

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Utilización de harina de Ullucus tuberosus en la elaboración de
pan”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO DE ALIMENTOS

Presentado por:

Hugo Josué Borja Mancheno

Denis Gabriela Quintana Peralta

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2011

AGRADECIMIENTO

A Dios por su grande y abnegado amor, a mis padres por todo lo que me han dado en mi vida, a la Ingeniera Fabiola Cornejo y a la Ingeniera Grace Vásquez por su ayuda incondicional, a mi compañera Gabriela por su paciencia, comprensión y el esfuerzo entregado y a todos aquellos que de una u otra manera colaboraron en el desarrollo de esta investigación.

Josué.

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi guía, por su infinita bondad y amor, a mis padres por siempre estar pendientes de mi bienestar, a mi hermano por su apoyo y cariño incondicional. A todas las personas que de una u otra forma aportaron a la realización de este proyecto, a mi compañero Josué por su dedicación y a la Directora de Tesis por toda su colaboración.

Gabriela.

DEDICATORIA

La presente investigación dedico a mi mamá por su amor, por su cariño, sus enseñanzas y su apoyo, y de igual manera a mi papá por sus consejos y su gran esfuerzo que me han hecho ser la persona que soy.

Josué.

DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES

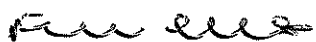
A MI HERMANO

A MI ABUELITA

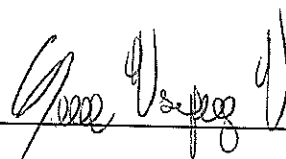
A MI FAMILIA

Gabriela.

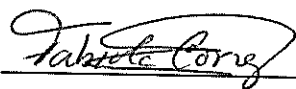
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Francisco Andrade F.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Grace Vásquez V.
DIRECTORA DE TESIS



Ing. Fabiola Cornejo Z.
VOCAL

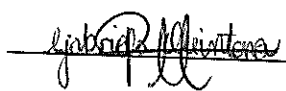


DECLARACIÓN EXPRESA

"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).


Hugo Borja Mancheno


Gabriela Quintana Peralta

RESUMEN

El melloco (*Ullucus tuberosus*), es un tubérculo rico en carbohidratos el cual se encuentra disponible en todas las épocas del año. El presente proyecto tenía por objeto elaborar un pan a base de harina de melloco con el fin de desplegar nuevas alternativas de productos terminados con insumos tradicionales.

En el desarrollo se especifican las características físicas, químicas y la isoterma de sorción de la materia prima que permitieron establecer las condiciones idóneas del proceso de secado. Así mismo, se establecieron las curvas de velocidad de secado y tiempos de proceso. Posteriormente, se determinaron las características físico-químicas de la harina obtenida.

La formulación del pan se fundamentó en la sustitución de la harina de trigo por harina de melloco en diferentes proporciones y se definió su aceptabilidad por medio de pruebas sensoriales. Finalmente, se evaluó la estabilidad del pan elaborado tomando en consideración la modificación de la textura bajo

diferentes condiciones de humedad relativa. Se esperaba obtener un pan con buenas propiedades sensoriales y energéticas, sin embargo características de la harina obtenida ocasionaron el uso de aditivos con resultados bastantes favorables.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS.....	VII
SIMBOLOGÍA.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES.....	3
1.1. Materia Prima.....	3
1.1.1. Cultivos y Disponibilidad.....	5
1.1.2. Composición Química y Valor Nutricional.....	7
1.2. Proceso de Secado.....	8
1.3. Productos de Panificación: Pan.....	10
1.3.1. Tipos y Especificaciones.....	10
1.3.2. Proceso de Elaboración.....	12

1.4. Principales Alteraciones Físico-Químicas y Microbiológicas.....	15
CAPÍTULO 2	
2. PROCESO DE OBTENCIÓN DE HARINA.....	17
2.1. Características de Materia Prima.....	17
2.2. Metodología de Trabajo.....	21
2.2.1. Ensayos Físico – Químicos.....	21
2.2.2. Secado.....	24
2.3. Isotermas de Sorción.....	26
2.4. Proceso de Secado.....	28
2.4.1 Curvas de Secado.....	28
2.5. Caracterización de la harina.....	32
CAPÍTULO 3	
3. SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE <i>ULLUCUS TUBEROSUS</i>	34
3.1. Ingredientes.....	34
3.2. Formulaciones.....	40
3.3. Proceso de Elaboración de Pan.....	44
3.4. Características Físico – Químicas y Nutricionales.....	45
3.5. Análisis Sensorial.....	46
3.5.1 Textura.....	49
3.6. Estabilidad del Pan.....	51

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES..... 52

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

AOAC	Analytical of Analysis Chemistry
DE	Desviación Estándar
HR	Humedad Relativa
ICs	Intervalo de Confianza
Kcal	Kilocalorías
aw	Actividad de Agua
cm	Centímetros
cm ²	Centímetros Cuadrado
db	Base Seca
g	Gramos
h	Horas
ha	Hectáreas
kg	Kilogramos
m	Metro
m ²	Metros Cuadrado
min	Minutos
mJ	Milijoules
mm	Milímetros
msnm	Metros sobre el nivel del mar
s	Segundos
spp	Especie
ss	Sólido Seco

SIMBOLOGÍA

CM	Varianza
CO ₂	Gas Carbónico
F	F calculado
GL	Grados de Libertad
H ₂ O	Agua
L	Longitud
N	Número de Muestras
P	F tabla
S	
SC	Suma de Cuadrados
T°	Temperatura
Ws	Masa en Base Seca
t'	Tiempo
x	Humedad Libre
x _t	Humedad en Base Seca
x*	Humedad en Equilibrio

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 Textura del Melloco a 28°C.....	19
Figura 2.2 Isoterma de Sorción.....	27
Figura 2.3 Humedad Libre vs Tiempo.....	31
Figura 2.4 Velocidad de Secado vs Humedad Libre.....	32
Figura 3.1 Diagrama de Flujo de Elaboración de pan enrollado con harina de melloco.....	44
Figura 3.2 Textura en Panes.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Composición Química del <i>Ullucus tuberosus</i>	7
Tabla 2 Color del Melloco.....	18
Tabla 3 Estado de Madurez del Melloco a 28°C.....	20
Tabla 4 Características Químicas de Materia Prima.....	21
Tabla 5 Medición de la Textura en Melloco Fresco.....	22
Tabla 6 Métodos de Análisis.....	23
Tabla 7 Granulosidad.....	24
Tabla 8 Dimensiones de las Bandejas.....	25
Tabla 9 Proceso de Secado.....	30
Tabla 10 Características Físico-Químicas de la Harina de Melloco.....	33
Tabla 11 Composición de Harina de Trigo. Súper 4.....	36
Tabla 12 Fórmula para Elaboración de Pan Enrollado.....	41
Tabla 13 Fórmula para Elaboración de Pan de Melloco.....	43
Tabla 14 Características Nutricionales.....	45
Tabla 15 Medición de la Textura en Panes.....	49

INTRODUCCIÓN

Dada la constante escasez y poca utilización de alimentos ecuatorianos en el desarrollo de nuevos productos, el sector alimentario-industrial busca alternativas que permitan generar y mejorar la oferta de alimentos. En este sentido, el presente estudio tuvo como finalidad obtener una harina de un alimento no tradicional como lo es el melloco, para la elaboración de pan y de esta manera analizar parámetros de proceso de secado y de elaboración de pan. Se aplicó una evaluación sensorial en panelistas no entrenados determinando la aceptación del producto según características sensoriales y organolépticas, además de realizar un seguimiento para comparar la textura que está intrínsecamente relacionada con el envejecimiento del pan frente a un pan tradicional. Al examinar los resultados se concluyó, que el pan es muy aceptado y que frente a las distintas variables de análisis, se puede prescindir del uso de mejorador más no de gluten. Los resultados se analizaron a través de un programa estadístico muy confiable.

Finalmente, se discuten las texturas de los panes con respecto al tiempo permitiendo concluir sobre el envejecimiento del pan y se hacen sugerencias para su adaptación a otras investigaciones que se realicen a futuro.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1. Materia Prima

El melloco es un tubérculo que pertenece a la familia Basellaceae y consta de 4 géneros diferenciados morfológicamente. El género **Anredera**, que se encuentra desde el sur de los Estados Unidos hasta Argentina y Brasil, cuyo mayor número de especies se ubican en la Región Andina Central. **Tournomía**, que es monotípico (que tiene una sola especie) y, se encuentra en el sur de Colombia y norte de Ecuador. **Bassella**, género con cinco especies, es nativo del Centro y Sur de África y Madagascar, dentro de este género sobre-sale la especie *Basella alba* que se cultiva por sus hojas comestibles, conocidas como espinaca de Nueva Zelandia y el género **Ullucus** que

está relacionado lejanamente con los tres anteriores y es el único que produce estolones tuberosus, y tiene una sola especie que puede ser dividida en dos subespecies.

- ***Subespecie tuberosus***, de tubérculos esféricos, oblongos, falcados, falcados-curvos de 1,5 a 10 cm de espesor y hasta 25 cm de largo, de color blanco, rosado, rojo o amarillo. Las plantas pueden ser de hábito erecto o rastrero, sus tallos alcanzan hasta 80 cm de altura, generalmente con ramas basales, que producen estolones aéreos; ésta es la subespecie cultivada y la que se escogió para el desarrollo de la presente investigación.
- ***Subespecie aborigeneus***, de tubérculos esféricos o apenas curvos y falcados de 0,5 a 1,5 cm de espesor, de colores blancos, rosados o púrpuras. Las plantas son siempre de hábito rastrero, con longitud de tallo de 1 m o más, con pocas ramas y a lo largo producen numerosos estolones aéreos que pueden formar tubérculos; esta subespecie es silvestre.

En el Ecuador, el melloco (*Ullucus tuberosus*), es el segundo tubérculo en importancia luego de la papa. En efecto, parte de la alimentación de la población ecuatoriana de todos los estratos sociales y constituye un componente de los sistemas agrícolas de los pequeños agricultores de la Zona Andina.

1.1.1. Cultivos y disponibilidad

El melloco tiene capacidad de adaptación del cultivo a condiciones de altura y alta nubosidad, propios de la Zona Andina. En Ecuador, se encuentra en una faja de cultivo entre los 2.600 y 3.800 msnm., aunque su área de cultivo óptimo está entre los 3.000 y 3.600 m de altitud con temperaturas que oscilan entre los 8 y 14°C y precipitación anual de 600 a 1.000 mm; tiene requerimientos de agua de entre los 800 y 1.400 mm ya que fuera de estos límites se ve afectado el crecimiento y la tuberización.

