ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"Desarrollo del proceso y caracterización de harina de zapallo y formulación de subproductos"

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERA DE ALIMENTOS

Presentada por:

Cecibel Lisbeth Alava Pincay

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2007

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios porque el es el centro de mi existir.

A mis padres y hermanas por su gran apoyo ilimitado que siempre me ostentan.

A mis verdaderos amigos que me enseñaron a perseverar en esta etapa de mi vida.

A mi directora de tesis y profesores que sin dudar me brindaron su ayuda.

Gracias.

DEDICATORIA

A Dios que nunca me abandona.

A mis padres y hermanas que me han enseñado los verdaderos valores morales y espirituales.

A mi mejor amigo Ing. José Parrales por manifestarme su amor incondicional.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

_____	_____
Ing. Eduardo Rivadeneira P. DECANO DE LA FIMCP PRESIDENTE	Ing. Fabiola Cornejo Z. DIRECTORA DE TESIS
_____	_____
Ing. Priscila Castillo S. VOCAL	MBA. Mariela Reyes L. VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

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

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

_____

Cecibel Lisbeth Alava Pincay

RESUMEN

En nuestro país existen gran cantidad de hortalizas que no han sido aún procesadas y cuentan además con valiosas propiedades nutricionales indispensable en la dieta del individuo, entre ellas se encuentra el zapallo, el cual es producido en grandes cantidades en varias provincias de la Costa. Por lo tanto, esta tesis se basa en crear una harina a partir del zapallo, de tal manera que se ofrece al consumidor una nueva alternativa para el consumo del zapallo y mayor conservación del producto y al productor brindarle mayor mercado de producción y comercialización. Adicionalmente, la tesis presentará aplicaciones de la harina de zapallo a nivel industrial y doméstico, de tal manera, que se elaborarán productos instantáneos tales como coladas, budines y helados a partir de dicha harina.

Para determinar los parámetros de proceso de la harina de zapallo, primero se determinará las características de la materia prima, así se realizará isoterma desorción, grado de maduración y sus características bromatológicas. Luego, se realizará un estudio del proceso de secado, en el

cual se desarrollarán las curvas de secado y definición de tiempo de secado. Posteriormente, se analizará el proceso de molienda. Finalmente, en esta etapa, se determinará las características finales de la harina de zapallo.

Por otro lado, la tesis desarrollará usos de la harina para la obtención de productos instantáneos. La aceptación de estos productos se obtendrá a través de evaluaciones sensoriales.

Por último, se realizará un diseño de la línea de producción de la harina, en la cual se definirá el diagrama de flujo, los equipos y capacidades de producción. El esquema de esta línea de producción será realizado en autocad y simulado bajo el software lookout 7.1 empleado para la automatización de las máquinas.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN.....II

ÍNDICE GENERAL.....III

ABREVIATURAS.....IV

SIMBOLOGÍA.....V

INDICE DE FIGURAS.....VI

INDICE DE TABLAS.....VII

INTRODUCCIÓN.....1

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES.....3

1.1. Materia Prima.....4

1.2. Proceso de Secado.....9

1.2.1. Velocidad de secado.....9

1.2.2. Aw, Isoterma.....13

CAPÍTULO 2

2. PROCESO DE OBTENCION DE LA HARINA DE ZAPALLO Y SUBPRODUCTOS.....15

2.1. Selección de la materia prima.....15

2.1.1. Especificaciones iniciales de materia prima (Bromatológico)16

2.1.2. Isoterma desorción.....19

2.2. Proceso Experimental.....24

2.2.1. Proceso de elaboración de harina.....24

2.2.2. Etapa de secado.....26

2.2.2.1. Parámetros de proceso.....26

2.2.2.2. Curvas de secado.....29

2.2.2.3. Determinación de tiempo de secado.....31

2.2.3. Etapa de Molienda.....35

2.3. Caracterización de la harina de zapallo.....39

2.4. Formulación de Subproductos.....42

2.4.1. Colada de Harina de Zapallo.....42

2.4.1.1. Diagrama de proceso.....42

2.4.1.2. Formulación.....44

2.4.1.3. Detalle de análisis sensorial.....45

2.4.2. Budín de Zapallo.....49

2.4.2.1 Diagrama de proceso.....49

2.4.2.2. Formulación.....51

2.4.2.3. Resultados de análisis sensorial.....53

2.4.3. Helado.....54

2.4.3.1. Diagrama de proceso.....54

2.4.3.2. Formulación.....56

2.4.3.3. Detalle de análisis sensorial.....57

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE HARINA DE ZAPALLO.....59

3.1. Descripción del proceso de producción.....59

3.2. Diagrama de FLUJO.....70

3.3. Equipos: Capacidades.....71

3.4. Simulación de la línea de producción.....84

3.5. Determinación de puntos críticos de control.....88

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....92

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

A	Amperios
Aw	Actividad de agua
BET	Brunauer – Emmett – Teller
cm	Centímetros
cm^2	Centímetros cuadrados
°C	Grados centígrados
fig.	Figura
FIMCP	Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción
ft^3/min	Pie cúbico por minuto
g	Gramos
g H_2O / 100 g ss	Gramos de agua por 100 gramos de sólido seco
GAB	Guggenheim – Anderson – de Boer
h	Horas
hz	Hertz
kg	Kilogramos
kg/h	Kilogramo por hora
kg/h*m^2	Kilogramo por hora por metro cuadrado
kg/ m^3	Kilogramo por metro cúbico
kgH_2O/kg aire seco	Kilogramo de agua por kilogramo de aire seco
kj/kg	Kilojoul por kilogramo
m	Metros
m^2	Metro cuadrado
m^3	Metro cúbico
mg	Miligramo
min	Minutos
ml	Mililitros
mm	Milímetros
m/s	Metro por segundo
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
pH	Potencial de hidrógeno
rpm	revolución por minuto
s	Segundos
t	Tiempo
T	Temperatura
Tm	Toneladas métricas
W/ m2*K	Watt por metro cuadrado por grado kelvin
V	Voltios

SIMBOLOGÍA

%	Porcentaje
ρ	Densidad
λ_w	Calor latente de vapor
µm	Micrómetro
μ_p	Viscosidad del aire en las paredes
A	Área superficial del producto a secar
b	Espacio entre bandejas del secador
B	Número de bandejas
C	Constante que depende de la temperatura
Cs	Calor húmedo promedio
Ec.	Ecuación
G	Flujo de aire seco
h	Coeficiente de transferencia de calor
H_p	Humedad promedio
H_s	Humedad real a temperatura de trabajo
H_w	Humedad a temperatura de bulbo húmedo
K	Factor de corrección
L	Longitud del serpentín
L_t	Longitud de la bandeja del secador
N	Número de bandejas por carrito
PCC	Puntos críticos de control
Q	Calor necesario para calentar el aire
Rc	Velocidad de secado
X	Humedad libre del sólido
ΔX	Diferencia de humedad libre
X*	Humedad de equilibrio
X_1	Humedad inicial real
x1	Profundidad de la bandeja del secador
Xc	Contenido crítico de humedad libre
Xt1	Humedad total inicial del sólido
Xm	Humedad de la monocapa de BET
Xt	Humedad en base seca
X_{tc}	Contenido crítico de humedad total
t_1	Temperatura inicial del aire
t_2	Temperatura final del aire
Ts	Temperatura de trabajo
T_w	Temperatura de bulbo húmedo
v	Velocidad de aire
Vh	Volumen húmedo

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.1 Equipos y materiales empleados para secar muestra de zapallo. A) secador tipo cabina. B) balanza gramera. C) rejilla con papel aluminio y zapallo seco..... 11

Figura 2.1 Fotos de tres tipos de zapallo. a) zapallo tierno. b) zapallo semi – maduro. c) zapallo maduro..... 18

Figura 2.2 Fotografía de semillas de zapallo..... 18

Figura 2.3 Materiales del método isopiéstico para las isotermas de desorción estabilizada a 33°C..... 21

Figura 2.4 Gráfica de BET para zapallo a 33°C..... 22

Figura 2.5 Isoterma de desorción de zapallo a 33°C..... 23

Figura 2.6 Diagrama de flujo para la harina de zapallo..... 25

Figura 2.7 Gráfica de tiempo de secado respecto a la humedad libre de la muestra de zapallo..... 30

Figura 2.8 Humedad libre del zapallo versus velocidad de secado.. 31

Figura 2.9 A) Molino de bolas. B) Harina de zapallo sin tamizar. C) Tamizador. D) Tamices para la harina..... 37

Figura 2.10 Materiales del método isopiéstico para las isotermas de absorción estabilizadas a 33°C..... 40

Figura 2.11 Isoterma de adsorción de la harina de zapallo a 33°C.... 40

Figura 2.12 Diagrama de proceso de la colada de harina de zapallo 43

Figura 2.13 Diagrama de proceso del budín de zapallo..... 50

Figura 2.14 Diagrama de proceso del helado de zapallo..... 55

Figura 3.1 A) trozos de zapallo grandes con semilla. B) cáscaras de zapallo..... 63

Figura 3.2 A) semillas de zapallo. B) pedazos de zapallo. C) masa de zapallo picado con licuadora..... 64

Figura 3.3 Harina de zapallo terminada..... 66

70

81

Figura 3.4 Diagrama de flujo para la harina de zapallo.....
Figura 3.5 Diseño del secador de bandejas.....

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 Provincia de Manabí, producción, ventas y sobrantes (Tm) de zapallo según cultivos transitorios..... 5
Tabla 2 Contenido nutricional de tres aspectos del zapallo..... 7
Tabla 3 Beneficios del zapallo..... 8
16
17
Tabla 4 Características externas de los tres tipos de zapallo..... 19
Tabla 5 Características internas de los tres tipos de zapallo..... 26
Tabla 6 Otras características del zapallo seleccionado.....
Tabla 7 Equipos para elaborar harina..... 27
Tabla 8 Observaciones de temperaturas para el proceso de la harina..... 29
32
Tabla 9 Datos previos para hallar las curvas de secado..... 32
Tabla 10 Características de las bandejas del secador..... 33
Tabla 11 Características del aire de secado..... 33
Tabla 12 Datos obtenidos por tabla psicrométrica..... 34
Tabla 13 Otros datos del aire de secado..... 37
Tabla 14 Características de la muestra..... 38
Tabla 15 Características del molino de bolas..... 41
Tabla 16 Resultados de la molienda..... 44
Tabla 17 Especificaciones técnicas de la harina de zapallo..... 45
Tabla 18 Fórmula 1 para la colada de zapallo.....
Tabla 19 Fórmula 2 para la colada de zapallo..... 48
Tabla 20 Resultados de la escala hedónica para la colada de zapallo..... 52
52
Tabla 21 Fórmula 1 para el budín de zapallo.....
53
56
57

Tabla 22 Fórmula 2 para el budín de zapallo.....
Tabla 23 Resultados de la escala hedónica para el budín de zapallo.....
Tabla 24 Fórmula 1 para el helado de zapallo.....
Tabla 25 Fórmula 2 para el helado de zapallo.....

Tabla 26	Resultados de la escala hedónica para el helado de zapallo.....	58
Tabla 27	Pérdidas y obtención de un zapallo por cada etapa.....	61
Tabla 28	Porcentaje de rendimiento de la harina de zapallo.....	61
Tabla 29	Simulación para obtener harina de zapallo.....	62
Tabla 30	Número de trabajadores por etapa de proceso para la harina de zapallo.....	66
Tabla 31	Ingredientes de la colada de zapallo para 250g.....	67
Tabla 32	Ingredientes del budín de zapallo para 1kg.....	68
Tabla 33	Ingredientes del helado de zapallo para 120g.....	69
Tabla 34	Equipos para cada etapa de la línea de producción.....	71
Tabla 35	Especificaciones de la trituradora industrial.....	72
Tabla 36	Datos para el número de bandejas por carrito.....	73
Tabla 37	Dimensiones por carrito del secador.....	74
Tabla 38	Condiciones del vapor saturado como medio de calentamiento.....	75
Tabla 39	Condiciones del aire como medio a calentar.....	75
Tabla 40	Datos para determinar el área de transferencia de calor	
Tabla 41	Resultados de los cálculos para el serpentín.....	77
Tabla 42	Especificaciones del ventilador industrial.....	77
Tabla 43	Dimensiones del secador.....	79
Tabla 44	Dimensiones de malla, serpentín y número de ventiladores.....	80
Tabla 45	Características técnicas del molino de bolas.....	82
Tabla 46	Detalle de cantidades de equipos, materiales y operarios por etapas de proceso de la harina de zapallo.....	83
Tabla 47	Hoja de trabajo para el análisis de peligros.....	87

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de nuevos productos es un campo abierto en las industrias alimenticias. Sin embargo, el crear productos que satisfagan requerimientos nutricionales para la alimentación humana se considera un reto. El objetivo de este trabajo es crear un nuevo producto a partir de una hortaliza y aplicarlo para el desarrollo de productos instantáneos.

La hortaliza escojida es el zapallo, ya que hasta el momento esta hortaliza es muy empleada por las amas de casas y por el arte culinario, a través de recetas diversas. Lamentablemente, uno de los impedimentos para no consumirlo en gran cantidad es debido a la dureza de su corteza y por este motivo se propone desarrollar Harina a partir de zapallo y posteriormente aplicarlo como productos instantáneos en recetas típicas como budines, coladas y helados.

Por lo tanto, para alcanzar el objetivo el presente trabajo se enfoca en los siguientes estudios:

1. Determinación de isotermas de desorción a la materia prima e isotermas de adsorción a la harina.
2. Determinación de curvas de secado, a través de resultados obtenidos de las isotermas.
3. Pruebas granulométricas para la harina.

4. Desarrollo de productos instantáneos a partir de harina de zapallo.
5. Evaluación sensorial para las diversas aplicaciones de la harina.
6. Determinación del diseño de la línea de producción de harina, indicando los equipos y sus capacidades, el diagrama de flujo y los puntos críticos de control.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

En Ecuador existen gran variedad y géneros de frutas y vegetales que en ocasiones ningún otro país del mundo las posee. Estas contienen gran valor nutricional, fundamentados en el desarrollo del individuo.

Se podría mencionar que tal vez por aspectos económico – sociales no existe un verdadero camino para el desarrollo del procesamiento de frutas u hortalizas.

Con una ligera visión en los mercados de nuestra ciudad, se podrá observar los invaluables desperdicios de vegetales generados diariamente, esto es resultado del poco interés investigativo. Entre ellos, resalta el zapallo. Este producto es consumido especialmente en caldos, posteriormente en cremas, coladas, dulces como budines o dulces de tres leches, entre otros. Por lo tanto, sería interesante tratar de orientar una investigación hacia el desarrollo de estos productos citados, como productos instantáneos, a partir del zapallo procesado como harina.

El pensar en el procesamiento del zapallo como harina, es simplemente, en la preparación de productos instantáneos, ya que para preparar caldos, coladas o postres, etc., solamente se emplea la pulpa mas no la semilla, ni la cáscara. Cabe resaltar que tanto la semilla como la cáscara podrían ser utilizadas para otros nuevos productos.

1.1 Materia prima

Cultivo y disponibilidad del zapallo

Es importante indicar que en la actualidad el tema hortalizas en el mundo entero abarca una diversidad de concepciones, que permiten presentar la información de acuerdo a la orientación o percepción demostrado por los interesados.

El zapallo es considerado una hortaliza que aporta con su fruto para fines de alimentación directa, además es un cultivo transitorio o de ciclo corto, es decir, que su ciclo vegetativo o de crecimiento es menor a un año, y una vez que llega a dar su fruto, la planta se destruye siendo necesario volverlo a sembrar para obtener nueva cosecha (7).

El zapallo se encuentra dentro de los cultivos de hortalizas de estación cálida, este grupo se adapta a temperaturas que van entre los 18 y 37°C y no toleran heladas en ningún momento de su desarrollo. La época de

siembra más apropiada es en octubre, y su modo de siembra es directo. El tiempo estimado para cosechar esta entre 120 – 150 días.

De acuerdo a fuente estadística de las Direcciones Provinciales MAG, en la región Costa del Ecuador las provincias con mayor producción de esta hortaliza son Manabí y Guayas. En la región Sierra, Azuay y Loja. En el Oriente solo Zamora Chinchipe y en Galápagos aún no existe producción significativa. De los cuales Manabí es la provincia que tiene mayor producción seguida de Azuay, Loja y Guayas (4).

