorial Acribia S.A, Zaragoza-España, 91, Págs. 106,394-397, 468.

16. SCADE, JHON; Cereales, "Elaboración de Pan", Editorial Acribia S.A., Zaragoza- España, 1981, Págs. 32, 80.

17. TINOCO M, MARÍA FERNANDA, "Influencia del Envasado Sobre la Vida Útil de pan Pre-cocido" (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2007)

18. Valor nutricional del Arroz disponible:

www.arroz.com, 28/10/2010

19. Organización para las naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación, "EI ARROZ EN LA NUTRICIÓN HUMANA", Biblioteca David Lubin; FAO, Roma (Italia) 1994, Págs. 96-100

APÉNDICE A

PRODUCCIÓN DEL ARROZ EN EL ECUADOR

REGIÓN	PROVINCIAS	SUPERFICIE [ha]
COSTA		318965
	Esmeraldas	1700
	Manabí	17100
	Los Ríos	117130
	Guayas	180383
	El Oro	2652
SIERRA		6014
	Pichincha	680
	Cotopaxi	640
	Chimborazo	12
	Bolívar	741
	Cañar	2080
	Loja	1861
ORIENTE		3203
	Sucumbíos	2810
	Orellana	18
	Napo	200
	Pastaza	125
	Morona Santiago	50
TOTAL		328182



ELABORACIÓN: Proyecto SICA-BIRF/MAG-Ecuador (www.sica.gov.ec)

Datos al 2006

APÉNDICE B

ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS EMPLEADOS EN LABORATORIO PARA OBTENER HARINA DE ARROZ

- **SECADOR HORIZONTAL** (Tipo cabina) **FIMCP-Laboratorio de Termofluidos**
Modelo No.: Prototipo
Hertz: 60 Velocidad del aire: T= 4.19 m/s
Voltios: 220 Watts: 5600 Amperios: 25.5
Fase: Simple

- **BALANZA SECADORA PARA HUMEDAD 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

- **TAMIZADOR** **ICQ-Laboratorio de Análisis Instrumental**
Modelo: RX 812
Tensión de red: 230 voltios, 50 hercios o 110 voltios, 60 hercios
Revoluciones/min: 280 ± 10
Peso: aprox. 28 kg
Emisión de ruido: =70 dBA
Dimensiones: 590 x 380 x 330 mm (An x P x Al)
Diámetro de medición de partícula: 50,70,etc..

- **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

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

➤ **MOLINO CYCLONE SAMPLE MILL**

FIMCP – Laboratorio de Bromatología

Modelo: CYCLOTEC

Marca: UDY

Serie: 466

➤ **TEXTURÓMETRO**

FIMCP – Laboratorio de Bromatología

Modelo: CT3

Marca: BROOKFIELD

Serie: 8406102

APÉNDICE C

VALORES OBTENIDOS EXPERIMENTALMENTE DURANTE EL SECADO DEL ARROZ PARA OBTENER LAS CURVAS DE SECADO

t (min)	Peso de la muestra W (Kg)	%SS	Ws	Humedad en Base Seca $X_t = (W - W_s)/W$ [Kg H ₂ O/Kg s.s]	Humedad Libre X = (X _t - X*)	X _{media}	ΔX	Δt (horas)	Velocidad de Secado $R_c = - (W_s/A)(\Delta X/\Delta t)$ [Kg H ₂ O/h*m ²]
0	1,6680	29,54%	0,70	1,8369	1,5869	2,3597	-0,0412	0,083	0,703692934
5	1,6438	29,80%	0,70	1,7957	1,5457	2,2948	-0,0476	0,083	0,814190172
10	1,6158	43,45%	0,70	1,7481	1,4981	2,2233	-0,0476	0,083	0,814190172
15	1,5878	44,22%	0,70	1,7005	1,4505	2,1512	-0,0490	0,083	0,837452748
20	1,5590	45,03%	0,70	1,6515	1,4015	2,0789	-0,0466	0,083	0,796743239
25	1,5316	45,84%	0,70	1,6049	1,3549	2,0076	-0,0495	0,083	0,846176214
30	1,5025	46,73%	0,70	1,5554	1,3054	1,9322	-0,0519	0,083	0,886885723
35	1,4720	47,69%	0,70	1,5035	1,2535	1,8591	-0,0423	0,083	0,724047688
40	1,4471	48,51%	0,70	1,4612	1,2112	1,7941	-0,0454	0,083	0,776388485
45	1,4204	49,53%	0,70	1,4158	1,1658	1,7255	-0,0463	0,083	0,790927595
50	1,3932	50,33%	0,70	1,3695	1,1195	1,6568	-0,0449	0,083	0,767665019
55	1,3668	51,36%	0,70	1,3246	1,0746	1,5891	-0,0456	0,083	0,779296307
60	1,3400	52,39%	0,70	1,2790	1,0290	1,5197	-0,0476	0,083	0,814190172
65	1,3120	53,51%	0,70	1,2314	0,9814	1,4534	-0,0374	0,083	0,639720849
70	1,2900	54,42%	0,70	1,1940	0,9440	1,3949	-0,0422	0,083	0,721139866
75	1,2652	55,49%	0,70	1,1518	0,9018	1,3318	-0,0418	0,083	0,715324222
80	1,2406	56,59%	0,70	1,1100	0,8600	1,2698	-0,0403	0,083	0,689153824