En Ecuador, los principales centros de producción de melloco se encuentran en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha,

Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Cañar; en las restantes provincias el cultivo casi ha desaparecido, o se produce en parcelas pequeñas de autoconsumo (1).

Es un cultivo manejado principalmente por agricultores de subsistencia, en parcelas que oscilan entre los 100 y 2.000 m² aunque en algunos sitios se han observado lotes de hasta 2 ha. Generalmente, se cultiva en asociaciones con papa, quinua, oca, mashua, haba o en rotaciones con haba, cebada y oca, entre otras (1).

Sin embargo, en Ecuador existe una marcada diferencia entre la época de siembra de la zona norte del país (Carchi, Imbabura, Pichincha), con la central y sur (Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Cañar), mientras que al norte se puede sembrar el melloco durante todo el año, en las otras zonas se siembra entre junio y diciembre.

El período de crecimiento desde la siembra hasta la cosecha fluctúa entre 160 y 260 días, con rendimiento promedio de 25.000 kg/ha; pudiendo variar desde 10.000 a 45.000 kg/ha.

Aunque los rendimientos a nivel de agricultor de subsistencia están muy por debajo de estos límites (1).

1.1.2. Composición química y Valor Nutricional

El *Ullucus tuberosus* contiene una gran cantidad de humedad en su composición química que representa entre 80 – 86% de humedad donde la diferencia corresponde al contenido de materia seca que oscila entre 14 y 20%, con una composición química que se detalla en la Tabla 1.

TABLA 1

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL *Ullucus Tuberosus*

Componente	%
Proteína	4.4 – 15.7
Carbohidratos	73.5 – 81.1
Grasa	0.1 – 1.4
Ceniza	2.8 – 4.0
Fibra Cruda	3.6 – 5.0
Energía (Kcal/100g)	377 - 381

Fuente: INIAP (2) Elaborado por: Hugo Borja, Gabriela Quintana (2011)

Dentro de los minerales que posee este tubérculo, se encuentra el fósforo, el cual representa una ventaja muy particular en la alimentación humana.

Una de las características típicas del tubérculo es el contenido de mucílago, el mismo que puede ser una limitante para el consumo. Sin embargo, se ha identificado varios clones de bajo contenido de mucílago los que podrían ser una alternativa de producción para fomentar el consumo.

1.2. Proceso de Secado

El secado es el proceso más antiguo utilizado para la preservación de alimentos, siendo uno de los métodos más comunes vigentes de mayor importancia en todos los sectores para la producción de productos sólidos.

La deshidratación de alimentos es un proceso que involucra la transferencia de masa y energía. El entendimiento de estos dos mecanismos en el alimento a secar y el aire o gas de secado, así como de las propiedades termo-físicas, de equilibrio y transporte de ambos

sistemas, son de vital importancia para modelar el proceso y diseñar el equipo respectivo.

Se entiende por secado de alimentos a la extracción deliberada del agua que contienen, operación que se lleva a cabo en la mayoría de los casos evaporando el agua por adición de su calor latente de evaporación. Por lo tanto, en la operación básica de secado intervienen dos factores importantes. Transmisión de calor, para suministrar el calor latente de evaporación necesario y la transferencia de masa que involucra el movimiento del agua o del vapor a través del producto alimenticio y su separación del mismo.

La velocidad del secado está determinada por la velocidad de suministro de calor al agua a fin de proporcionarle su calor latente, pero a veces puede ser una limitante la velocidad de transferencia de masa (eliminación de agua). En el proceso de secado, los tres mecanismos de transferencia de calor tienen lugar y por lo regular siempre predomina uno. Este subproceso depende de las condiciones externas de temperatura, humedad y flujo de aire, presión, área de exposición y el tipo de secador empleado.

La transferencia de masa tiene lugar cuando existe un gradiente de concentración o de presión y su velocidad es proporcional a este gradiente y las propiedades del sistema de transmisión caracterizado por su coeficiente de transmisión de masa. Esta transferencia se da desde la humedad interna del sólido hacia la superficie de éste con su subsecuente evaporación. El movimiento de la humedad del sólido es una función de la naturaleza física del sólido, su temperatura y su contenido de humedad.

1.3. Productos de panificación: Pan

1.3.1. Tipos y Especificaciones

Los tipos de pan diferenciados son:

Pan Común, considerado de consumo diario tradicional, elaborado a base de harina de trigo, sal, levadura y agua, al cual se le puede añadir coadyuvantes y aditivos autorizados, los considerados dentro de este tipo:

- *Pan bregado.*
- *Pan de flama.*

Pan Especial, aquel que por diferentes circunstancias autorizadas prescinde de la definición básica de pan común, entre éstas su composición, por incluir algún coadyuvante o aditivo especial, el tipo de harina u otros ingredientes especiales (leche, grasa, huevos, grasa, cacao, etc.), por no llevar sal, no haber sido fermentado, etc. Ejemplos citados de pan especial:

- *Pan integral.*
- *Pan de viena.*
- *Pan de molde.*
- *Pan de cereales.*
- *Pan de huevo.*

1.3.2. Proceso de Elaboración

El proceso de elaboración con las particularidades propias de cada sistema y tipo de pan, consta de las siguientes etapas:

Amasado.- El objetivo es el desarrollo del gluten, esencial para que la masa pierda su pegajosidad y se vuelva elástica obteniendo un pan de buena calidad. Si la masa es elástica será

capaz de retener el gas generado por la levadura. La completa unión de los ingredientes de la mezcla junto con el trabajo físico del amasado provoca la plasticidad y la oxigenación. Debe cuidarse la masa, ya que el sobre trabajo hace que el gluten pierda su elasticidad y por lo tanto, la capacidad de retención de gas.

División y pesado.- Se establece el peso final que se requiere.

Boleado.- Tiene como fin reconstruir la estructura de la masa luego de la división y eliminar las bolsas de aire. Se le da forma de bola al fragmento de masa para lograr una tensión uniforme, distribuir homogéneamente las células de levadura y alcanzar la temperatura de la masa.

Reposo.- Tiene como fin relajar la masa, para que se recupere de la desgasificación soportada durante la división y boleado, siendo susceptible a ser extendida y modelada.

Laminado.- Se realiza con el fin de distribuir uniformemente a toda la masa las burbujas de gas acumuladas.

Formado.- Es aquí donde el producto en masa toma la forma que corresponde a cada tipo de pan.

Fermentación.- El proceso de fermentación o leudo dentro del léxico de los panaderos, es la etapa más importante, donde la masa adoptará las características que determinan un pan de calidad. Esto es, que la masa aumente y se esponje, debido al CO₂ que retiene y la proporción de sustancias que contribuyen a la formación de aroma, textura y sabor como consecuencia de las transformaciones que sufren los componentes de la harina. Todo lo descrito se origina básicamente por la fermentación alcohólica llevada a cabo por las levaduras que transforman los azúcares fermentables en etanol, CO₂ y otros productos secundarios. En la práctica se habla de distintas etapas:

- La pre-fermentación correspondiente a la elaboración de la masa madre.

- La fermentación en masa, comprende dejar reposar la masa para que crezca al doble de su tamaño. Período considerado desde que finaliza el amasado hasta que la masa se divide en piezas.
- La fermentación inmediata, otro período de reposo considerado desde el boleado y antes del formado.
- La fermentación final, es el período de reposo de las piezas individuales que se obtienen en el formado hasta cuando inicia el horneado.

Corte.- Consiste en realizar pequeños cortes o hendiduras en la superficie de las piezas de pan antes de hornear. Esto se lleva a cabo inmediatamente después de la fermentación para permitir el desarrollo del pan durante la cocción.

Horneo.- En ésta etapa se lleva a cabo la modificación de la masa cruda fermentada en pan. Este proceso tiene una influencia definitiva e irreversible, por ello es importante conocer los cambios provocados: evaporación total del etanol producido en la fermentación, evaporación de parte del agua

contenida en el pan, coagulación de las proteínas, transformación del almidón en dextrinas y azúcares menores y pardeamiento de la corteza. Las condiciones del proceso van desde los 220 a los 260°C, aunque el interior de la masa nunca rebasa los 100°C.

Enfriamiento.- Se coloca el producto a temperatura ambiente por unos minutos para luego estar disponible al consumo.

Empaquetado.- Para completar el proceso, en algunos casos, resulta necesario rebanar el pan y después empaquetarlo, el mismo que deberá tener toda la información necesaria para su comercialización.

1.4. Principales Alteraciones Físico-Químicas y Microbiológicas

Como se mencionó anteriormente, en la fase de horneado, la masa se expone a temperaturas de 220 a 260°C, que destruyen todas las formas de vida. Sin embargo, en el interior la temperatura máxima alcanzada es de 100°C, temperatura en la que únicamente

desaparecen las formas vegetativas. Las formas de resistencia surgen cuando las condiciones de temperatura retornan a la normalidad, es decir, permanecer a temperatura ambiente luego de 24 a 36 horas provocando la presencia de organismos fúngicos, los cuales alteran al pan. Entre estos se encuentran: *Rhizopus nigricans*, *Penicillium expansum*, *P. stoloniferum*, *Aspergillus niger*, *Minilis (Neurospora) sitophila*, *Mucor spp.* y *Geotrichum spp.* Además de estos, existen otros organismos perjudiciales que provocan la putrefacción del pan, los organismos no fúngicos: *Bacillus subtilis* (o también *B. mesentericus* o *B. panis*) y *B. licheniformis*.

Para evitar o reducir estos problemas, se le añade al pan componentes que disminuyen esta alteración, como el propionato cálcico al 0,2%, un método bastante eficaz. A veces, se utilizan ácidos (acético, tartárico, cítrico, láctico) para disminuir el pH del pan, aunque, a veces interfiere en la fermentación de las levaduras.

CAPÍTULO 2

2. PROCESO DE OBTENCIÓN DE HARINA

2.1. Características de Materia Prima

Características Físicas

El melloco (*Ullucus tuberosus*) utilizado se adquirió en un mercado mayorista de la ciudad. En primer lugar, se determinó el color del tubérculo (tonalidad) donde se empleó una cartilla de Color-PANTHONE (12), para ello se usó tres muestras escogidas al azar, de esta manera se obtuvo la Tabla 2, que se muestra a continuación.