Resaltando a la producción y ventas por toneladas métricas del zapallo como cultivo asociado en la provincia de Manabí, se consideró un sobrante significativo de materia prima para procesarlo como harina posteriormente, los detalles se muestran en la tabla 1.

TABLA 1

PROVINCIA DE MANABÍ, PRODUCCIÓN, VENTAS Y SOBRANTES (Tm) DE ZAPALLO SEGÚN CULTIVOS TRANSITORIOS

Cultivos transitorios		Producción, Tm	Ventas, Tm	Sobrantes, Tm
Zapallo	Solo	172	145	27
	Asociado	894	563	331

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Resultados provinciales y cantorales del III Censo Nacional Agropecuario en la provincia del Manabí 2001. Tabla 20.

Estos datos son resultados anuales, es decir, que se recomendaría trabajar con los sobrantes de cultivo de zapallo asociado, para la producción de harina. Considerando, condiciones de trabajo laboral de 8 horas diarias, se obtendría 143.66 kg/h de zapallo y estimando el peso promedio de 5 kg por hortaliza se procesarían alrededor de 28 unidades por hora. Con estos resultados se procesaría la harina de zapallo para las diversas aplicaciones.

Características del zapallo

Esta hortaliza aporta a la dieta vitaminas A (retinol - caroteno) y C (ácido ascórbico) y pequeñas cantidades de proteínas de alto valor biológico.

De acuerdo a la tabla de la composición de los Alimentos Ecuatorianos, el contenido nutritivo en 100 gramos, porción aprovechable, existen tres etapas del zapallo, las cuales son zapallo tierno, zapallo semi-maduro, zapallo maduro (8).

El contenido nutritivo para las etapas de zapallo son casi similares, y se podrán observar en la tabla 2, pero cabe recalcar que estas cantidades son variables.

TABLA 2

CONTENIDO NUTRICIONAL DE TRES ASPECTOS DEL ZAPALLO

Contenido nutritivo en 100 gramos, porción aprovechable	Nombre del alimento		
	Zapallo		
	Tierno	Semi-maduro	Maduro
Humedad (g)	89.5	88.9	86.5
Calorías	36	37	46
Proteínas (g)	0.7	0.8	0.8
Extracto etéreo (g)	0.1	0.1	0.1
Carbohidratos totales (g)	9.3	9.5	12.0
Fibra (g)	0.5	0.7	0.8
Ceniza (g)	0.4	0.7	0.6
Calcio (mg)	13	16	15
Fósforo (mg)	22	17	29
Hierro (mg)	0.7	1.8	1.3
Caroteno (mg)	0.46	1.42	1.15
Tiamina (mg)	0.05	0.06	0.04
Riboflavina (mg)	0.02	0.03	0.03

Niacina (mg)	0.31	0.59	0.62
Ácido ascórbico (mg)	24	14	15

Fuente: Tabla de Composición de los Alimentos Ecuatorianos. Realizado por el Ministerio de Previsión social y sanidad – Instituto Nacional de Nutrición 1975

Beneficios

Es un buen alimento para niños y ancianos y muy agradable por su dulce sabor. A continuación en la tabla 3, se enuncia de manera comprensible algunos de sus beneficios para el individuo (7).

TABLA 3

BENEFICIOS DEL ZAPALLO

Hipertensos y cardíacos	Contiene muy poca cantidad de sodio y mucho potasio
	No contiene grasas proteínas
	Contiene poca proteína
Enfermos renales	Tiene acción diurética
Anemias	Minerales y vitaminas antianémicas: hierro, ácido fólico, zinc y B6

Estreñimiento	Riqueza en fibras
	Contenido de agua mejora la función intestinal
	Desciende el colesterol malo

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAG

1.2 Proceso de secado

El secado es una operación unitaria mediante la cual se elimina humedad de una sustancia. En el secado, se somete el producto húmedo a la acción de una corriente de aire caliente y seco, evaporándose el líquido con el consiguiente aumento de la humedad del aire. El punto final o límite de la desecación será hasta que la humedad de dicho material esté en equilibrio con el aire que le rodea; es decir, hasta que la presión de vapor de la humedad del sólido iguale a la presión parcial de la corriente gaseosa. Al secar un sólido en el seno de una masa de aire tiene lugar simultáneamente transferencia de materia y transmisión de calor (2, 6).

1.2.1 Velocidad de secado

Las variables que influyen en el secado son muy numerosas y se deben programar experimentos en los que se varíen sistemáticamente todos y cada uno de los parámetros significativos. Es muy importante tener en cuenta las siguientes consideraciones (2, 6):

a) que el material esté soportado en la misma forma que lo estará en el proceso real (sobre bandejas, rejillas, etc.).

b) que la superficie de secado por unidad de volumen sea la misma, que tenga la misma relación de superficie que se seca a la que no se seca.

c) realizar ensayos con muestras de distintos espesores.

d) que la muestra reciba el calor con la misma intensidad y por los mismos mecanismos que en el equipo industrial.

e) que las condiciones del aire sean similares, humedad, temperatura, velocidad y dirección.

f) que el sólido tenga un tamaño de partícula y una geometría similar, que la muestra no sea demasiado pequeña, etc.

También, debe determinarse el peso del sólido totalmente seco. Si no se tienen presentes éstos y otros factores la extrapolación a escala industrial puede resultar muy peligrosa.

La exposición del sólido, refiriéndome a la muestra de zapallo, a un aire con unas determinadas condiciones constantes de humedad, temperatura y velocidad se conoce como secado en condiciones constantes (2,6).

Considerando cada uno de estos literales, se prosiguió a realizar el experimento, para determinar la velocidad de secado. Para ello, se empleó un secador horizontal tipo cabina, rejilla o canastilla con papel de aluminio, balanza gramera y la muestra de zapallo. Ver figura 1.1. Las especificaciones del secador horizontal se detallan en el Apéndice B.

A) **B)** **C)**

FIGURA 1.1. EQUIPOS Y MATERIALES EMPLEADOS PARA SECAR MUESTRA DE ZAPALLO. A) SECADOR TIPO CABINA. B) BALANZA GRAMERA. C) REJILLA CON PAPEL ALUMINIO Y ZAPALLO SECO

En el interior de un secador de cabinas, se realizaron experimentos para calcular la velocidad de secado (Rc), para lo cual se necesitó una canastilla ubicada en el centro de dicho secador, conectada a una balanza y cubierta en su base con papel aluminio por debajo de la muestra a secar.

La muestra determinada en gramos W, se mantiene en el secador hasta obtener lecturas de peso constante, estos serán registrados cada cinco minutos hasta que se registren datos constantes. Posteriormente, se calcula la humedad en base seca Xt en gH_2O/g ss a través de la ecuación 1.1, de donde el valor de Ws es el peso de muestra inicial por el porcentaje de sólido del zapallo determinado previamente por el método de la estufa de acuerdo a la AOAC, teniendo como resultados promedios, porcentajes de sólidos del zapallo y porcentaje de la humedad del zapallo.

$$Xt = \frac{W - Ws}{Ws} \qquad \text{Ec. 1.1}$$

Donde:

W = peso muestra en gramos

Ws = peso del sólido contenido en la muestra

Obtenido el valor de Xt, se establece la humedad libre X en gH_2O/g ss expresado en la ecuación 1.2. De cada valor de X se estableció X

promedio, y un factor de diferencia de humedad libre ΔX, necesarios para completar la fórmula de velocidad de secado Rc (2, 3).

$$X = Xt - X^* \qquad \text{Ec. 1.2}$$

Donde:

Xt = humedad en base seca

X* = humedad de equilibrio, obtenido de la isoterma del zapallo

La ecuación 1.3 para calcular la velocidad de secado Rc, para cada punto expresada en kgH_2O/m^2*h, se enuncia a continuación:

$$Rc = \frac{Ws \times \Delta X}{A \times t} \qquad \text{Ec. 1.3}$$

Donde:

Ws = peso del sólido contenido en la muestra

ΔX = diferencia de datos humedad libre

A = área superficial del producto a secar

t = tiempo en horas

Al sustituir datos calculados posteriormente en estas ecuaciones, se obtendrán resultados que serán representados gráficamente como contenido de humedad libre en función del tiempo en horas y velocidad de secado versus humedad libre, para así obtener el contenido crítico de humedad libre en la muestra de zapallo.

1.2.2 Actividad de agua e Isoterma

La gran parte de los alimentos esta constituida por agua, por lo que esta juega un papel fundamental en la conservación del mismo, de aquí la importancia principal de porqué determinar la actividad de agua tanto en la materia prima como en el producto final.

Muchos sólidos muestran diferentes características de equilibrio dependiendo de si éste se alcanza por condensación (adsorción) o por evaporación (desorción) de la humedad (2, 5, 6).

Una isoterma de absorción nos indica la cantidad de agua absorbida, o adsorbida en el componente con una actividad de agua conocida, cuando está en equilibrio y a una temperatura determinada, esta es la que se aplicó en la harina de zapallo.

La isoterma de desorción muestra la cantidad de agua cedida por el componente con una actividad de agua conocida de la solución, estando en equilibrio y a temperatura específica, tal como se realizó con el zapallo (2).

Los resultados de las isotermas conjuntamente con los de la actividad de agua, sirven para determinar el valor de la monocapa a través de la ecuación de BET (Brunauer – Emmett - Teller) (2, 5, 6). Es importante conocer el valor de la monocapa de BET, ya que este

determina cual es el contenido de humedad real tanto del zapallo como de la harina y por consiguiente se conocería hasta donde se podría secar el zapallo e incluso cual es tiempo de vida de la harina.

1. CAPÍTULO 2

2.
3.
4.

2. PROCESO DE OBTENCION DE LA HARINA DE ZAPALLO Y SUBPRODUCTOS

5.
6.
7. Para obtener harina es necesario seleccionar la materia prima más conveniente para el proceso, una vez seleccionada, se realizará el proceso experimental que consiste en determinar las isotermas, definir humedades, parámetros de proceso, curvas de secado, tiempos de secado y granulometría. Posteriormente se caracterizará la harina y con ella, la elaboración de subproductos con sus respectivas formulaciones, diagramas de proceso y el nivel de aceptación a través de análisis sensorial.
8.

2.1 Selección de la materia prima

9.
10. Antes de entrar a proceso, el zapallo debe ser seleccionado, es decir, no presentar daños y no ser muy tierno en lo posible, ya que este

11.tendrá demasiada humedad y esto no convendría a las etapas del proceso.

12.

2.1.1 Especificaciones iniciales de materia prima (Bromatológico)

13.

14. Además del aporte nutricional mencionado en el capítulo anterior, se consideró ciertas observaciones de características externas e internas en los tres tipos de zapallos, los cuales se aprecian en la tabla 4 y 5.

15. TABLA 4

16. CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DE LOS TRES TIPOS DE ZAPALLO

17. Zapallo	**18. Coloración**	**19. Cáscara**	**20. Observaciones**
21. Tierno	22. Verde	23. Suave	24. Fácil de pelar y cortar manualmente
25. Semi - maduro	26. Verde con pigmentos amarillos	27. Ligeramente suave	28. Aún fácil de pelar y cortar manualmente
29. Maduro	30. Poco verde, con mayor cantidad de pigmentos amarillos	31. Dura	32. Muy difícil de pelar y cortar manualmente

33. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

34. TABLA 5

35.

36. CARACTERÍSTICAS INTERNAS DE LOS TRES TIPOS DE ZAPALLO

37. Zapallo	**38. Pulpa**		**39. Semillas**
	40. Coloración	**41. Aspecto**	
42. Tierno	43. Amarillo	44. Muy Jugoso	45. Húmedas recubiertas con filamentos de pulpa
46. Semi - maduro	47. Amarillo	48. Jugoso	49. Húmedas recubiertas con filamentos de pulpa
50. Maduro	51. Amarillo	52. Jugoso	53. Poco húmedas recubiertas con filamentos de pulpa

54. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

55.

56. La figura 2.1, indica fotos de los tres tipos de zapallos. La figura 2.2 una foto de cómo deberían ser su semillas, enteras, húmedas y recubiertas con filamentos de pulpa.

57. **A)** **B)** **C)**

58. **FIGURA 2.1. FOTOS DE TRES TIPOS DE ZAPALLO. A) ZAPALLO TIERNO. B) ZAPALLO SEMI – MADURO. C) ZAPALLO MADURO.**

59.

60. **FIGURA 2.2. FOTOGRAFÍA DE SEMILLAS DE ZAPALLO.**

61.

62. El tipo de zapallo que se recomendaría es el semi - maduro, ya que este es aún fácil de cortar con cuchillos de cocina, caso que no ocurre con el tipo maduro. Incluso, el contenido de humedad entre el semi – maduro y el maduro no es tan variante, además, el semi – maduro tiene más cantidad de hierro, caroteno y otros compuestos que un zapallo tierno o maduro.

63.
64. Los zapallos semi-maduros que se utilizaron para los diversos experimentos debieron además cumplir con las siguientes características:

65.
- Enteros, de aspecto semi-maduro, forma ovalada.
- Limpios, libres de tierra o materias extrañas.
- Sanos, libres de magulladuras en lo posible.

66.
67. Entre otras características, el zapallo escogido debe presentar lo que se detalla en la tabla 6.

68.

69. TABLA 6

70.
71. OTRAS CARACTERÍSTICAS DEL ZAPALLO SELECCIONADO

72. Tipo	73. Semi – maduro
74. Origen	75. Ecuador
76. Sólidos totales (g)	77. 9.38
78. Humedad (%)	79. 90.62
80. pH	81. 6.8

82. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

2.1.2 Isoterma de desorción

83.

84. Las sales empleadas para obtener las isotermas de desorción y sus respectivas humedades de equilibrio se detallan en el apéndice A, estas son químicamente puras y tienen un valor de actividad de agua preestablecido.

85.

86. Las isotermas de desorción se determinaron por el método isopiéstico y por duplicado a una temperatura constante. El método isopiéstico es el más simple y práctico de utilizar para la construcción de isotermas de desorción, consiste en colocar una muestra de un peso conocido en un recipiente completamente cerrado con la solución saturada de actividad de agua establecida (5). Estas soluciones saturadas de ácidos o bases orgánicas y sales inorgánicas grado ACS, producen presión de vapor de agua constante en el ambiente que lo rodea a una temperatura invariable de 33°C. Luego, diariamente se pesa la muestra hasta obtener el peso constante.

87.

88. El contenido de humedad de la muestra es determinado a través del peso inicial y final de la misma, cuando se ha alcanzado el equilibrio. Esta humedad obtenida es en base húmeda y deberá ser transformada a base seca.

89.

90. En la figura 2.3 se pueden apreciar los materiales del método isopiéstico para las isotermas de desorción.

91.
92.

93.

94. FIGURA 2.3. MATERIALES DEL MÉTODO ISOPIÉSTICO PARA LAS ISOTERMAS DE DESORCIÓN ESTABILIZADAS A 33°C

95.

96. Cálculos para la humedad real

97.

98. La ecuación para convertir la humedad base húmeda a humedad base seca se muestra a continuación (2, 5):

99.

100. $$MCDB = \frac{gH_2O}{gSólidos} = \frac{\%H_2O}{100 - \%H_2O}$$ Ec. 2.1

101.

102. Donde:

103. MCDB = contenido de humedad en base seca

104. $\%H_2O$ = contenido de humedad en base húmeda

105.

106.

107. Con estos datos de humedad y actividad de agua, ya se puede obtener el valor de la monocapa, a través de la ecuación de BET

(Brunauer – Emmett - Teller) determinada por Labuza y Karel, ver ecuación 2.2 (2, 3, 5). La representación gráfica de BET para las muestras de zapallo a 33°C, se muestra en la figura 2.4.

108. $$\frac{Xe}{Xm} = \frac{C \times Aw}{(-Aw)(+Aw)(C-1)}$$ Ec. 2.2

109.

