ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"Desarrollo de sopa instantánea a partir de Harina de Melloco Ullucus Tuberosus"

INFORME DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERA DE ALIMENTOS

Presentada por:

Marjorie Vanessa Velásquez Figueroa

GUAYAQUIL – ECUADOR

2011

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por siempre tenerme bajo su manto y protección. A la Ing. Fabiola Cornejo, directora de tesis, por su invaluable ayuda, a la Ing. Grace Vásquez por su apoyo constante en la realización de este proyecto y por siempre confiar en mí, al Ingeniero Freddy Chávez por su apoyo en el laboratorio de termofluidos.

A mis profesores: Ing. Luis Miranda, Ing. Priscila Castillo, Ing. Sandra Acosta, Ing. Karín Coello, Ing. Mariela Reyes, Ing. Nelson Cevallos, Ing. Patricio Cáceres, MSc. María Fernanda Morales; porque aprendí mucho de cada uno de ustedes.

A mis amigas, amigos.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres: Alberto Velásquez, mi pilar, mi ejemplo a seguir, siempre apoyándome y guiándome por el camino correcto; y Blanca Figueroa, mi ejemplo de perseverancia, siempre aconsejándome y empujándome para alcanzar mis metas.

A mis hermanos: Carlos, que es como si fuera el hermano mayor y me ha apoyado cuando lo he necesitado; a Estefania, que siempre ha tenido una palabra de aliento en todo momento; a Verito, que ha estado conmigo para todo, en las buenas y en las malas, apoyándome aun cuando no se lo pedía. A Nery y a Yelito, por ayudarme siempre. A mi Tin, que es el perrito más educado del mundo.

A mi amor Richard Landi, que desde que apareció en mi vida, solo me ha traído felicidad, siempre ha estado apoyándome incondicionalmente en todo.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Gustavo Guerrero M.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Fabiola Cornejo Z.
DIRECTORA DE TESIS

Ing. Grace Vásquez V.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

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

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

_____

Marjorie V. Velásquez Figueroa.

RESUMEN

El principal objetivo de este trabajo fue elaborar una sopa instantánea a base de harina de melloco, el cual es una materia prima con un elevado contenido de agua, además de ser rica en carbohidratos y algunos minerales como: fósforo, potasio, magnesio, sodio y calcio; a la cual se le añadieron otros componentes para obtener una sopa con mayor contenido nutritivo.

En la primera parte del proyecto se realizó la caracterización de la materia prima, dándole así un perfil de requerimientos para obtener un producto de óptima calidad. Se realizó el respectivo análisis de color para determinar el grado de madurez al cual debe de ser secado el producto, además de otros análisis físicos y químicos (humedad, actividad de agua, cenizas, proteínas, lípidos y carbohidratos). Por medio del método isopiéstico e ingresando los parámetros en el programa Water Analyzer, se obtuvo la isoterma de la materia prima, la cual es fundamental para la obtención de la humedad de equilibrio de la misma.

Luego de la caracterización, la cual determinó los parámetros óptimos de la materia prima; se procedió a realizar el secado de la misma bajo condiciones controladas de velocidad del aire, humedad y temperatura.

Una vez obtenida la harina se procedió a realizar distintas formulaciones, las cuales fueron debidamente equilibradas; para luego, por medio de la evaluación sensorial con jueces no entrenados, realizar el respectivo análisis de varianza para determinar si la disminución de la cantidad de leche en la formulación incidió o no en las características sensoriales de la misma.

Finalmente, se evaluó la permeabilidad del empaque bajo condiciones de almacenamiento en la ciudad de Guayaquil, junto con el análisis de estabilidad el mismo que indicó la humedad máxima a la cual podía ser sometida la sopa de melloco sin presentar alteraciones organolépticas; de esta manera, se obtuvo la permeabilidad máxima que debe tener el empaque para que el tiempo de vida útil del producto sea de aproximadamente 8 meses.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN I

ÍNDICE GENERAL III

ABREVIATURAS VI

SIMBOLOGÍA VII

ÍNDICE DE FIGURAS VIII

ÍNDICE DE TABLAS IX

ÍNDICE DE PLANOS XI

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO 1

1 GENERALIDADES 2

1.1 Materia Prima 2

1.1.1 Cultivos y disponibilidad 3

1.1.2 Composición química y Valor nutricional 4

1.2 Proceso de Secado 8

1.3 Sopas Instantáneas 9

1.3.1 Tipos y características 10

1.3.2 Proceso de elaboración 11

1.4 Principales alteraciones..... 12

1.5 Rehidratación de Polvos..... 13

1.5.1 Medios de rehidratación..... 13

1.5.2 Factores que influyen en la rehidratación 14

1.5.3 Factores extrínsecos del proceso de rehidratación..... 15

1.5.4 Factores intrínsecos del proceso de rehidratación..... 17

CAPÍTULO 2

2 PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA HARINA 20

2.1 Características de materia prima..... 20

2.2 Metodología de trabajo..... 21

2.2.1 Ensayos Físico – Químicos..... 24

2.2.2 Secado..... 24

2.3 Isotermas de absorción 28

2.4 Proceso de secado..... 29

2.4.1 Curvas de secado 32

2.5 Caracterización de la harina..... 35

CAPÍTULO 3

3 OBTENCIÓN DE SOPAS INSTANTÁNEAS A BASE DE HARINA DE MELLOCO..... 37

3.1 Ingredientes..... 37

3.2 Formulaciones 39

3.2.1 Evaluación sensorial 40

3.2.2 Aporte nutricional y energético 41

3.2.3 Rehidratación 42

3.3 Estabilidad 43

3.3.1 Determinación de la Humedad Crítica 43

3.3.2 Elaboración de Isoterma del producto terminado 45

3.4 Cálculos de Permeabilidad al vapor de agua en empaque 47

CAPÍTULO 4

4 CONCLUSIONES, OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES 51

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

Aw	Actividad de agua
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
FIMCP	Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción
cm	Centímetros
Ec.	Ecuación
Exp.	Experimento
F	Factor
Fr	Factor residual
Fv	Factor de la variable
g	Gramos
h	Horas
Kcal	Kilocalorías
Kg	Kilogramos
m	Metros
mm	Milímetros
min	Minutos
Rc	Velocidad de secado
s	Segundos
s.s	Sólidos secos

SIMBOLOGÍA

A	Área
GL_J	Grados de libertad de los jueces
GL_V	Grados de libertad de la variable
H_2O	Agua
n	Número de jueces
X	Humedad libre
X_t	Humedad en base seca
X^*	Humedad de Equilibrio
Δt	Diferencial de tiempo
ΔX	Diferencial de humedad libre
m_E	Niveles de la variable bajo estudio
%	Porcentaje

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

FIGURA 1: REHIDRATACIÓN DE UN ALIMENTO 14

FIGURA 2: DIAGRAMA DEL PROCESO DE SECADO DEL MELLOCO 27

FIGURA 3: SISTEMA DE SÍLICA GEL CON MELLOCO 28

FIGURA 4: ISOTERMA DE ABSORCIÓN DEL MELLOCO 29

FIGURA 5: SECADOR DE BANDEJA 30

FIGURA 6: GRÁFICA DE HUMEDAD LIBRE Vs TIEMPO 34

FIGURA 7: GRÁFICA DE LA CURVA DE VELOCIDAD DE SECADO 34

FIGURA 8: DIAGRAMA DE FLUJO DE ELABORACIÓN DE SOPA DE MELLOCO 38

FIGURA 9: SISTEMAS PARA ELABORACIÓN DE ISOTERMA DE PRODUCTO FINAL 46

FIGURA 10: ISOTERMA DE DESORCIÓN DE PRODUCTO TERMINADO 47

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

TABLA 1: COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MELLOCO 4

TABLA 2: PRINCIPALES CARBOHIDRATOS EN EL MELLOCO 5

TABLA 3: CONTENIDO DE AMILOSA Y AMILOPECTINA EN MELLOCO 6

TABLA 4: CONTENIDO DE MACROELEMENTOS EN EL MELLOCO 7

TABLA 5: CONTENIDO DE MICRO ELEMENTOS EN EL MELLOCO..... 8

TABLA 6: CARACTERIZACIÓN DEL MELLOCO 21

TABLA 7: GRADO DE MADUREZ DEL MELLOCO 22

TABLA 8: VARIACIÓN DEL ESTADO FISIOLÓGICO DEL MELLOCO..... 23

TABLA 9: CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL MELLOCO 24

TABLA 10: PARÁMETROS DEL PROCESO DE SECADO..... 31

TABLA 11: CARACTERÍSTICAS DE LAS BANDEJAS..... 32

TABLA 12: ANÁLISIS QUÍMICO DE LA HARINA DE MELLOCO..... 35

TABLA 13: ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍA DE LA HARINA DE MELLOCO

..... 36

TABLA 14: FORMULACIÓN DE LA SOPA DE MELLOCO..... 39

TABLA 15: DATOS DE ANÁLISIS DE VARIANZA 40

TABLA 16: RESULTADO DE ANÁLISIS DE VARIANZA..... 41

TABLA 17: ANÁLISIS NUTRICIONAL DE LA SOPA DE MELLOCO 42

TABLA 18: REHIDRATACIÓN DE LA HARINA DE MELLOCO 43

TABLA 19: RESULTADOS DE MUESTRAS PARA EXPERIMENTO DE HUMEDAD CRÍTICA 44

TABLA 20: CONTENIDO DE HUMEDAD EN BASE SECA 49

TABLA 21: DATOS PARA CÁLCULO DE TIEMPO DE VIDA ÚTIL DE LA SOPA 50

ÍNDICE DE PLANOS

Pág.

PLANO 1: UBICACIÓN DEL LABORATORIO DE TERMOFLUIDOS 30

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la alimentación de las personas se ve afectada por el consumo de alimentos que no proveen cantidades adecuadas de nutrientes. Esto es como consecuencia de la vida moderna que no dispone de tiempo suficiente para preparar los alimentos, lo que ha conducido a un hábito y a un consumo de productos denominados “comida rápida”; por lo tanto, es importante ingresar al mercado productos que sean de fácil preparación y que aporten con la cantidad de nutrientes que el organismo necesita, con lo que se logrará mejorar el nivel nutricional del consumidor.

Esta tesis se basa en obtener un producto seco, el cual deberá contener un máximo valor nutricional posible de la materia prima seleccionada y logre ser rehidratado en poco tiempo para su preparación y consumo inmediato. Por este motivo, se ha seleccionado un alimento tradicional como es la sopa y una materia prima de consumo en todas las clases sociales a nivel nacional como lo es el melloco; tratando de ofrecer un producto final de buen sabor, de fácil preparación y de consumo masivo. Hoy en día, el consumo de estos productos se ha visto en aumento y el mercado abre sus puertas a estos, ya que la demanda sigue creciendo con alimentos de preparación fácil y rápida como lo es una sopa deshidratada, que será un producto de la percha a la mesa con pocos minutos de cocción y a un bajo costo.

CAPÍTULO 1

1 GENERALIDADES

El melloco es el segundo tubérculo de mayor importancia en el Ecuador. Crece anualmente en la zona Andina, la cual abarca desde Venezuela hasta Chile. (18). En esta tesis se utilizó el género *Ullucus Tuberosus* debido a que es el más cultivado en el Ecuador y posee un bajo costo de producción; además es rico en nutrientes y aporta con un elevado índice de proteínas, carbohidratos y fósforo. (18, 5)

1.1 Materia Prima

La planta puede ser compacta o rastrera y tiene una altura aproximada de 30 a 80 cm. (18). Su hoja es de forma acorazonada plana y cuando la planta llega a su madurez, la hoja adquiere una

forma cóncava. El fruto puede tener distintas formas y colores, los cuales dependen de su especie. El tubérculo está formado de parénquima con alto contenido de agua y almidón. (8)

1.1.1 Cultivos y disponibilidad

La producción del género Ullucus Tuberosus, se encuentra en la zona norte de la Sierra Ecuatoriana en las ciudades de San Gabriel y Cristóbal Colón en la provincia del Carchi. (5) Esta zona es privilegiada con un suelo rico en materia orgánica y en alta capacidad de retención de agua; además de ser una zona con niveles elevados de precipitaciones. (8)

El melloco se encuentra en proceso de expansión agrícola, debido a su demanda en la gastronomía ecuatoriana; así como por su resistencia a bajas temperaturas, soporta la sequía; además de la poca necesidad del uso de pesticidas, aunque es vulnerable a infecciones virales. (18)

Crece desde el nivel del mar hasta los 3000 metros, desarrollándose casi en toda Sudamérica, especialmente en las regiones Andinas. Tiene un período de cultivo que varía de 5 a 8 meses, dependiendo de las variedades; y en las

zonas más altas llega a desarrollarse hasta los 9 meses. La producción promedio está entre las 5 y 9 toneladas por hectárea y el tubérculo puede ser almacenado durante varios meses en la sombra sin mucho riesgo a un deterioro acelerado. (5)

1.1.2 Composición química y Valor nutricional

En la TABLA 1 se puede observar la composición química del melloco, entre las cuales se destaca su alto contenido de humedad, por lo que se debe considerar un pretratamiento al secado para eliminar el agua en exceso.