APÉNDICE D

NORMA DE LA HARINA DE ARROZ.

NMX-F-160-1982. ALIMENTOS PARA HUMANOS. HARINA DE ARROZ. FOODS FOR HUMANS. RICE FLOUR. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.

PREFACIO

En la elaboración de esta Norma, participaron los siguientes Organismos:

Instituto Nacional del Consumidor

Fabrica de Chocolates La Azteca, S.A. de C.V.

Anderson Clayton & Co.

Cereales Industrializados, S.A.

Lance, S.A.

Gamesa, S.A.

0. INTRODUCCIÓN

Las especificaciones que se establecen en esta Norma sólo podrán satisfacerse cuando en la elaboración del producto objeto de esta Norma, se utilicen materias primas de calidad sanitaria, se apliquen buenas técnicas de elaboración se realicen en locales e instalaciones bajo condiciones higiénicas, que aseguren que el producto es apto para el consumo humano, de acuerdo con el Código Sanitario de los Estados Unidos Mexicanos, sus Reglamentos y demás disposiciones de la Secretaría de Salubridad Asistencia.

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Mexicana establece las especificaciones que debe cumplir el producto denominado Harina de Arroz, destinada para el consumo humano.

2. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las siguientes Normas Mexicanas vigentes:

NMX-F-066-S. Alimentos para humanos. Determinación de Cenizas

NMX-F-068-S. Alimentos para humanos. Determinación de proteínas.

NMX-F-083. Alimentos para humanos. Determinación de humedad en productos alimenticios.

NMX-F-090-S. Alimentos para humanos. Determinación de fibra cruda en productos vegetales.

NMX-F-228. Etiquetado o rotulación de alimentos y bebidas.

NMX-F-365-S. Harinas. Determinación de materia extraña.

NMX-F-253. Alimentos para humanos. Microbiológicos. Cuenta de bacterias mesofílicas aerobias.

RECOPIADO POR: EL PROGRAMA UNIVERSITARIO DE ALIMENTOS

NMX-F-254. Alimentos para humanos. Microbiológicos. Cuenta de organismos coliformes.

NMX-F-255. Alimentos para humanos. Microbiológicos. Método de conteo de hongos, y levaduras.

NMX-F-304. Alimentos para humanos. Microbiológicos. Investigación de *Salmonella* método general.

NMX-F-310. Alimentos para humanos. Microbiológicos. Cuenta de *Staphylococcus aureus*, coagulasa positiva.

NMX-Z-012. Muestreo para la inspección por atributos.

3. DEFINICIÓN

3.1 Se entiende por Harina de Arroz, al producto que se obtiene por molienda y tamizado de granos de arroz (*Oriza sativa* L.), sanos, limpios, enteros o quebrados, sin cáscara, libre de impurezas y materia extraña que alteren su calidad. Este producto requiere cocimiento posterior para su uso.

4. CLASIFICACIÓN

Para los efectos de esta Norma la Harina de Arroz se clasifica en un tipo y un sólo grado de calidad.

5. ESPECIFICACIONES

El producto objeto de esta Norma debe cumplir con las siguientes especificaciones:

5.1 Sensoriales

Color. Blanco

Olor.- Debe ser característico del producto.

Sabor.- Debe ser característico del producto.

Consistencia: Polvo fino

5.2 Físicas y químicas

La Harina de Arroz en su único tipo y grado de calidad debe cumplir con las especificaciones físicas y químicas anotadas en la tabla 1.