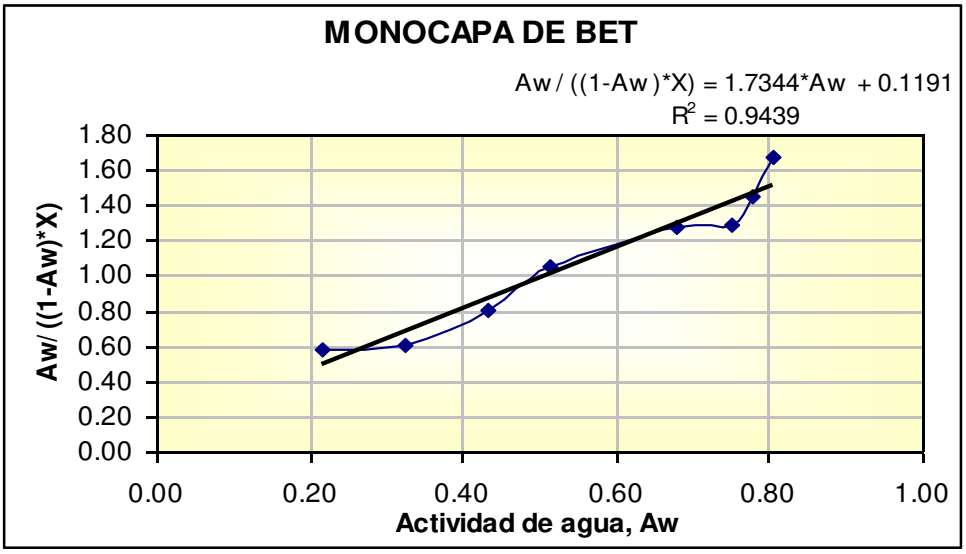
110. Donde:

111. Xe = contenido de agua adsorbida

112. Xm = valor de la monocapa adsorbida

113. Aw = actividad de agua

114. C = Constante que depende de la temperatura



115. FIGURA 2.4. GRÁFICA DE BET PARA ZAPALLO A 33°C

116.

117. Por otro lado, los datos experimentales, se ajustan con el programa Origen 6.0 Professional a la ecuación de GAB

(Guggenheim – Anderson – de Boer) (Ec. 2.3) datos de 0 a 0.9 (2). Ver figura 2.5

118.

119. $$\frac{Xe}{Xm} = \frac{C \times K \times Aw}{(1 - K \times Aw)(1 - K \times Aw + C \times K \times Aw)}$$ Ec. 2.3

120.

121. Donde:

122. Xm = humedad de la monocapa de BET

123. C = Constante que depende de la temperatura

124. K = Factor de corrección

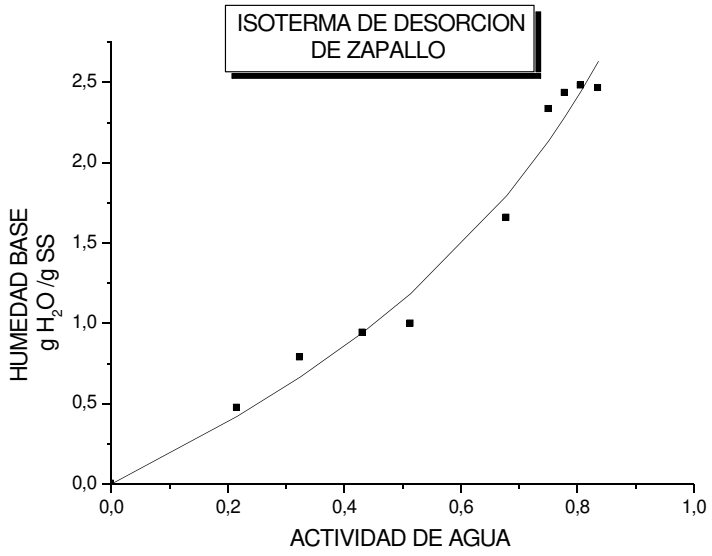


FIGURA 2.5. ISOTERMA DE DESORCIÓN DE ZAPALLO A 33°C

125.

126. La isoterma de desorción sirve para determinar el valor de la monocapa de BET en el zapallo, el cual es de 0.5395 kg H_2O/ kg ss, con una Aw de 0.24. Con la humedad relativa del aire caliente 0.365

en la fig. 2.5, se determina el valor de humedad de equilibrio para el zapallo de 0.7 kg H_2O/ kg ss.

127.

2.2 Proceso Experimental

2.2.1 Proceso de elaboración de harina

128.

129. Para elaborar la harina de zapallo, se seleccionó la materia prima para el proceso. Posteriormente, se cortó en trozos grandes para facilitar el pelado, luego se peló y extrajo toda la semilla, dejando tan solo la pulpa. Esta es cortada en trozos más pequeños para colocarlos en un triturador con el propósito de formar una especie de papilla que por lo tanto facilitará el secado.

130.

131. Esta papilla es colocada en una bandeja de acero inoxidable muy bien aplanada y será introducida en el secador horizontal experimental. El producto sale seco para ser molido y tamizado hasta obtener harina de zapallo.

132.

133.

134.

135.

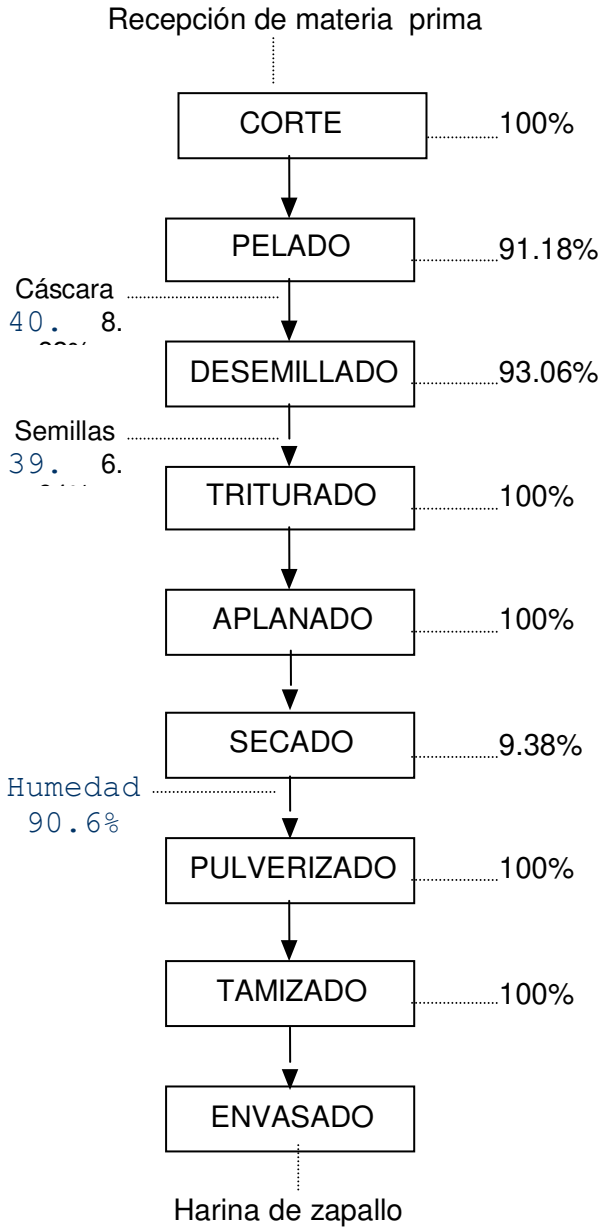
136.

137.

138.

139. Diagrama de flujo

140.
141. El diagrama de flujo se muestra en la figura 2.6.



142.

143. FIGURA 2.6. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA HARINA DE ZAPALLO

144. Equipos utilizados para elaborar harina

145.

146. Los equipos que se emplearon a nivel de laboratorio, para cada etapa del proceso de elaboración de la harina, se muestran en la tabla 7. En el apéndice B se detallan sus respectivas especificaciones.

147.

148. TABLA 7

149. EQUIPOS PARA ELABORAR HARINA

ETAPAS	EQUIPOS
TRITURADO	Triturador
SECADO	Secador de cabina
PULVERIZADO	Molino de bolas
TAMIZADO	Tamizador

150. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

151.

2.2.2 Etapa de secado

2.2.2.1 Parámetros de proceso

Para obtener un producto final aceptable para el consumo humano, se logró determinar los parámetros de proceso,

tanto, temperatura, tiempo, velocidad de secado y área superficial de la muestra.

Tiempo, temperatura y velocidad de secado

Se realizaron varias pruebas a diversas temperaturas, y exponiendo la muestra por 1h en el secador (ver tabla 8). El tiempo de secado fue calculado por fórmulas (ver Ec. 2.4, 2.5) con la temperatura previamente determinada y valor de humedad de equilibrio. Además, se trabajó con la velocidad de aire del secador más baja 4.19 m/s con el propósito de que el producto no sufra severos cambios.

152.
153.
TABLA 8

OBSERVACIONES DE TEMPERATURAS PARA EL PROCESO DE LA HARINA

154. Temperatura, °C	**155. Observaciones**
156. 60	157. Muy húmedo 158. Secado superficial 159. Color amarillo
160. 70	161. Completamente seco

	162. Color amarillo
163. 80	164. Completamente seco 165. Totalmente quemado

166. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

Cuando el caroteno es sometido a temperaturas superiores a 80°C, este se degrada, por ello se observó decoloración en el producto. Lo recomendable para secar alimentos es 60°C para que el producto no pierda sus características iniciales, pero como se puede apreciar, esta temperatura no fue suficiente para secar la muestra. En cambio, a la temperatura de 70°C la muestra era seca y de color agradable, por ello que se escogió como temperatura de trabajo 70°C para el zapallo que tiene gran contenido de humedad.

Área superficial de la muestra

Las pruebas se realizaron con la muestra en forma de papilla. Las muestras empleadas para las pruebas de secado, tenían las siguientes dimensiones:

- Largo 12 cm
- Ancho 6 cm

Se notó que la muestra estaba totalmente seca a la hora.

La forma de papilla es la que se recomendaría trabajar con un área superficial de 72 cm^2.

167.

168.

2.2.2.2 Curvas de secado

Tal como se detalló en el capítulo 1, se necesita primero identificar datos como los que se muestran en la tabla 9.

169.

TABLA 9

DATOS PREVIOS PARA HALLAR LAS CURVAS DE SECADO

170. Peso de muestra W, g	171. 12
172. Peso del sólido contenido en la muestra Ws, g	173. 1.13
174. Humedad de equilibrio X*, kgH_2O/kg ss	175. 0.7
176. Área superficial A, cm^2	177. 72
178. Tiempo del experimento t, h	179. 1
180. Porcentaje sólido seco, %	181. 9.38

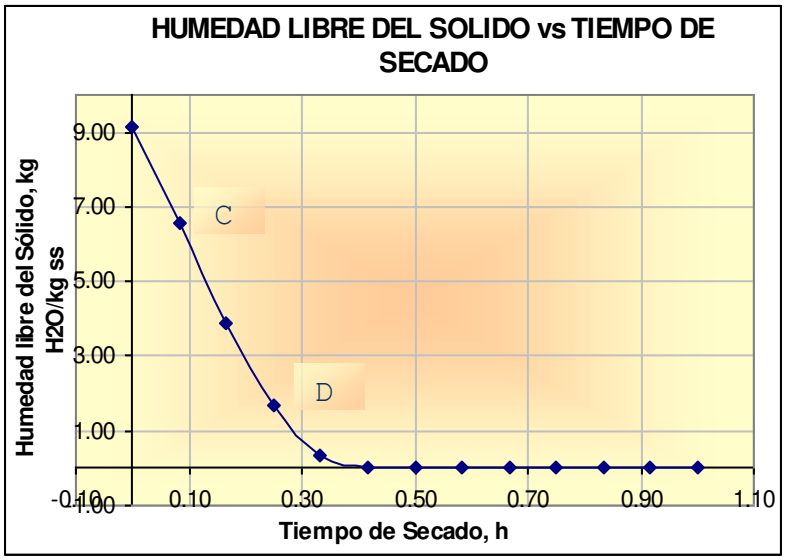
182. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

183.

184. Con los datos constantes registrados y transformados a base seca, se logró establecer la humedad libre y por consiguiente la velocidad de secado, estos resultados se aprecian en el apéndice C y se representan gráficamente en la figura 2.7 y 2.8 respectivamente.

185.

186.

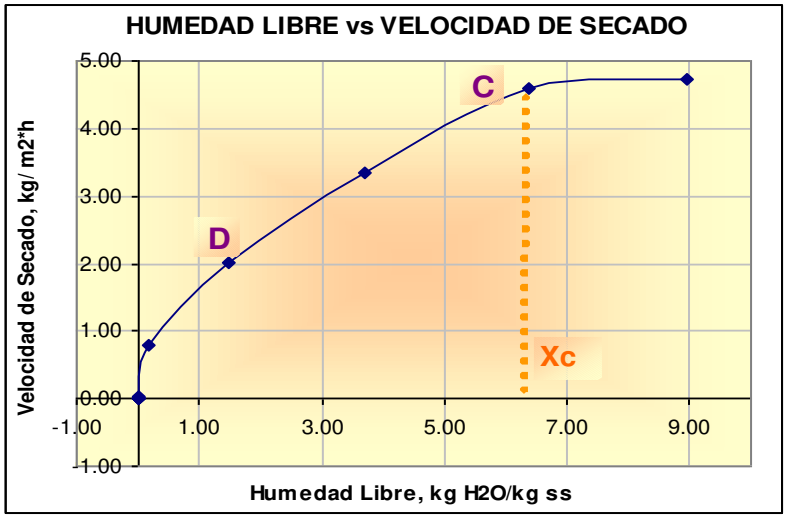


187. FIGURA 2.7. GRÁFICA DE TIEMPO DE SECADO RESPECTO A LA HUMEDAD LIBRE DE LA MUESTRA DE ZAPALLO

188.

189. En la figura 2.7 que muestra la relación entre el tiempo de secado en horas con el contenido de humedad libre, se

resaltan los puntos C y D. Estos puntos indican que el contenido libre del agua en la muestra, disminuye rápidamente hasta el punto D a partir de aquí, esa humedad que pierde el sólido es mínima demostrada en la gráfica como una línea horizontal. Estos puntos serán los mismos que se presentarán en la figura 2.8, para condiciones de secado constante empezando del tiempo cero.



190. FIGURA 2.8. HUMEDAD LIBRE DEL ZAPALLO VERSUS VELOCIDAD DE SECADO

191.

192. En ambas gráficas desde el punto D al C, se indica que la Rc disminuye en el periodo de velocidad decreciente observándose un modelo casi lineal. De la figura 2.8, a partir del punto C, la velocidad de secado es constante

determinando de esta forma el contenido crítico de humedad libre X_C de 6.38 kgH_2O/kg ss.

2.2.2.3 Determinación de tiempo de secado

193.
194. Para determinar el tiempo de secado, primeramente, se deberá conocer el tipo de secador, las condiciones del aire que secará al producto y las características de la muestra.

195. Tipo de secador

196.
197. El secador que se utilizará será de bandejas, por lo que es necesario determinar las dimensiones de las mismas.

198.

199. TABLA 10

200. CARACTERÍSTICAS DE LAS BANDEJAS DEL SECADOR

201. Profundidad x_1, mm	202. 3
203. Longitud L_t, m	204. 1
205. Ancho, m	206. 0.6
207. Espacio entre bandejas b, cm	208. 4

209. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

210.

211. Condiciones del aire

212.

213. Posteriormente, las condiciones de aire a las que estará sometido el producto, se muestran en la tabla 11.

214.

215. TABLA 11

216. CARACTERÍSTICAS DEL AIRE DE SECADO

217. Temperatura de trabajo Ts, °C	218. 70 ± 2
219. Temperatura de aire, °C	220. 30 ± 2
221. Velocidad de aire v, m/s	222. 4.19

223. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

224. Empleando tabla psicrométrica (3) se logró determinar, los siguientes datos:

225. TABLA 12

226. DATOS OBTENIDOS POR TABLA PSICROMÉTRICA

227. Temperatura de bulbo húmedo T_w, °C	228. 36 ± 2
229. Humedad a T_w, H_w, kg H_2O/ kg aire seco	230. 0.5395
231. Humedad real a T_s, H_s, kg H_2O/ kg aire seco	232. 0.037
233. Humedad promedio H_p, kg H_2O/ kg aire seco	234. 0.04
235. Calor latente de vapor λ_w, kj/kg	236. 2416.24

237. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

238.

239. Es necesario determinar otros datos importantes del aire para hallar el tiempo de secado, para lo cual, se identifican en la tabla 13.

240.

241. TABLA 13

242. OTROS DATOS DEL AIRE DE SECADO

243. Volumen húmedo Vh, m^3/ kg aire seco	244. 1.03
245. Densidad ρ, kg/ m^3	246. 1.01
247. Flujo de aire seco G, kg/h*m^2	248. 15,207.76
249. Coeficiente de transferencia de calor h, W/ m^2*K	250. 45.43
251. Calor húmedo promedio Cs, kj/kg aire seco*k	252. 1.09

253. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

254.

255. Características de la muestra

256.