TABLA 2
COLOR DEL MELLOCO

	# COLOR PANTONE
Muestra #1	206
Muestra #2	207
Muestra #3	207

Elaborada por: Hugo Borja, Gabriela Quintana (2011)

A partir de este análisis, se determinó que la tonalidad de color de la variedad de melloco usado en el presente estudio es el 207, ya que dos de las tres muestras tomadas presentaron esta tonalidad.

Luego, se tomaron siete muestras las cuales se parecían en color y textura, donde a cada muestra se le determinó el peso respectivo, obteniendo un peso promedio de $7,93 \pm 0.52$ g.

Con las siete muestras de melloco escogidas, se realizó una prueba de textura donde se utilizó un texturómetro BROOKFIELD. Se analizó dureza del producto y el trabajo total realizado para tener una idea de la durabilidad del tubérculo después de su cosecha. Las características

consideradas más importantes fueron la textura, pérdida de peso y el color. Para ello se efectuó un seguimiento a la materia prima por siete días (Figura 2.1). En la Tabla 3 se visualiza la variación de color y tamaño a través del tiempo.

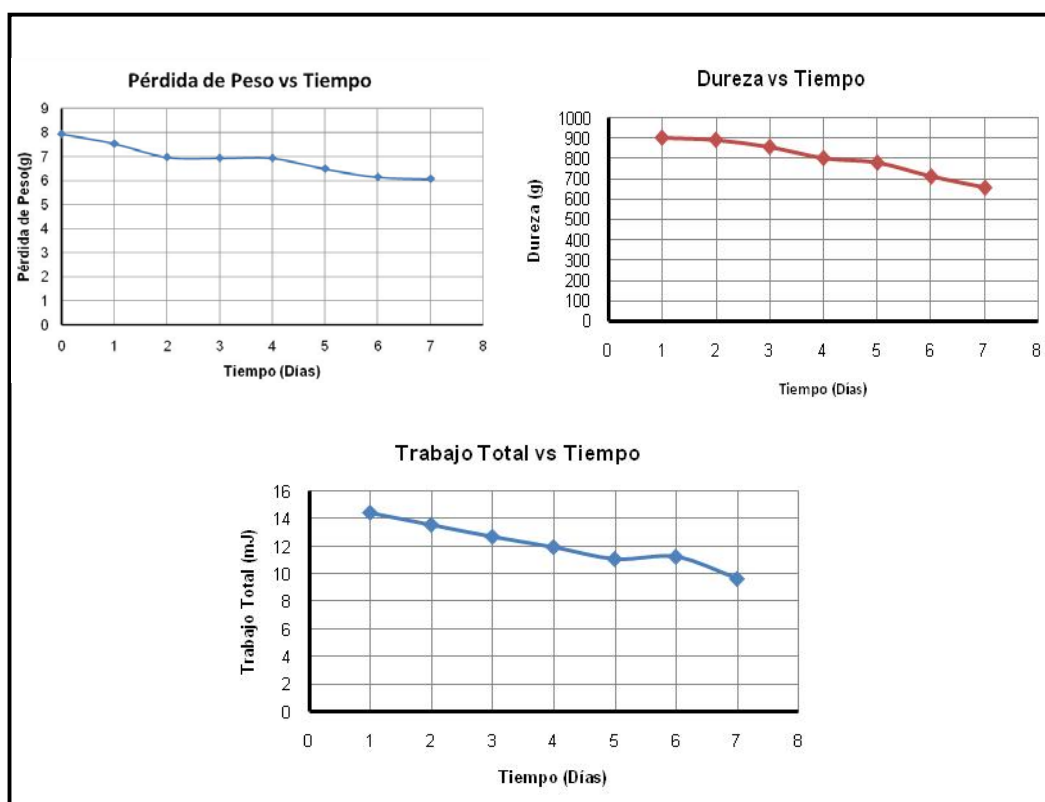
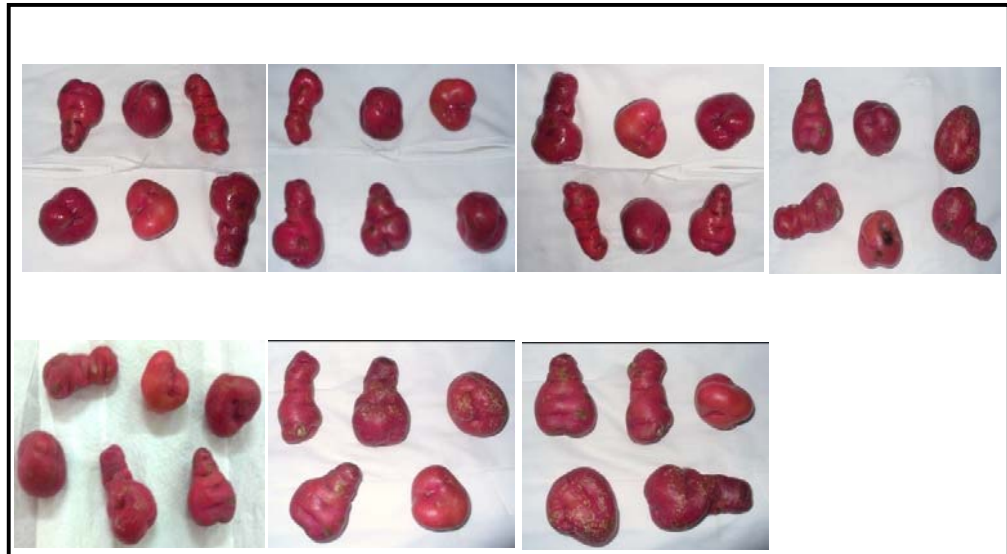
FIGURA 2.1**TEXTURA DEL MELLOCO A 28°C**

TABLA 3

ESTADO DE MADUREZ DEL MELLOCO A 28°C



Elaborada por: Hugo Borja, Gabriela Quintana (2011)

A partir de este estudio y conociendo que el melloco es un alimento no climatérico, se determinó que este mantiene su estado de madurez casi intacto durante 7 días, pero la textura del alimento no se mantuvo rígida como en el primer día debido a la pérdida de agua.

Es así, que en base a todo lo descrito se consideró como apto al melloco hasta el día 7 por tener una firmeza semejante a la del melloco fresco.

Características Químicas

Se determinaron parámetros químicos generales del melloco fresco como pH, acidez, humedad y actividad de agua, los cuales se resumen en la tabla 4 que se muestra a continuación:

TABLA 4

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE MATERIA PRIMA

Características	Valor	Método
Humedad	88.9 ± 0.4%	AOAC 967.19
Actividad de Agua	1.000 ± 0.002	AOAC 978.18
pH	5.695 ± 0.005	AOAC 981.12
Acidez	0.3908 ± 0.0001%	AOAC 942.15

Elaborado por: Hugo Borja, Gabriela Quintana (2011)

2.2. Metodología de trabajo

2.2.1. Ensayos Físico – Químicos

Los métodos de ensayo físico – químicos utilizados se basaron en los procedimientos de la AOAC que se detallan a continuación:

Determinación de Textura:

Para determinar la textura del melloco se utilizó un Texturómetro BROOKFIELD (Modelo: M1850-30). Las condiciones de medición se muestran en la tabla 5.

TABLA 5
MEDICIÓN DE LA TEXTURA EN MELLOCO FRESCO

Parámetro	Descripción
Sonda	TA 39 (2 mm D, 20 mm L, Stainless Steel)
Valor Meta	3 mm
Tiempo	2 s
Tipo de Objetivo	Distancia
Velocidad de Test	0.50 m/s
Carga	6.50 g

Elaborado por: Hugo Borja, Gabriela Quintana (2011)

Determinación de Color:

Se tomó como referencia un Pantone (Tomo de Pantone Color Specific), se escogió tres muestras al azar y se comparó con las tonalidades de color rojo (4).

Los métodos de referencia y equipos utilizados para la caracterización físico-química de la materia prima y la harina

obtenida se presentan en la tabla 6 la cual se muestra a continuación.

TABLA 6
MÉTODOS DE ANÁLISIS

Análisis	Método	Equipo
Humedad	Lámpara Infrarroja (AOAC 967.19) Gravimétrico (AOAC 925.09)	Termobalanza Kern Estufa Memmert
Actividad de Agua	Conductividad Eléctrica (AOAC 978.18)	Humidímetro Kern
Cenizas	Gravimétrico (AOAC 920.26)	Mufla Termo Scientific
pH	Potenciométrico (AOAC 981.12)	pHmeter Hanna
Acidez	Volumétrico (AOAC 942.15)	-----
Carbohidratos	Volumétrico (AOAC 939.03)	-----
Proteínas	Volumétrico (AOAC 920.87)	-----
Grasas	Gravimétrico (AOAC 923.05)	-----

Elaborado por: Hugo Borja, Gabriela Quintana (2011)

Para la determinación de la granulosis de la harina de melloco se utilizó el método AOAC 965.22, los resultados de dicha prueba se presentan en la tabla 7 que se presenta a continuación.

TABLA 7
GRANULOSIDAD

# Malla	Masa (g)	Δxi	Dp (mm)	xi	yi	$\Delta xi/Dp$
50	3,9	0,039	55	0,961	0,039	0,0007
100	10,9	0,101	110	0,890	0,109	0,0010
140	11,9	0,120	150	0,879	0,120	0,0008
200	62,2	0,627	210	0,372	0,628	0,0029
Fondo	10,2	0,103	250	0,897	0,103	0,0004
TOTAL	99,1					0,0059

Elaborado por: Hugo Borja, Gabriela Quintana (2011)

Con los datos obtenidos se procedió a la determinación del diámetro de Reboux cuyo valor equivalente fue igual a 169,02 mm.

2.2.2. Secado

Se utilizó un secador de bandeja GUNT HAMBURG y se estableció los parámetros a controlar durante el secado. La temperatura de aire elegida fue de $50 \pm 2^\circ\text{C}$ y $20 \pm 3\%$ HR, parámetros tomados como referencia al trabajo realizado en la obtención de harinas. Otros de los parámetros

controlados durante la experimentación fue la velocidad de aire que tuvo un promedio de 0,5 m/s.