Tabla 1

Especificaciones

Proteínas % (N x 5.7) % Mín. 7

Humedad % Máx. 12

Cenizas % Máx. 1
Fibra Cruda % Máx. 0.8

5.3 Microbiológicas

El producto objeto de esta Norma no debe contener microorganismos patógenos, toxinas microbianas, e inhibidores microbianos.

5.4 Materia extraña objetable

Para la Harina de Arroz, el límite máximo de fragmentos de insectos debe ser de 15 en 50 g de muestra del producto terminado, en promedio de 5 muestras, y debe estar exento de pelos y excretas de roedor y otras materias extrañas.

5.5 Contaminantes químicos

El producto objeto de esta Norma no debe contener residuos de plaguicidas en cantidades que puedan representar un riesgo para la salud. Los límites máximos para estos contaminantes, quedan sujetos a lo que establezca la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

5.6 Ingredientes básicos

Harina de Arroz.

6. MUESTREO

6.1 Cuando se requiera el muestreo del producto, éste podrá ser establecido de común acuerdo entre productor y comprador, recomendándose el uso de la Norma Mexicana. NMX-Z-012 (véase 2).

6.2 Muestreo Oficial.

El muestreo para efectos oficiales estará sujeto a la legislación y disposiciones de la Dependencia Oficial correspondiente, recomendándose el uso de la Norma Mexicana NMXZ-012 (véase 2).

7. MÉTODOS DE PRUEBA

Para la verificación de las especificaciones físicas, químicas y microbiológicas, que se establecen en esta Norma se deben aplicar las Normas Mexicanas que se indican en el capítulo de Referencias (véase 2).

8. MARCADO, ETIQUETADO, ENVASADO Y EMBALAJE

8.1 Marcado y etiquetado

8.1.1 Marcado en el envase

Cada envase del producto debe llevar una etiqueta o impresión permanente, visible e indeleble con los siguientes datos:

- Denominación del producto conforme a la clasificación de esta Norma.
- Nombre comercial o marca comercial registrada, pudiendo aparecer el símbolo del fabricante.
- El "Contenido Neto" de acuerdo con las disposiciones de la Secretaría de Comercio.
- Nombre o razón social del fabricante o titular del registro y domicilio donde se elabore el producto.
- La leyenda "Hecho en México".
- Texto de las siglas Reg. S.S.A. No. "A" debiendo figurar en el espacio en blanco el número de registro correspondiente.
- Otros datos que exija el reglamento respectivo o disposiciones de la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

8.1.2 Marcado en el embalaje

Deben anotarse los datos necesarios de 8.1.1 para identificar el producto y todos aquellos otros que se juzguen convenientes tales como las precauciones que debe tenerse en el manejo y uso de los embalajes.

8.2 Envase

El producto objeto de esta Norma se debe envasar en recipientes de un material resistente e inocuo, que garantice la estabilidad del mismo, que evite su contaminación, y no altere su calidad ni sus especificaciones (véase A 1).

8.3 Embalaje

Para el embalaje del producto objeto de esta Norma, se deben usar cajas de cartón o envolturas de algún otro material apropiado, que tengan la debida resistencia y que ofrezcan la protección adecuada a los envases, para impedir su deterioro exterior, a la vez que faciliten su manipulación en el almacenamiento y distribución de las mismas, sin exponer alas personas que los manipulen (véase A.1).

9. ALMACENAMIENTO

El producto terminado debe conservarse en locales que reúnan los requisitos sanitarios que señale la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

APÉNDICE A

A.1 Las especificaciones de envases y embalajes que deben aplicarse para cumplir con 8.2 y 8.3 serán las correspondientes a las Normas Oficiales Mexicanas de envase y embalaje específicas para cada presentación y gramaje del producto.

APÉNDICE E

ANÁLISIS DE LA HARINA DE ARROZ EN EL LABORATORIO DE PROTAL (PROTEÍNA, GRASAS TOTALES Y FIBRA) EN 150g.