257. Las características que debe presentar la muestra son las que se han determinado en la tabla a continuación.

258.

259.

260. TABLA 14

261. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

262. Densidades, kg/ m^3	263. Za pallo	264. 8 38

	265. Harina	266. 560
267. Humedad total inicial del sólido, kgH_2O/Kgss	268. X_{t1}	269. 9.66
270. Humedad de equilibrio, kgH_2O/Kgss	271. X*	272. 0.7
273. Contenido crítico de humedad total, kgH_2O/Kgss	274. X_{tc}	275. 6.38
276. Humedad libre, kgH_2O/Kgss	277. X_t	278. 0.86
279. Humedad inicial real, kgH_2O/Kgss	280. X_1	281. 8.96
282. Humedad crítica real, kgH_2O/Kgss	283. Xc	284. 5.68
285. Humedad real, kgH_2O/Kgss	286. X	287. 0.16

288. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

289.

290. Cálculo del tiempo de secado

291.

292. Las ecuaciones 2.4 y 2.5 para determinar el tiempo de secado en los periodos de velocidad constante y velocidad

decreciente, respectivamente, t en horas, son las siguientes (3):

293. $$t_c = \frac{x_1 \times \rho_s \times L_t \times \lambda_w \times (X_1 - X_c)}{G \times C_s \times b \times (T_1 - T_w) \times \left(1 - e^{\frac{-h \times L_t}{G \times C_s \times b}}\right)}$$ Ec. 2.4

294. $$t_p = \frac{x_1 \times \rho_s \times L_t \times$$

$$G \times C_s \times b \times ($$

Ec. 2.5

295. Ver tablas 10, 11, 12, 13, 14. La sumatoria de los resultados t_c y t_p es el tiempo de secado total. El tiempo de secado que se determinó para un secador con estas características y condiciones, es de 4.21 h.

296.

2.2.3 Etapa de Molienda

297.

298. Generalmente las harinas de acuerdo a las Normas AOAC 965, deben cumplir con un parámetro físico importante como es la granulosidad o granulometría, que consiste en obtener en el producto un grado de finura a través de tamices especificados.

299.

300. Características de la molienda

301. La harina de zapallo no tiene una norma específica, por lo que fue necesario tomar como base una norma de harina. Antes de comparar sobre alguna norma, se realizó pruebas por duplicado, empleando varios tamices de diferentes numeraciones. El tiempo de tamizado fue de 5 minutos. El procedimiento experimental se lo realizó tal como lo indica la Norma Ecuatoriana INEN 517 de Harinas de Origen Vegetal Determinación del tamaño de las partículas. Ver apéndice D.

302.

303. Procedimiento experimental

304.

305. El producto seco, se traslada hacia el interior de un molino de bolas. Este consta de bolas de porcelana que trituran al producto hasta convertirlo en harina. El molino está a 20 revoluciones por minuto, el producto es molido durante 30 minutos. Las características del molino de bolas se detallan en la tabla 15. Posteriormente que se obtiene la harina, esta es colocada sobre papel de aluminio e inmediatamente se la pesa y tamiza. La figura 2.9, muestra el molino de bolas y el tamiz de laboratorio empleados para diversas pruebas experimentales.

306.

307.

308. A B C D
309.
310. FIGURA 2.9. A) MOLINO DE BOLAS. B) HARINA DE ZAPALLO SIN TAMIZAR. C) TAMIZADOR. D) TAMICES PARA LA HARINA

311.

312. TABLA 15

313.
314. CARACTERÍSTICAS DEL MOLINO DE BOLAS

315. Ubicación	316. Laboratorio de arenas - FIMCP
Marca	**317.** Siemens
318. Imput	**319.** 200 - 240 V
320. Output	**321.** trifásico
322. MOTOR	
323. hertz	324. 60
325. kw	326. 0.5
327. Voltaje	328. 220 - 440
329. Corriente	330. 2.09 A / 1.10

331. Fuente: Laboratorio de Arenas de Ingeniería Mécanica, ESPOL

332. Resultados de la molienda

333.
334. Los resultados promedios son los que se muestran en la tabla

16 a continuación:

335.

336. TABLA 16

337.
338. RESULTADOS DE LA MOLIENDA

No. Tamiz	A	B	C	D
10	2.3	0.7	3.45	96.55
70	2.4	0.8	3.94	96.06
100	3.8	2.2	10.84	89.16
200	4.8	3.2	15.76	84.24
325	4.5	2.9	14.29	85.71

339. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

340.

341. Donde:

- A peso de muestra que queda en el tamiz con recipiente
- B peso de muestra final que queda en el tamiz
- C porcentaje de muestra final residual o que queda en el tamiz
- D porcentaje de muestra final que pasa el tamiz

342.

343. La norma de la harina de trigo, establece que en un ensayo normalizado de tamizado, el mínimo 95%, deberá pasar por un tamiz INEN 210 µm (No. 70)

344.

345. La norma de harina de maíz, consiste en colocar una muestra determinada de harina en tamices de No. 20 (0.85mm), No. 25 (0.71mm) y No. 70 (0.21mm), que corresponden a que pase 95%, 45% y 25% de la harina inicial respectivamente. Si pasa, la harina cumple con las especificaciones de dicha Norma.

346.

347. Comparando con ambas normas los datos promedios experimentales obtenidos, se determinó un tamiz No. 70 con granulometría del 0.210mm.

348.

2.3 Caracterización de la harina de zapallo

349.

350. Antes de establecer las características de la harina, se realizaron las isotermas de absorción para determinar su estabilidad, llegando con esto a predecir la relación entre la actividad de agua del producto a cualquier contenido de humedad.

351.

352. Isotermas de adsorción

353.

354. La relación entre el contenido total de humedad y la correspondiente actividad de agua en el intervalo de valores a temperatura constante da como resultado una isoterma de adsorción de humedad (2, 5).

355.

356. Las isotermas de adsorción, tienen la misma construcción y procedimiento experimental que las isotermas de desorción. Ver figura 2.10.

357.

358.

359. FIGURA 2.10. MATERIALES DEL MÉTODO ISOPIÉSTICO PARA LAS ISOTERMAS DE ABSORCIÓN ESTABILIZADAS A 33°C

360.

361. Una forma eficaz para estimar la contribución de los puntos efectivos a la adsorción del total de agua ligada es utilizar la ecuación de BET, el resultado de la monocapa es de 0.0488 kg H_2O/ kg ss con Aw inferior a 0.3 para la harina de zapallo. Las isotermas de adsorción obtenida del proceso experimental y ajustadas por el modelo matemático de GAB se muestran en la figura 2.11, de la cual se obtuvo la humedad de equilibrio de 0.14 kg H_2O/ kg ss.

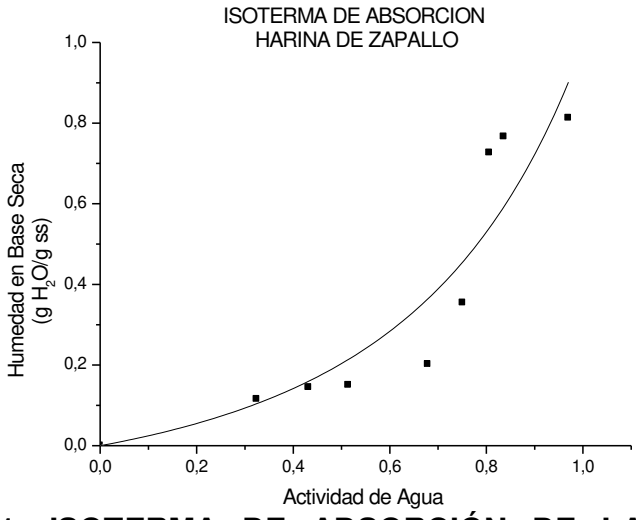


FIGURA 2.11. ISOTERMA DE ADSORCIÓN DE LA HARINA DE ZAPALLO A 33°C

362. Características

363.

364. Las características de la harina de zapallo fueron determinadas a través de técnicas de análisis de alimentos establecidos por la AOAC para grasa, carbohidratos, proteínas y cenizas.

365.

366. Los resultados de las especificaciones técnicas de la harina de zapallo se detallan en la tabla 17:

367.

368. TABLA 17

369.

370. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA HARINA DE ZAPALLO

371. Humedad, %	372. 14
373. Grasa, %	374. 0

375. Carbohidratos Totales, %	376. 76
377. Proteínas, %	378. 0.8
379. Cenizas, %	380. 2
381. pH	382. 7
383. Densidad, kg/ m^3	384. 560
385. Granulometría, mm	386. 0.210

387. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

388.

389.

390.

2.4 Formulación de Subproductos

391.

392. Para la preparación de los subproductos a partir de la harina de zapallo, es necesario realizar experimentos para obtener la precisa formulación de los mismos. Para cada subproducto se desarrollaron dos fórmulas en donde se varió únicamente la cantidad de harina. Estas dos fórmulas serán sometidas a evaluación sensorial, para escoger una de ellas, la que satisfaga los gustos del consumidor.

393.

394. Los subproductos escogidos fueron colada, budín y helado, debido a la aceptabilidad de estos productos instantáneos en el mercado. Cada subproducto viene con sus ingredientes en polvo listos para su reconstitución.

2.4.1 Colada de Harina de Zapallo

395.

2.4.1.1 Diagrama de proceso

396.

397. La colada de zapallo como producto instantáneo, estará constituida por los siguientes ingredientes en polvo, que son, harina, leche en polvo y azúcar. La preparación de la colada es a nivel casero. Para reconstituirla se debe mezclar todos sus ingredientes en polvo con agua o leche líquida, en un recipiente grande durante 5 minutos aproximadamente a temperatura ambiente.

398.

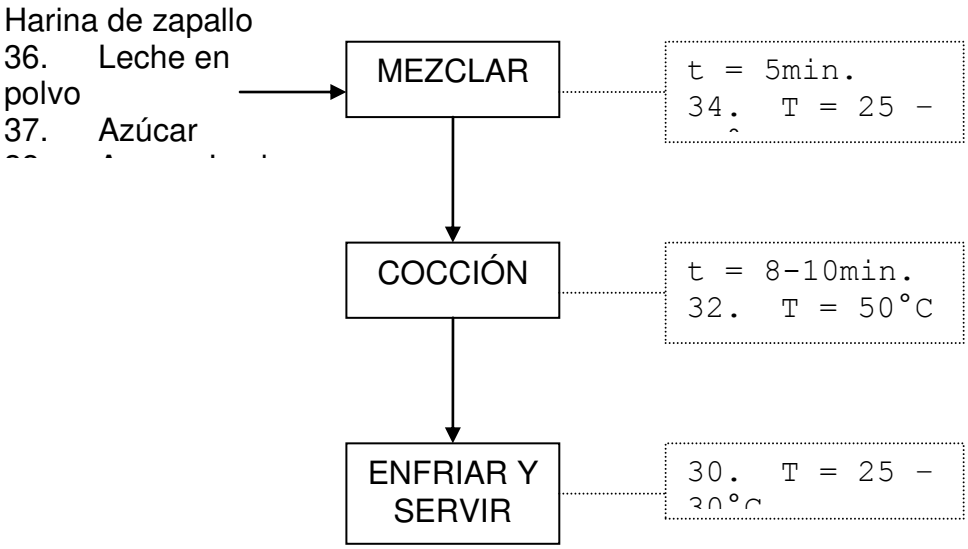
399. Una vez mezclado todo hasta desaguarlo, llevar a fuego lento en olla de acero inoxidable y revolver para que no haga grumos durante 8 - 10 minutos aproximados. Enfriar al ambiente y servir.

400.

401. El diagrama de proceso, se muestra en la figura 2.12.

402.

403.



404.

405.

406. FIGURA 2.12. DIAGRAMA DE PROCESO DE LA COLADA DE HARINA DE ZAPALLO.

407.

2.4.1.2 Formulación

408.

409. Las fórmulas desarrolladas fueron dos, las cuales tienen variación en la cantidad de harina de zapallo, de mayor proporción para la fórmula 1 y menor proporción para la fórmula 2. Ver tablas 18 y 19.

410.

411. La intensidad de color y dulzor fue evidente. Estas fórmulas están en base a una taza de rendimiento, aproximadamente ¼ de litro o 320g de colada.

412.

413. TABLA 18

414.

415. FÓRMULA 1 PARA LA COLADA DE ZAPALLO

COLADA	
FÓRMULA 1	%
Harina de zapallo	**5.4**
Leche en polvo	**6.3**
Agua	**79.8**
Azúcar	**8.4**
TOTAL	**100.0**

416. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

417.

418.

419.

420.

421. TABLA 19

422.

423. FÓRMULA 2 PARA LA COLADA DE ZAPALLO

COLADA	
FÓRMULA 2	%
Harina de zapallo	**3.0**

Leche en polvo	**7.5**
Agua	**83.3**
Azúcar	**6.0**
TOTAL	**100.0**

424. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

425.

2.4.1.3 Detalle de análisis sensorial

426.
427. Se realizaron dos formulaciones, de las cuales, a través del análisis sensorial, se determinará si existe o no diferencia significativa entre ambas.

428.
429. Como se tiene un solo producto con dos formulaciones diferentes, se acudió a utilizar la prueba sensorial de escala hedónica. Esta prueba consiste en plantear al catador su preferencia por un producto y que nos informe acerca de cuánto le gusta o le disgusta el alimento. El formato de escala hedónica para la evaluación sensorial se muestra en el apéndice E (1).

430.
431. Los valores para cada muestra son dados numéricamente desde me gusta extremadamente con calificación de 9, hasta me disgusta extremadamente con

calificación de 1. Estas calificaciones se encuentran en el apéndice F. Los resultados son analizados por la prueba T (T test) expuesto en el apéndice G (1).

432.

433. El método consiste, primeramente en hallar la diferencia entre las calificaciones otorgadas para cada formulación, por cada juez. La elección de los jueces fue al azar, estos no fueron entrenados y se emplearon 30 jueces para el análisis (1). Luego se realiza la suma total de todas las calificaciones para cada fórmula a la cual también se halla su diferencia.

434.

435. Posteriormente, se obtiene el promedio de totales, ecuación 2.6, que es la división entre la suma total de los resultados sobre el número total de jueces. Una vez que se consigue el promedio de totales, se saca la diferencia de los promedios totales, aquí no se considera el signo.

436.

437. Después, se determinó la suma de las diferencias al cuadrado y la suma de los cuadrados de la diferencia, expresados en las ecuaciones 2.7 y 2.8 respectivamente. Estos datos son reemplazados en la fórmula de análisis de varianza de la ecuación 2.9.

438.

439. El valor obtenido de la tabla T con el 5% de significancia se lo compara tal como lo establece la ecuación 2.10, si esto se cumple, quiere decir, que existe diferencia significativa entre las formulaciones del producto y se escoge la fórmula de mayor calificación total (1).

440.

441. Ecuaciones

442.

443. $$d^{-} = \frac{m_1}{n} - \frac{m_2}{n}$$ Ec. 2.6

444.

445.

446. $$\sum(D^2_i) = (-1)^2+(2)^2+(2)^2+(-2)^2+.....+(1)^2$$ Ec. 2.7

447.

448.

449. $$(\sum D)^2 = (-2)^2$$ Ec. 2.8

450.

451. $$S = \frac{\sqrt{\left(\sum D_i^{\,2}\right) - \frac{\left(\sum D\right)^2}{n}}}{n-1}$$ Ec. 2.9

452.

453. $$\frac{d^{-}}{\left(\frac{S}{\sqrt{n}}\right)} > T$$ Ec. 2.10

454.

455.

456. Donde:

457. $\sum(D^2_i)$ = suma de las diferencias al cuadrado

458. $(\sum D)^2$ = suma de los cuadrados de la diferencia

459. $\bar{d}$ = diferencia de los promedios de totales

460. S = análisis de varianza

461. n = número de jueces

462. T = valor T obtenido de la tabla T test para n-1

463. TABLA 20

464. RESULTADOS DE LA ESCALA HEDÓNICA PARA LA COLADA DE ZAPALLO

465. $\sum(D^2_i)$	466. 96
467. $(\sum D)^2$	468. 4
469. $\bar{d}$	470. 0.07
471. S	472. 0.3376
473. n	474. 30
475. T	476. 1.699

477. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

478.