La materia prima fue previamente procesada (rayada) y luego se la colocó en cuatro bandejas de aluminio para ser sometidas al proceso de secado por un tiempo de 8 horas aproximadamente. Las dimensiones de la bandeja se determinaron para conocer el área de secado. Las dimensiones se detallan en la tabla 8 que se presenta a continuación:

TABLA 8

DIMENSIONES DE LAS BANDEJAS

Largo (cm)	36,2
Ancho (cm)	28,5
Área por bandeja (cm²)	1 031,7
Área Total (cm²)	4 126,8

Elaborado por: Hugo Borja, Gabriela Quintana (2011)

Luego de secar la materia prima hasta obtener peso constante, se la dejó enfriar por un mínimo tiempo para luego ser almacenada con protección de papel aluminio, hasta que se procedió a triturarla y así obtener la harina y

disponer de la misma para los demás análisis bromatológicos, sensoriales y la consiguiente elaboración de pan.

2.3. Isotermas de Sorción

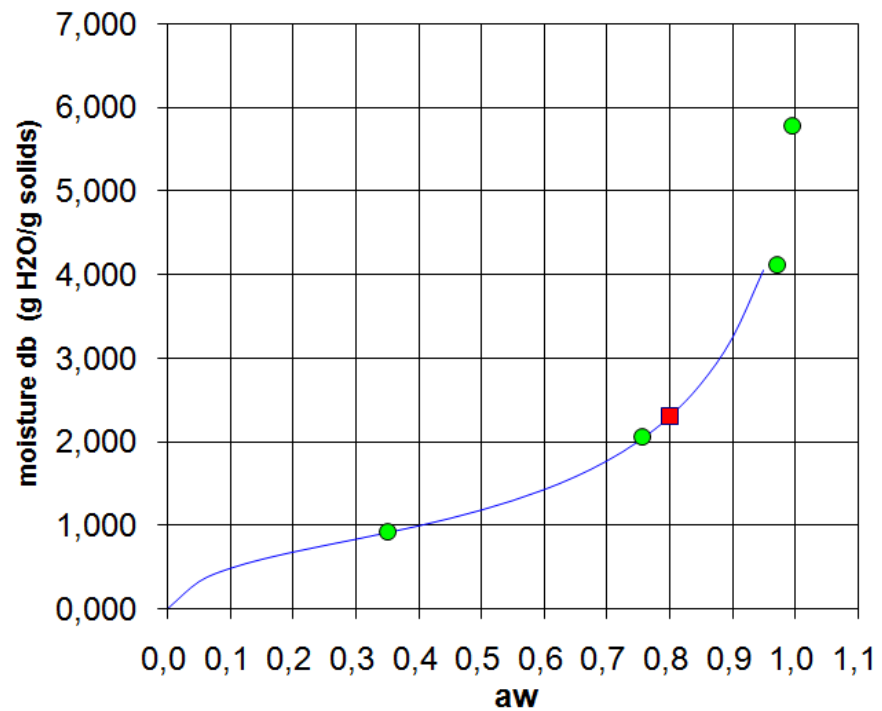
Para la determinación de la isoterma de sorción se utilizó el método isopiéstico que se basa específicamente en la determinación del contenido de humedad de la muestra después de alcanzar el equilibrio.

Se colocó sílica gel como medio deshidratante en los sistemas correspondientes los cuales fueron sellados de tal manera que se evitara el menor ingreso de humedad del ambiente. Los sistemas fueron colocados en una estufa a 100°C donde se retiró la muestra cada cierto tiempo y se determinó el contenido de humedad y actividad de agua con la balanza analítica KERN (Modelo: ALJ-220-4) y Humidímetro KERN (Modelo: M1850-30), respectivamente. Este proceso se repitió hasta que el producto alcanzara una actividad de agua de 0.6 aproximadamente. Posteriormente, la muestra juntamente con el sistema fue colocado en una Incubadora PRECISION (Modelo:

GSA) a 37°C por 72 horas, donde se midió actividad de agua y humedad final del producto.

Para determinar la tendencia de la isoterma se usó un programa llamado Water Analyzer tomando como referencia la ecuación de GAB la cual se muestra en la figura 2.2.

FIGURA 2.2
ISOTERMA DE SORCION



El valor de la monocapa de BET que se obtuvo de la gráfica fue igual a 0.7211 g H₂O/g ss.

2.4. Proceso de secado

2.4.1. Curvas de secado

Los datos del proceso de secado fueron obtenidos pesando periódicamente las muestras a intervalos de 5 minutos durante las dos primeras horas de secado y cada 10 minutos las tres horas siguientes y durante 15 minutos hasta el final del proceso de secado (peso constante) usando un secador de bandeja GUNT HAMBURG y una balanza digital KERN.

La humedad inicial del material fresco antes del proceso de secado fue determinada por el método de la lámpara infrarroja establecido por la norma AOAC 967.19 [8]. El contenido de humedad final de las muestras secas se determinó por medio de un balance. Los datos obtenidos

durante el proceso de secado del melloco se consignan en el Apéndice A.

Para obtener los valores de humedad en base seca, se considera que el peso de sólidos secos permanece constante durante el secado. Para el cálculo de las humedades libres que corresponden a cada una de las humedades en base seca determinadas experimentalmente, se empleó la siguiente ecuación:

$$x = x_t - x^* \quad (2.1)$$

Donde:

x = Humedad Libre

x_t = Humedad en Base Seca

x^* = Humedad en Equilibrio

Previamente, se determinó el valor de la monocapa usando la isoterma de sorción el cual era igual a 0,7211 g H₂O/g ss. Por otro lado, conocido el valor de la temperatura y humedad relativa del aire del ambiente se ingresó a la carta psicrométrica y de manera horizontal se determinó la humedad relativa que fue de 16% hasta la temperatura de

secado, y conocido este dato se ingresó a la grafica de la isoterma (a_w) y se determinó la humedad de equilibrio para el melloco que fue igual a 0,250 g H₂O/g ss. Los datos antes citados, se reportan en la tabla 9.

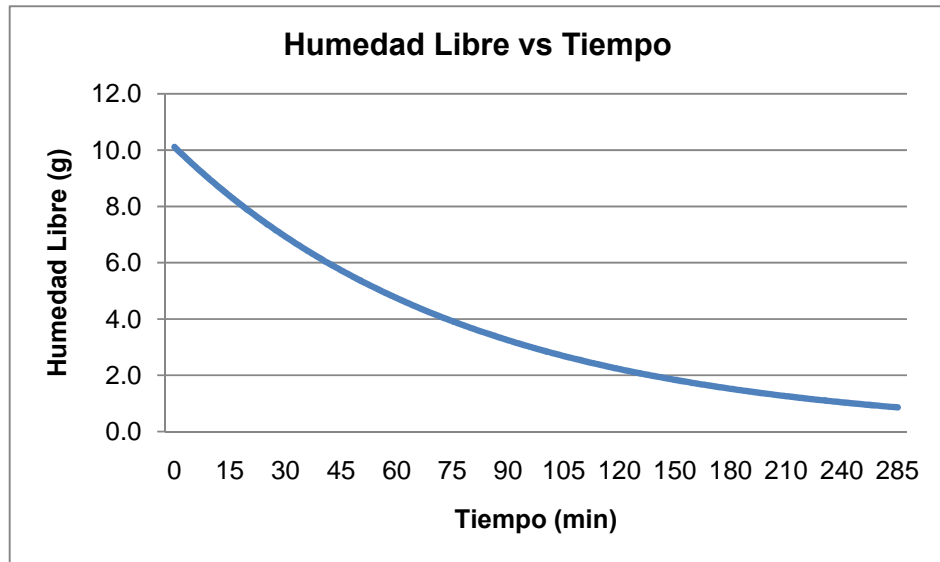
TABLA 9
PROCESO DE SECADO

Peso de Sólidos Secos (g)	1.577,5
Velocidad de Aire de Secado (m/s)	0,50
Temperatura Ambiente (°C)	29
Humedad Relativa Ambiente (%)	63
Humedad Relativa Equilibrio (%)	15
Humedad de equilibrio (g de agua/ g s.s.)	0,250

Elaborado por: Hugo Borja, Gabriela Quintana (2011)

Los valores de humedad libre en función del tiempo (min) se muestran en la figura 2.3

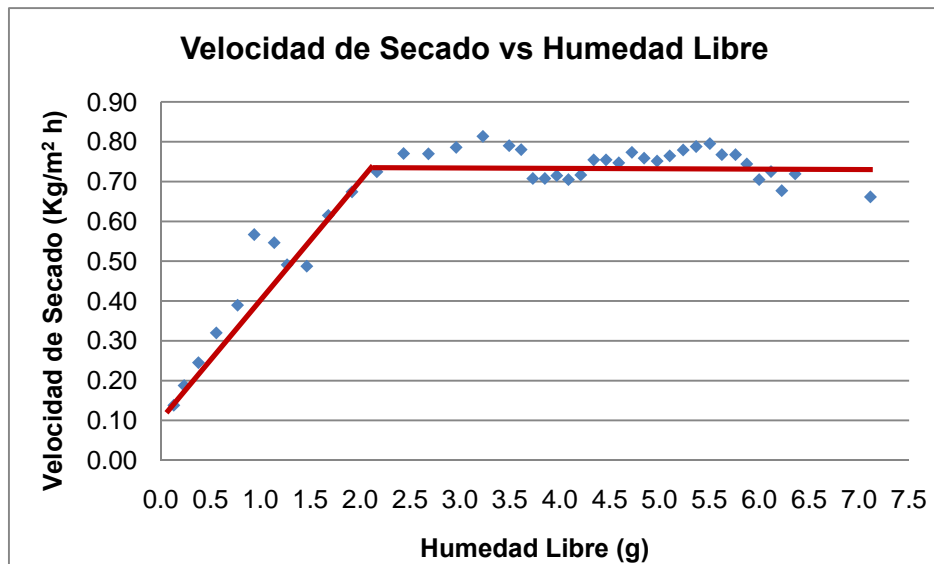
FIGURA 2.3



L

Luego, se determinó la velocidad de secado donde fue relacionado la cantidad de agua que se elimina durante un tiempo determinado en relación con el área definida. (Ver Apéndice B). En la figura 2.4 se representa la velocidad de secado en función de la humedad libre.