Informe: 10-09/0006-M001

GCR -4.1-01-00-03

Datos del cliente

Nombre: Angélica Victoria Loor Silva	Teléfono: 099054417
Dirección: Alborada 6ta. etapa Mz. 656 villa # 9	

Identificación de la muestra / etiqueta

Nombre: Harina de Arroz	Código muestra: 10-09/0006-M001
Marca comercial: "S/M"	Lote: S/L
Tipo de alimento: Harinas y Semolas	Fecha elaboración: N/A
Envase: Funda de polietileno	Fecha expiración: N/A
Conservación: Ambiente 20 °C – 25 °C	Fecha recepción: 02/09/2010
Fecha análisis: 2/09/2010	Vida útil: N/A
Contenido neto declarado: N/A	
Contenido neto encontrado: N/A	
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 *	%	0.12	-	AOAC 18th 978.10 *
Grasa Total *	%	0.0	---	Monjonnier *
Proteínas *	%	11.13	---	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 Varios N° 7 en la página 741.

* 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, 16 de Septiembre del 2010.


 Dra. Gloria Bernal de Pacheco
 Gerente Técnico


 Ing. María Teresa Amador
 Gerente de Calidad

APÉNDICE F

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

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 porcentaje.

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:

$$MR = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100$$

Siendo:

- MR = masa retenida de harina, en porcentaje de masa.
m = masa de la muestra de harina, en g.
m₁ = masa del papel sin harina, en g.
m₂ = 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 G

**DATOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN SENSORIAL PARA
DETERMINAR EL PORCENTAJE DE REEMPLAZO CON MAYOR
AGRADO DE PARTE DE LOS PANELISTAS.**

PRUEBAS (%)	Me gusta mucho	Me gusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me disgusta ligeramente	Me disgusta mucho
20	3	4	12	6	5
25	9	4	9	4	4
30	16	9	5	0	0

APÉNDICE H

NORMA INEN PARA PAN COMÚN

Norma Técnica Ecuatoriana	PAN COMÚN. REQUISITOS.	NTE INEN 95:1979 Primera Revisión
<p style="text-align: center;">1.OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que debe reunir el pan común.</p> <p style="text-align: center;">2. TERMINOLOGÍA</p> <p>2.1 Pan común. Es el pan de miga blanca u oscura, 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.</p> <p>2.2 Otros términos relacionados con esta norma están definidos en la NTE INEN 93.</p> <p style="text-align: center;">3. DISPOSICIONES GENERALES</p> <p>3.1 Las materias primas utilizadas en la elaboración del pan común deben sujetarse a las NTE INEN correspondientes.</p> <p>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.</p> <p style="text-align: center;">4. REQUISITOS DEL PRODUCTO</p> <p>4.1 Componentes. La masa para la cocción del pan común debe prepararse con los siguientes componentes:</p> <ul style="list-style-type: none">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. <p>4.2 Características organolépticas.</p> <p>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.</p> <p>4.2.2 Corteza. El pan común debe presentar una corteza de color uniforme, sin quemaduras, ni hollín u otras materias extrañas.</p> <p>4.2.3 Miga. La miga del pan común debe ser elástica, porosa, uniforme, no pegajosa ni desmenuzable.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Baquerizo Moreno EB-23 y Almagro - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

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 I

FORMATO PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL:

ESCAL HEDÓNICA DE 5 PUNTOS

Fecha:

Producto: " PAN DE ARROZ"

A continuación se le dará a que pruebe tres muestras y se pide que indique su nivel de agrado marcando en la escala dada con una X.

Valor	Descripción	A	B	C
1	Me gusta Mucho			
2	Me gusta ligeramente			
0	Ni me gusta ni me disgusta			
-1	Me disgusta ligeramente			
-2	Me disgusta mucho			

COMENTARIOS:

MUCHAS GRACIAS!!!.

APÉNDICE J

RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL MEDIANTE EL PROGRAMA MINITAB

One-way ANOVA: C1 versus C2

Analysis of Variance for C1

Source	DF	SS	MS	F	P
C2	1	6,02	6,02	4,53	0,037
Error	58	76,97	1,33		
Total	59	82,98			

Individual 95% CIs For Mean

Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
1	30	0,200	1,297	(-----*-----)
2	30	0,833	0,986	(-----*-----)