479. Los resultados demuestran que no existe diferencia significativa en las fórmulas determinadas para la elaboración de la colada. Es decir, se puede emplear cualesquiera de las dos fórmulas. Pero si se consideran comentarios recopilados por los jueces, donde se indica que la fórmula dos es la que gusto más en color y sabor, incluso, si a costo se refiere, esta formulación utiliza menos cantidad de harina por lo que representa menos costo. Por lo tanto, la fórmula dos es la que se recomienda para la elaboración de colada de zapallo.

2.4.2 Budín de Zapallo

480.

2.4.2.1 Diagrama de proceso

481.

482. El budín de zapallo como producto instantáneo, estará compuesto por los siguientes ingredientes en polvo, que son, harina de zapallo, harina de trigo, leche en polvo y azúcar. La preparación del budín es a nivel casero. Para reconstituirlo se debe mezclar todos sus ingredientes en polvo con agua o leche, huevos y mantequilla, en un recipiente grande durante 10 minutos aproximadamente y a temperatura ambiente, hasta observar una masa homogénea.

483.

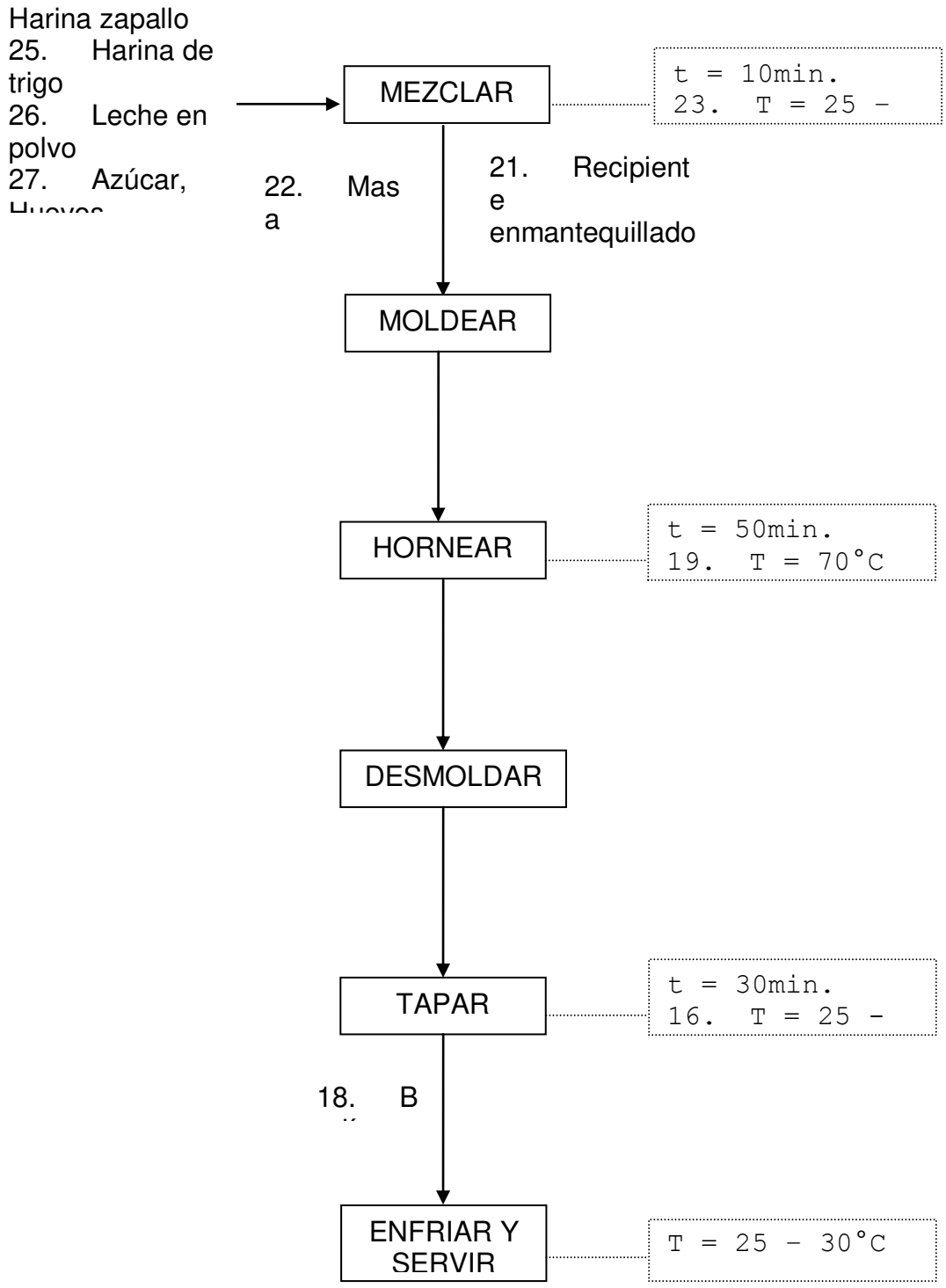
484. Precalentar el horno. Previamente, enmantequillar un molde para tortas y espolvorearlo con harina. Colocar la masa homogénea en el molde y llevarlo al horno hasta 70°C durante 50 minutos.

485.

486. Remover los bordes del budín con algún objeto fino, por ejemplo alguna espátula, e inmediatamente taparlo por 30 minutos a temperatura ambiente. Luego, destaparlo si aún continua caliente dejarlo enfriar al ambiente y servir.

487.

488. El diagrama de proceso, se muestra en la figura 2.13.



489. FIGURA 2.13. DIAGRAMA DE PROCESO DEL BUDÍN DE ZAPALLO

2.4.2.2 Formulación

490.

491. Se desarrollaron dos fórmulas, entre harina de zapallo y harina de trigo. Para la fórmula 1, la relación fue 2:2 entre ambas harinas, mientras que, para la fórmula 2, esta fue de 3:1 para harina de zapallo y harina de trigo respectivamente.

492.

493. La intensidad de color y dulzor fue evidente en ambas formulaciones. Estas fórmulas están en base para 15 porciones de budín de 8cm, 5cm y 3.5cm de largo, ancho y altura respectivamente. La dos formulaciones se detallan en las tablas 21 y 22.

494.

495.

496.

497.

498.

499.

500.

501.

502.

503.

504. TABLA 21

505.

506. FÓRMULA 1 PARA EL BUDÍN DE ZAPALLO

BUDÍN	
FÓRMULA 1	%
Harina Zapallo	**21.7**
Harina de trigo	**21.7**
Leche en polvo	**8.5**
Agua	**18.7**
Huevos	**7.2**
Mantequilla	**7.3**
Azúcar	**14.5**
TOTAL	**100.0**

507. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

508.

509. TABLA 22

510.

511. FÓRMULA 2 PARA EL BUDÍN DE ZAPALLO

BUDÍN	
FÓRMULA 2	%
Harina Zapallo	**32.6**
Harina de trigo	**10.8**
Leche en polvo	**8.5**
Agua	**18.7**
Huevos	**10.3**
Mantequilla	**3.9**
Azúcar	**14.8**
TOTAL	**100.0**

512. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

2.4.2.3 Resultados de análisis sensorial

513.

514. El análisis sensorial empleado es el mismo descrito en la colada. El formato de la escala hedónica se muestra en el apéndice E. Las calificaciones destinadas por los jueces para el budín de zapallo están en el apéndice H. Los resultados se observan en la tabla 23 y son comparados con el valor obtenido de la prueba T con el 5% de significancia (1).

515.

516. TABLA 23

517. RESULTADOS DE LA ESCALA HEDÓNICA PARA EL BUDÍN DE ZAPALLO

518. $\sum(D^2_i)$	519. 79
520. $(\sum D)^2$	521. 225
522. $\bar{d}$	523. 0.50
524. S	525. 0.2916
526. n	527. 30
528. T	529. 1.699

530. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

531.

532. Se demuestra a través de los resultados obtenidos, que Si existe diferencia significativa entre las formulaciones, es decir, que la fórmula 2 fue la que obtuvo mayor aceptación entre los jueces y por consiguiente, esta

será la fórmula empleada para el desarrollo de este producto.

2.4.3 Helado

533.

2.4.3.1 Diagrama de proceso

534.

535.

536. El helado de zapallo como producto instantáneo, estará compuesto por los siguientes ingredientes en polvo, que son, harina de zapallo, manteca vegetal, estabilizador para cremas y azúcar. La preparación del helado es a nivel casero. Para reconstituirlo se debe mezclar todos sus ingredientes en polvo con agua o leche líquida previamente hervida y caliente y/o esencia de vainilla al gusto, en un recipiente grande durante 5 minutos o hasta observar una masa uniforme.

537.

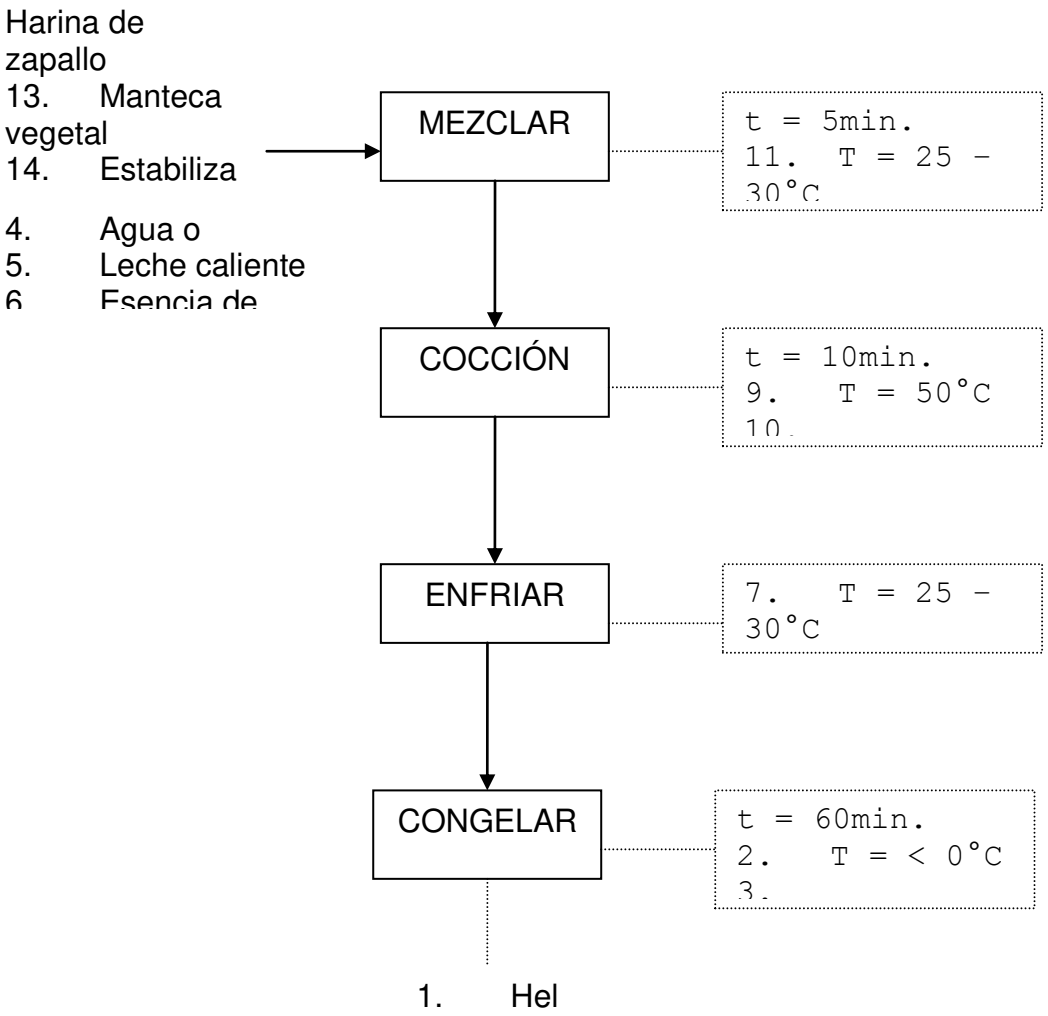
538. Colocar la masa uniforme en un recipiente grande y llevarlo a cocción a fuego lento agitando para evitar grumos, durante 10 min. Enfriar toda la masa caliente a temperatura ambiente, después si gusta colocarla en pequeños envases para llevarlos a congelación, en lo posible a temperaturas bajo cero durante 1 hora aproximadamente.

539.

540. Si se desea utilizar la batidora, el procedimiento es más sencillo, se deberá colocar primero la leche y luego los ingredientes en polvo en un recipiente hondo, posteriormente, se bate la mezcla por 1 minuto a velocidad baja y por 3 minutos a velocidad alta, luego, colocar la mezcla en moldes o envases pequeños y congelar durante 2 horas aproximadamente.

541.

542. El diagrama de proceso, se muestra en la figura



2.14.

543. FIGURA 2.14. DIAGRAMA DE PROCESO DEL HELADO DE ZAPALLO

2.4.3.2 Formulación

544.

545. Las dos fórmulas elaboradas, tienen variación únicamente en la cantidad de harina de zapallo, de esta manera la fórmula 1 tiene mayor proporción que la fórmula 2, tal como se muestran en las tablas 24 y 25.

546.

547. La intensidad de color y dulzor fue también evidente. Ambas fórmulas rinden aproximadamente ¼ de litro o 250g de helado.

548.

549. TABLA 24

550. FÓRMULA 1 PARA EL HELADO DE ZAPALLO

HELADO	
FÓRMULA 1	%
Harina Zapallo	**9.7**
Leche líquida	**36.3**
Manteca vegetal	**9.4**
Azúcar	**42.6**
Estabilizador	**1.2**
Esencia de vainilla	**0.4**
TOTAL	**100.0**

Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

551.
552.
553.

554. TABLA 25

555. **FÓRMULA 2 PARA EL HELADO DE ZAPALLO**

HELADO	
FÓRMULA 2	%
Harina Zapallo	**13.8**
Leche líquida	**34.7**
Manteca vegetal	**9.0**
Azúcar	**40.7**
Estabilizador	**1.2**
Esencia de vainilla	**0.4**
TOTAL	**100.0**

556. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

557.

2.4.3.3 Detalle de análisis sensorial

558.

559. Se utilizó el mismo procedimiento descrito en la colada de zapallo. El formato de la escala hedónica se muestra en el apéndice E. Las calificaciones designadas

por los jueces al helado de zapallo para las dos formulaciones, se describen en el apéndice I. Los resultados se exponen en la tabla 26 y son comparados con el valor T del 5% de significancia (1).

560. TABLA 26

561.
562. RESULTADOS DE LA ESCALA HEDÓNICA

PARA EL HELADO DE ZAPALLO

563. $\sum(D^2_i)$	564. 105
565. $(\sum D)^2$	566. 81
567. $\bar{d}$	568. 0.30
569. S	570. 0.3488
571. n	572. 30
573. T	574. 1.699

575. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006
576.

577. Los resultados indican que Si existe diferencia significativa entre las formulaciones, es decir, que la fórmula 1 fue la que obtuvo mayor aceptación entre los jueces, de esta manera, la fórmula 1 será la aprovechada para elaborar el helado de zapallo.

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE HARINA DE ZAPALLO

3.1 Descripción del proceso de producción

587. Estimación del nivel de producción

588. Como se manifestó en el primer capítulo, se trabajará con los sobrantes aportados por la provincia de Manabí de 143.67 kilogramos de zapallos por hora, es decir, con el 37% de desperdicios a partir del 100% de la producción anual, los cuales, serán procesados para obtener harina de zapallo.

589. El proceso de producción para la elaboración de esta harina es discontinuo. El 37% que será utilizado para la producción de la harina, no es mucho si solo se elaboraran fundas de harina pura, ya que únicamente se obtendrán 45 fundas de 250g por hora. Aunque, para un nuevo

producto que recién comienza, esto sería muy significante. Pero, si queremos aprovechar más esta misma producción, se necesitará pensar en la elaboración de los subproductos.

Para obtener la harina, el zapallo tuvo que someterse a algunas etapas de proceso, corte, pelado, desemillado, triturado, aplanado, secado, pulverizado y tamizado, en donde la hortaliza fue modificada. Experimentalmente, para determinar cual es el rendimiento del zapallo hasta convertirse en harina, se tomó muestras con peso específico y por cada etapa se pesó la misma, haciendo posible obtener porcentajes de pérdidas y obtención por etapas, hasta obtener la harina.

En la tabla 27, se muestran las cantidades que se pierden y obtienen por cada etapa, para un zapallo de 4 ± 1 kg. Con estos datos, ya es posible saber cual es el rendimiento para la harina, el cual se muestra en la tabla 28.