FIGURA 2.4



2.5. Caracterización de la harina

Características Físico-Químicas

A la harina obtenida después del proceso de secado se le determinó parámetros físico-químicos como: pH, acidez, humedad, cenizas, carbohidratos totales, proteínas y grasas, los cuales fueron obtenidos por métodos de la AOAC, de igual manera que la materia prima. Los resultados de los parámetros mencionados anteriormente son descritos en la tabla 10 que se muestra a continuación:

TABLA 10

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA HARINA DE MELLOCO

Características	Unidad	Resultado	Método
Carbohidratos	%	80.4 ± 0.20	AOAC 939.03
Proteínas	%	8.43 ± 0.05	AOAC 920.87
Grasas	%	1.23 ± 0.05	AOAC 923.05
Humedad	%	5.27 ± 0.03	AOAC 925.09
Cenizas	%	4.67 ± 0.03	AOAC 920.26

Elaborado por: Hugo Borja, Gabriela Quintana (2011)

CAPÍTULO 3

3. SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE *ULLUCUS TUBEROSUS*

3.1. Ingredientes

El pan es un producto perecedero que resulta de la cocción de una masa que consta generalmente de harina de trigo y otros ingredientes, como sal comestible, agua potable, azúcar y manteca; la misma que por acción de microorganismos es fermentada, específicamente por levaduras.

Para la elaboración suelen utilizarse dos tipos de levaduras: la masa madre, que es un fermentado con anterioridad y la levadura biológica procesada industrialmente.

También está permitido el empleo de otros ingredientes y aditivos, con diferentes efectos ya sea con el fin de un reemplazo o en busca de mejorar la calidad del producto. En este proyecto, se usó levadura industrial, ingredientes comunes en la elaboración de panes artesanales de sal; además mejorador y gluten, todo esto se decidió usar a medida que se desarrollaron los ensayos.

Harina de Trigo.-

La harina es el producto obtenido de la maduración del grano de trigo industrialmente puro, luego de una limpieza y molienda; su composición se muestra en la tabla 11.

TABLA 11

COMPOSICIÓN DE HARINA DE TRIGO. Súper 4

Composición	Porcentaje
Almidón	72.00 %
Azúcares	2.00 %
Gluten	11.40%
Grasas	1.30 %
Agua	12.20 %
Vitaminas y Minerales	1.10 %

Elaborado por: Hugo Borja, Gabriela Quintana (2011)

Almidón.-

La harina está constituida por cadenas de amilosa y amilopectina, en donde la amilopectina es la que le confiere la capacidad de retención de agua, por lo tanto, es la responsable del envejecimiento del pan. En la industria panificadora, el almidón se transforma en gas carbónico por acción de levaduras y en azúcares durante la digestión.

Agua.-

El agua permite obtener una buena masa, sin embargo su eficiencia está ligada a la cantidad de almidón presente en la

harina (por cada tres partes de almidón se absorbe una parte de agua). La función del agua en la elaboración del pan es la siguiente:

- Suavizar el gluten e inflar el almidón.
- Ayudar a la disolución de la sal y levadura.
- Permitir la caracterización de los glúcidos y participar en la formación de la corteza del pan.

Gluten.-

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

Azúcares.-

Los azúcares están presentes en pequeñas proporciones, pero son importantes en la fermentación de la masa ya que beneficia a la acción de la levadura, encargada de dicha función.

Materias grasas.-

Su presencia en las harinas es escasa, sin embargo valores elevados en el producto limitan la conservación del mismo y degradan el gluten.

Sal.-

La sal cumple muchas funciones en la elaboración del pan entre las cuales tenemos:

- Fortalece el gluten durante su formación, aporta fuerza y tenacidad.
- Aumenta la absorción por lo que contribuye con la fijación del agua al gluten.
- Inhibe la acción de las bacterias ácidas y reduce la acidez de la levadura por su propiedad antiséptica.
- Da gusto y sabor al pan.
- Favorece la formación de corteza más fina y crujiente además mejora el color.

Levadura.-

Según el Código Alimentario Español (7) la levadura es el producto obtenido por proliferación del *Saccharomyces cerevisiae* de fermentación alta en medios azucarados. Esta levadura es la encargada de la fermentación y durante el periodo que tarda cumple con funciones importantes en la masa, principalmente con la producción de CO₂. No obstante, lo funcional es que alcance un nivel elevado y constante de CO₂ durante la fermentación final. El éxito de sus funciones depende de:

- La relación existente entre la cantidad y calidad del gluten que posibilite la retención de gas carbónico durante el desarrollo de la fermentación y primeros minutos de la cocción.
- Las condiciones de proceso de la fermentación (Temperatura y humedad).

Mejorador.-

El mejorador empleado fue el MULTIPROPÓSITO SUPER-F (Fleischmann), está compuesto por materias primas seleccionadas de comprobada calidad y libre de bromato. Refuerza y mejora la estructura de las masas de panes enfundados, como

hamburguesa, hot-dog, cortado, sándwich, bollería, pan de molde, panes enriquecidos de sal y dulce y de corteza suave. Entre las principales funciones podemos citar:

- Mejora la calidad de la miga, presentando alveolos más parejos y pequeños.
- Hace a las masas más flexibles y fáciles de trabajar.
- Compensa las variaciones de calidad de las harinas.

3.2. Formulaciones

Las formulaciones se desarrollaron mediante varios ensayos experimentales para determinar las características de la masa óptima. Se utilizó como base la fórmula de un pan enrollado (7, 10), que determina los porcentajes exactos de cada ingrediente para este tipo de pan artesanal, como se muestra en la tabla 12.

TABLA 12

FÓRMULA PARA ELABORACIÓN DE PAN ENROLLADO

Ingredientes	% masa total
Harina de Trigo	100 %
Azúcar	8,00%
Sal	2,00%
Levadura	2,00%
Grasa	10,00%
Agua	44,50%
Huevo	5,00%

Elaborado por: Hugo Borja, Gabriela Quintana (2011)

Se realizaron diferentes pruebas reemplazando la harina de trigo por harina de melloco. En la primera prueba se reemplazó la harina de trigo en un 30% con respecto a la harina de melloco donde se obtuvo una mezcla pastosa imposible de utilizar para la obtención de pan, es decir, no se formó una homogeneidad en la masa.

En el segundo ensayo se reajustó la fórmula de la mezcla, disminuyendo la cantidad de harina de melloco. En esta ocasión se logró obtener una masa consistente, no leudó lo suficiente como ocurre en panes en los que se emplea 100% harina de trigo; sin

embargo, los resultados fueron más favorecedores. En general fue muy agradable, tanto en sabor, olor y color.

Se realizó una tercera prueba, con un nuevo cambio, sustituyendo el 10% con la harina obtenida. También, se realizó una prueba con reemplazo de 85% - 15%; en ambos los resultados fueron semejantes a los de la tercera prueba. En base a esto, se escogió el reemplazo de 80% - 20% puesto que la masa se formó y no tuvo problemas con sabores residuales ni olores fuertes.

Determinado el porcentaje de reemplazo a utilizar se realizaron nuevas pruebas para mejorar la textura y la miga del pan donde se añadió mejorador y gluten de trigo en la fórmula.

La tabla 13 muestra la composición final del pan con harina de melloco la cual se especifica a continuación.

TABLA 13

FÓRMULA PARA ELABORACIÓN DE PAN DE MELLOCO

Ingredientes	% masa total
Harina Trigo	80,00
Harina Melloco	20,00
Azúcar	8,00
Sal	2,00
Levadura	3,00
Grasa	10,00
Agua	45,00
Huevo	5,00
Mejorador	0,50
Gluten	1,00

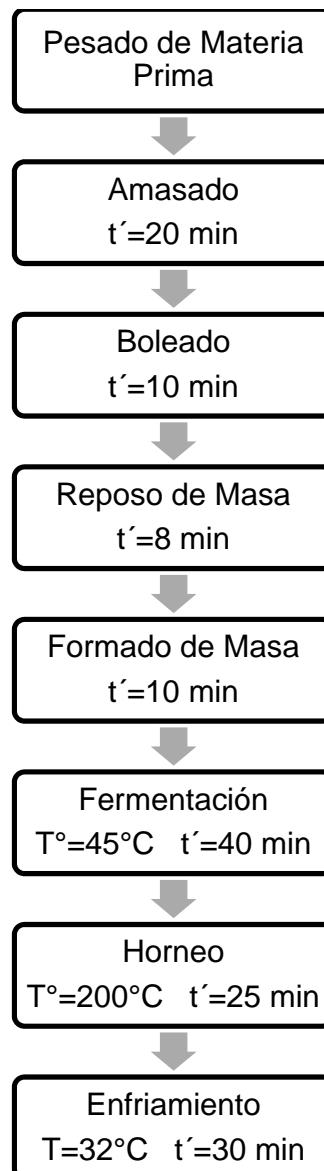
Elaborado por: Hugo Borja, Gabriela Quintana (2011)

La fórmula de la tabla 13 define los porcentajes de cada ingrediente empleado en los panes desarrollados tanto tradicional como el de melloco.

3.3. Proceso de Elaboración de pan

FIGURA 3.1

DIAGRAMA DE FLUJO DE ELABORACIÓN DE PAN ENROLLADO CON HARINA DE MELLOCO



3.4. Características físico-químicas y nutricionales

El pan de melloco que se obtuvo tenía olor y sabor agradable, donde no se sentía valor residual después de ser ingerido. El color era muy semejante a un pan integral el cual era muy bien visto por los consumidores. La textura final del pan era suave y esponjosa muy semejante al pan tradicional.

Las características nutricionales del pan de melloco se presenta en la tabla 14 la cual se muestra a continuación, donde se compara con el pan tradicional y se puede observar las semejanzas y diferencias que existen entre estos panes. (9) (Ver Apéndice C).

TABLA 14

CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES

Característica	Unidad	Pan Tradicional	Pan de Melloco
		100 g	100 g
Carbohidratos Totales	g	48	49
Proteínas	g	7	7
Grasas Totales	g	7	7
Agua	g	37	36
Energía	Kcal	250	251

Fuente: Instituto Nacional de Nutrición[9]. Elaborado por: Hugo Borja, Gabriela Quintana (2011)

3.5. Análisis Sensorial

La Evaluación sensorial es el análisis de los alimentos a través de los sentidos; es decir, se mide, analiza e interpreta las reacciones percibidas por los sentidos. Es la mejor herramienta para conocer el comportamiento del cliente frente a determinado alimento, en nuestro caso se realizaron tres masas con ciertas variantes: masa con reemplazo más gluten, masa con reemplazo más mejorador, masa con reemplazo más gluten y mejorador, las cuales fueron evaluadas con el método hedónico para encontrar diferencias.