TABLA 1: COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MELLOCO

(Datos expresados base seca – muestra entera)

Compuesto	Cantidad	Unidad
Humedad	84.34	%
Carbohidratos Totales	12.55	%
Proteína	1.58	%
Cenizas	0.93	%
Fibra	0.41	%
Extracto etéreo	0.19	%

Fuente: Barrera, Et al; 2004. (2).

Debido a la composición química del melloco en cuanto al gran contenido de carbohidratos presentes, es necesario determinar la cantidad de almidones que este posee.

TABLA 2: PRINCIPALES CARBOHIDRATOS EN EL MELLOCO

(Datos expresados base seca – muestra entera)

Compuesto	Cantidad	Unidad
Almidones	91.40	%
Azúcares totales	8.60	%
Azúcares reductores	-	%

Fuente: Barrera, Et al; 2004. (2).

La gelatinización consiste en las modificaciones que se producen en los gránulos del almidón cuando son sometidos en agua, con aumentos de temperatura (60 – 70 ºC). Cuando es calentada una solución acuosa de almidón, sus gránulos aumentan de tamaño y esta se torna viscosa. (17) Cuando esta absorción ha llegado a su límite, hay una ruptura de los puentes intermoleculares de hidrógeno que mantienen las cadenas unidas. Cada almidón tiene un diferente grado de cristalización; por lo cual se hincha y gelatiniza en distintas condiciones de temperatura. (2)

La gelificación es la formación de un gel y este se produce después de la gelatinización, al enfriarse una pasta de

almidón debido a que se forman enlaces intermoleculares entre las moléculas de amilosa y se forma una red donde queda el agua atrapada. Durante las horas de preparación, estos enlaces se hacen más fuertes, pero a medida que progresa el tiempo, el gel tiende a envejecerse debido a la retrogradación del almidón, perdiendo su fortaleza y permitiendo la salida del agua del gel. (17)

Debido a la importancia del almidón y para explicar su comportamiento durante la gelatinización, es necesario revisar el porcentaje de amilosa y amilopectina que contiene. Sus cantidades se detallan en la TABLA 3.

TABLA 3: CONTENIDO DE AMILOSA Y AMILOPECTINA EN MELLOCO

(Datos expresados base seca – muestra entera)

Producto	Amilosa	Amilopectina
Melloco	26 %	74 %

Fuente: Barrera, Et al; 2004. (2).

La amilo-pectina presenta un grado de cristalinidad muy inferior al de la amilosa. Durante la cocción la amilopectina absorbe mucha agua y es en gran parte, responsable de la hinchazón de los gránulos de almidón. Los gránulos ricos en

amilopectina son más fáciles de disolver en el agua debido a que sus moléculas no tienen tendencia a la recristalización y poseen un elevado poder de retención de agua. Las moléculas con un menor contenido de amilosa, son de alta y fácil digestión. (2)

Algunas propiedades del almidón de melloco, entre las cuales se destaca su contenido de amilosa y su poder de hinchamiento debido a la amilopectina, pueden ser aprovechadas para procesos como la extrusión.

En la TABLA 4 se destacan los macroelementos del melloco y sus propiedades nutritivas.

TABLA 4: CONTENIDO DE MACROELEMENTOS EN EL MELLOCO

(Datos expresados base seca – muestra entera)

Compuesto	Cantidad (%)
Potasio	85.52
Fósforo	9.06
Magnesio	3.69
Sodio	1.04
Calcio	0.69

Fuente: Barrera, Et al; 2004. (2).

En la TABLA 5 se puede observar el contenido de microelementos en el melloco.

TABLA 5: CONTENIDO DE MICRO ELEMENTOS EN EL MELLOCO

(Datos expresados base seca – muestra entera)

Compuesto	Cantidad (ppm)
Hierro	59.42
Zinc	23.94
Cobre	10.71
Manganeso	9.19
Yodo	-

Fuente: Barrera, Et al; 2004. (2).

También se puede acotar que el melloco contiene un elevado índice de hierro, el cual es una fuente de nutrientes importante para el consumidor.

1.2 Proceso de Secado

El secado en un proceso físico, el cual consiste en la extracción del agua contenida en los alimentos hasta que su actividad de agua sea la adecuada para su conservación por largos períodos. Durante este proceso el agua es extraída por la interacción de tres elementos: aire, temperatura y humedad.

El objetivo de este proceso es reducir el grado de humedad del producto para que los microorganismos no puedan deteriorarlo; lo que dará como resultado un mayor tiempo de vida útil para este. Uno de los puntos importantes en el secado, es que el alimento conserve todas sus características organolépticas y propiedades nutritivas.

1.3 Sopas Instantáneas

Según el Registro Municipal de Montevideo (Art. 302), se entiende por sopas deshidratadas los preparados constituidos por caldos deshidratados adicionados de productos animales o vegetales, pudiendo contener pastas alimenticias, harinas de leguminosas y otros. (9)

Una sopa instantánea es un alimento preparado industrialmente el cual puede contener saborizantes, preservantes, vitaminas y trozos de verduras secas. Se lo considera un alimento de fácil preparación ya que este producto es rehidratado para que adopte las características organolépticas de una sopa. Su tiempo de cocción es de aproximadamente 10 minutos. (8)

1.3.1 Tipos y características

Existen diferentes tipos y características, pero se ha tomado como referencia la NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4482 “Sopas y Cremas”. (6)

Sopas o cremas deshidratadas instantáneas

Son productos que no requieren cocción y para su ingestión solo requieren la adición de agua de acuerdo con las instrucciones para su uso y cumplen con la definido en “Definición de sopas y cremas” de la NORMA NTC 4482. (6)

Sopas o cremas condensadas o concentradas

Hacen referencia a productos líquidos, semilíquidos o pastosos, que después de la adición de agua de acuerdo con las instrucciones para su uso, producen preparaciones alimenticias que cumplen con lo definido en “Definición de sopas y cremas” de la NORMA NTC 4482. (6)

Sopas o cremas deshidratadas

Hacen referencia a productos secos que después de su reconstitución y cocción de acuerdo con las instrucciones para su uso, producen preparaciones alimenticias que

cumplen con lo definido en “Definición de sopas y cremas” de la NORMA NTC 4482. (6)

Sopas o cremas listas para consumo

Son productos que no requieren cocción y para su ingestión, solo requieren calentamiento, si está indicado en las instrucciones de uso. (6)

1.3.2 Proceso de elaboración

Para la elaboración de una sopa instantánea, intervienen 4 procesos importantes: secado, pulverizado, mezcla y envasado.

Es necesario secar los ingredientes que van a ser parte de la composición de la sopa. Luego, se pulveriza la materia seca para obtener la harina del alimento, la cual va a ser la base para la elaboración del producto. A partir de esto, se realiza la mezcla adecuada de ingredientes secos y otras especias para hacer la formulación de la misma. Finalmente, se envasa la sopa en empaques correctamente sellados para evitar la penetración de humedad en el producto,

Este proceso se lo detalla en el apartado 2.2.2, capítulo 2.

1.4 Principales alteraciones

El secado es un método efectivo para evitar el crecimiento de microorganismos, pero también existe pérdida de propiedades organolépticas y nutritivas del mismo. La temperatura provoca que sean activadas muchas reacciones físico-químicas; por lo tanto, el secado hace que estas reacciones se aceleren. (15)

La pérdida de vitaminas es muy frecuente y dependerá de la temperatura y tiempo de secado del producto, mientras más alta sea la temperatura de secado, hay mayor pérdida de vitaminas. Las proteínas también se ven afectadas debido a la desnaturalización en su membrana, lo que ocasiona problemas en su rehidratación. (15)

Durante el secado de los alimentos pueden ocurrir transiciones vítreas, que pueden afectar significativamente a la calidad del producto, tanto a sus características físicas como químicas. Las transiciones vítreas pueden causar cambios en la difusividad de los componentes, produciéndose como resultado pérdidas de aromas; también influyen en la difusión de productos reaccionantes que afectan al pardeamiento no enzimático. (15)

1.5 Rehidratación de Polvos

Algunos alimentos deshidratados ya sea en trozos, enteros o pulverizados, deben ser rehidratados para su consumo o uso posterior en diferentes procesos. Los alimentos deshidratados deben rehidratarse lo más rápido posible y mostrar las mismas características estructurales y químicas del alimento fresco, como también sus propiedades nutricionales y sensoriales. La rehidratación no es el proceso inverso de la deshidratación, ya que ambos tienen diferentes mecanismos de transferencia de materia y dependen de factores distintos.

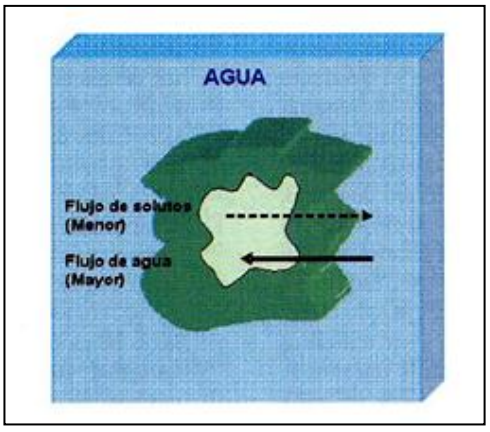
La deshidratación a altas temperaturas provoca cambios que son irreversibles en el alimento: pérdida de textura, disminución de vitaminas, color y aroma, entre otros.

1.5.1 Medios de rehidratación

Dentro de los medios de rehidratación más utilizados en alimentos se encuentra la inmersión en agua como la más simple. En cuanto a la transferencia de materia, ocurrida durante la rehidratación, se puede mencionar que el agua (o solución hidratante) es absorbida más rápidamente al inicio del proceso y luego disminuye gradualmente la absorción hasta que el contenido de humedad alcanza un equilibrio. De

esta manera, la absorción de agua por parte de los tejidos del alimento deshidratado aumenta sucesivamente el volumen del mismo, junto con una salida de los sólidos desde el interior de estos tejidos. (11). En la FIGURA 1 se puede apreciar este fenómeno.

FIGURA 1: REHIDRATACIÓN DE UN ALIMENTO



Fuente: Marín, Et al; 1996. (5).

1.5.2 Factores que influyen en la rehidratación

Dentro de los factores que influyen en los mecanismos de transferencia de materia ocurridos durante el fenómeno de rehidratación de alimentos, están los factores propios del proceso de deshidratación (pretratamiento, método de secado, temperatura y velocidad de secado,

almacenamiento) y las condiciones de rehidratación a utilizar. (9)

Las características de calidad de un alimento deshidrato que ha sido rehidratado pueden mejorarse aplicando pretratamientos antes del proceso de secado, por ejemplo inmersión en soluciones azucaradas, salinas (NaCl) o ácidas (ácido cítrico y/o ascórbico), escaldado, deshidratación osmótica, microondas, entre otros. (9)

1.5.3 Factores extrínsecos del proceso de rehidratación

Pretratamiento al secado

Los pretratamientos de secado tienen mucha influencia sobre el producto final.

Estos pretratamientos se pueden citar de la siguiente forma:

- Tratamientos químicos con:
    - Compuestos inorgánicos: Dióxido de azufre, cloruro de calcio, metabisulfito de potasio, cloruro de sodio, bicarbonato de sodio. (9)
    - Orgánicos: Sacarosa, glicerol, dextranos, almidón.
- Tratamientos no químicos: Osmosis, escaldado, congelado, altas presiones. (9)

Método de secado

El método de secado depende del producto a secarse, por lo que se debe tomar en consideración el método que provoque un menor daño al producto y sobre todo que no afecte a sus propiedades sensoriales y nutritivas. Este es muy importante debido a que puede afectar la rehidratación del producto. Se debe de tener en cuenta que se pueden combinar los diferentes sistemas de secado, pero esto puede resultar costoso.