607. TABLA 27

608. PÉRDIDAS Y OBTENCIÓN DE UN ZAPALLO POR CADA ETAPA

Peso Inicial	Unidad
4 ± 1	kg

ETAPAS	Pérdidas 609. %	Obtención kg
PELADO	8.82	3.83
DESEMILLADO	6.94	3.57
TRITURADO	0.00	3.57
APLANADO	0.00	3.57
SECADO	90.62	0.33
MOLIDO	0.00	0.33
TAMIZADO	0.00	0.33

61(

611. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

612.

613. TABLA 28

614. PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE LA HARINA DE ZAPALLO

RENDIMIENTOS	%
Pérdida por etapas	92.04
Obtención de harina	7.96

615. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

616. Con el programa Excel, se logró determinar la simulación de harina con 4 corridas para cantidades aleatorias de zapallo (ver tabla 29). En la corrida 2, se puede apreciar la cantidad de harina que se obtendrá con el 37% nivel de producción establecido.

617.

618. TABLA 29

619.

620. SIMULACIÓN PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

SIMULACIÓN - OBTENCIÓN					
UNIDAD		kilogramos			
No. De Corridas		1	2	3	4
CANTIDAD SIMULADA		**4.2050**	**143.663**	**100**	**60**
PELADO	91.18%	3.834	130.988	91.177	54.706
DESEMILLADO	93.06%	3.568	121.900	84.851	50.911
TRITURADO	100.00%	3.568	121.900	84.851	50.911
APLANADO	100.00%	3.568	121.900	84.851	50.911
SECADO	9.38%	0.335	11.440	7.963	4.778
MOLIDO	100.00%	0.335	11.440	7.963	4.778
TAMIZADO	100.00%	0.335	11.440	7.963	4.778

CANTIDAD OBTENIDA	0.335	11.440	7.963	4.778

621. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

622.

623. Descripción del proceso

624.

625. Todas las etapas de proceso se las determinó, hasta hallar un producto final similar a otras harinas. La línea de producción empieza desde que se recepta el zapallo, este debe ser de proveedores certificados de la provincia de Manabí, posteriormente, se realiza la selección de la materia prima con las características establecidas, las que serán destinadas a la etapa de pelado. La producción estimada es de 28 zapallos por hora.

626.

627. El **pelado** consiste en cortar previamente el zapallo en trozos grandes y extraerle su corteza o cáscara de forma manual (Ver figura 3.1). Aquí, se emplean cuchillos bien afilados, mesa grande de acero inoxidable y tableros para cortar.

628.

629. Cada operario entrenado tarda 2min cortando y 4min pelando un zapallo. A la hora se cortará 30 y pelará 15 unidades, por lo que se necesitará 1 operario que corte el zapallo y 2 operarios para pelar.

630.

631. A B

632. **FIGURA 3.1. A) TROZOS DE ZAPALLO GRANDES CON SEMILLA. B) CÁSCARAS DE ZAPALLO**

633. Una vez pelado, será **desemillado**, es decir, quitar todas sus semillas ubicadas en el centro de la materia prima. También, se lo deberá cortar más pequeño para facilitar el triturado que es la siguiente etapa. Ver figura 3.2. El tiempo estimado que cada operario se tarda en cumplir esta etapa es de 4min por unidad, resultando que cada operario desemille 15 zapallos por hora, por lo que se necesitará 2 operarios en esta etapa.

634.

635. El **triturado** hará que se forme una especie de papilla con el producto desemillado (ver figura 3.2). Se emplea una trituradora, esta tritura durante 2min y un operario se encargará de este equipo. Una vez formada la papilla, se coloca la muestra sobre una bandeja de acero inoxidable que irá en el interior del secador, pero esta muestra será **aplanada** de forma manual con el propósito de conseguir un secado más uniforme. Un operario se tarda 1min por bandeja en esta etapa, por lo que se necesitará un solo operario que tendrá lista 60 bandejas a la hora.

636.

637. **A** **B** **C**

638. **FIGURA 3.2. A) SEMILLAS DE ZAPALLO. B) PEDAZOS DE ZAPALLO. C) MASA DE ZAPALLO PICADO CON LICUADORA**

639.

640. El **secado**, consiste en extraerle la cantidad de agua posible al producto expuesto al calor. Se necesita un secador industrial de bandejas que debe ser diseñado para el nivel estimado de producción. El operario controla la temperatura y tiempo de secado. Inmediatamente de que el producto se seque hasta donde se desea, se lo saca de la bandeja con una espátula y se lo coloca en el interior del molino de bolas para **molerse**.

641.

642. El proceso de molienda se considera que sea de circuito cerrado, es decir, que la harina tenga tamizado antes y después de la molienda para asegurar un producto libre de objetos extraños. El tamiz de control es de malla 70.

643.

644. Hasta aquí, como se observa en la figura 3.3, está formada la harina de zapallo, pero si pensamos en el desarrollo de los subproductos,

entonces, se necesitará una etapa más, que es la mezcla de los ingredientes a través de un mezclador de polvo, y por ende, una máquina para empacar el producto final.

645.

646. FIGURA 3.3. HARINA DE ZAPALLO TERMINADA

647.

648. Todos estos experimentos se realizaron en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Mecánica en la ESPOL.

649.

650. El número de operarios por etapas se muestran en la siguiente tabla 30.

651.

652. TABLA 30

653.

654. NÚMERO DE TRABAJADORES POR ETAPA DE PROCESO PARA LA HARINA DE ZAPALLO

ETAPAS	No. Trabajadores
CORTE	1
PELADO	2
DESEMILLADO	2

TRITURADO Y APLANADO	2
SECADO	1
PULVERIZADO Y TAMIZADO	1

Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

Producción de sub-productos

655.

656. Considerando la elaboración de los sub-productos, la cantidad de fundas producidas para la colada, budín y helado se detallan a continuación.

657.

658. Cantidad de fundas de colada

659.

660. Cada funda de colada tendrá la presentación de 250g y estará constituida por los ingredientes presentados en la tabla 31. Cada funda rendirá para 10 personas.

661. TABLA 31

662.

663. INGREDIENTES DE LA COLADA DE ZAPALLO PARA 250g

COLADA	
Ingredientes	**%**
Harina de zapallo	18.1
Leche en polvo	45.4

Azúcar	36.3
TOTAL	**100.0**

664. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

665. Para reconstituir 250g de colada se necesitará 1 ¼ litro de agua.

666.
667. El nivel estimado de producción (11.44 kg de harina de zapallo por hora) dará 2,013 fundas de colada de 250g por día, recordando que se trabajará 8 h diariamente.

668.

669. Cantidad de fundas de budín

670.
671. Para elaborar un budín que rinda 18 porciones, cada funda de budín tendrá la presentación de 1kg. Los ingredientes en polvo, que formarán la funda estarán mostrados en la tabla 32.

672.

673. TABLA 32

674.
675. INGREDIENTES DEL BUDÍN DE ZAPALLO PARA 1Kg

BUDÍN	
Ingredientes	**%**
Harina Zapallo	48.7
Harina de trigo	16.2
Leche en polvo	12.7

Azúcar	22.2
TOTAL	**100.0**

676. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

677. Para reconstituir la funda de budín de 1kg, se necesitará: ½ litro de agua, 3 huevos y 3 cucharadas de mantequilla.

678.
679. El nivel estimado de producción dará 187 fundas de budín de 1kg por día laboral.

680.

681. Cantidad de fundas de helado

682.
683. La funda de helado con presentación de 120g rendirá 6 porciones y estará constituida por los ingredientes mostrados en la tabla 33.

684.

685. TABLA 33

686.
687. INGREDIENTES DEL HELADO DE ZAPALLO PARA 120g

HELADO	
Ingredientes	**%**
Harina Zapallo	15.3
Manteca vegetal	14.9
Azúcar	67.6
Estabilizador	2.0

TOTAL	**100.0**

688. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

689.

690. El helado deberá ser reconstituido por: 1 taza (250 ml) de leche y 3 gotas de esencia de vainilla al gusto.

691.
692. El nivel estimado de producción dará 4,963 fundas de helado de 120g por día laboral.

693.

694.

3.2 Diagrama de FLUJO

695.

696. En el siguiente diagrama de flujo, se expresan los tiempos estimados por etapas de proceso, aplicados a 50 kg de zapallo.

697. FIGURA 3.4. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA HARINA DE ZAPALLO

3.3 Equipos: Capacidades

698.
699. Conocido el nivel de producción de la harina de zapallo, se deben encontrar los equipos necesarios para la línea de producción.

700.
701. Como se puede apreciar que en las etapas de corte, pelado y desemillado, aún no existe el equipo pertinente para esta hortaliza, por lo que en estas etapas todo es manual, empleando mas mano de obra y herramientas de trabajo. En la tabla 34, se minimizan mejor los equipos empleados por cada etapa y cual debería ser su capacidad mínima. Una vez identificados los equipos, se deberán determinar sus especificaciones.

702.

703. TABLA 34

704.

705. EQUIPOS PARA CADA ETAPA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

ETAPAS	EQUIPOS	CAPACIDAD
CORTE	Manual	-
PELADO	Manual	-
DESEMILLADO	Manual	-
TRITURADO	Trituradora	130 kg/ h
APLANADO	Manual	-
SECADO	Secador de bandejas	130 kg/ h
PULVERIZADO	Molino de bolas	11 kg/ h
TAMIZADO	Tamizador	11 kg/ h

706. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

707. Especificaciones de los equipos

708.

709. El secador de bandejas para satisfacer el nivel de producción estimado deberá ser diseñado. Otros equipos como triturador, molino de bolas y tamiz son más sencillos de adquirirlos, en diferentes puntos de ventas de maquinarias o equipos industriales.

710.

711. Triturador o Molino Coloidal

712. Este equipo será adquirido en la Importadora Comercial Máxima S.A. cuyas especificaciones se muestran en la tabla 35.

713.

714.

715. TABLA 35

716.

717. ESPECIFICACIONES DE LA TRITURADORA INDUSTRIAL

718. Material	719. Acero inoxidable
720. Peso de la máquina, kg	721. 31
722. Capacidad, kg/ h	723. 200
724. Diámetro de las Cuchillas, cm	725. 10
726. Motor	727. ½ hp
728. Velocidad, rpm	729. 3600 – 2800
730. Frecuencia, hz	731. 60 – 50

732. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

733.

734. Secador de bandejas

735.

736. Para diseñar el secador de bandejas, para el nivel estimado de producción, se necesita determinar las especificaciones de los carritos con bandejas que transportan el producto a secar y el serpentín de calentamiento con circulación a vapor que secará al producto, además las dimensiones del mismo.

737.

738. Especificaciones de los carritos

739.

740. Se necesita diseñar un secador con 150 kg/h de producción estimada, que en su interior circulen tres carritos con bandejas que contienen el producto a secar. Se deben considerar las dimensiones de las bandejas establecidas en la tabla 10, el tiempo de secado y la densidad del producto, para determinar lo siguiente, ver tabla 36.

741.

742. TABLA 36

743.

744. DATOS PARA EL NÚMERO DE BANDEJAS POR CARRITO

745. Volumen requerido de zapallo V, m^3/h	746. 0.179
747. Volumen por bandeja v, m^3	748. 0.0018
749. Número de bandejas B	750. 99

751. Número de bandejas por carrito N	752. 33

753. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

754.

755. Como se determinó en el literal 2.2.2.3, el tiempo de secado estimado es de 4.21h, como se desea 3 carritos, el tiempo que entra cada carrito será de 1.40h, además, cada uno de ellos recorre 2.16 metros en el interior del secador, por lo que si dividimos los metros que recorre el carrito con el tiempo de secado se obtiene la velocidad por carrito de 0.51 m/h

756.

757. Dimensiones por carrito

758.

759. Las dimensiones estimadas por carrito se muestran en la presente tabla.

760. TABLA 37

761. DIMENSIONES POR CARRITO DEL SECADOR

762. Número de bandejas por carrito	763. 33
764. Espacio entre bandeja, m	765. 0.04
766. Espacio para ruedas, m	767. 0.10
768. Altura de carrito, m	769. 1.42
770. Largo de bandeja, m	771. 1.00
772. Descansos laterales de las	773. 0.04

bandejas, m	
774. Largo del carrito, m	775. 1.04
776. Ancho de la bandeja, m	777. 0.60
778. Descansos laterales de las bandejas, m	779. 0.04
780. Ancho del carrito, m	781. 0.64

782. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

783. Serpentín de calentamiento

784. Antes de determinar la longitud del serpentín es necesario establecer las condiciones del vapor de agua que circulará a través del serpentín como medio de calentamiento y las del aire.

785.

786. Las condiciones del vapor saturado se muestran en la tabla 38 y las del aire en la tabla 39.

787. TABLA 38

788. CONDICIONES DEL VAPOR SATURADO COMO MEDIO DE CALENTAMIENTO

789. Temperatura, °C	790. 120
791. Densidad, kg/m^3	792. 0.566
793. Calor específico, kj/ kg °C	794. 1.8953
795. Conductividad térmica, kj/ m °C s	796. 0.2689
797. Viscosidad, kg/ m s	798. 1.374 *10^3

799. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

800. TABLA 39

801. CONDICIONES DEL AIRE COMO MEDIO A CALENTAR

802. Temperatura promedio, °C	803. 50
804. Densidad, kg/m^3	805. 1.0957
806. Calor específico, kj/ kg °C	807. 1.00596
808. Conductividad térmica, kj/ m °C s	809. 0.0000279
810. Viscosidad, kg/ m s	811. $1.95 * 10^5$

812. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

813. Cálculos del serpentín

814.

815. Para hallar la longitud del serpentín para una tubería de ¾ “, primero necesito determinar el coeficiente de transferencia de calor a través de la ecuación 3.1, el calor necesario para calentar el aire por medio de la ecuación 3.2, el área de transferencia de calor (ecuación 3.3), para lo que se necesita conocer datos de la tabla 40 (2, 3). La ecuación 3.4, permite determinar la longitud del serpentín y los resultados se detallan en la tabla 41.

816.

817.

818. $$h = \frac{K}{D_e} 0.36 \left(\frac{D_e \times G}{\mu} \right)^{0.55} \left(\frac{C_p \times \mu}{K} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_p} \right)^{0.14}$$ Ec. 3.1

819.

820. $$Q = m \times C_p \times \Delta T$$ Ec. 3.2

821.

822. $$A = \frac{Q}{h \times \Delta T}$$ Ec. 3.3

823.

824. $$A = \Pi \times D_e \times L$$ Ec. 3.4

825.

826.

827.

828. TABLA 40

829.

830. DATOS PARA DETERMINAR EL ÁREA DE TRANSFERENCIA DE CALOR

831. Temperatura inicial del aire t_1, °C	832. 30
833. Temperatura final del aire t_2, °C	834. 70
835. Masa del aire *m*, kg	836. 1.0403
837. Flujo másico *G*, kg/ m^2 s	838. 4.22
839. Viscosidad del aire en las paredes μ_p, kg/ m s	840. 2.1 *10^5

841. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

842.

843. TABLA 41

844.

845. RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS PARA EL SERPENTÍN

846. Coeficiente de transferencia de calor *h*, kj/ m^2 °C s	847. 0.4636
848. Calor necesario para calentar el aire *Q*, kj/ s	849. 78.867
850. Área de transferencia de calor *A*, m^2	851. 2.49
852. Longitud del serpentín *L*, m	853. 30

854. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

855.

856.

857.

858. Características del secador

859.
860. El secador de bandejas, estará compuesto por:

861.
- ❖ Carritos con bandejas que transportan el producto en el interior del secador

862.
- ❖ Malla protectora de 5mm de diámetro colocada con el propósito de proteger al operario del aire caliente

863.
- ❖ Serpentín que circula vapor en su interior para calentar el aire

864.

❖ Ventiladores industriales cuadrados de 16” que generan aire frío en el interior del secador. Las especificaciones del ventilador se muestran en la tabla 42.

865.
866. Todo el secador será de acero inoxidable y estructura rectangular, formado por seis caras, de las cuales una de ellas tendrá perforaciones de 2mm de diámetro.

867.
868.
869.
870.
871.
872.
873.
874.
875.
876.
877.
878.

879. TABLA 42

880.
881. ESPECIFICACIONES DEL VENTILADOR INDUSTRIAL

Medida	16"
No. De hélices	3
Hélice de metal	45x45
Motor sellado:	
	120 V
	1650 rpm

	200 W
	0.27 hp
Flujo de aire	1900 ft^3/min

882. Fuente: Importadora Montero S.A., 2006

883. Dimensiones del secador

884.