Prueba Escala Hedónica.-

Objetivo: Determinar si existe diferencia significativa entre las muestras y los resultados de los jueces.

Muestras: Se presentaron 3 muestras rotuladas.

Jueces: Se evaluó con 30 panelistas no entrenados.

Hoja de respuestas: Se utilizó una escala para calificar a las muestras según preferencia. (Ver Apéndice D).

Para determinar los datos de la evaluación sensorial se utilizó el software MINITAB 16 y la interpretación de los resultados se presentan a continuación:

CALIFICACIÓN vs MUESTRAS

ANOVA unidireccional: Calificación vs. Muestras

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Muestras	2	57,622	28,811	38,27	0,000
Error	87	65,500	0,753		
Total	89	123,122			

$S = 0,867$ $R\text{-cuadrado} = 46,80\%$ $R\text{-cuadrado(ajustado)} = 45,58\%$

Con un valor p menor a 0.05 ($p=0.000$), existe evidencia estadística suficiente para rechazar H_0 a favor de H_a , es decir que la media de las muestras son diferentes.

Muestra	N	Media	Agrupación
281	30	5.6667	A
496	30	5.1333	A
537	30	3.7667	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. Usando la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% se pudo concluir que la muestra diferente es la 537.

Para comprobar si se satisface los requisitos del ANOVA (FACTOR MUESTRAS) ver Apéndice E.

CALIFICACIÓN VS JUECES

ANOVA unidireccional: Calificación vs. JUECES

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Jueces	28	30,29	1,08	0,71	0,838
Error	61	92,83	1,52		
Total	89	123,12			

S = 1,234 R-cuadrado = 24,60% R-cuadrado(ajustado) = 0,00%

Con un valor p mayor a 0.05 ($p=0,838$), existe evidencia estadística suficiente para no rechazar H_0 a favor de H_a , es decir la calificación de los jueces no difiere entre sí.

Para comprobar si se satisface los requisitos del ANOVA (FACTOR JUECES) ver Apéndice E.

3.5.1. Textura

Se elaboraron 10 muestras de panes de melloco y 10 de panes tradicionales basándose en la misma fórmula tomando como variante solamente el 20% de reemplazo de harina de melloco por tradicional. Para determinar la textura del pan de melloco y pan tradicional se utilizó el texturómetro BROOKFIELD (Modelo: M1850-30). Las condiciones se muestran en la tabla 15.

TABLA 15
MEDICIÓN DE LA TEXTURA EN PANES

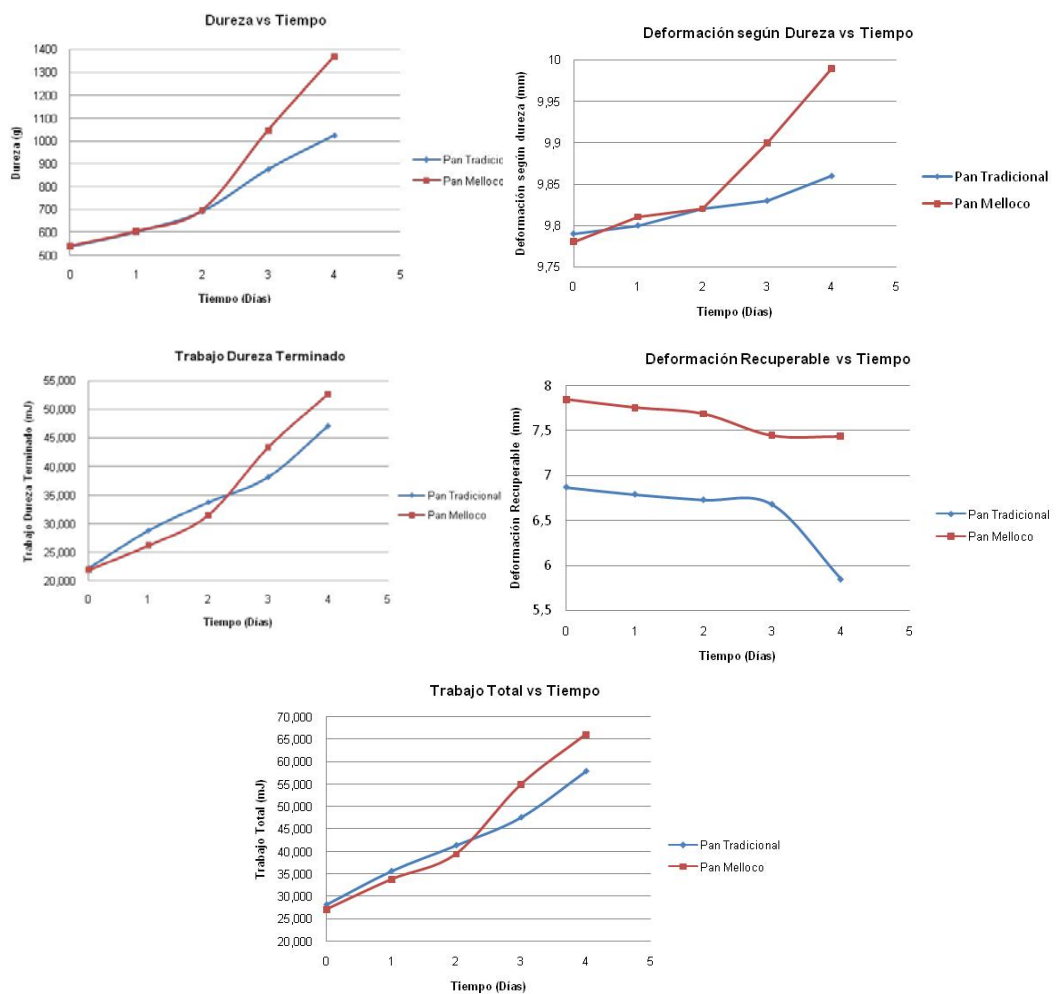
Parámetro	Descripción
Sonda	TA 3/100 (38.1 mm D, 20 mm L, Clear Acrylic)
Valor Meta	10 mm
Tiempo	2 s
Tipo de Objetivo	Distancia
Velocidad de Test	0.50 m/s
Carga	5.00 g

Elaborado por: Hugo Borja, Gabriela Quintana (2011)

Las características medidas fueron: dureza, deformación según dureza, trabajo dureza terminado, deformación recuperable y trabajo total, donde los resultados obtenidos se resumen en la figura 3.2 en la cual se confronta el comportamiento de ambos panes.

FIGURA 3.2

TEXTURA DE PANES



3.6. Estabilidad del Pan

La estabilidad del pan se evaluó por la textura, lo cual se comprueba con los resultados de las mediciones que se detallan en la figura 3.2.

La textura se ve influenciada por la retrogradación del almidón, este polisacárido está compuesto por amilosa y amilopectina, donde este último cambia su estructura por la saturación de moléculas de agua, razón por la cual cambia su estado de amorfo a vítreo.

La retrogradación está directamente relacionada con el envejecimiento del pan ya que durante la cocción del pan parte de la amilosa se difunde fuera del gránulo y retrograda en el momento del enfriamiento, por lo cual los restos de gránulos ahora son ricos en amilopectina que son los más vulnerables a la retrogradación.

En el pan fresco, el polímero tiene todas sus ramificaciones extendidas mientras que en el pan duro, están retrogradadas, unidas entre sí y sin el agua original.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El melloco es un tubérculo con una elevada humedad y alto contenido de carbohidratos, donde se determinó la humedad en base seca y actividad de agua igual a 8,0090 g H₂O/g ss y 0,999 respectivamente, haciendo muy prolongado el proceso de secado (8 horas) lo cual origina un alto consumo energético. La harina obtenida tuvo una humedad en base seca igual a 0,0556 g H₂O/g ss y actividad de agua de 0,403 lo que nos indica que el producto obtenido no es muy estable.
2. Para la elaboración de pan de melloco, en la formulación base se sustituyó en un 20% la harina de trigo por harina de melloco. No obstante, hubo la necesidad de aplicar aditivos que mejoren la miga

del pan obteniéndose una mayor aceptación ($p < 0,05$) en la formulación que se utilizó mejorador al 0,5% más gluten al 1%.

3. El envejecimiento del pan está directamente relacionado a la retrogradación de los almidones. Sin embargo, se comprobó que la sustitución de harina de trigo por harina de melloco no prolonga la estabilidad del mismo, ya que comparando la textura del pan de melloco con el pan tradicional, el primero sufrió un endurecimiento acelerado al tercer día imposibilitando su consumo. Esto se debe a una aceleración de la retrogradación del almidón proporcionado por la harina de melloco.

4. La elaboración de pan a base de harina de melloco no es un alimento con mucha factibilidad. La obtención de harina de melloco es un proceso prolongado por el elevado contenido de humedad lo cual hace que este proceso requiera un alto costo de producción. La estabilidad del pan desarrollado fue menor a la de un tradicional por su actividad de agua elevada (0,403) ya que al ser mayor esto provoca gran disponibilidad para reaccionar acelerando el endurecimiento del pan.