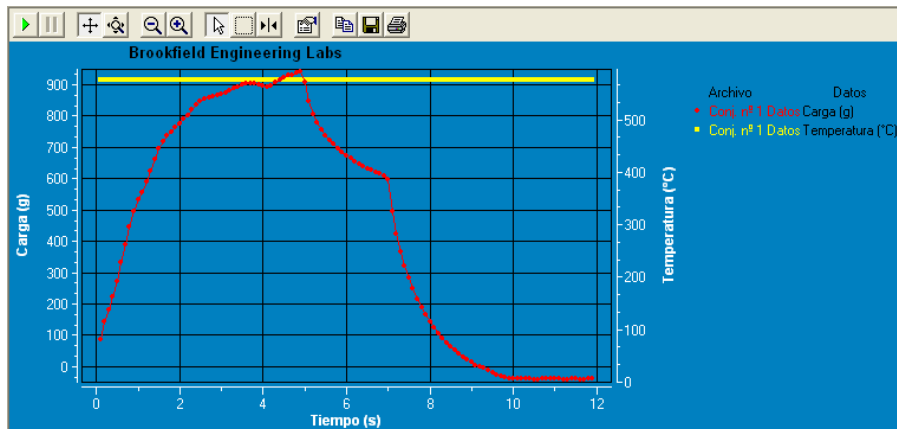
Pooled StDev = 1,152

0,00 0,40 0,80 1,20

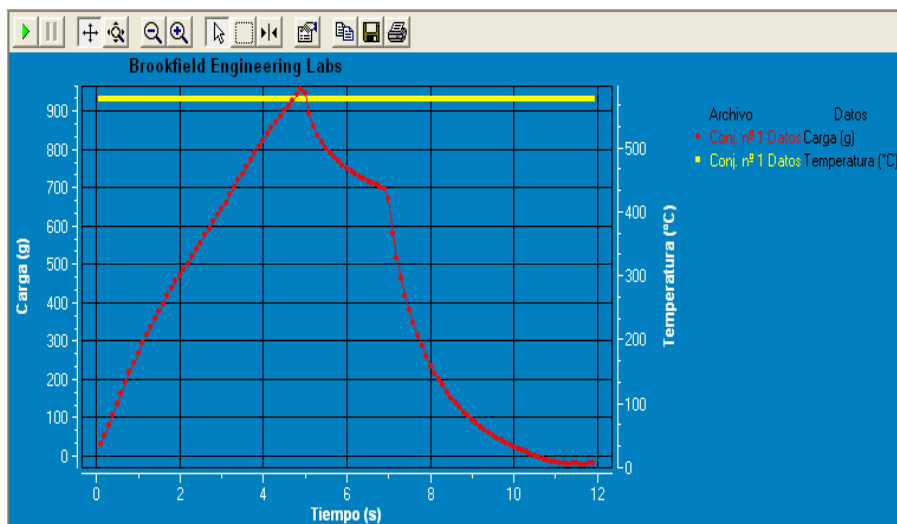
APÉNDICE K

GRÁFICAS DE TEXTURA DEL PAN DE ARROZ CON EL 30% DE HARINA DE ARROZ Y 70 % DE HARINA DE TRIGO CON RESPECTO AL TIEMPO

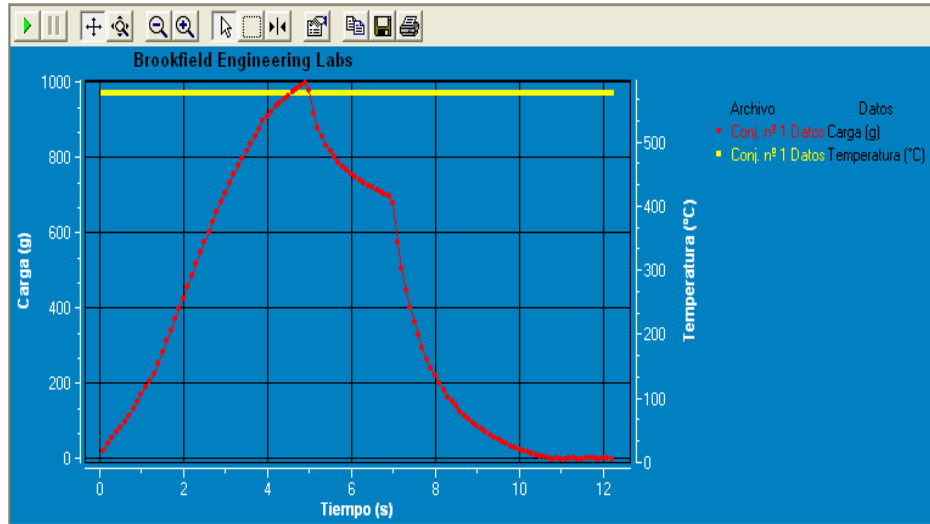
DÍA 0



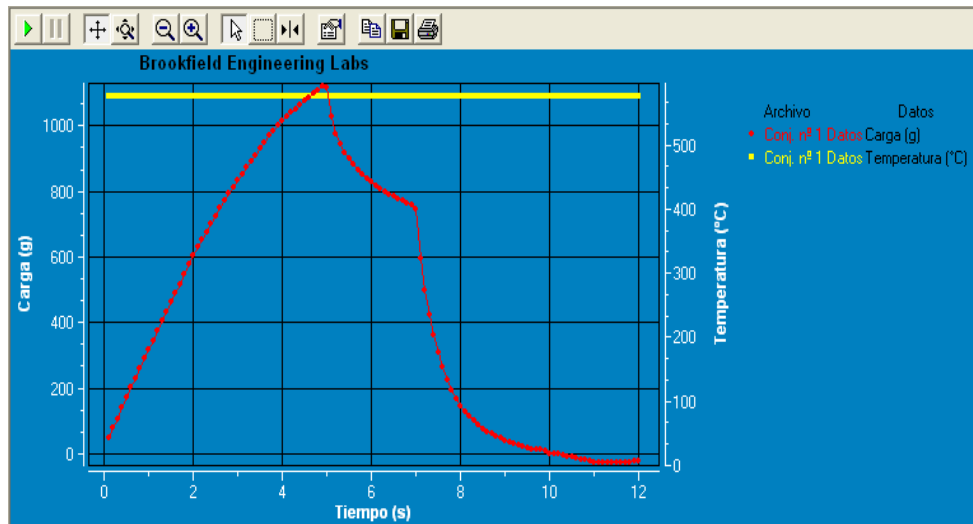
DÍA 1



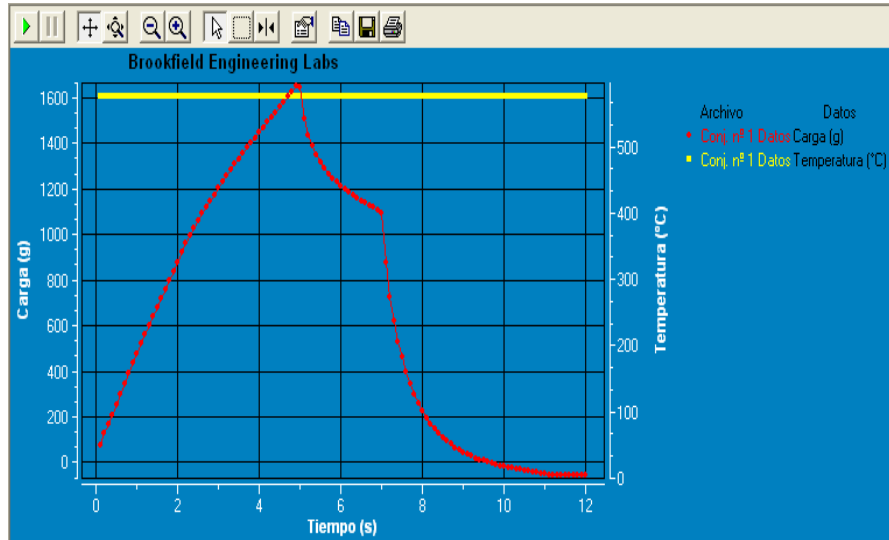
DÍA 2



DÍA 3