885. La altura, ancho y largo del secador se exponen en la tabla a continuación.

886.

887.

888.

889.

890.

891. TABLA 43

892. DIMENSIONES DEL SECADOR

Altura desde el techo al carrito, m	0.10
Altura total del carrito, m	1.42
ALTURA DEL SECADOR, m	**1.52**
Ancho entre paredes y carritos, m	0.10
Ancho del carrito, m	0.64
ANCHO DEL SECADOR, m	**0.74**

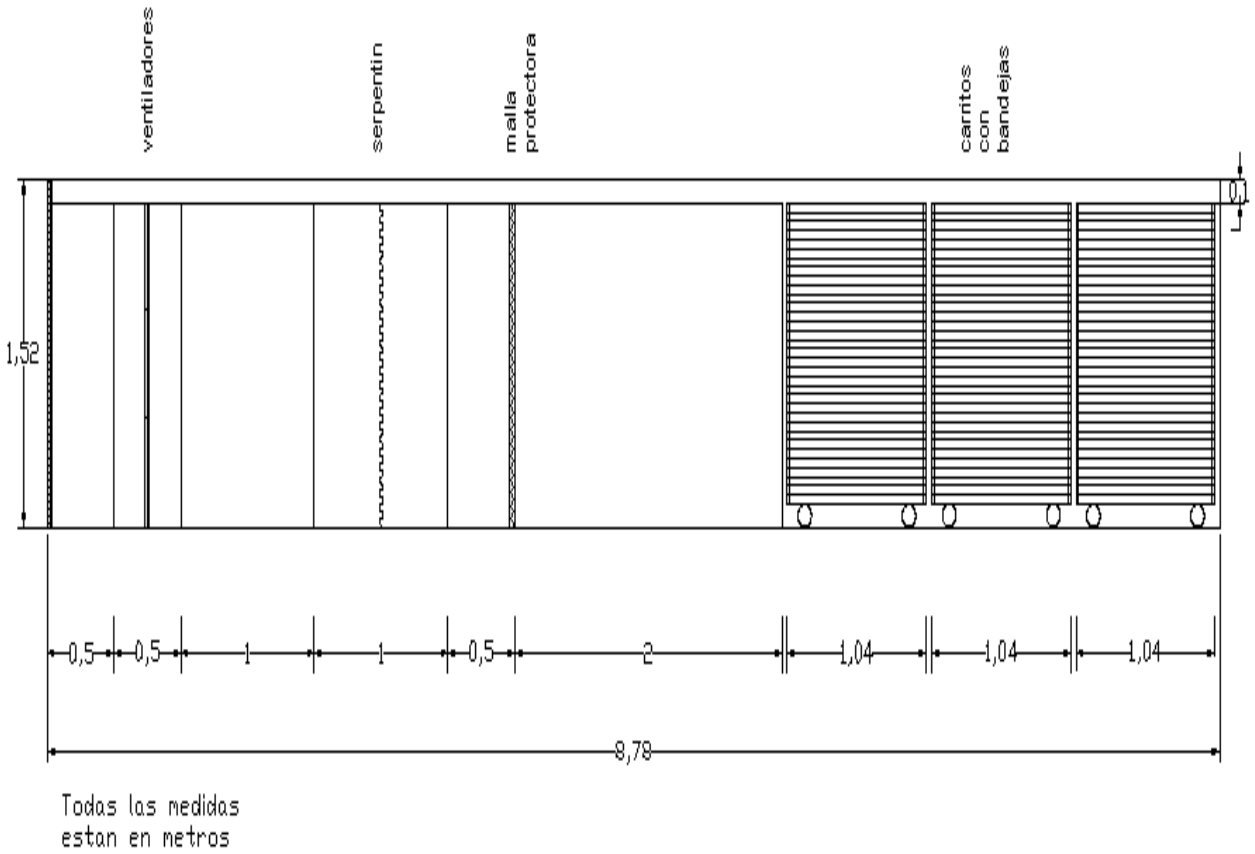
Distancia entre pared y carrito, m	0.04
Distancia entre carritos, m	0.08
Distancia total de los carritos, m	3.12
Distancia entre carritos y malla protectora, m	2.04
Distancia de la malla y serpentín, m	0.50
Distancia del serpentín, m	1.00
Distancia entre serpentín y ventilador, m	1.00
Distancia del ventilador, m	0.50
Distancia entre ventilador y cara perforada, m	0.50
LARGO DEL SECADOR, m	**8.78**

893. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

894.

895. El diseño del secador, en vista lateral, con sus respectivas dimensiones, se expone en la figura 3.5.

896.



897.

898. FIGURA 3.5. DISEÑO DEL SECADOR DE BANDEJAS

899.

900. Con las dimensiones del secador de bandejas, se logró establecer las dimensiones de la malla, distancias y número de tubos del serpentín y el número de ventiladores. Estos se muestran en la tabla siguiente.

901.

902.

903.

904. TABLA 44

905.

906. DIMENSIONES DE MALLA, SERPENTÍN Y NÚMERO DE VENTILADORES

MALLA	
Espesor, mm	1
Ancho, m	0.80
Altura, m	1.58
SERPENTÍN	
Diámetro externo, m	0.02667
Número de tubos	43
Distancia de cada tubo, m	0.7
Distancia desde el techo al serpentín, m	0.1
Distancia entre tubos, m	0.03
VENTILADOR	
Flujo de aire en el secador, m^3/s	4.71
Flujo de aire por ventilador, m^3/s	0.90
Número de ventiladores	6

907. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

908.

909.

910.

911. Molino de bolas

912.

913. Las características técnicas del molino de bolas se muestran en la tabla 45.

914.

915. TABLA 45

916.

917. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MOLINO DE BOLAS

918. Diámetro y largo del molino, mm	919. 91.5 x 91.5
920. Molino rpm	921. 60
922. Motor, hp	923. 2
924. Carga de bolas 45% del volumen, kg	925. 126.5
926. Peso del molino sin motor y sin carga de bolas, kg	927. 407
928. Producción, Tm en 24 h	929. 1.5
930. Granulometría máxima, mm	931. < 1

932. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

933.

934. Tamizador

935.

No existe un tamizador industrial para nuestro nivel estimado de producción, por lo que se podría colocar a la salida del molino una malla No. 70.

3.4 Simulación de la línea de producción

936.

937. El esquema de línea de producción para la harina de zapallo, se mostrará en el apéndice J. Este se realizó a través del programa Autocad versión 2004 y tiene el mismo proceso que se expuso en el capítulo anterior, con la única diferencia que se trató de automatizar la línea:

938.

939. La línea de producción se la distribuyó en tres áreas bien definidas como, área de corte, área de proceso y área de empaquetado.

940.

941. Área de corte

942. Se recepta la hortaliza de proveedores certificados, provenientes de la provincia de Manabí. Estos deben primeramente ser seleccionados para luego trasladarlos al área de corte.

943. El área de corte, es donde se recibe el zapallo seleccionado para ser triturado, pelado y desemillado, todas estas etapas son manuales. El número de trabajadores por cada etapa es 2, esta es el área en el que más mano de obra se necesita. Cuando se recepta la hortaliza, es colocada sobre la mesa 1 de acero inoxidable donde dos personas se encargarán de cortarlo en trozos grandes para facilitar el pelado y desemillado, luego, estos trozos se trasladan hasta la mesa 2, aquí dos

personas se encargan de pelarlos con cuchillos y transportan a la mesa 3, a través de una banda transportadora. En esta última mesa, se realiza el desemillado e inspección de los pedazos, posteriormente son trasladados por una banda inclinada a la siguiente área que es la de proceso.

944.

945. Área de proceso

946. En el área de proceso, están las etapas de triturado, aplanado, secado, pulverizado, tamizado y mezclado. Se necesita un operario por etapa de proceso. Una vez ingresado los pedazos en el triturador, se enciende inmediatamente el equipo, hasta formar una especie de papilla. Cuando la masa está lista, se abre la compuerta interna del equipo dando paso a la masa hasta reposar en un depósito con válvulas, estas llenan bandejas de acero inoxidable que son colocados sobre una banda transportadora, esta se acciona y pasa por una aplanadora horizontal, quedando la masa completamente plana, las bandejas continúan hacia la etapa de secado.

947.

948. Un operario inspecciona y recibe las bandejas y las ingresa al secador. Posteriormente, se sacan las bandejas y se las llevan hacia el molino de bolas. El operario con una espátula, saca el producto seco y lo ingresa en el molino, este se lo enciende y muele hasta que convierta en polvo todo el producto seco, seguidamente, se abre la compuerta del molino y el

polvo atraviesa un tamizador. Ese polvo de zapallo es mezclado con los ingredientes que constituyen a los sub-productos.

949. Área de empaquetado

950. Listos los sub-productos, se empacan en las fundas con las cantidades establecidas en el área de empaquetado. Estos empaques se sueltan hacia una banda transportadora hasta llegar a una mesa rotatoria donde un operario revisa cada una de ellas. Las seleccionadas se las coloca en la bodega de producto terminado y las rechazadas se las lleva a reproceso, que consiste en llevar este producto otra vez a las etapas que prosiguen desde el molino.

951.

952. Los operarios, tiempos de proceso, materiales y equipos, utilizados para todas las etapas del proceso del zapallo se expresan en la tabla siguiente. Ver tabla 46.

953.

954.

955.

956.

957.

958.

959.

960.

961.

962. TABLA 46

963. DETALLE DE CANTIDADES DE EQUIPOS, MATERIALES Y OPERARIOS POR ETAPAS DE PROCESO DE LA HARINA DE ZAPALLO

964.	965. EQUIPOS	966. CANTIDAD DE EQUIPOS	967. MATERIALES	968. CANTIDAD DE MATERIALES	969. OPERARI
970. AREA DE CORTE	971. Bandas transportadoras	972. 3	973.	974.	975.
976. Corte	977.	978.	979. -Mesa grande acero inoxidable 980. -Cuchillos	981. 1 982. 983. 984. 985. 3	986. 1
987. Pelado	988.	989.	990. -Mesa grande acero inoxidable 991. -Cuchillos	992. 1 993. 994. 995. 996. 1	997. 2
998. Desemillado	999.	1000.	1001. -Mesa grande acero inoxidable 1002. -Cuchillos	1003. 1 1004. 1005. 1006. 3	1007. 2
1008. ÁREA DE PROCESO	1009. Bandas transportadoras	1010. 1	1011. Bandejas de acero inoxidable	1012. 100	1013.
1014. Triturado	1015. Molino coloidal	1016. 1	1017. Depósito de 4 válvulas	1018. 1	1019. 1
1020. Aplanado	1021. Aplanadora	1022. 1	1023.	1024.	1025. 1
1026. Secado	1027. Secador de bandejas	1028. 1	1029.	1030.	1031. 1
1032. Pulverizado	1033. Molino de bolas	1034. 1	1035. Espátula	1036. 1	1037. 1
1038. Tamizado	1039. Tamiz vibratorio	1040. 1	1041.	1042.	1043.
1044. Mezclado	1045. Mezclador para polvos	1046. 1	1047.	1048.	1049.

1050. ÁREA DE EMPAQUE	1051. Bandas transportadoras	1052. 1	1053.	1054.	1055.
1056. Envasado	1057. Llenadora y Selladora	1058. 1	1059. Fundas plásticas	1060.	1061. 1
1062. Selección	1063.	1064.	1065. Mesa rotatoria	1066. 1	1067. 1

1068. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

1069.

1070. La línea de producción es simulada bajo el software lookout 7.1 empleado para la automatización de las máquinas. El apéndice k contiene un CD con la simulación de la línea.

1071.

3.5 Determinación de puntos críticos de control

1072. Los puntos críticos de control (PCC), fueron determinados de acuerdo a la importancia de las etapas de la línea de producción.

1073.

1074. Casi la mayoría de los vegetales trae consigo esporas de clostridium botulinum, encontrados en la tierra impregnada en los vegetales (9). Esto se podría convertir en un peligro biológico, sino se toman las debidas precauciones.

1075.

1076. Las esporas pueden germinar y crecer en la mayoría de los alimentos de baja acidez (9), pero se las puede controlar con el bajo pH y una Aw < 0.9. El uso de cuchillos como herramientas de trabajo, se transformaría en peligro físico eminente, ya que el empleo de estas herramientas es constante y tienden a quebrarse o astillarse, consiguiendo contaminar la materia prima.

1077.
1078. Los PCC identificados por etapa de proceso, se muestran en la tabla

47.

1079.

1080.

1081. TABLA 47

1082.
1083. HOJA DE TRABAJO PARA EL ANÁLISIS DE PELIGROS

1084. Etapas de Proceso	1085. Peligros potenciales introducidos controlados o intensificados en esta etapa	1086. Este peligro potencial ¿requiere ser abordado en el plan HACCP?	1087. Por qué? Justifique la decisión	1088. Qué medidas se pueden aplicar para prevenir, eliminar o reducir el peligro que esta siendo abordado en su plan?	1089. Es esta etapa un PCC
1090. Recepción	1091. Biológico 1092. C.Botulinum	1093. No	1094. Es poco probable el desarrollo de las esporas en células vegetativas	1095.	1096.
	1097. Químico 1098. No hay	1099.	1100.	1101.	1102.
	1103. Físico 1104. No hay	1105.	1106.	1107.	1108.
1109. Corte	1110. Biológico 1111. C.Botulinum	1112. No	1113. Es poco probable el desarrollo de las esporas en células vegetativas	1114.	1115.
	1116. Químico **1117.** No hay	1118.	1119.	1120.	1121.

	1122. Físico 1123. Fragmentos de metales	1124. Si	1125. Existe el potencial que la hoja del cuchillo se quiebre y contamine el producto	1126. Inspección periódica de los materiales de trabajo	1127. Si PCC 1
1128. Pelado	1129. Biológico 1130. C.Botulinum	1131. No	1132. Es poco probable el desarrollo de las esporas en células vegetativas	1133.	1134.
	1135. Químico **1136.** No hay	1137.	1138.	1139.	1140.
	1141. Físico 1142. Fragmentos de metales	1143. Si	1144. Existe el potencial que la hoja del cuchillo se quiebre y contamine el producto	1145. Inspección periódica de los materiales de trabajo	1146. Si PCC 2
1147. Desemillado	1148. Biológico 1149. C.Botulinum	1150. No	1151. Es poco probable el desarrollo de las esporas en células vegetativas	1152.	1153.
	1154. Químico 1155. No hay	1156.	1157.	1158.	1159.

	1160. Físico 1161. Fragmentos de metales	1162. Si	1163. Existe el potencial que la hoja del cuchillo se quiebre y contamine el producto	1164. Inspección periódica de los materiales de trabajo	1165. Si PCC 3
1166. Triturado	1167. Biológico 1168. C.Botulinum	1169. No	1170. Es poco probable el desarrollo de las esporas en células vegetativas	1171.	1172.
	1173. Químico **1174.** No hay	1175.	1176.	1177.	1178.
	1179. Físico	1180.	1181.	1182.	1183.
1184. Aplanado	1185. Biológico 1186. C.Botulinum	1187. No	1188. Es poco probable el desarrollo de las esporas en células vegetativas	1189.	1190.
	1191. Químico 1192. No hay	1193.	1194.	1195.	1196.
	1197. Físico 1198. No hay	1199.	1200.	1201.	1202.
1203. Secado	1204. Biológico 1205. No hay	1206. No	1207. Es poco probable que exista crecimiento de esporas, a pesar de la baja Aw.	1208. .	1209.

	1210. Químico 1211. No hay	1212.	1213.	1214.	1215.
	1216. Físico 1217. No hay	1218.	1219.	1220.	1221.
1222. Pulverizado	1223. Biológico 1224. Mohos y levaduras	1225. No	1226. Es poco probable el crecimiento de mohos o levaduras después de la etapa anterior	1227.	1228.
	1229. Químico 1230. No hay	1231.	1232.	1233.	1234.
	1235. Físico 1236. No hay	1237.	1238.	1239.	1240.
1241. Tamizado	1242. Biológico 1243. Mohos y levaduras	1244. No	1245. Es poco probable el crecimiento de mohos o levaduras después de la etapa anterior	1246.	1247.
	1248. Químico 1249. No hay	1250.	1251.	1252.	1253.
	1254. Físico 1255. No hay	1256.	1257.	1258.	1259.
1260. Envasado	1261. Biológico 1262. Mohos y levaduras	1263. Si	1264. Es probable el crecimiento de mohos o levaduras	1265. Inspección constante de los envases.	1266. Si PCC 4
	1267. Químico 1268. No hay	1269.	1270.	1271.	1272.
	1273. Físico 1274. No hay	1275.	1276.	1277.	1278.