Temperatura y velocidad de secado

Se ha observado que altas temperaturas de secado implican un menor tiempo de rehidratación, pero los índices de calidad del producto final presentan cambios muy variables con respecto al producto fresco, como son la textura y el color, dejando ver que la temperatura de secado es uno de los principales factores que influyen sobre la calidad del producto rehidratado. El aumento de la velocidad de secado provoca un menor tiempo de secado, pero también presenta la misma tendencia que la temperatura de secado, un mayor daño celular.

Temperatura de almacenamiento

Durante el almacenamiento se va perdiendo calidad de los productos deshidratados (color, aroma, textura), además aparecen reacciones de pardeamiento no-enzimático. Estos daños se hacen más severos a medida que se aumenta la temperatura de almacenaje; a mayor temperatura, mayores son los cambios composicionales y estructurales de los polisacáridos de la pared celular y menor la capacidad de absorción de agua, reflejándose esto último en la rehidratación.

1.5.4 Factores intrínsecos del proceso de rehidratación

Líquido de rehidratación

La velocidad de rehidratación es mayor en un medio como el agua, en cambio es menor por ejemplo en soluciones azucaradas, leche o yogurt, debido a su elevada viscosidad. (9)

La temperatura de la solución de rehidratación

Un alimento deshidratado a una temperatura constante, y luego rehidratado a diferentes temperaturas en un medio rehidratante, aumenta su contenido de humedad de equilibrio

cuanto mayor sea la temperatura de rehidratación, debido al gradiente de calor entre el interior del alimento y el líquido de inmersión; además la alta presión que se ejerce sobre los gases que pudiesen estar atrapados entre los espacios intercelulares, permite que se muevan por difusión o capilaridad, tomando ese lugar el líquido rehidratante. Se ha demostrado que rehidratar con temperaturas menores a 40ºC mantiene la estructura original las pectinas presentes en la pared celular mejorando la capacidad de absorción de agua por el tejido. (9)

Agitación durante la rehidratación

La generación de turbulencia en el medio de rehidratación logra una mayor homogenización, aumentado la entropía del sistema y la facilidad del intercambio de materia (agua y solutos), siempre teniendo en cuenta la velocidad de agitación. (9)

Características del producto

Se deben conocer las características del alimento en su estado fresco y deshidratado, cuando se va a aplicar rehidratación a estos, ya que las propiedades físico-

químicas, mecánicas (microestructurales), sensoriales y nutricionales, cambian considerablemente de un producto fresco a deshidratado, de tal manera que estos factores determinan el comportamiento de los alimentos en el proceso de rehidratación. (9)

CAPÍTULO 2

2 PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA HARINA

2.1 Características de materia prima

Se realizó la caracterización de la materia prima para establecer un parámetro de control con respecto al tamaño, peso y grado de madurez del melloco. La materia prima utilizada en los análisis, se la obtuvo de un mercado de la ciudad de Guayaquil.

2.2 Metodología de trabajo

Tamaño de muestra

Para el análisis del tamaño se escogieron al azar 25 muestras de melloco. Estas fueron medidas y pesadas, de las cuales se obtuvo un tamaño y un peso promedio. En la TABLA 6 se puede observar el resultado.

TABLA 6: CARACTERIZACIÓN DEL MELLOCO

	Diámetro (cm)	Peso (g)
Promedio	4.48 ± 0.92	7.15 ± 0.59

Elaborado por: Marjorie Velásquez Figueroa, 2011.

Se puede decir que el diámetro y el peso aproximado del melloco es de 4.48 ± 0.92 cm y 7.15 ± 0.59 g, respectivamente.

Grado de Madurez

Para obtener el grado de madurez óptimo para el melloco, se realizó una comparación del color de las 25 muestras con la cartilla de Color-PANTONE Specific. Se formaron 3 grupos con colores similares; A, B y C. En la TABLA 7 se puede observar el resultado y la comparación entre las muestras.

TABLA 7: GRADO DE MADUREZ DEL MELLOCO

	Color	Detalle	Observaciones
Muestras A	206		Muestra Madura
Muestras B	207		Muestra Madura
Muestras C	207		Muestra Madura

Elaborado por: Marjorie Velásquez Figueroa, 2011.

El grupo de las Muestras B y el grupo de las Muestras C; presentan un color similar, por lo tanto se le asignó el mismo valor numérico 207, al cual se lo toma como referencia para establecer un grado de madurez óptimo.

Textura

El análisis de textura se realizó a una temperatura constante de 28°C, en el texturómetro BROOKFIELD (Modelo: M1850-30), con el cual se obtuvieron valores de dureza.

Para este análisis se tomaron 6 muestras al azar. Se procedió a pesar cada una de las muestras y se realizó un seguimiento durante 7 días; el cual se muestra a continuación en la TABLA 8.

TABLA 8: VARIACIÓN DEL ESTADO FISIOLÓGICO DEL MELLOCO

Características	Pérdida de peso por día (%)	Dureza (g.)
	5.39 ± 0.12	904,0 ± 0.52
	12.98 ± 0.84	893,0 ± 0.38
	13.48 ± 0.41	858,0 ± 0.53
	13.53 ± 0.23	802,5 ± 1.12
	19.47 ± 0.64	780,0 ± 0.77
	24.09 ± 0.48	711,5 ± 0.22
	25.09 ± 0.28	656,0 ± 1.45

Elaborado por: Marjorie Velásquez Figueroa, 2011.

Se puede observar que al pasar los días, hay una disminución del contenido de agua y el grado de dureza disminuye. Se llega a la conclusión que mientras más días tenga el melloco, habrá menor

cantidad de agua a remover en el proceso de secado y tendrá un menor grado de dureza, lo que facilitará el triturado.

2.2.1 Ensayos Físico – Químicos

Los ensayos físico – químicos para la caracterización de la materia prima, se basaron en los procedimientos de la Norma AOAC. En el APÉNDICE A se puede observar el detalle de los ensayos que se realizaron para el melloco fresco. A continuación, en la TABLA 9 se puede ver el resultado.

TABLA 9: CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL MELLOCO

PARÁMETROS	VALOR	MÉTODO
Contenido de 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: Marjorie Velásquez Figueroa, 2011.

2.2.2 Secado

Para el proceso de secado del melloco se realizaron las operaciones que se detallan a continuación y cuyas figuras podemos observarlas en el APÉNDICE B:

Recepción de materia prima: Se verifica que la materia prima se encuentre en un estado óptimo de madurez según TABLA 7 del apartado 2.2 del capítulo 2.

Selección: Tomando en cuenta como factores de calidad los parámetros mencionados en el apartado 2.2 del capítulo 2, se procede a seleccionar la materia prima para el secado.

Lavado: Se debe de limpiar el producto con agua a presión para eliminar partículas y restos de tierra.

Triturado: Se reduce el tamaño de la materia prima para mejorar la transferencia de calor entre el producto y el aire caliente del secador para que el secado se efectúe con mayor rapidez.

Escurrido: Se lo realiza en un lienzo para eliminar la mayor cantidad de agua del producto y así disminuir el tiempo de secado.

Secado: Se utiliza un secador de bandeja, el cual debe estar previamente calentado para que llegue a los parámetros

especificados en la TABLA 10 del apartado 2.4 del capítulo 2. Se debe tomar apuntes de: peso, velocidad de secado, tiempo, temperatura y humedad.

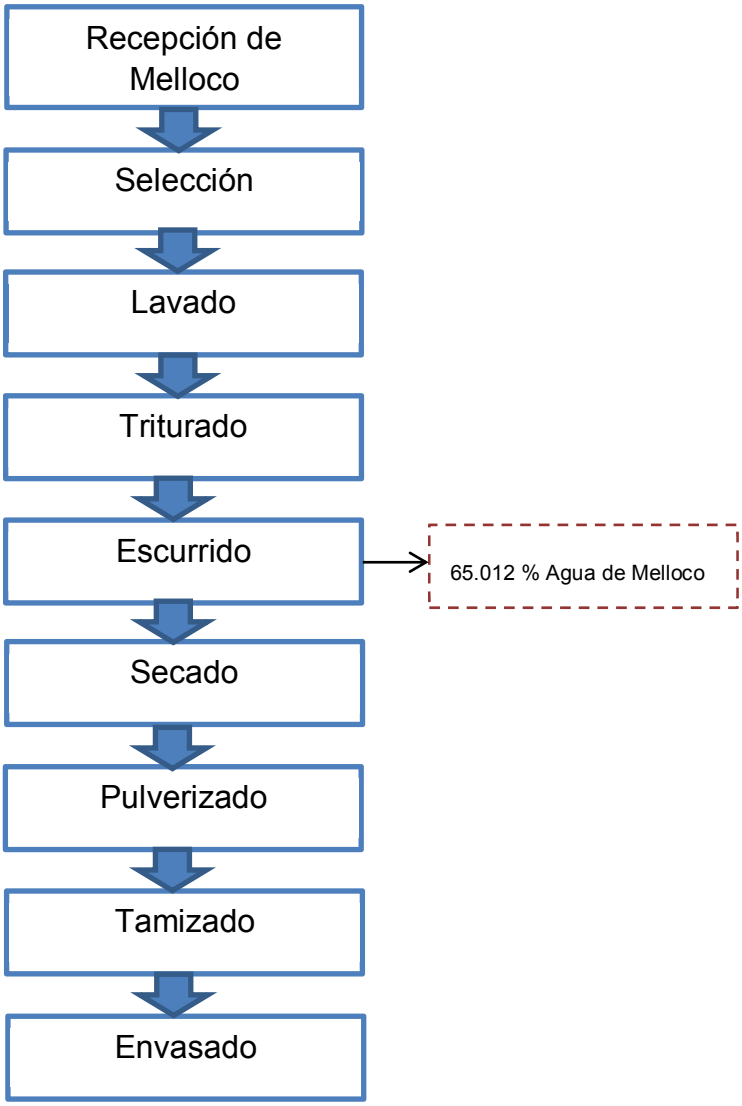
Pulverizado: Se lo realiza en un molino de martillo a velocidad constante.

Tamizado: Se tamiza el producto para obtener una harina de grano fino.

Envasado: Se debe colocar la harina en un envase completamente cerrado para evitar que ingrese humedad en su interior.

A continuación en la FIGURA 2, se presenta el diagrama de flujo para la elaboración de la harina de melloco.

FIGURA 2: DIAGRAMA DEL PROCESO DE SECADO DEL MELLOCO



Elaborado por: Marjorie Velásquez Figueroa, 2011.

2.3 Isotermas de absorción

Para la elaboración de la isoterma de absorción, se utilizó el método isopiéstico en el cual la sílica gel fue el medio desecante.

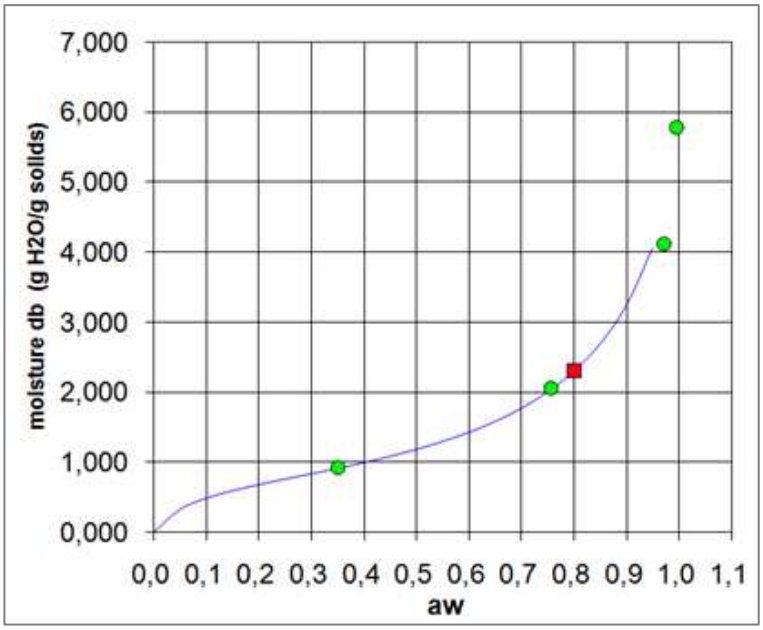
Esta prueba se la realizó por triplicado a 30ºC. Los valores de actividad de agua de la muestra fueron tomados con la ayuda del equipo Aqualab Water Activity Meter (ver especificaciones en APÉNDICE C). El sistema de sílica gel se lo puede observar en la FIGURA 3.

FIGURA 3: SISTEMA DE SÍLICA GEL CON MELLOCO

Elaborado por: Marjorie Velásquez Figueroa, 2011.