APÉNDICE A

SECADO DE MELLOCO

Tiempo		HR (%)	T (°C)	Peso (g)	Peso (Kg)
Horas	min				
1	0	32,1	39	4180	4,18
	5	31,2	39,6	4026	4,03
	10	31,4	39,3	3998,7	4,00
	15	30,9	39,8	3976,7	3,98
	20	26,3	43,1	3952,3	3,95
	25	26,3	43	3927	3,93
	30	22,5	46,2	3904	3,90
	35	20,2	48,8	3876	3,88
	40	20,7	48,8	3851,4	3,85
	45	20,5	48,7	3823,4	3,82
	50	20,4	49	3796,9	3,80
	55	20,9	48,4	3769,4	3,77
	60	21,2	48,2	3743,5	3,74
	2	65	21,2	48,1	3717
70		20,6	48,6	3692	3,69
75		21,3	48	3665	3,67
80		19,8	49,6	3639	3,64
85		20,4	49	3613,8	3,61
90		21,3	48,2	3587,3	3,59
95		20,7	49,2	3562,1	3,56

	100	20,7	49,6	3538,2	3,54
2	105	21,4	48,8	3513,8	3,51
	110	22,3	48	3489,2	3,49
	115	21,4	48,8	3465,3	3,47
	120	22,5	47,9	3440,7	3,44
3	130	15,2	57,4	3387	3,39
	140	14	60,2	3332,4	3,33
	150	13,7	60,6	3275,5	3,28
	160	14,6	58,7	3224,7	3,22
	170	14	59,8	3170	3,17
	180	13,3	61,2	3119,1	3,12
4	190	14,2	59,5	3070,7	3,07
	200	13,8	60	3026,7	3,03
	210	13	61,3	2986,4	2,99
	220	18,8	51,5	2959,9	2,96
	230	17	53,8	2919,1	2,92
	240	18,3	52,2	2885	2,89
5	255	15,9	55,7	2841,4	2,84
	270	17,1	53,7	2804,9	2,80
	285	16,8	54	2775,6	2,78
	300	18	52,4	2754,5	2,75
6	315	17,4	53,3	2737	2,74
	330	17,9	52,9	2726,1	2,73
	345	18,3	51,4	2719,5	2,72
	360	18,2	52,2	2712,8	2,71

APÉNDICE B

CURVAS DE SECADO

Tiempo		Peso (Kg)	Ws (Kg)	H ₂ O db	X	X MEDIA	Δ X MEDIA	Δt (h)	Velocidad de Secado
Horas	min								
1	0	4,18	0,2	7,4	7,1	6,7	0,4	0,083	0,66
	5	4,03	0,2	6,6	6,4	6,3	0,1	0,083	0,72
	10	4,00	0,2	6,5	6,2	6,2	0,1	0,083	0,68
	15	3,98	0,2	6,4	6,1	6,1	0,1	0,083	0,73
	20	3,95	0,2	6,2	6,0	5,9	0,1	0,083	0,70
	25	3,93	0,2	6,1	5,9	5,8	0,1	0,083	0,74
	30	3,90	0,2	6,0	5,8	5,7	0,1	0,083	0,77
	35	3,88	0,2	5,9	5,6	5,6	0,1	0,083	0,77
	40	3,85	0,2	5,8	5,5	5,4	0,1	0,083	0,80
	45	3,82	0,2	5,6	5,4	5,3	0,1	0,083	0,79
	50	3,80	0,2	5,5	5,2	5,2	0,1	0,083	0,78
	55	3,77	0,2	5,4	5,1	5,0	0,1	0,083	0,76
	60	3,74	0,2	5,2	5,0	4,9	0,1	0,083	0,75
2	65	3,72	0,2	5,1	4,8	4,8	0,1	0,083	0,76
	70	3,69	0,2	5,0	4,7	4,7	0,1	0,083	0,77
	75	3,67	0,2	4,8	4,6	4,5	0,1	0,083	0,75
	80	3,64	0,2	4,7	4,5	4,4	0,1	0,083	0,75
	85	3,61	0,2	4,6	4,3	4,3	0,1	0,083	0,75
	90	3,59	0,2	4,5	4,2	4,1	0,1	0,083	0,72
	95	3,56	0,2	4,3	4,1	4,0	0,1	0,083	0,70
	100	3,54	0,2	4,2	4,0	3,9	0,1	0,083	0,71

2	105	3,51	0,2	4,1	3,8	3,8	0,1	0,083	0,71
	110	3,49	0,2	4,0	3,7	3,7	0,1	0,083	0,71
	115	3,47	0,2	3,9	3,6	3,6	0,2	0,083	0,78
	120	3,44	0,2	3,7	3,5	3,4	0,3	0,167	0,79
3	130	3,39	0,2	3,5	3,2	3,1	0,3	0,167	0,81
	140	3,33	0,2	3,2	3,0	2,8	0,3	0,167	0,79
	150	3,28	0,2	2,9	2,7	2,6	0,3	0,167	0,77
	160	3,22	0,2	2,7	2,4	2,3	0,3	0,167	0,77
	170	3,17	0,2	2,4	2,2	2,0	0,2	0,167	0,72
	180	3,12	0,2	2,2	1,9	1,8	0,2	0,167	0,67
4	190	3,07	0,2	1,9	1,7	1,6	0,2	0,167	0,61
	200	3,03	0,2	1,7	1,5	1,4	0,2	0,167	0,49
	210	2,99	0,2	1,5	1,3	1,2	0,2	0,167	0,49
	220	2,96	0,2	1,4	1,1	1,0	0,2	0,167	0,55
	230	2,92	0,2	1,2	0,9	0,9	0,2	0,167	0,57
	240	2,89	0,2	1,0	0,8	0,7	0,2	0,250	0,39
5	255	2,84	0,2	0,8	0,6	0,5	0,2	0,250	0,32
	270	2,80	0,2	0,6	0,4	0,3	0,1	0,250	0,25
	285	2,78	0,2	0,5	0,2	0,2	0,1	0,250	0,19
	300	2,75	0,2	0,4	0,1	0,1	0,1	0,250	0,14
6	315	2,74	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,250	0,09
	330	2,73	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,250	0,06

APÉNDICE C

BALANCE NUTRICIONAL DE PAN DE MELLOCO

INGREDIENTE	Masa 100g	CARBOHIDRATOS TOTALES		PROTEÍNAS		GRASAS TOTAL		AGUA	
		Tabla	Fórmula	Tabla	Fórmula	Tabla	Fórmula	Tabla	Fórmula
Harina de Trigo	45,58	74,10	33,78	11,40	5,20	2,30	1,05	13,30	6,06
Harina de Melloco	11,40	80,40	9,16	8,43	0,96	1,23	0,14	5,27	0,60
Azúcar	4,56	99,70	4,54	0,00	0,00	0,20	0,01	0,00	0,00
Sal	1,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00
Grasa Vegetal	5,70	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	5,70	0,00	0,00
Huevo	2,85	2,40	0,07	12,00	0,34	10,70	0,30	73,70	2,10
Levadura	1,71	13,00	0,22	14,00	0,24	1,00	0,02	72,00	1,23
Gluten de Trigo	1,10	1,50	0,02	84,50	0,93	2,00	0,02	10,00	0,11
Agua	27,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	27,07
TOTAL 100 g	101,10		47,55		6,50		7,20		37,17
Kcal /Componente			190,21		26,00		28,80		
Kcal Totales									245

APÉNDICE D

HOJA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Prueba de Referencia: Escala Hedónica

Nombre: _____ **Fecha:** _____

Ud. ha recibido 3 muestras codificadas. Pruebe cada muestra y califique en la escala de acuerdo a su preferencia. Ponga una **X** en el casillero que corresponda.

Me gusta mucho
Me gusta poco
Me gusta moderadamente
Ni me gusta ni me disgusta
Me disgusta
Me disgusta poco
Me disgusta mucho

281	537	496

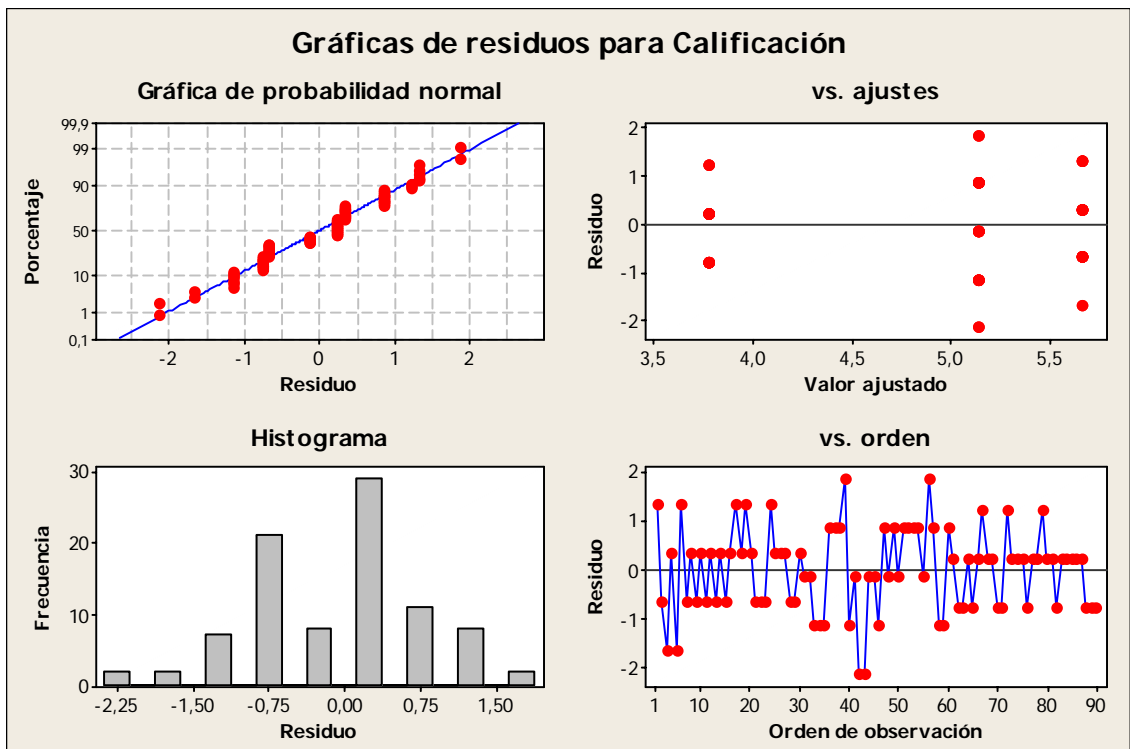
Comentarios.-

Muchas gracias por su colaboración!!!