1279. Elaborado por: Cecibel Lisbeth Alava P., 2006

1280.
1281. Existen cuatro PCC en las etapas de corte, pelado, desemillado, y envasado, los cuales corresponden a peligros físicos y biológicos respectivamente.

1282.
1283. Los peligros biológicos pueden ser controlados disminuyendo desde la recepción la carga microbiana, es decir, recibir la materia prima exenta de tierra en lo posible, para conseguir carga microbiana baja. Todo alimento seco, esta expuesto a mohos y levaduras, pero estos pueden ser controlados si se crea un ambiente en que se evite su crecimiento. Pero, es más seguro realizar periódicamente, análisis para estos microorganismos, por lo que se lo ha considerado como PCC.

1284.
1285. Los peligros físicos pueden disminuir, entrenando al operario que revisen constantemente sus herramientas de trabajo, que si estas presentan anormalidades, se las deberá cambiar inmediatamente.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados experimentales, se puede resaltar que, el zapallo seleccionado para proceso debe ser semi-maduro y exento de magulladuras; su humedad de equilibrio es 0.7 kgH_2O/ kgss, en base a las isotermas de desorción; su contenido crítico de humedad libre es 6.38 kgH_2O/ kgss con velocidad de 4.58 kg/m^2h, de acuerdo a las curvas de secado; el tiempo para secar la materia prima, en un secador de bandejas diseñado es de 4.21h, la temperatura estimada es 70 ± 2 °C. La harina de zapallo, de acuerdo a las isotermas de adsorción, su humedad de equilibrio es 0.14 kgH_2O/ kgss; su humedad final es 14% y 0.21mm de finura. Las condiciones del secador, velocidad, tiempo y temperatura, son adecuadas para conservar en el producto su elevado valor nutricional.

Se puede concluir que el nivel de producción estimado de zapallo (143.67kg/h) no es suficiente para elaborar únicamente fundas de harina de

zapallo, ya que el rendimiento de esta hortaliza como harina es del 7.96%, por lo que obligadamente se debe acudir a la elaboración de sub-productos.

El desarrollo de la línea de producción para esta harina, abrirá campo no solo al zapallo, sino, a otras hortalizas de gran contenido nutricional que aún no han sido procesadas en nuestro medio.

Para incrementar el nivel de producción se recomienda, aumentar la cosecha de zapallo en todas las regiones del Ecuador donde se lo cultive. Lo ideal sería elaborar fundas de harina de zapallo de 5 kilos o más destinadas a otras industrias interesadas en el desarrollo de nuevos productos a partir de esta harina.

Se sugiere un estudio integral del zapallo, donde se aproveche sus desperdicios u otros componentes. De la cáscara, se podrían obtener sub-productos como frutas confitadas. De las semillas, dulces acaramelados o salados que sirven como vermífugos. O también, realizar la extracción de carotenoides y emplearlos como colorantes naturales.

Con perspectivas a mediano o largo plazo, ya se puede pensar en el diseño de equipos para cortar o/y pelar esta hortaliza, ya que ayudaría a elevar el nivel de producción, minimizar tiempo de trabajo y disminuir costos de mano de obra.

1286.
1287.
1288.
1289.
1290.
1291.
1292.
1293.
1294.
1295.
1296.
1297.
1298.
1299.
1300.
1301.
1302.
1303.
1304.
1305. APÉNDICES

1306.

1307.
1308.
1309.
1310.
1311.

1312. APÉNDICE A

1313.

1314. VALORES DE ACTIVIDAD DE AGUA DE SOLUCIONES SATURADAS DE SALES SELECCIONADAS

Sales	**Aw a 33°C**
Acetato de potasio	0.22
Cloruro de magnesio	0.32
Carbonato de potasio	0.43
Nitrato de magnesio	0.51
Ioduro de potasio	0.68
Nitrato de sodio	0.73
Cloruro de sodio	0.75
Cloruro de amonio	0.78
Sulfato de amonio	0.81
Cloruro de potasio	0.84
Nitrato de potasio	0.92
Sulfato de potasio	0.97

1315.

1316. Fuente: LABUZA THEODORE, Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use

APÉNDICE B

1317. ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS EMPLEADOS EN LABORATORIO PARA OBTENER HARINA DE ZAPALLO

SECADOR HORIZONTAL
Tipo cabina *FIMCP* - **Laboratorio de Arenas**

Modelo No. :	Prototipo
hertz	60
voltios	220
watts	5600
amperios	25.5
fase	simple

Velocidades:
R: 7.34 m/s
S: 5.24 m/s
T: 4.19 m/s

MOLINO DE BOLAS FIMCP -Laboratorio de Arenas

Marca:	Siemens
Micromaster 420	GSE 6420 - 20C13 - 7AA0
Serial No. : XAPO07 - 002477	Issue:B11/1.05
Imput:	200 - 240 V + 10% - 10%
Output:	0 - imput V trifásico
Motor:	0.37 kw
Protección:	IP20
Temp. Range:	(-)10 a 50°C

Datos del Motor:

hertz	60
kw	0.5
Voltaje	220 - 440
Corriente:	2.09 A/1.10
Tipo	SKH71 - 4B

ANEMOMETRO ICQ -Laboratorio de Cromatografía

Nombre:	Anemo - thermometer
Model:	4331 CC
Serie:	61603352

Control Company

BALANZA ANALÍTICA FIMCP -Laboratorio de Arenas

Marca:	Sartorius BL210S
Peso máximo:	210 g d = 0.1 mg

Perteneciente al Proyecto VLIR - ESPOL

ESTUFA UNIVERSAL Laboratorio de Microbiología General de FIMCP -Alimentos

Nombre:	Estufa Universal
Marca:	Menmert
Serie:	b502.037
Modelo:	UM - 500

TAMICES FIMCP -Laboratorio de Arenas

Nombre:	Agitador Tamiz
Marca:	ROP - TAP
Modelo:	T-764

Fisher scientific company

hertz	50
hp	1/4
Voltaje	220
rpm	142

1318.

APÉNDICE C

RESULTADOS DE LA VELOCIDAD DE SECADO

1319.

1320.

Tiempo t, min	Peso (g) + Tara	Peso w, g	Humedad (base seca) Xt, gH_2O/gss	Humedad libre X, gH_2O/gss	X media	ΔX	Velocidad de secado Rc, $kgH_2O/m^{2*}h$
0	81.40	12.00	9.655	8.96	7.67	2.62	4.92
5	78.50	9.10	7.080	6.38	5.05	2.44	4.58
10	75.50	6.10	4.416	3.72	2.61	1.78	3.33
15	73.00	3.60	2.197	1.50	0.83	1.07	2.00
20	71.50	2.10	0.865	0.16	-0.23	0.40	0.75
25	70.60	1.20	0.066	-0.63	-0.63	0.00	0.00
30	70.55	1.15	0.021	-0.63	-0.63	0.00	0.00
35	70.55	1.15	0.021	-0.68	-0.68	0.00	0.00
40	70.55	1.15	0.021	-0.68	-0.68	0.00	0.00
45	70.55	1.15	0.021	-0.68	-0.68	0.00	0.00
50	70.55	1.15	0.021	-0.68	-0.68	0.00	0.00
55	70.55	1.15	0.021	-0.68	-0.68	0.00	0.00
60	70.55	1.15	0.021				

1321.

1323. APÉNDICE D

1324.

1325. NORMA INEN 517

1326.

CDU 664.2:543 INEN AL 02.02-301

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

OBLIGATORIA

1. OBJETO

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

2. RESUMEN

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

3. INSTRUMENTAL

3.1 *Máquina vibradora de tamices.*

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

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

3.4 *Pincel,* de pelo suave.

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

4. PREPARACION DE LA MUESTRA

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

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

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

5. PROCEDIMIENTO

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

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

(Continúa)

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

1980-0075

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

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

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

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

6. CALCULOS

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

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

Siendo:

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

7. ERRORES DE METODO

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

8. INFORME DE RESULTADOS

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

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

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

1980-0975

1327.

APENDICE Z

Z.1 NORMAS A CONSULTAR

INEN 154 *Tamices de ensayo. Tamaños nominales de las aberturas.*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma Centroamericana ICAITI 34 086 h 9. *Harinas de origen vegetal. Determinación del tamaño de las partículas.* Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial. Guatemala, 1974.

Norma Hindú IS: 4706. *Method of Test for Edible Starches.* Indian Standards Institution. Nueva Delhi, 1968.

1980-0075

APÉNDICE E

1328. **ESCALA HEDÓNICA PARA DOS FORMULACIONES**

1329.

Producto:_____

Fecha:_____

Por favor pruebe las muestras y marque con una **X** cuanto le gusta o disgusta según la escala.

Escala	código 1	código 2
Me gusta extremadamente	_____	_____
Me gusta mucho	_____	_____
Me gusta moderadamente	_____	_____
Me gusta ligeramente	_____	_____
Ni me gusta ni me disgusta	_____	_____
Me disgusta ligeramente	_____	_____
Me disgusta moderadamente	_____	_____
Me disgusta mucho	_____	_____
Me disgusta extremadamente	_____	_____

Agradezco su comentario sincero

_____

_____

_____

Muchas gracias ☺

APÉNDICE F

1330.

1331. CALIFICACIONES DE JUECES POR ESCALA HEDÓNICA A LA COLADA DE ZAPALLO

1332.

PRODUCTO: COLADA DE ZAPALLO

	CÓDIGOS			
No. JUECES, n	**567**	**378**	**Diferencia, D**	**D^2_i**
1	7	8	-1	1
2	8	6	2	4
3	8	6	2	4
4	6	8	-2	4
5	8	7	1	1
6	3	8	-5	25
7	8	7	1	1
8	8	6	2	4
9	7	8	-1	1
10	8	9	-1	1
11	7	8	-1	1
12	8	7	1	1
13	6	7	-1	1
14	7	6	1	1
15	8	6	2	4
16	8	7	1	1
17	5	7	-2	4
18	7	8	-1	1
19	7	9	-2	4
20	6	8	-2	4
21	8	6	2	4
22	8	7	1	1
23	5	7	-2	4
24	8	6	2	4
25	7	5	2	4
26	7	8	-1	1
27	7	9	-2	4
28	7	8	-1	1
29	8	6	2	4
30	8	7	1	1

TOTAL, m	213	215	**-2**	**96**
		$(\sum D)^2$=	**4**	

1333. APÉNDICE G

1334. PRUEBA T "STUDENT"

1335.

Percentiles de la distribución t de «Student»

Grados de libertad	$t_{.95}$	$t_{.975}$	$t_{.99}$	$t_{.995}$
1	6,314	12,706	31,821	63,657
2	2,920	4,303	6,965	9,925
3	2,353	3,182	4,541	5,841
4	2,132	2,776	3,747	4,604
5	2,015	2,571	3,365	4,032
6	1,943	2,447	3,143	3,707
7	1,895	2,365	2,998	3,499
8	1,860	2,306	2,896	3,355
9	1,833	2,262	2,821	3,250
10	1,812	2,228	2,764	3,169
11	1,796	2,201	2,718	3,106
12	1,782	2,179	2,681	3,055
13	1,771	2,160	2,650	3,012
14	1,761	2,145	2,624	2,977
15	1,753	2,131	2,602	2,947
16	1,746	2,120	2,583	2,921
17	1,740	2,110	2,567	2,898
18	1,734	2,101	2,552	2,878
19	1,729	2,093	2,539	2,861
20	1,725	2,086	2,528	2,845
21	1,721	2,080	2,518	2,831
22	1,717	2,074	2,508	2,819
23	1,714	2,069	2,500	2,807
24	1,711	2,064	2,492	2,797
25	1,708	2,060	2,485	2,787
26	1,706	2,056	2,479	2,779
27	1,703	2,052	2,473	2,771
28	1,701	2,048	2,467	2,763
29	1,699	2,045	2,462	2,756
30	1,697	2,042	2,457	2,750
40	1,684	2,021	2,423	2,704
60	1,671	2,000	2,390	2,660
120	1,658	1,980	2,358	2,617
∞	1,645	1,960	2,326	2,576

APÉNDICE H
1337.
1338. CALIFICACIONES DE JUECES POR ESCALA HEDÓNICA AL

BUDÍN DE ZAPALLO

1339.
PRODUCTO: BUDÍN DE ZAPALLO

	CÓDIGOS			
No. JUECES, n	**331**	**411**	**Diferencia, D**	**D^2_i**
1	7	8	-1	1
2	6	9	-3	9
3	7	6	1	1
4	7	6	1	1
5	6	7	-1	1
6	8	7	1	1
7	4	7	-3	9
8	6	8	-2	4
9	7	8	-1	1
10	7	9	-2	4
11	7	8	-1	1
12	6	7	-1	1
13	6	8	-2	4
14	6	8	-2	4
15	7	8	-1	1
16	5	7	-2	4
17	7	8	-1	1
18	8	6	2	4
19	6	7	-1	1
20	8	6	2	4
21	7	8	-1	1
22	7	5	2	4
23	7	6	1	1
24	6	8	-2	4
25	8	7	1	1
26	6	7	-1	1
27	7	8	-1	1
28	8	6	2	4
29	8	6	2	4
30	7	8	-1	1
TOTAL, m	202	217	**-15**	**79**
		$(\sum D)^2=$	**225**	

1340.

APÉNDICE I

1341.

1342. CALIFICACIONES DE JUECES POR ESCALA HEDÓNICA AL

HELADO DE ZAPALLO

1343.

PRODUCTO: HELADO DE ZAPALLO

	CÓDIGOS			
No. JUECES, n	**200**	**100**	**Diferencia, D**	**D^2_i**
1	6	8	-2	4
2	8	6	2	4
3	7	6	1	1
4	5	6	-1	1
5	8	7	1	1
6	7	8	-1	1
7	6	8	-2	4
8	9	8	1	1
9	6	5	1	1
10	8	6	2	4
11	7	8	-1	1
12	6	8	-2	4
13	8	7	1	1
14	8	6	2	4
15	7	5	2	4
16	6	7	-1	1
17	9	7	2	4
18	6	8	-2	4
19	8	5	3	9
20	9	8	1	1
21	4	7	-3	9
22	6	7	-1	1
23	8	6	2	4
24	6	7	-1	1
25	7	8	-1	1
26	9	7	2	4
27	7	4	3	9
28	6	7	-1	1
29	6	8	-2	4
30	8	4	4	16
TOTAL	211	202	**9**	**105**
		$(\sum D)^2=$	**81**	

1344.

APÉNDICE J

1345.

1346. LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LA HARINA DE ZAPALLO –

AUTOCAD

1347.

1348.

1349.

1350.

1351.

1352.

1353.

1354.

1355.

1356.

1357.

1358.

1359.

1360.

1361.

1362.

1363.

1364.

1365.

1366.

APÉNDICE K

1367.

1368. LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LA HARINA DE ZAPALLO – LOOKOUT

1369.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANZALDÚA – MORALES ANTONIO. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza - España. 1994. Pág.: 68 – 74, 133, 134, 189, 190.

2. BARBOSA – CANÓVAS GUSTAVO V. Y VEGA – MERCADO HUMBERTO. Deshidratación de alimentos. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza – España. Pág.: 27 – 33, 132 – 134

3. GEANKOPLIS C. J. Procesos de transporte y operaciones unitarias. Editorial CECSA. México. Tercera edición. 2003. Pág.: 579 - 625, 944 - 945, 982, 983

4. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS. Resultados provinciales y cantorales del III Censo Nacional Agropecuario en la Provincia de Manabí 2001. Tabla 20.

5. LABUZA THEODORE P. Moisture Sorption: Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use. 1984. Pág.: 10, 22 - 25

6. MARCILLA GOMIS A. Introducción a las operaciones de separación.

7. MINISTERIO DE PREVISIÓN SOCIAL Y SANIDAD INSTITUTO NACIONAL DE NUTRICIÓN. Tabla de composición de los alimentos ecuatorianos. Quito – Ecuador. 1965. páginas: 13, 19, 20

8. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. Dirección Nacional Agrícola, Departamento de Cultivos. Revistas del AGRO. Cultivo del zapallo.

9. STEVENSON KENNETH E. PH. D. Y BERNARD DANE T. Manual para el desarrollo e implementación de un plan de análisis de peligros y puntos críticos de control. HACCP. Edición tercera. 1999. Pág.: 73, 240 - 266