Una vez armado el sistema, se lo colocó en una estufa a una temperatura de 30ºC por intervalos de 30 minutos. En cada intervalo, se tomaron datos de humedad y de actividad de agua, los cuales sirvieron para elaborar la isoterma. Estos datos se los introdujo al programa Water Analizer ajustado a la ecuación de GAB. La isoterma del melloco se la puede observar en la FIGURA 4.

FIGURA 4: ISOTERMA DE ABSORCIÓN DEL MELLOCO



Elaborado por: Marjorie Velásquez Figueroa, 2011.

Por medio de este programa se determinó que el valor de la monocapa de BET en la gráfica fue 0.7211 g. H_2O / g. s.s. y que el valor de R^2 es de 0.9662913.

2.4 Proceso de secado

Para el proceso de secado se utilizó un secador de bandeja de marca GuntHamburg CE130 de 3.5 Kw. (FIGURA 5).

FIGURA 5: SECADOR DE BANDEJA

Elaborado por: Marjorie Velásquez Figueroa, 2011.

Este se encuentra ubicado en el laboratorio de termofluidos de la FIMCP (PLANO 1).

PLANO 1: UBICACIÓN DEL LABORATORIO DE TERMOFLUIDOS

Referencia: ESPOL, 2002. (17)

Para la obtención de datos precisos para la elaboración de la curva de secado, es necesario controlar que los parámetros del secador se mantengan dentro del rango indicado. Estos parámetros se muestran a continuación en la TABLA 10.

TABLA 10: PARÁMETROS DEL PROCESO DE SECADO

PARÁMETROS	RANGO
Temperatura de aire	50 ± 2 °C
Velocidad de secado	0.5 ± 0.05 m/s
Humedad relativa	20 ± 3 %

Elaborado por: Marjorie Velásquez Figueroa, 2011.

El método de secado es el descrito en el apartado 2.2.2 del capítulo 2. Se tomaron los datos de peso, temperatura, flujo de aire y humedad relativa cada 5 minutos hasta llegar a peso constante.

El secador consta de cuatro bandejas de forma rectangular las cuales se utilizaron como referencia para obtener el área de secado por cada bandeja. Las características de las bandejas se presentan en la TABLA 11.

TABLA 11: CARACTERÍSTICAS DE LAS BANDEJAS

DIMENSIONES	VALOR
Largo (cm)	36.2
Ancho (cm)	28.5
Área por bandeja (cm^2)	1031.7
Área Total (cm^2)	4126.8

Elaborado por: Marjorie Velásquez Figueroa, 2011.

2.4.1 Curvas de secado

Las curvas de secado nos dan la información sobre la velocidad de secado del alimento bajo condiciones determinadas. Una vez obtenidos los datos del secado (APÉNDICE D), se procedió a realizar los cálculos para la elaboración de la curva de secado.

Para el cálculo de la humedad en base Seca (X_t), es necesario utilizar la siguiente fórmula:

$$X_t = \frac{W - W_S}{W_S} \qquad \text{Ec. 1}$$

Para la determinación de la humedad de equilibrio es necesario conocer la isoterma del producto (FIGURA 4,

apartado 2.3, capítulo 2) y los datos de las condiciones de trabajo del secador que se muestran en la TABLA 11.

Con la humedad relativa del aire caliente, se ingresa a la isoterma y se procede a leer la actividad de agua lo que se transformará en la humedad de equilibrio. La humedad de equilibrio obtenida para el melloco es de 0.6 gH_2O / g s.s.

Para determinar la Humedad Libre del producto (X), se aplica la fórmula:

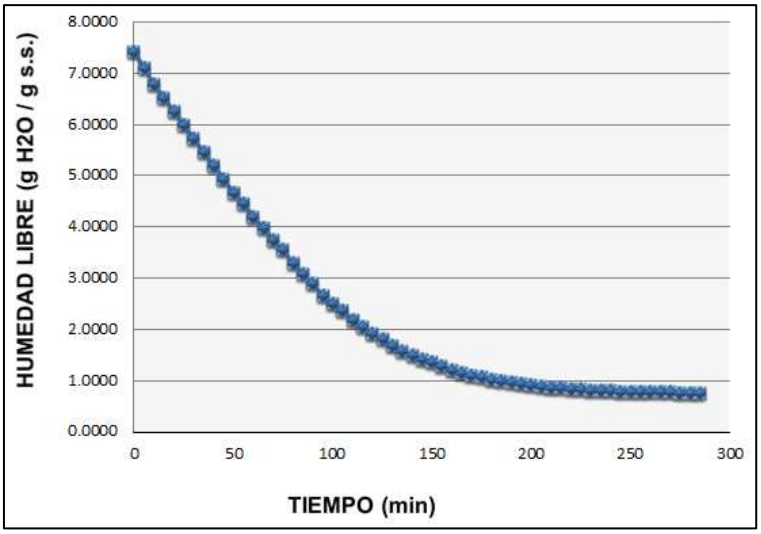
$$X = X_t - X^* \qquad \text{Ec. 2}$$

Por medio de estas ecuaciones se obtuvieron los datos que se muestran en el APÉNDICE E, el cual muestra los valores para calcular la Velocidad de Secado (Rc):

$$Rc = \frac{Ws}{A} * \frac{\Delta X}{\Delta t} \qquad \text{Ec. 3}$$

Esta gráfica muestra como disminuye la humedad libre en función del tiempo.

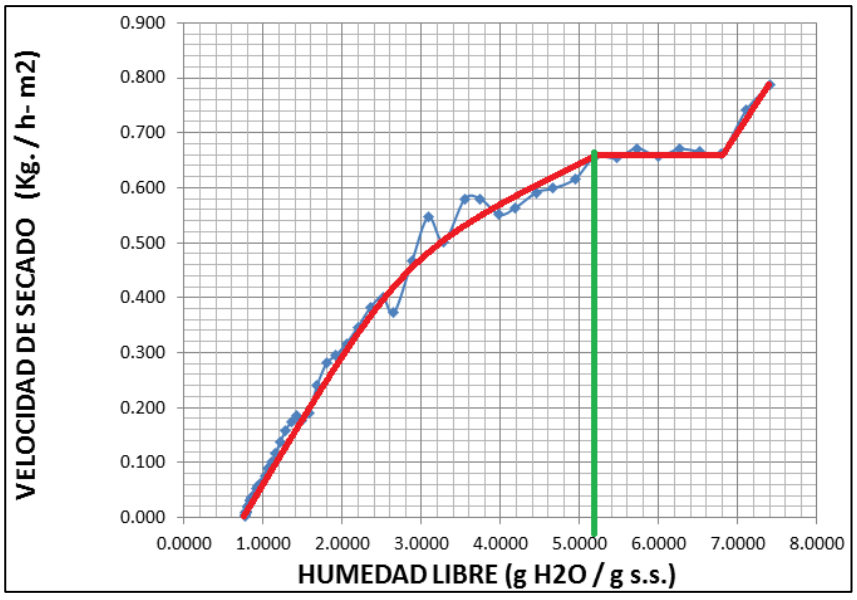
FIGURA 6: GRÁFICA DE HUMEDAD LIBRE Vs TIEMPO



Elaborado por: Marjorie Velásquez Figueroa, 2011.

Por medio de la curva de Velocidad de Secado, se puede obtener el valor de la Humedad Crítica.

FIGURA 7: GRÁFICA DE CURVA DE VELOCIDAD DE SECADO



Elaborado por: Marjorie Velásquez Figueroa, 2011.

Para este gráfico el valor de la humedad crítica de la harina de melloco es de 5.2 gH_2O / g s.s.

2.5 Caracterización de la harina

Para la caracterización de la harina, fueron necesarios análisis de contenido de carbohidratos, proteínas, grasas, humedad y cenizas. Los resultados de los análisis se los detalla en la TABLA 12.

TABLA 12: ANÁLISIS QUÍMICO DE LA HARINA DE MELLOCO

CARACTERÍSTICAS	VALOR	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: Marjorie Velásquez Figueroa, 2011.

La prueba de granulometría se la realizó en el laboratorio de Ciencias Químicas, en el cual se utilizó un juego de tamices de Marca Tyler del cual se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA 13: ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍA DE LA HARINA DE MELLOCO

GRANULOMETRÍA							
Clase	**Malla**	**Masa Retenida (g)**	**Porcentaje de retenidos** (▲Xi)	**Xi**	**Dp sup (mm)**	**Dpi**	**▲Xi / Dpi**
1	50	4.00	4.00%	0.96	0.297	0.22	0.18
2	100	10.86	10.86%	0.89	0.150	0.13	0.85
3	140	10.96	10.96%	0.89	0.105	0.09	1.22
4	200	63.06	63.06%	0.37	0.074	-	-
Fondo		10.24	10.24%	0	0	0	0
Total		99.12	99.12%				

Elaborado por: Marjorie Velásquez Figueroa, 2011.

Se determinó por medio de esta tabla el diámetro de Reboux de la harina de melloco.

CAPÍTULO 3

3 OBTENCIÓN DE SOPAS INSTANTÁNEAS A BASE DE HARINA DE MELLOCO

Una vez que se ha realizado con éxito el secado del melloco y seguido del proceso de pulverizado para la obtención de la harina de melloco; se procede a realizar pruebas con condimentos y especias secos para elaborar distintas formulaciones que servirán para la obtención de la mejor la sopa de melloco.

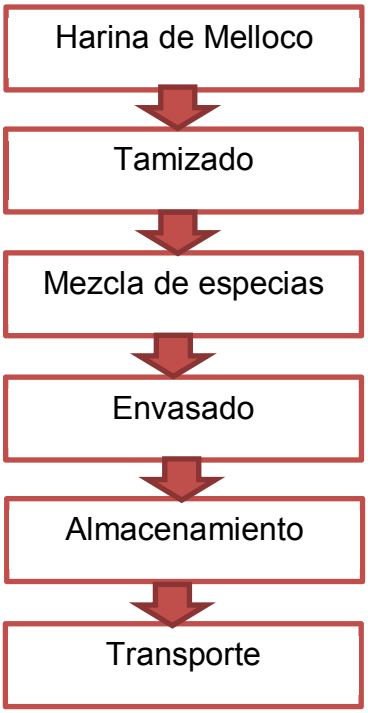
3.1 Ingredientes

Los ingredientes que se utilizaron para la elaboración de la formulación de la sopa deshidratada de melloco, fueron ingredientes

totalmente secos, lo cual era de gran importancia para que estos no aporten con contenido de humedad a la mezcla de la sopa.

A continuación en la FIGURA 9 se presenta el diagrama de flujo de la elaboración de la sopa de melloco.

FIGURA 8: DIAGRAMA DE FLUJO DE ELABORACIÓN DE SOPA DE MELLOCO



Elaborado por: Marjorie Velásquez Figueroa, 2011.

3.2 Formulaciones

Para la elaboración de la sopa de melloco se realizaron diversas mezclas de condimentos y especias que le daban un sabor diferente a cada una de ellas; las más aceptadas son las formulaciones que se muestran en la TABLA 14.

TABLA 14: FORMULACIÓN DE LA SOPA DE MELLOCO

FORMULACIÓN 1		FORMULACIÓN 2	
Ingredientes	Cantidad (%)	Ingredientes	Cantidad (%)
Harina de Melloco	54.82	Harina de Melloco	64.94
Leche en polvo	31.17	Leche en Polvo	18.46
Sal	7.61	Sal	9.01
Ajo en polvo	2.44	Ajo en polvo	2.89
Orégano seco	2.01	Orégano seco	2.38
Glutamato Monosódico	0.94	Glutamato Monosódico	1.12
Pimienta en polvo	0.54	Pimienta en polvo	0.64
Comino en polvo	0.47	Comino en polvo	0.56

Elaborado por: Marjorie Velásquez Figueroa, 2011.

Se puede observar que la FORMULACIÓN 1 tiene un mayor contenido de leche en polvo.

3.2.1 Evaluación sensorial

Con las formulaciones obtenidas en el apartado 3.2 de este capítulo, se realizó la evaluación sensorial de las mismas. Para esta prueba se requirió la ayuda de 30 jueces, los cuales debían ser no entrenados ya que así se podía obtener una opinión como consumidor y así determinar cuál de las formulaciones era la más agradable según su criterio.

Mediante el análisis de varianza, el cual se detalla en el APÉNDICE H, se evalúa el resultado obtenido de las pruebas sensoriales de los jueces; para determinar si reduciendo la cantidad de leche en polvo en la FORMULACIÓN 2 de la sopa de melloco, incide en el sabor de la misma. Los datos que se obtuvieron del análisis de varianza se muestran en la TABLA 15.