APÉNDICE E

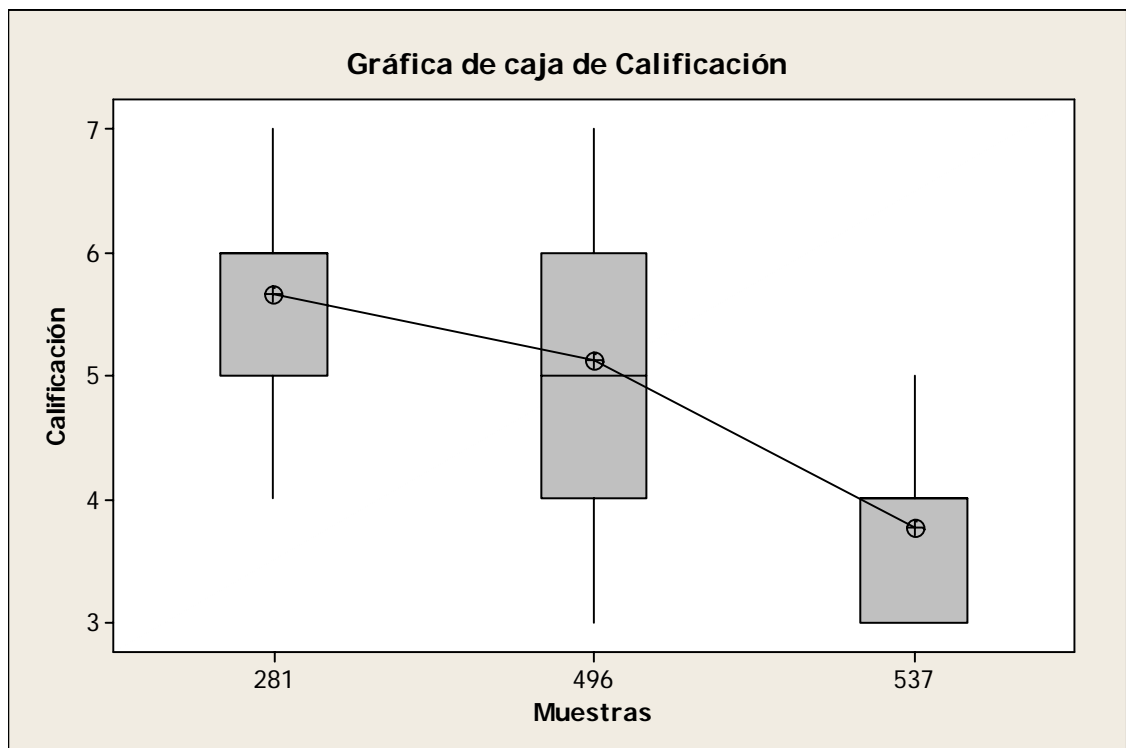
COMPROBACIÓN DE LOS REQUISITOS DE LA ANOVA

FACTOR MUESTRAS



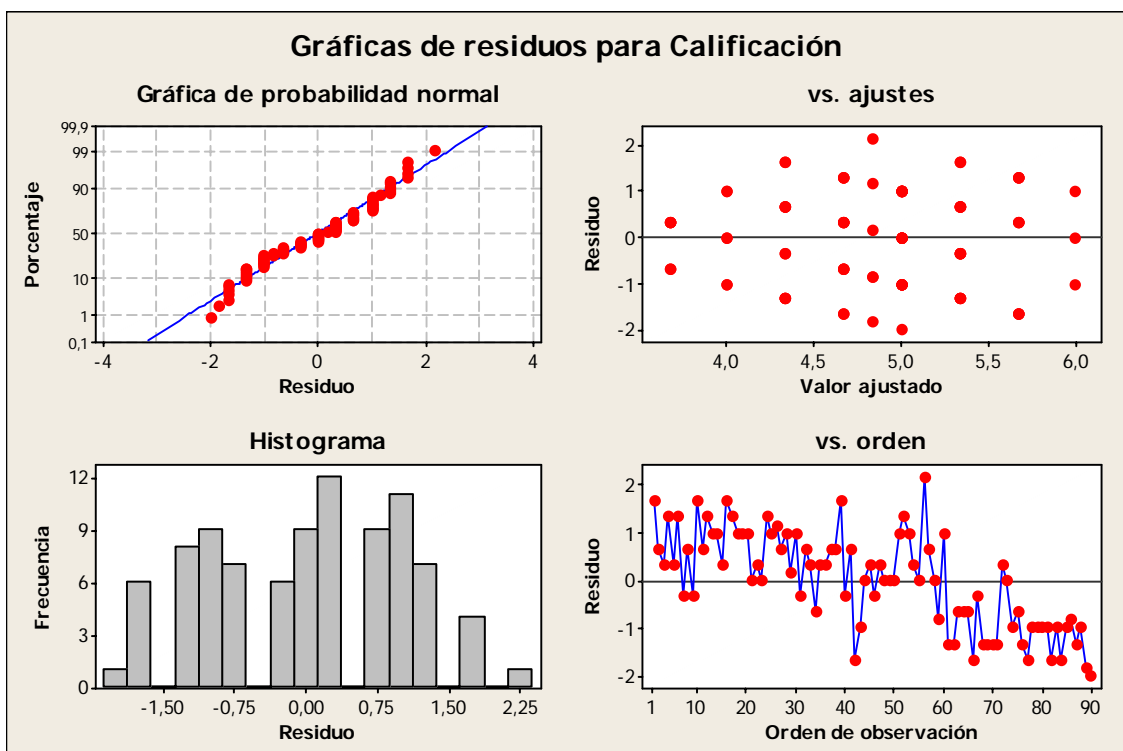
El gráfico superior izquierdo indica que sí existe normalidad en el error, así mismo el gráfico superior derecho muestra que hay homogeneidad en la varianza y por último, el gráfico inferior derecho comprueba la independencia de los datos, por lo que estos sí cumplen con los requisitos para ANOVA.

GRÁFICA DE CAJA DE MUESTRAS



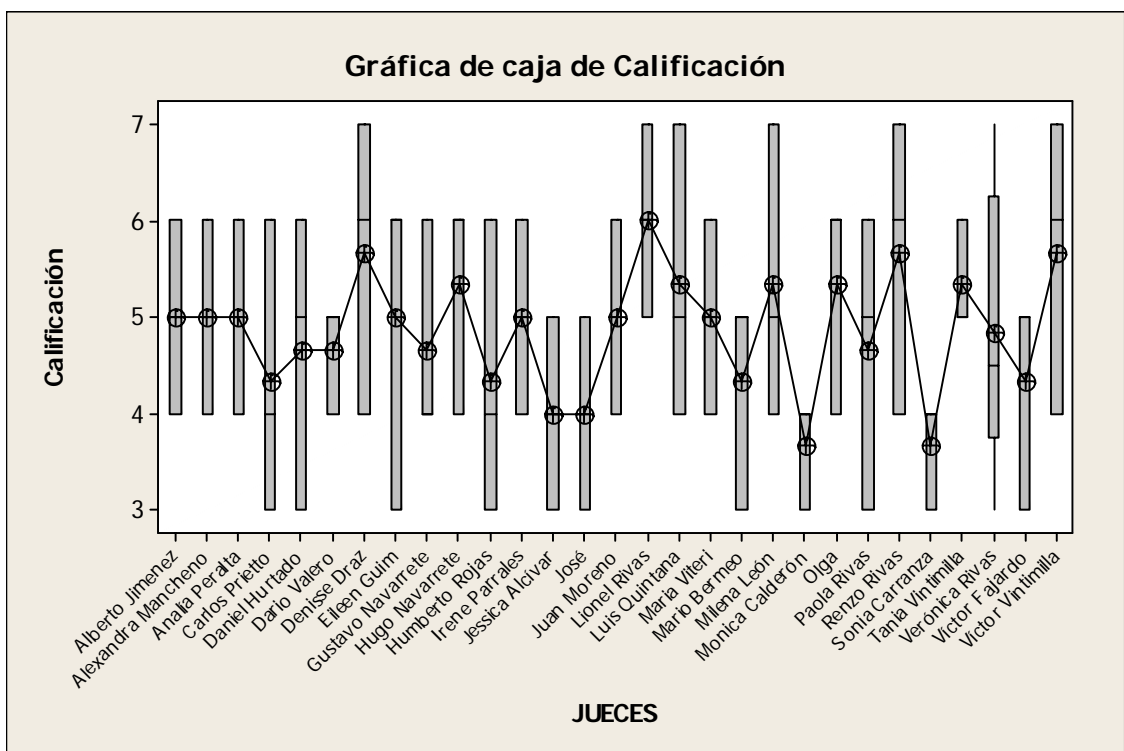
Las muestras 281 y 496 no son significativamente diferentes, la muestra 537 es significativamente diferente.

FACTOR JUECES



El gráfico superior izquierdo nos indica que sí existe normalidad en el error, así mismo el gráfico superior derecho muestra que hay homogeneidad en la varianza y por último, el gráfico inferior derecho comprueba la independencia de los datos, por lo que estos sí cumplen con los requisitos para ANOVA.

GRÁFICA DE CAJAS DE JUECES



La calificación de los jueces no es significativamente diferente entre sí.

BIBLIOGRAFÍA

1. VIMOS, CARLOS; CARLOS NIETO; MARCO RIVERA. *El melloco: Características, técnicas de cultivo y potencial en Ecuador. Archivo Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)*. Publicación Miscelánea N. 60. Estación Experimental "Santa Catalina". Ecuador. 1993. Páginas: 4 – 20.
2. SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROPECUARIA DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA DEL ECUADOR (SICA). *Tubérculos y raíces. Estadísticas Agropecuarias. El melloco*.
3. ESPINOSA, PATRICIO; ROCÍO VACA; JORGE ABAD; CHARLES C. CRISSMAN. *Raíces y Tubérculos Andinos. Cultivos Marginados Del Ecuador*. Ediciones ABYA-YALA. Quito – Ecuador. 1996. Páginas: 21 – 28.

4. DIVERSIDAD DE TUBÉRCULOS ANDINOS EN EL ECUADOR.
Descripción de especies. Ullucus tuberosus. Disponible en:
<http://www.joethejuggler.com/Funbotanica/10tubers.html>

5. UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS DE PUEBLA (UDLAP). *El efecto de la temperatura de operación sobre el proceso de secado en un lecho fluidizado a vacío empleando vapor sobrecalentado para diferentes tipos de partículas.* Capítulo 5. Proceso de Secado. Puebla – México, 2004.

6. BARBOZA G; VEGA H. *Deshidratación de Alimentos.* Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España. 2000. Páginas: 27- 35, 130 – 135.

7. CALAVERAS, JESÚS. *Tratado de Panificación y Bollería.* AMV Ediciones. Primera Edición. Madrid – España. 1996. Páginas: 43, 44, 53 – 55, 119, 151, 152, 165, 369, 370.

8. ASSOCIATION OF OFICIAL ANALYTICAL CHEMIST (AOAC). *Official Methods of Analysis.* 18^{va} Edición. 2005. Disponible en:
www.eoma.aoac.org/methods/

9. INSTITUTO NACIONAL DE NUTRICION. *Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos*. Quito – Ecuador. Páginas: 5, 19, 21.

10. QUAGLIA, GIOVANNI. *Ciencia y Tecnología de la Panificación*. Editorial Acribia S.A. Segunda Edición. Zaragoza – España. Páginas: 116, 121, 239-251.

11. ANDALZÚA – MORALES, ANTONIO. *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España. 1994. Páginas: 70 – 74, 85 – 87, 134, 163 – 167.