



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

**“ELABORACIÓN DE SOPA INSTANTÁNEA A PARTIR DE
HARINA DE CHOCHO (*LUPINUS MUTABILIS SWEET*)”**

INFORME DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERAS DE ALIMENTOS

Presentado por:

KAREN ESTEFANÍA LIMONES ACOSTA

MARÍA CAROLINA GARCÍA ARRIETA

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2011

DEDICATORIA

A DIOS QUE ME DIO LA VIDA, A
MIS PADRES QUE ME VIERON
CRECER Y ME DAN SU AMOR SU
APOYO INCONDICIONAL Y DÍA A
DÍA A SU LADO ME HACEN MEJOR
PERSONA, A MI HERMANA POR
SER MI COMPAÑÍA, A MI ABUELITA
MERCEDES QUE DESDE EL CIELO
ME CUIDA Y GUÍA.

Karen Limones Acosta

DEDICATORIA

A DIOS QUE ES MI GUÍA, A MIS PADRES POR CREER EN MÍ, A MIS HERMANOS Y A MI ABUELITA, POR SU CARIÑO, A LA SRA ANITA SÁNCHEZ POR ESTAR A MI LADO, COMO UNA MADRE, A MI MEJOR AMIGO JORGE PACHECO, POR SU APOYO INCONDICIONAL.

Ma. Carolina García Arrieta

AGRADECIMIENTO

A MIS PADRES POR SU GRAN ESFUERZO EN MI ENSEÑANZA, A MI MEJOR AMIGA WENDY POR SU APOYO, Y A CARITO YA QUE SIN ELLA ESTE SUEÑO NO HUBIERA SIDO POSIBLE, A MIS AMIGOS Y DE MANERA ESPECIAL A LA ING. GRACE VÁSQUEZ, DIRECTORA DE TESIS Y LA ING FABIOLA CORNEJO POR SU GRAN AYUDA.

Karen Limones Acosta

AGRADECIMIENTO

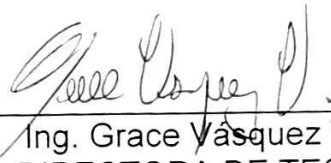
A DIOS POR DARME LA VIDA Y LA OPORTUNIDAD DE CULMINAR ESTE SUEÑO, A MIS PADRES POR SU AMOR Y APOYO INCONDICIONAL, A UNA PERSONA MUY ESPECIAL, LA SRA ANITA SÁNCHEZ POR BRINDARME SU CARÍÑO, A MI DIRECTORA DE TESIS, LA ING. GRACE VÁSQUEZ, Y A MI VOCAL DE TESIS, LA ING. FABIOLA CORNEJO, POR SU VALIOSA AYUDA, Y A MIS AMIGOS POR MANTENERSE SIEMPRE CONMIGO.

Ma. Carolina García Arrieta

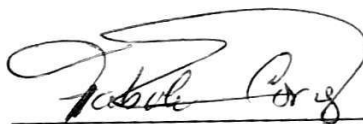
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Francisco Andrade S.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Grace Vásquez V.
DIRECTORA DE TESIS

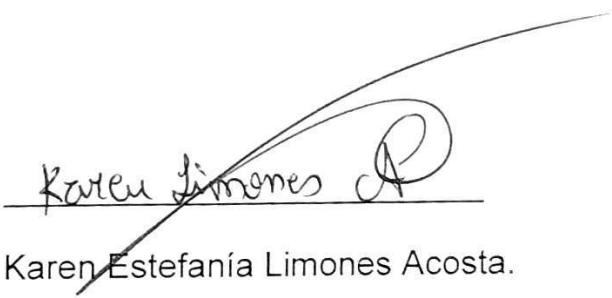


Ing. Fabiola Cornejo Z.
VOCAL PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

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

(Reglamento de Graduación de la Espol)



Karen Estefanía Limones Acosta.



María Carolina García Arrieta

RESUMEN

El presente informe tiene como objetivo desarrollar una sopa instantánea a partir de alimentos autóctonos, con alto valor nutricional, como lo es el chocho.