TABLA 15: DATOS DE ANÁLISIS DE VARIANZA

	GRADOS DE LIBERTAD		SUMA DE CUADRADOS		VARIANZA	
Variable	GLv	1	SCv	8.8500	Vv	8.8500
Jueces	GLj	29	SCj	50.1167	Vj	1.7282
Residual	GLr	29	GLr	31.6500	Vr	1.0914
Total	GLt	59	SCt	90.6167		
FC	0.3833					

Elaborado por: Marjorie Velásquez Figueroa, 2011.

TABLA 16: RESULTADO DE ANÁLISIS DE VARIANZA

VALORES F		
Fv	8.1090	
Fj	1.5835	
Ft	N (1, 29; 5%) N (1, 29; 1%)	4.18 7.60

Referencia: Andalzua- Morales, 1994. (16)

Según la TABLA 16, el valor Fv = 8.1090 y Fj = 1.5835 son mayores al F obtenido de las tablas tanto para un nivel de significancia del 5% como para un nivel de significancia de 1%. Con lo que se comprobó que la disminución de la misma, incide en la opinión de los jueces.

3.2.2 Aporte nutricional y energético

Para conocer el aporte nutricional de la sopa de melloco, se realizó un análisis mediante un laboratorio acreditado, para lo cual se acudió a PROTAL. Estos análisis se realizaron en base a la tabla de contenido de nutricional según el apartado 1.1.2, capítulo 1. Se escogieron los nutrientes que se encontraban en mayor proporción y luego se comparó para determinar si existe pérdida de nutrientes en el tratamiento de secado. En la TABLA 17, se puede observar el análisis nutricional que se obtuvo.

TABLA 17: ANÁLISIS NUTRICIONAL DE LA SOPA DE MELLOCO

COMPONENTE	CANTIDAD	CANTIDAD	ENERGÍA
	100 g	1 porción 15 g	Kcal
Carbohidratos	71.51 g	10.73 g	42.92
Proteínas	8.53 g	1.28 g	5.12
Grasas	6.52 g	0.98 g	8.82
Cenizas	12.15 g	1.82 g	-
Fibra	1.29 g	0.18 g	-
Humedad	5.49 %	5.49 %	-
Minerales			
Hierro	6.03 mg	0.9045 mg	-
Calcio	619.96 mg	$90.45x10^{-2}$ mg	-

Referencia: PROTAL, 2011. APÉNDICE G.

El contenido energético de la sopa de melloco es 56.86 Kcal por porción; lo que indica que el contenido de energía del envase de 60g, el cual rinde 4 porciones, va a tener un contenido energético de 227.44 Kcal. Cabe recalcar que el elevado índice de Calcio se debe a que se utilizó una leche con un alto contenido del mismo, para que aporte con más nutrientes a la sopa.

3.2.3 Rehidratación

El proceso de rehidratación depende mucho de las condiciones de secado y de la materia prima, para lo cual se llevaron a cabo varias pruebas. Se tomó la temperatura de gelatinización en función del tiempo. El resultado del proceso es el que se indica a continuación en la TABLA 18.

TABLA 18: REHIDRATACIÓN DE LA HARINA DE MELLOCO

PRUEBA	RELACIÓN MELLOCO – AGUA	TIEMPO (min)	T (ºC)	OBSERVACIONES
1	1:10	5	92.3	La solución se presenta saturada
2	1:15	9	92.7	La solución aún presenta elevada viscosidad
3	1:20	12	92.8	La solución es uniforme
4	1:25	16	92.6	Hay ligera separación de fases
5	1:30	21	92.5	La solución presenta varias fases

Elaborado por: Marjorie Velásquez Figueroa, 2011.

Mediante este experimento se pudo observar que la temperatura de gelatinización es 92.6 ± 0.14 ºC.

3.3 Estabilidad

Por medio de la estabilidad del producto, se puede determinar cuál va a ser el tiempo de vida útil del producto cuando se encuentra en percha, sin que se modifiquen sus propiedades organolépticas.

Para esto, se hizo un análisis de determinación de la humedad crítica del producto, la cual se detalla en el apartado 3.3.1 de este capítulo.

3.3.1 Determinación de la Humedad crítica

La determinación de la humedad crítica, es fundamental para calcular la permeabilidad de vapor de agua en el empaque.

Se sometió a vapor de agua 10g. de sopa por intervalos de 10 segundos, para observar si existe algún cambio físico. Los valores iniciales de humedad y de actividad de agua de la sopa son: 6.03 ± 0.02% y 0.267 ± 0.02, respectivamente. En la TABLA 19, se puede observar la variación de la humedad y la actividad de agua en función del tiempo.

TABLA 19: RESULTADOS DE MUESTRAS PARA EXPERIMENTO DE HUMEDAD CRÍTICA

Exp.	Características	Humedad (%)	Aw
1		6.52 ± 0.02	0.423 ± 0.02
2		6.89 ± 0.02	0.431 ± 0.02
3		7.50 ± 0.02	0.442 ± 0.02
4		7.96 ± 0.02	0.455 ± 0.02

5		8.82 ± 0.02	0.458 ± 0.02
6		9.80 ± 0.02	0.461 ± 0.02

Elaborado por: Marjorie Velásquez Figueroa, 2011.

Por medio de este análisis se pudo determinar que la sopa mantenía sus características físicas hasta una humedad de 8.82 ± 0.02%, el cual corresponde a una humedad en base seca de 0.09673 g H_2O / g s.s. A partir de este punto, la sopa presentó apelmazamiento y grumos en su superficie. Al realizar la rehidratación y formulación de la sopa, se observó y comprobó que esta no presentaba cambios en su sabor, por lo que se determinó que este era el punto de humedad crítica.

3.3.2 Elaboración de Isoterma del producto terminado

Para la elaboración de esta isoterma, es necesario realizar un análisis sobre el comportamiento de la sopa en diferentes condiciones de almacenamiento. Para esto se hizo un

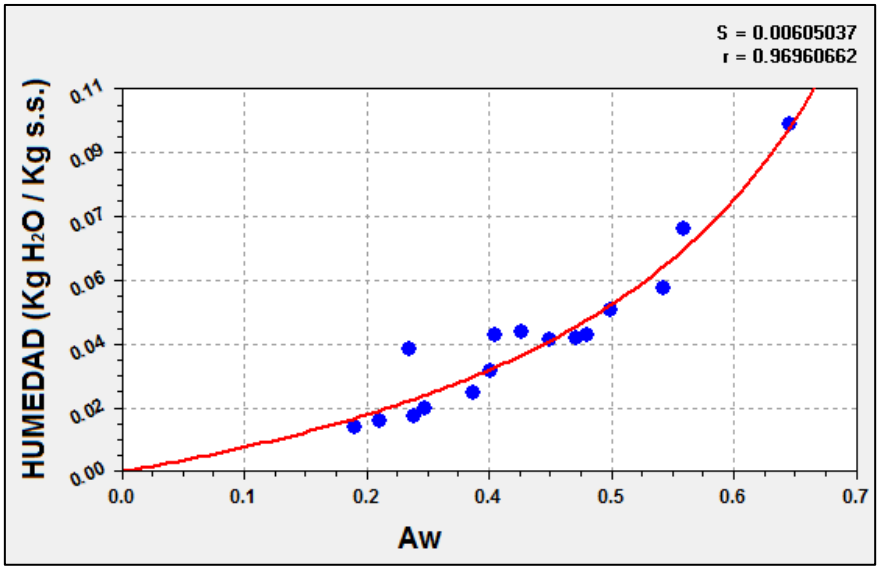
análisis por duplicado en condiciones específicas. El primer sistema fue elaborado utilizando agua para observar el comportamiento de la sopa frente a la humedad, el segundo sistema fue someter a la sopa a un medio donde se encontraba la sílica gel el cual fue un medio de extracción de humedad. (Ver FIGURA 9).

FIGURA 9: SISTEMAS PARA ELABORACIÓN DE ISOTERMA DE PRODUCTO FINAL

Elaborado por: Marjorie Velásquez Figueroa, 2011.

Se realizaron lecturas por intervalos de 30 minutos, hasta observar algún cambio físico que indique variación de características organolépticas, que en este caso fue el apelmazamiento. Por medio de este análisis, se obtuvo valores de humedad y de actividad de agua con los cuales se pudo elaborar la isoterma por medio del programa CurveExpert.

FIGURA 10: ISOTERMA DE DESORCIÓN DE PRODUCTO TERMINADO



Elaborado por: Marjorie Velásquez Figueroa, 2011.

Por medio del programa, se obtuvo un valor de R^2=0.96960662.

3.4 Cálculos de Permeabilidad al vapor de agua en empaque

Para poder seleccionar que tipo de empaque debe usar el producto, se deben considerar ciertos factores, entre los cuales uno de los más importantes es conocer las condiciones ambientales a las que va a estar sometido el producto. Se escogió a la ciudad de Guayaquil que tiene una humedad relativa y una temperatura ambiente de 75 ± 2 % y 32 ± 1 ºC, respectivamente. Otro factor importante es determinar el área de empaque, para lo cual se tomó como referencia empaques

ya existentes en el mercado, por lo que se obtuvo el área del empaque de 0.0186 m^2 para un empaque de 60g.

La Ecuación 4, permite calcular la permeabilidad a la transmisión de vapor de agua requerida (k/x) para que el empaque del producto sea el adecuado y este se mantenga en óptimas condiciones.

$$\ln \ \tau_c = \left(\frac{k}{x}\right)\frac{A}{w_s}\frac{Po}{b}\theta \qquad \text{Ec. 4}$$

Dónde:

Ln T = Contenido de humedad no completado (tendencia de permeabilidad del empaque.

$\frac{k}{x}$ = Permeabilidad máxima del empaque (g H_2O/día m^2 mmHg).

A = Área del empaque (m^2).

W_s = Peso de sólidos secos (g).

Po = Presión de vapor de agua a la temperatura de trabajo (mmHg).

b = Pendiente de la isoterma (tangente entre la Humedad Crítica y la Humedad Inicial).

Por medio de la isoterma de producto terminado, se puede calcular la humedad de equilibrio, para esto es necesario transformar el valor de

humedad relativa del ambiente a actividad de agua. Con este dato se ingresa a la isoterma y se toma la respectiva lectura. Los resultados obtenidos para el cálculo de la pendiente de la isoterma, se los puede observar en la TABLA 18.

TABLA 20: CONTENIDO DE HUMEDAD EN BASE SECA

(g H2O / g s.s)

Humedad Inicial	$\mathbf{m_o}$	0.06416
Humedad Crítica	$\mathbf{m_c}$	0.09673
Humedad de Equilibrio	$\mathbf{m_e}$	0.19

Elaborado por: Marjorie Velásquez Figueroa, 2011.

El valor de b (pendiente de la isoterma) se obtiene mediante la ecuación 6:

$$b = \left(\frac{m_c - m_o}{aw_c - aw_o} \right) \qquad \text{Ec. 6}$$

El ln T_c, fue determinado por la siguiente ecuación:

$$\ln \tau_c = \ln \left(\frac{m_e - m_o}{m_e - m} \right) \qquad \text{Ec. 5}$$

Dónde:

m_e = Contenido de humedad en la isoterma que está en equilibrio con la temperatura y humedad externa.

m_o = Contenido de humedad inicial en base seca.

m = Contenido de humedad a un determinado tiempo, humedad crítica.

TABLA 21: DATOS PARA CÁLCULO DE TIEMPO DE VIDA ÚTIL DE LA SOPA

DATOS	VALOR	UNIDADES
Ln Tc	0.2995	-
b	0.325	-
Po (APÉNDICE J)	35.663	mm Hg
A	0.0186	m^2
Ws	56.4	g
Ɵ	240	días

Elaborado por: Marjorie Velásquez Figueroa, 2011.

Una vez que se obtenidos los datos, se procede a despejar la permeabilidad máxima de empaque (k/x) de la Ecuación 4.

$$\left(\frac{k}{x}\right) = \frac{\ln \tau_c \quad w_s \quad b}{A \quad Po \quad \theta} \qquad \text{Ec. 6}$$

Se obtuvo una máxima permeabilidad de empaque de 3.4484×10^{-2} g H_2O/día m^2 mmHg.

CAPÍTULO 4

4 CONCLUSIONES, OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Para la obtención de una harina de melloco de óptima calidad, se determinó que el melloco debe de tener un grado de madurez de 207 (Panthone Color Specific), contenido de humedad 88.9 ± 0.4% y el valor de la monocapa de 0.7211 g. H_2O / g. s.s.