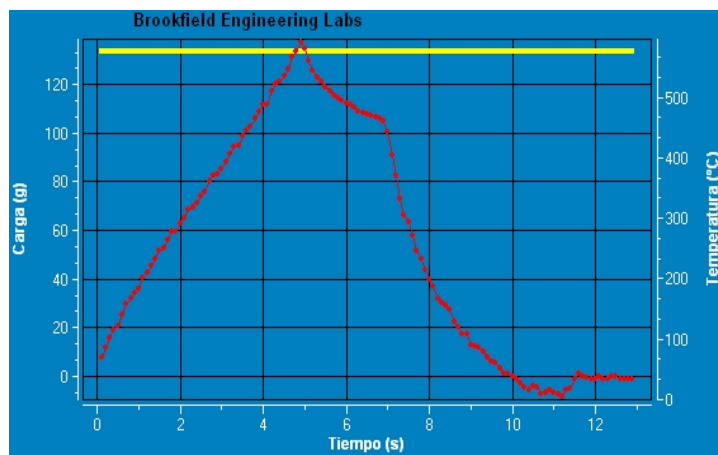
DÍA 4



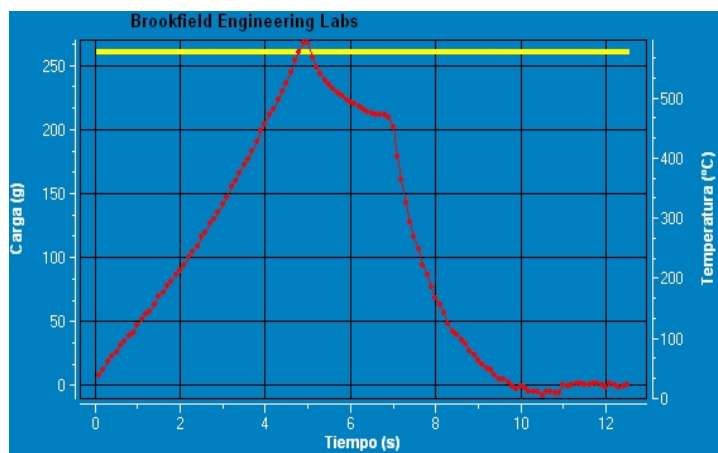
APÉNDICE L

GRÁFICAS DE TEXTURA DEL PAN TRADICIONAL CON RESPECTO AL TIEMPO

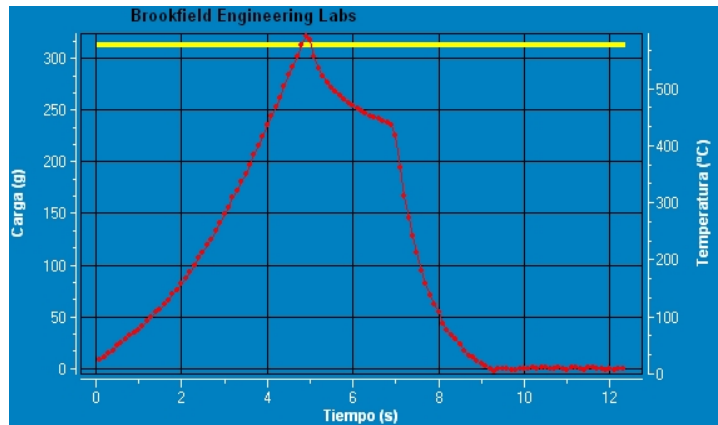
DÍA 1



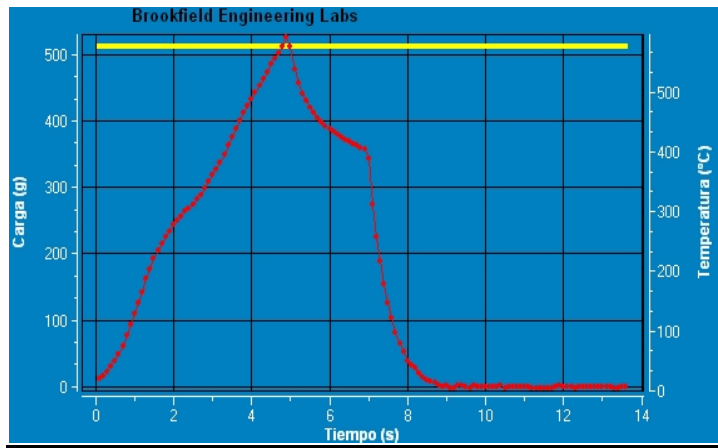
DÍA 2



DÍA 3



DÍA 4



APÉNDICE M

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE TEXTURA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO

PAN TRADICIONAL	DÍAS	Dureza (g)	Deformación según dureza(mm)	Deformación Recuperable (mm)	Trabajo Total (mJ)	
	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	
	DÍAS	DUREZA (g)	TRABAJO DUREZA TERMINADO	DEFORMACIÓN RECUPERABLE	TRABAJO RECUPERABLE	TRABAJO TOTAL
PAN DE ARROZ	0	940,5	70,682	4,43	-	78,119
	1	956,5	52,848	7,07	12,336	65,184
	2	996	53,299	7,67	11,72	65,019
	3	1121	66,017	6,24	8,829	74,846
	4	1651	95,814	5,2	12,581	108,394