En la primera parte se presenta información referente a la materia prima a utilizar, se caracteriza aspectos físicos y químicos más relevantes como: color, olor, humedad, pH, acidez y actividad de agua; paralelamente se elaboró la isoterma de sorción, con el fin de establecer las condiciones de secado para la obtención de la harina.

Durante el secado se tomó datos para elaborar las curvas de secado. Todas las determinaciones se realizó por duplicado y los resultados se analizaron estadísticamente a fin de identificar diferencias entre las experimentaciones. Por otro lado, la harina obtenida se utilizó, para la formulación de sopa instantánea con buen sabor, apariencia y consistencia, de gran valor energético.

Posteriormente se realizó los ensayos de estabilidad y se determinaron los cálculos de permeabilidad al vapor de agua en el empaque.

Finalmente, se establecen las conclusiones y recomendaciones basadas en el previo análisis y experimentación, con esto se podrá apreciar la aceptabilidad de las sopas instantáneas con buena capacidad de rehidratación y valor nutricional.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS.....	VII
SIMBOLOGÍA.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
INTRODUCCIÓN.....	1
 CAPÍTULO 1	 2
1. GENERALIDADES	2
1.1 Materia Prima	2
1.1.1 Cultivos y disponibilidad	4
1.2.1 Composición química y Valor Nutricional.	4
1.2 Proceso de Secado.	8
1.3 Sopas Instantáneas.....	9

1.3.1 Tipos y características	11
1.3.2 Ingredientes y especificaciones	13
1.3.3 Proceso de Elaboración.....	15
1.3.4 Principales Alteraciones	16
1.4 Rehidratación de polvos	17
CAPÍTULO 2	19
2. PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA HARINA	19
2.1 Características de Materia Prima	19
2.2 Metodología de trabajo	21
2.2.1 Ensayos Físico - Químicos	26
2.2.2 Secado	27
2.3 Isotermas de absorción	28
2.4 Proceso de secado.....	31
2.4.1 Curvas de secado.....	32
2.5 Caracterización de la harina	36
CAPÍTULO 3	39
3. OBTENCIÓN DE SOPA INSTANTÁNEA A BASE DE CHOCHO	
(<i>LUPINUS MUTABILIS SWEET</i>)	39
3.1 Ingredientes.....	39
3.2 Formulaciones.....	41
3.2.1 Evaluación sensorial.....	45
3.2.2 Aporte nutricional y energético.....	49

3.2.3 Rehidratación.	51
3.3 Estabilidad.	54
3.3.1 Determinación de Humedad crítica.	54
3.3.2 Elaboración de Isoterma del producto terminado.....	56
3.3.3 Cálculos de permeabilidad al vapor de agua en el empaque.	58
CAPÍTULO 4.....	64
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
BIBLIOGRAFÍA	

ABREVIATURAS

AOAC:	Association of Official Agricultural Chemists
Aw:	Actividad de agua
°C:	Grados Centígrados
cm:	Centímetros
Ec:	Ecuación
g:	Gramos
h:	Hora
Ha:	Hectáreas
HR:	Humedad Relativa
Kcal:	Kilocalorías
Kg:	Kilogramos
m:	Metro
m ² :	Metro cuadrado
mPa-s	Milipascal-segundo
min:	Minutos
ml:	Mililitro
ml/g	Mililitro por gramo
p:	Probabilidad
pH:	Potencial de Hidrógeno
s:	Segundo
%:	Por ciento
Vs:	Versus

SIMBOLOGÍA

A:	Área
F:	Frecuencia
$\underline{Dp}_{sup}$:	Diámetro superior
$\underline{Dp}$:	Diámetro promedio
ΔX :	Diferencial de Humedad Libre
Δt :	Diferencial de Tiempo
Rc:	Velocidad de secado
X:	Humedad libre
Xt:	Humedad en base seca
X*:	Humedad de Equilibrio
W:	Peso de la Muestra
Ws:	Peso de sólidos secos
x* :	Humedad en equilibrio
H ₂ O:	Agua
s.s.:	Sólidos Secos
m:	Masa inicial
m _e :	Humedad de equilibrio del alimento con el ambiente
m _c :	Humedad crítica para el empaque
m _o :	Humedad inicial
k/x:	Permeabilidad máxima del alimento
mmHg:	Milímetros de mercurio
λ :	Contenido de humedad no completado
ln:	Logaritmo natural
Po:	Presión de vapor de agua
b:	Pendiente de la isoterma