2. Debido al gran contenido de agua de la materia prima, se obtiene un rendimiento aproximado de 200g de harina de melloco por cada 5 Kg de

melloco; por lo que no es rentable usar el melloco solo para obtener harina, sino que con el residuo del melloco es preferible hacer un subproducto, ya que se aprovecharía el elevado contenido de almidón como gelificante.

3. Por medio del análisis de dureza, se comprobó que mientras más tiempo tiene el melloco de cosechado, mejor será para el proceso de secado, ya que mayor va a ser la pérdida de peso y su dureza será menor. Esto indica que habrá menor cantidad de agua a remover en el proceso de secado.

4. La humedad crítica de la harina de melloco es de 5.2 gH_2O / g s.s., la cual se encuentra entre la zona I y la zona II de la curva de velocidad de secado. Se pudo comprobar que la Zona I de la curva de velocidad de secado es más prolongada que las otras 2 zonas, esto quiere decir que a partir de la humedad de equilibrio, el agua se libera con mayor facilidad.

5. Se determinó que al disminuir el contenido de leche en la segunda formulación, esta si afectaba a sus propiedades sensoriales y a la decisión de los jueces.

6. El proceso de rehidratación depende mucho de las condiciones de secado y de la materia prima, mediante este experimento se pudo observar que la temperatura de gelatinización es a los 92.6 ± 0.14 ºC.

7. La determinación de la humedad crítica, es fundamental para calcular la permeabilidad de vapor de agua en el empaque. Se pudo determinar que la sopa mantenía sus características físicas hasta una humedad de 8.82 ± 0.02%, el cual corresponde a una humedad en base seca de 0.09673 g H_2O / g s.s. A partir de este punto, la sopa presentó apelmazamiento y grumos en su superficie.

8. Se consideró a la ciudad de Guayaquil como condiciones ambientales a las que va a estar sometido el producto; el cual tiene una humedad relativa y una temperatura ambiente de 75 ± 2 % y 32 ± 1 ºC. Para este producto se obtuvo una máxima permeabilidad de empaque de $3.4484x10^{-2}$ g H_2O/día m^2 mmHg.

Observaciones y Recomendaciones

1. Es recomendable realizar una pre-cocción para disminuir la temperatura de gelificación.

2. Debido al elevado contenido de agua en el melloco de 84.34 %, es necesario realizar un tratamiento previo para disminuir la mayor cantidad de agua posible.

3. Se debe controlar que los parámetros del secador se mantengan dentro del rango indicado: Temperatura de aire 50 ± 2 °C, Velocidad de Secado 0.5 ± 0.05 m/s, Humedad Relativa de 20 ± 3 %.

4. Los ingredientes que se utilizaron para la elaboración de la sopa, fueron ingredientes totalmente secos, lo cual era de gran importancia para que estos no aporten con contenido de humedad a la mezcla de la sopa.

APÉNDICES

APÉNDICE A

ANÁLISIS QUÍMICO PARA EL MELLOCO

DETERMINACIÓN DE TEXTURA

Para el análisis de textura del melloco, se utilizó el Texturómetro BROOKFIELD (Modelo: M1850-30).

Procedimiento:

1. Se encendió el equipo y Se colocó la sonda TA 39 (2mm D, 20 mm L, Stainless Steel).
2. Se programó el equipo, con los siguientes parámetros:
    - Valor Meta: 3 mm
    - Tiempo: 2 s
    - Tipo de Objetivo: Distancia
    - Velocidad Test: 0.52 m/s
3. Se colocó el melloco entero en la base y se ajustó la sonda para que esta quede a aproximadamente 1 mm. de la muestra.
4. Al finalizar el análisis se obtuvo los valores de dureza y trabajo total.

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

Se realizó la prueba por duplicado y se utilizó el método de la lámpara infrarroja usando una Termobalanza KERN (Modelo: MLB 50-3).

Procedimiento:

1. Se rayó la muestra con cuidado para evitar pérdidas.
2. Se pesó aproximadamente 2 g de muestra en láminas de aluminio.
3. Se programó el equipo, en el cual se especificó la temperatura de 141 °C, y se dio inicio a la prueba. Se debe esperar hasta que el equipo indique que la prueba ha terminado.

Para la obtención de la humedad de la harina de melloco, se usó el método AOAC (1980) 22.013 que es para determinación de la humedad en frutas secas.

Procedimiento:

1. Se pesó aproximadamente 10 g. de muestra en láminas de aluminio.
2. Se dejaron las muestras por dos horas a una temperatura de 150°C usando una Estufa MEMMERT (Modelo: SM-200).
3. Se enfriaron las muestras y se pesaron nuevamente, se aplicaron las fórmulas y cálculos correspondientes.

$$H = \frac{H_{CM} - H_F}{H_{CM} - H_C} x\ 100$$

H = Porcentaje de humedad

H_C = Peso del recipiente vacío

H_{CM} = Peso del crisol con muestra

H_F = Peso final del recipiente

DETERMINACIÓN DE ACTIVIDAD DE AGUA (Aw)

Para determinar la actividad de agua se utilizó el equipo AQUA LAB WATER ACTIVITY METER.

Procedimiento:

1. Se rayó la muestra, evitando la pérdida de humedad.
2. Se tomó un poco de muestra que sea representativa.
3. Se programó el equipo, se dió inicio a la prueba hasta que el equipo indicó la finalización de la misma.
4. Se tomó registro del dato mostrado por el equipo.

ANÁLISIS QUÍMICO PARA LA HARINA DE MELLOCO

DETERMINACIÓN DE CENIZAS

Para esta prueba se usó el Método Gravimétrico, el cual fue basado en el procedimiento AOAC 22.018 para determinación de la materia insoluble.

Procedimiento:

1. Se pesó aproximadamente 2 g. de muestra de harina de melloco en crisoles.
2. Se procedió a calentar la muestra hasta que esta se carbonice.
3. Luego se puso la muestra en la mufla Termo Scientific (Modelo: F47900) donde se sometió a 400°C por 3 horas.
4. Finalmente se enfrió y se pesó para obtener los resultados que van a ser utilizados en la siguiente fórmula:

$$\%\ CENIZAS = \frac{C_F - C_C}{C_{CM} - C_C}\ x\ 100$$

Dónde:

C_F = Peso de muestra calcinada

C_C = Peso del crisol

C_{CM} = Peso del crisol con muestra

APÉNDICE B

RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA

ESCURRIDO

DISTRIBUCIÓN DEL MELLOCO EN LAS BANDEJAS

MELLOCO SECO

PULVERIZACIÓN DEL MELLOCO SECO

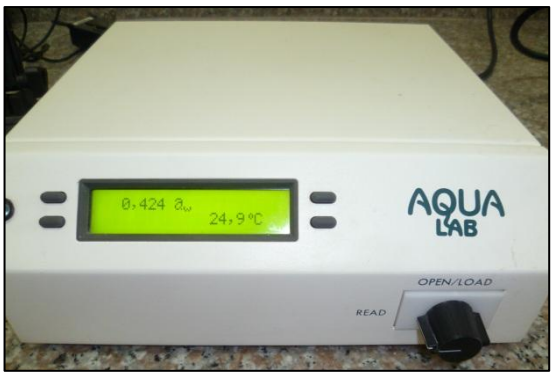
HARINA DE MELLOCO

APÉNDICE C

PULVERIZADOR (CYCLONE SAMPLE MILL)

Marca: Udy Corporation

AQUA LAB WATER ACTIVITY METER



HUMIDÍMETRO

Marca: Kern

Modelo: MLB 50-3

BALANZA ANALÍTICA

Marca: Kern

CONSISTÓMETRO

Vista Frontal

Vista Superior

AQUA BATH

MARCA: Barnstead LAB - LINE

APÉNDICE D

DATOS GENERALES PARA LA ELABORACIÓN DE LA CURVA DE SECADO

DATOS GENERALES - SECADO										
Tiempo [min]	Tiempo [h]	Temperatura [^{0}C]	Peso [g]	P. muestra W [Kg]	Diferencia	Hum. Inicial	Hum. Final	S.S [%]	Flow [m/s]	HR [%]
0	0.00	43.4	2162.2	0.7794	0.0261	88.90%	88.52%	11.10%	0.58	30.4
5	0.08	57.3	2136.1	0.7533	0.0281	88.52%	88.07%	11.48%	0.53	16.7
10	0.17	55.3	2108.0	0.7252	0.0229	88.07%	87.68%	11.93%	0.56	18.2
15	0.25	51.0	2085.1	0.7023	0.0226	87.68%	87.27%	12.32%	0.58	19.1
20	0.33	58.1	2062.5	0.6797	0.0232	87.27%	86.82%	12.73%	0.57	16.6
25	0.42	55.1	2039.3	0.6565	0.0229	86.82%	86.35%	13.18%	0.54	18.5
30	0.50	59.1	2016.4	0.6336	0.0223	86.35%	85.85%	13.65%	0.52	16.0
35	0.58	51.6	1994.1	0.6113	0.0239	85.85%	85.27%	14.15%	0.51	20.6
40	0.67	55.3	1970.2	0.5874	0.0211	85.27%	84.72%	14.73%	0.52	17.9
45	0.75	59.6	1949.1	0.5663	0.0240	84.72%	84.05%	15.28%	0.58	15.1
50	0.83	49.1	1925.1	0.5423	0.0184	84.05%	83.49%	15.95%	0.51	23.1
55	0.92	64.1	1906.7	0.5239	0.0228	83.49%	82.74%	16.51%	0.57	13.3
60	1.00	45.8	1883.9	0.5011	0.0179	82.74%	82.10%	17.26%	0.51	26.7
65	1.08	59.3	1866.0	0.4832	0.0209	82.10%	81.29%	17.90%	0.57	15.6

70	1.17	50.8	1845.1	0.4623	0.0170	81.29%	80.57%	18.71%	0.53	21.7
75	1.25	55.6	1828.1	0.4453	0.0229	80.57%	79.52%	19.43%	0.52	17.8
80	1.33	53.2	1805.2	0.4224	0.0170	79.52%	78.66%	20.48%	0.53	19.9
85	1.42	55.6	1788.2	0.4054	0.0175	78.66%	77.70%	21.34%	0.54	17.8
90	1.50	54.8	1770.7	0.3879	0.0201	77.70%	76.48%	22.30%	0.56	18.4
95	1.58	55.9	1750.6	0.3678	0.0121	76.48%	75.68%	23.52%	0.55	17.4
100	1.67	54.8	1738.5	0.3557	0.0135	75.68%	74.72%	24.32%	0.57	18.1
105	1.75	55.9	1725.0	0.3422	0.0141	74.72%	73.63%	25.28%	0.56	17.2
110	1.83	53.2	1710.9	0.3281	0.0122	73.63%	72.61%	26.37%	0.54	19.2
115	1.92	57.6	1698.7	0.3159	0.0116	72.61%	71.57%	27.39%	0.53	16.3
120	2.00	56.0	1687.1	0.3043	0.0102	71.57%	70.58%	28.43%	0.52	17.4
125	2.08	59.9	1676.9	0.2941	0.0101	70.58%	69.54%	29.42%	0.55	15.5
130	2.17	50.3	1666.8	0.2840	0.0092	69.54%	68.52%	30.46%	0.53	23.8
135	2.25	74.3	1657.6	0.2748	0.0074	68.52%	67.65%	31.48%	0.53	10.9
140	2.33	41.3	1650.2	0.2674	0.0057	67.65%	66.94%	32.35%	0.58	34.2
145	2.42	47.9	1644.5	0.2617	0.0064	66.94%	66.11%	33.06%	0.54	24.9
150	2.50	57.0	1638.1	0.2553	0.0064	66.11%	65.24%	33.89%	0.57	18.5
155	2.58	55.9	1631.7	0.2489	0.0056	65.24%	64.44%	34.76%	0.56	18.5
160	2.67	55.1	1626.1	0.2433	0.0052	64.44%	63.67%	35.56%	0.59	19.0
165	2.75	53.5	1620.9	0.2381	0.0042	63.67%	63.01%	36.33%	0.59	20.3
170	2.83	53.4	1616.7	0.2339	0.0038	63.01%	62.40%	36.99%	0.59	20.4

175	2.92	53.3	1612.9	0.2301	0.0032	62.40%	61.87%	37.60%	0.59	20.1
180	3.00	53.4	1609.7	0.2269	0.0030	61.87%	61.36%	38.13%	0.59	20.1
185	3.08	54.2	1606.7	0.2239	0.0022	61.36%	60.98%	38.64%	0.59	19.7
190	3.17	53.8	1604.5	0.2217	0.0022	60.98%	60.59%	39.02%	0.58	20.3
195	3.25	53.0	1602.3	0.2195	0.0021	60.59%	60.21%	39.41%	0.57	20.7
200	3.33	54.5	1600.2	0.2174	0.0018	60.21%	59.87%	39.79%	0.59	19.4
205	3.42	55.1	1598.4	0.2156	0.0018	59.87%	59.54%	40.13%	0.59	19.2
210	3.50	54.4	1596.6	0.2138	0.0012	59.54%	59.31%	40.46%	0.58	19.7
215	3.58	54.7	1595.4	0.2126	0.0014	59.31%	59.04%	40.69%	0.57	19.5
220	3.67	56.3	1594.0	0.2112	0.0011	59.04%	58.82%	40.96%	0.57	18.7
225	3.75	51.7	1592.9	0.2101	0.0011	58.82%	58.61%	41.18%	0.60	21.4
230	3.83	55.4	1591.8	0.2090	0.0009	58.61%	58.43%	41.39%	0.59	18.9
235	3.92	56.2	1590.9	0.2081	0.0007	58.43%	58.29%	41.57%	0.59	18.4
240	4.00	55.1	1590.2	0.2074	0.0007	58.29%	58.15%	41.71%	0.60	19.5
245	4.08	56.5	1589.5	0.2067	0.0005	58.15%	58.04%	41.85%	0.58	18.6
250	4.17	57.9	1589.0	0.2062	0.0003	58.04%	57.98%	41.96%	0.59	18.1
255	4.25	57.5	1588.7	0.2059	0.0003	57.98%	57.92%	42.02%	0.59	18.3
260	4.33	57.4	1588.4	0.2056	0.0004	57.92%	57.84%	42.08%	0.59	18.4
265	4.42	57.2	1588.0	0.2052	0.0003	57.84%	57.78%	42.16%	0.58	19.3
270	4.50	54.9	1587.7	0.2049	0.0001	57.78%	57.76%	42.22%	0.59	20.1
275	4.58	56.3	1587.6	0.2048	0.0002	57.76%	57.72%	42.24%	0.59	19.9
280	4.67	55.9	1587.4	0.2046	0.0000	57.72%	57.72%	42.28%	0.57	19.5
285	4.75	55.4	1587.4	0.2046		57.72%		42.28%	0.59	20.1

APÉNDICE E

DATOS PARA LA ELABORACIÓN DE LA CURVA DE SECADO

DATOS CURVA - SECADO										
Tiempo [min]	Peso [g]	P. muestra W [Kg]	%S.S	Ws	Humedad Base Seca Xt = (W -Ws)/Ws [Kg H_2O/Kg s.s]	Humedad Libre X = (Xt - X*) [Kg H_2O/Kg s.s]	Xmedia	ΔX [Kg H_2O/Kg s.s]	Δt [horas]	Velocidad de Secado Rc = - (Ws/A)(ΔX/Δt) [Kg H_2O/h*m^2]
0	2162.2	0.7794	11.10%	0.087	8.01	7.4090	7.2582	-0.3132	0.083	0.788
5	2136.1	0.7533	11.48%	0.087	7.71	7.1073	6.9449	-0.2948	0.083	0.741
10	2108.0	0.7252	11.93%	0.087	7.38	6.7825	6.6502	-0.2630	0.083	0.662
15	2085.1	0.7023	12.32%	0.087	7.12	6.5178	6.3872	-0.2647	0.083	0.666
20	2062.5	0.6797	12.73%	0.087	6.86	6.2566	6.1225	-0.2664	0.083	0.670
25	2039.3	0.6565	13.18%	0.087	6.59	5.9884	5.8561	-0.2612	0.083	0.657
30	2016.4	0.6336	13.65%	0.087	6.32	5.7237	5.5948	-0.2670	0.083	0.672
35	1994.1	0.6113	14.15%	0.087	6.07	5.4660	5.3278	-0.2601	0.083	0.654
40	1970.2	0.5874	14.73%	0.087	5.79	5.1897	5.0678	-0.2607	0.083	0.656
45	1949.1	0.5663	15.28%	0.087	5.55	4.9458	4.8071	-0.2450	0.083	0.616
50	1925.1	0.5423	15.95%	0.087	5.27	4.6684	4.5621	-0.2381	0.083	0.599
55	1906.7	0.5239	16.51%	0.087	5.06	4.4557	4.3239	-0.2352	0.083	0.592
60	1883.9	0.5011	17.26%	0.087	4.79	4.1922	4.0887	-0.2242	0.083	0.564

65	1866.0	0.4832	17.90%	0.087	4.59	3.9853	3.8645	-0.2190	0.083	0.551
70	1845.1	0.4623	18.71%	0.087	4.34	3.7437	3.6454	-0.2306	0.083	0.580
75	1828.1	0.4453	19.43%	0.087	4.15	3.5472	3.4148	-0.2306	0.083	0.580
80	1805.2	0.4224	20.48%	0.087	3.88	3.2825	3.1842	-0.1994	0.083	0.502
85	1788.2	0.4054	21.34%	0.087	3.69	3.0860	2.9848	-0.2173	0.083	0.547
90	1770.7	0.3879	22.30%	0.087	3.48	2.8837	2.7675	-0.1861	0.083	0.468
95	1750.6	0.3678	23.52%	0.087	3.25	2.6514	2.5814	-0.1480	0.083	0.372
100	1738.5	0.3557	24.32%	0.087	3.11	2.5115	2.4335	-0.1595	0.083	0.401
105	1725.0	0.3422	25.28%	0.087	2.96	2.3555	2.2740	-0.1520	0.083	0.382
110	1710.9	0.3281	26.37%	0.087	2.79	2.1925	2.1220	-0.1376	0.083	0.346
115	1698.7	0.3159	27.39%	0.087	2.65	2.0515	1.9844	-0.1260	0.083	0.317
120	1687.1	0.3043	28.43%	0.087	2.52	1.9174	1.8584	-0.1173	0.083	0.295
125	1676.9	0.2941	29.42%	0.087	2.40	1.7995	1.7411	-0.1115	0.083	0.281
130	1666.8	0.2840	30.46%	0.087	2.28	1.6827	1.6296	-0.0959	0.083	0.241
135	1657.6	0.2748	31.48%	0.087	2.18	1.5764	1.5336	-0.0757	0.083	0.190
140	1650.2	0.2674	32.35%	0.087	2.09	1.4909	1.4579	-0.0699	0.083	0.176
145	1644.5	0.2617	33.06%	0.087	2.02	1.4250	1.3880	-0.0740	0.083	0.186
150	1638.1	0.2553	33.89%	0.087	1.95	1.3510	1.3140	-0.0694	0.083	0.174
155	1631.7	0.2489	34.76%	0.087	1.88	1.2770	1.2446	-0.0624	0.083	0.157
160	1626.1	0.2433	35.56%	0.087	1.81	1.2123	1.1822	-0.0543	0.083	0.137
165	1620.9	0.2381	36.33%	0.087	1.75	1.1522	1.1279	-0.0462	0.083	0.116
170	1616.7	0.2339	36.99%	0.087	1.70	1.1036	1.0817	-0.0405	0.083	0.102

175	1612.9	0.2301	37.60%	0.087	1.66	1.0597	1.0412	-0.0358	0.083	0.090
180	1609.7	0.2269	38.13%	0.087	1.62	1.0227	1.0054	-0.0301	0.083	0.076
185	1606.7	0.2239	38.64%	0.087	1.59	0.9880	0.9753	-0.0254	0.083	0.064
190	1604.5	0.2217	39.02%	0.087	1.56	0.9626	0.9499	-0.0249	0.083	0.063
195	1602.3	0.2195	39.41%	0.087	1.54	0.9372	0.9250	-0.0225	0.083	0.057
200	1600.2	0.2174	39.79%	0.087	1.51	0.9129	0.9025	-0.0208	0.083	0.052
205	1598.4	0.2156	40.13%	0.087	1.49	0.8921	0.8817	-0.0173	0.083	0.044
210	1596.6	0.2138	40.46%	0.087	1.47	0.8713	0.8644	-0.0150	0.083	0.038
215	1595.4	0.2126	40.69%	0.087	1.46	0.8574	0.8493	-0.0144	0.083	0.036
220	1594.0	0.2112	40.96%	0.087	1.44	0.8412	0.8349	-0.0127	0.083	0.032
225	1592.9	0.2101	41.18%	0.087	1.43	0.8285	0.8222	-0.0116	0.083	0.029
230	1591.8	0.2090	41.39%	0.087	1.42	0.8158	0.8106	-0.0092	0.083	0.023
235	1590.9	0.2081	41.57%	0.087	1.41	0.8054	0.8014	-0.0081	0.083	0.020
240	1590.2	0.2074	41.71%	0.087	1.40	0.7973	0.7933	-0.0069	0.083	0.017
245	1589.5	0.2067	41.85%	0.087	1.39	0.7892	0.7863	-0.0046	0.083	0.012
250	1589.0	0.2062	41.96%	0.087	1.38	0.7834	0.7817	-0.0035	0.083	0.009
255	1588.7	0.2059	42.02%	0.087	1.38	0.7800	0.7782	-0.0040	0.083	0.010
260	1588.4	0.2056	42.08%	0.087	1.38	0.7765	0.7742	-0.0040	0.083	0.010
265	1588.0	0.2052	42.16%	0.087	1.37	0.7719	0.7702	-0.0023	0.083	0.006
270	1587.7	0.2049	42.22%	0.087	1.37	0.7684	0.7678	-0.0017	0.083	0.004
275	1587.6	0.2048	42.24%	0.087	1.37	0.7673	0.7661	-0.0012	0.083	0.003
280	1587.4	0.2046	42.28%	0.087	1.36	0.7650	0.7650	-0.7650	0.083	
285	1587.4	0.2046	42.28%	0.087	1.36	0.7650		0.0000		

APÉNDICE F

EVALUACIÓN SENSORIAL DE SOPA DE MELLOCO

Nombre: _____ Fecha: _____

A. Ante usted hay 2 muestras de sopas de Melloco. Indique que tanto le gustan o disgustan las muestras según la siguiente escala:

	6224	**6588**
Me agrada mucho	____	____
Me gusta ligeramente	____	____
Ni me gusta ni me disgusta	____	____
Me disgusta ligeramente	____	____
Me disgusta mucho	____	____

B. Indique cuál de las 2 muestras prefiere usted:

6224	**6588**
____	____

C. Comentarios:

_____

_____

_____

_____

¡MUCHAS GRACIAS!

APÉNDICE G

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

GCR -4.1-01-00-03

Informe: 11-06/0107-M001

Datos del cliente

Nombre: Marjorie Vanessa Velasquez Figueroa	**Teléfono:** 092492828
Dirección: El paraiso, calle los mangos B -28 y cuarta peatonal	

Identificación de la muestra / etiqueta

Nombre: Sopa deshidratada	**Código muestra:** 11-06/0107-M001
Marca comercial: "S/M"	**Lote:** S/L
Tipo de alimento: Sopas Deshidratadas	**Fecha elaboración:** 22/06/2011
Envase: Funda Ziploc	**Fecha expiración:** N/A
Conservación: Ambiente 20 °C – 25 °C	**Fecha recepción:** 23/06/2011
Fecha análisis: 23/06/2011	**Vida útil:** N/A
Contenido neto declarado: 100g	
Contenido neto encontrado: N/R	
Presentaciones: 100 g	
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 *	%	1.29	---	AOAC 18th 978.10 *
Fosforo * °	---	0.0	---	*
Grasas *	%	6.52	---	AOAC 18th 960.39 *
Hierro * °	---	6.03	---	Absorción Atómica *
Humedad *	%	5.49	----	Gravimétrico *
Proteínas *	%	8.53	---	AOAC 18th 920.87 *
Calcio * °	---	619.96	---	Absorción Atómica *
Cenizas *	%	12.15	---	AOAC 18th 941.12A *

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

*** Observaciones:**
Se realizaron los análisis bromatológicos solicitados por el cliente. Los datos bromatológicos se encuentran registrados en el Cuaderno de Varios Nº 9, página 943.

* 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, 4 de Julio del 2011

Dra. Gloria Bajaña de Pacheco
Directora General y Gerente Técnico

Ing. María Teresa Amador
Gerente de Calidad

VIGENTE DESDE: 01.07.07 REV. 03 Página 1 de 1

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

APÉNDICE H

ANÁLISIS DE VARIANZA

Para analizar el efecto de varios niveles de una variable (como, por ej., en la Práctica 7 del Capítulo V), se aplica el siguiente método estadístico. En él se compara la varianza procedente de dicha variable con la varianza residual, o sea, la debida al error experimental y al azar.

Primeramente se obtienen los grados de libertad:

$$GL_v = \text{Grados de libertad de variable} = m - 1$$

donde m = niveles de la variable bajo estudio (en el caso de la práctica 7 son 3 niveles de dulzor, así que $GL_v = 2$).

$$GL_j = \text{Grados de libertad de jueces} = n - 1$$

donde n = número de jueces.

$$GL_t = \text{Grados de libertad totales} = (n)(m) - 1$$

$$GL_r = \text{Grados de libertad de residual} = GL_t - GL_v - GL_j$$

A continuación se obtienen las sumas de cuadrados:

$$FC = \text{Factor de corrección} = TT^2/[(n)(m)]$$

donde TT es el total de todas las observaciones, o sea:

$$TT = \Sigma X_{ij}$$

$$SC_v = \text{suma de cuadrados de la variable} = \\ = [(T_{c1})^2 + (T_{c2})^2 + ... + (T_{cm})^2]/n - FC$$

donde T_{cj} son los totales de cada columna, j = 1,2,...,m

$$SC_j = \text{suma de cuadrados de jueces} = \\ = [(T_{r1})^2 + (T_{r2})^2 + ... + (T_{rn})^2]/m - FC$$

donde T_{ri} son los totales de cada renglón, i = 1,2,...,n

$$SC_t = \text{suma de cuadrados totales} = \\ = \text{suma de cada observación al cuadrado} - FC = \\ = [(X_{11})^2 + (X_{12})^2 + (X_{13})^2 + ... + (X_{mn})^2] - FC$$

$$SC_r = \text{suma de cuadrados de residual} = SC_t - SC_v - SC_j$$

Después se calcula la varianza, la cual se obtiene dividiendo la suma de cuadrados entre los grados de libertad correspondientes:

$$V_v = \text{varianza debida a variable} = SC_v/GL_v$$
$$V_j = \text{varianza debida a jueces} = SC_j/GL_j$$
$$V_r = \text{varianza de residual} = SC_r/GL_r$$

Finalmente se obtiene el valor de F calculadas (F):

$$F_v = V_v/V_r$$
$$F_j = V_j/V_r$$

y se comparan con la F de tablas (F_t), la cual se obtiene de la tabla que se presenta en el Apéndice IV, con los grados de libertad de la fuente de variación bajo consideración (ya sea GL_v o GL_j) como grados de libertad del numerador, y GL_r como grados de libertad del denominador, y con el nivel de significancia escogido. Para el caso de la práctica 7 utilice un nivel de significancia de 5%.

Si $F < F_t$, no hay efecto significativo de la fuente de variación considerada sobre los resultados; en cambio si es mayor o igual, sí hay diferencia significativa. En este caso puede obtenerse la diferencia mínima significativa como se indica en el Capítulo IV (prueba de Tukey).

TABLAS DE DISTRIBUCION F

n_1 = grados de libertad para el numerador
n_2 = grados de libertad para el denominador

Tabla 1. Valores de F para un nivel de significancia del 5%

n_1 / n_2	1	2	3	4	5	6	8	12	24	∞
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234	238,9	243,9	249	255
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,37	19,41	19,5	19,5
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,84	8,74	8,64	8,53
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,04	5,91	5,77	5,63
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,82	4,68	4,53	4,36
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,15	4,00	3,84	3,67
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,73	3,57	3,41	3,23
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,44	3,28	3,12	2,93
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,23	3,07	2,90	2,71
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,07	2,91	2,74	2,54
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	2,95	3,79	2,61	2,40
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,85	2,69	2,50	2,30
13	4,67	3,80	3,41	3,18	3,02	2,92	2,77	2,60	2,42	2,21
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,70	2,53	2,35	2,13
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,64	2,48	2,29	2,07
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,59	2,42	2,24	2,01
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,55	2,38	2,19	1,96
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,51	2,34	2,15	1,92
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,48	2,31	2,11	1,88
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,45	2,28	2,08	1,84

(continúa)

Tabla 1. *(continuación).* → grado de libertad

n_1 / n_2	1	2	3	4	5	6	8	12	24	∞
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,42	2,25	2,05	1,81
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,40	2,23	2,03	1,78
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,38	2,20	2,00	1,76
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,36	2,18	1,98	1,73
25	4,24	3,38	2,99	2,76	2,60	2,49	2,34	2,16	1,96	1,71
26	4,22	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,32	2,15	1,95	1,69
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,30	2,13	1,93	1,67
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,44	2,29	2,12	1,91	1,65
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,54	2,43	2,28	2,10	1,90	1,64
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,27	2,09	1,89	1,62
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,18	2,00	1,79	1,51
60	4,00	3,15	2,76	2,52	2,37	2,25	2,10	1,92	1,70	1,39
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,02	1,83	1,61	1,25
∞	3,84	2,99	2,60	2,37	2,21	2,09	1,94	1,75	1,52	1,00

APÉNDICE I

DATOS PARA ELABORAR ISOTERMA DE PRODUCTO FINAL

		PESO (antes)	PESO (después)	Aw	HUMEDAD
0	Con Agua	12.8984	-	0.366	4.00
		12.7559	-	0.374	3.88
	Con Sílica	12.2760	-	0.393	4.07
		12.6946	-	0.396	4.34
1	Con Agua	12.9991	12.6446	0.420	3.85
		12.8615	12.4221	0.416	3.84
	Con Sílica	12.2264	11.7011	0.362	2.92
		12.6287	12.3979	0.386	2.91
2	Con Agua	12.7545	12.3748	0.446	3.88
		12.5360	12.1339	0.442	3.97
	Con sílica	11.6764	11.2425	0.345	2.29
		12.3702	11.9977	0.335	2.13
3	Con Agua	12.4855	12.0954	0.457	4.00
		12.2251	11.8008	0.49	3.99
	Con sílica	11.2190	10.8548	0.298	1.83
		11.9775	11.6131	0.299	1.61
4	Con Agua	12.2719	11.7118	0.480	4.69
		11.8598	11.2410	0.482	3.86
	Con sílica	10.8460	10.4065	0.287	1.61
		11.5976	11.4066	0.349	1.26
5	Con Agua	11.8793	11.3979	0.531	5.36
		11.3050	10.7135	0.511	3.98
	Con sílica	10.3970	9.7686	0.253	1.46
		11.3999	10.8385	0.251	1.04
6	Con Agua	11.6865	10.9618	0.551	7.06
		10.7935	10.4057	0.558	4.43
	Con sílica	9.7511	9.2209	0.228	1.31
		10.8228	10.4412	0.231	0.82
7	Con Agua	11.0280	10.5542	0.655	10.14
		10.4494	10.0692	0.647	11.08
	Con sílica	9.2140	8.8143	0.212	3.56
		10.4301	9.8016	0.232	3.71

APÉNDICE J

Presión de vapor del agua a varias temperaturas www.vaxasoftware.com/indexes.html

T °C	*P* mmHg	*T* °C	*P* mmHg	*T* °C	*P* mmHg
-15	1,436	38	49,692	91	548,05
-14	1,580	39	52,442	92	568,99
-13	1,691	40	55,324	93	588,60
-12	1,834	41	58,345	94	610,90
-11	1,987	42	61,504	95	633,90
-10	2,149	43	64,80	96	657,62
-9	2,326	44	68,26	97	682,07
-8	2,514	45	71,882	98	707,27
-7	2,715	46	75,65	99	733,24
-6	2,931	47	79,60	**100**	**760,00**
-5	3,163	48	83,71	101	787,57
-4	3,410	49	88,02	102	815,86
-3	3,673	50	92,511	103	845,12
-2	3,956	51	97,20	104	875,06
-1	4,258	52	102,09	105	906,07
0	4,579	53	107,20	106	937,92
1	4,926	54	112,51	107	970,60
2	5,294	55	118,04	108	1 004,42
3	5,685	56	123,80	109	1 038,92
4	6,101	57	129,82	110	1074,56
5	6,543	58	136,08	111	1111,20
6	7,013	59	142,60	112	1149,74
7	7,513	60	149,38	113	1187,42
8	8,045	61	156,43	114	1227,25
9	8,609	62	163,77	115	1267,98
10	9,209	63	171,38	120	1 489,14
11	9,844	64	179,31	125	1 740,93
12	10,518	65	187,54	130	2 028,10
13	11,231	66	196,09	135	2 347,28
14	11,987	67	204,96	140	2 710,92
15	12,788	68	214,17	145	3 118,76
16	13,634	69	223,73	150	3 570,48
17	14,530	70	233,71	175	6 694,08
18	15,477	71	243,9	200	11 659,16
19	16,477	72	254,6	225	19 123,12
20	17,535	73	265,7	250	29 817,84
21	18,650	74	277,2	275	44 580,84
22	19,827	75	289,10	300	64 432,8
23	21,068	76	301,4	325	90 447,6
24	22,377	77	314,1	350	124 001,6
25	**23,756**	78	327,3	360	139 893,2
26	25,209	79	341,0	365	148 519,2
27	26,739	80	355,11	366	150 320,4
28	28,349	81	369,7	367	152 129,2
29	30,043	82	384,9	368	153 960,8
30	31,824	83	400,6	369	155 815,2
31	33,695	84	416,8	370	157 692,4
32	35,663	85	433,62	371	159 594,8
33	37,729	86	450,9	372	161 507,8
34	39,898	87	468,7	373	163 468,4
35	42,175	88	487,1	374	165 487,2
36	44,563	89	506,1	**374,11**	**165 908,0**
37	47,067	90	525,76		

BIBLIOGRAFÍA

1. ANZALDÚA–MORALES, Antonio. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España. 1994. Págs. 67 – 75.

2. BARRERA V., TAPIA C., MONTEROS A., Raíces y tubérculos andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Quito, Ecuador. 2004. Pág. 93.

3. BRAUNA R., Técnicas de procesamiento de granos que mejoran la eficiencia alimentaria en la producción animal. Universidad Nacional de la Pampa – Facultad de agronomía. 2003. Disponible en internet: http://www.agronet.com.mx/cgi/articles.cgi?Action=Viewhistory&Article=2&Type=G&Datemin=2003-10-01%2000:00:00&Datemax=2003-10-31%2023:59:59

4. CIP, COTESU, CONSESAN. Programa colaborativo Biodiversidad de raíces y tubérculos andinos. 1995. Págs. 12 – 17.

5. ESPINOZA P., VACA R., ABAD J., CRISSMAN C., Raíces y tubérculos Andinos: Cultivos marginados en el Ecuador. Situación actual y limitaciones para la producción. Ediciones Abya-Yala. Quito, Ecuador. 1997.

6. ICONTEC. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación NTC 4482 – Sopas y Cremas. Industria Alimentaria. Bogotá – Colombia. 1998. Disponible en internet: http://www.sinab.unal.edu.co/ntc/NTC4482.pdf

7. LABUZA, Moisture Sorption: Practical Aspects of Isotherm, Measurement and Use, University of Minnesota, 1984.

8. LEÓN J., Botánica de los cultivos tropicales. San José, Costa Rica.2000. Págs. 34 – 37.

9. MARÍN E., LEMUS R., FLORES V., VEGA A., La rehidratación de alimentos deshidratados. Revista Chilena de nutrición. 1996. Disponible en internet: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182006000500009&script=sci_arttext

10. Registro Municipal de Montevideo. Volumen 14.

11. RUIZ M., Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos. 2da Edición. Tomo II. 2010. Págs. 48 – 60.

12. TAPIA M., La Agricultura Andina: El medio, los cultivos y los sistemas agrícolas en los andes del sur de Perú. 1982. Págs. 27 – 34.

13. Los Alimentos. Guía Nutricional. Disponible en internet: http://alimentos.org.es/leche-polvo-entera

14. Ministerio de Salud – Departamento de Asesoría Jurídica. Reglamento Sanitario de los Alimentos. 2010. Disponible en internet: http://es.scribd.com/doc/49819306/21/TITULO-XXII-DE-LOS-CALDOS-Y-SOPAS-DESHIDRATADAS

15. Secado de Alimentos Vegetales. Disponible en internet: http://es.scribd.com/doc/42948164/Secado-de-alimentos

16. ESPOL. FIMCP. Disponible en internet: http://www.espol.edu.ec/espol/main.jsp?urlpage=tour.jsp

17. Universidad Nacional Experimental de Yaracuy. Disponible en internet: http://practicasintegrales.files.wordpress.com/2007/09/practica-2.pdf

18. Vimos C., Nieto C., Rivera M., El Melloco: Características, técnicas de cultivo y potencial en Ecuador. Págs. 8 – 14.