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 1	3
Figura 1.1.2	5
Figura 1.3.3	16
Figura 2.1	20
Figura 2.2	20
Figura 2.2.a	22
Figura 2.2.b	24
Figura 2.2.2	28
Figura 2.3.a	29
Figura 2.3.b	30
Figura 2.4.1.a	33
Figura 2.4.1.b	35
Figura 2.5	38
Figura 3.3.2	57

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág
Tabla 1 Composición Bromatológica del Chocho Amargo y Desamargado	6
Tabla 2 Contenido de Ácidos Grasos	7
Tabla 3 Perfil de Aminoácidos	7
Tabla 4 Análisis de Granulometría de la Harina de Chocho	26
Tabla 5 Análisis Físicos – Químicos de la muestra 2	27
Tabla 6 Parámetros para la construcción de la Curva de Secado	32
Tabla 7 Características Organolépticas de la Harina	36
Tabla 8 Análisis Físicos de la Harina	37
Tabla 9 Ingredientes de la Sopa	40
Tabla 10 Formulación 1	42
Tabla 11 Formulación 2	43
Tabla 12 Formulación 3	44
Tabla 13 Formulación 4	45
Tabla 14 Calificación Escala Hedónica	47
Tabla 15 Análisis de Varianza	47
Tabla 16 Resultados de Significancia	48
Tabla 17 Tabla de Información Nutricional Sopa Deshidratada de Chocho	50
Tabla 18 Características Físicas y Sensoriales de Sopa Deshidratada de Chocho	51
Tabla 19 Características de Rehidratación	52
Tabla 20 Viscosidad de la Sopa de Chocho	53
Tabla 21 Datos para Determinación de Humedad Crítica	56
Tabla 22 Contenidos de Humedad en Base Seca	60
Tabla 23 Datos para Calcular la Vida Útil de la Sopa	63

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el Chocho es muy cultivado en la Serranía Ecuatoriana, paso de ser un alimento consumido solo por personas de estratos bajos a ser un producto que poco a poco va ocupando un puesto en los supermercados.

Por ello, la necesidad de tomar este grano leguminoso y aprovechar su alto contenido de proteínas para obtener una harina con buenas propiedades funcionales para diseñar una variedad de productos atractivos un ejemplo mezclas en polvo para preparar una sopa instantánea, con el fin de contribuir en menor tiempo a satisfacer el hambre y proveer requerimientos mínimos de nutrición a corto plazo. Estas sopas en polvo son las más representativas en el mercado, siendo un alimento instantáneo que solo con adición de agua y cocción en corto tiempo.

En el presente proyecto se determina una formulación con harina de chocho como ingrediente principal y algunos ingredientes auxiliares para crear una sopa instantánea.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1 Materia Prima: El chocho

La palabra “chocho”, también llamado “Tarwi”, “tahuri”, “lupino” y de nombre científico *Lupinus Mutabilis* Sweet. Es una leguminosa (Fabaceae) herbácea erécta de tallos robustos, algo leñoso, alcanza una altura de 0.8 a 2.0 m, tiene una raíz pivotante vigorosa que puede extenderse hasta 3 metros de profundidad. Los frutos son vainas o legumbres muy parecidas a la arveja, de 5 a 12 centímetros de longitud; cada vaina contiene un número considerable de semillas, que son las partes utilizables de la planta, miden entre 0,5 a 1,5 centímetros, como se observa en la figura 1. Un kilogramo tiene 3500 a 5000 semillas. La variación en tamaño depende tanto de las condiciones de crecimiento como del ecotipo o variedad. La semilla está recubierta por un tegumento endurecido que puede constituir hasta el 10% del peso total y son usadas en la alimentación humana, ya que esta especie ocupa uno de los

primeros lugares entre los alimentos nativos con elevado contenido de proteínas y aceites a nivel mundial.

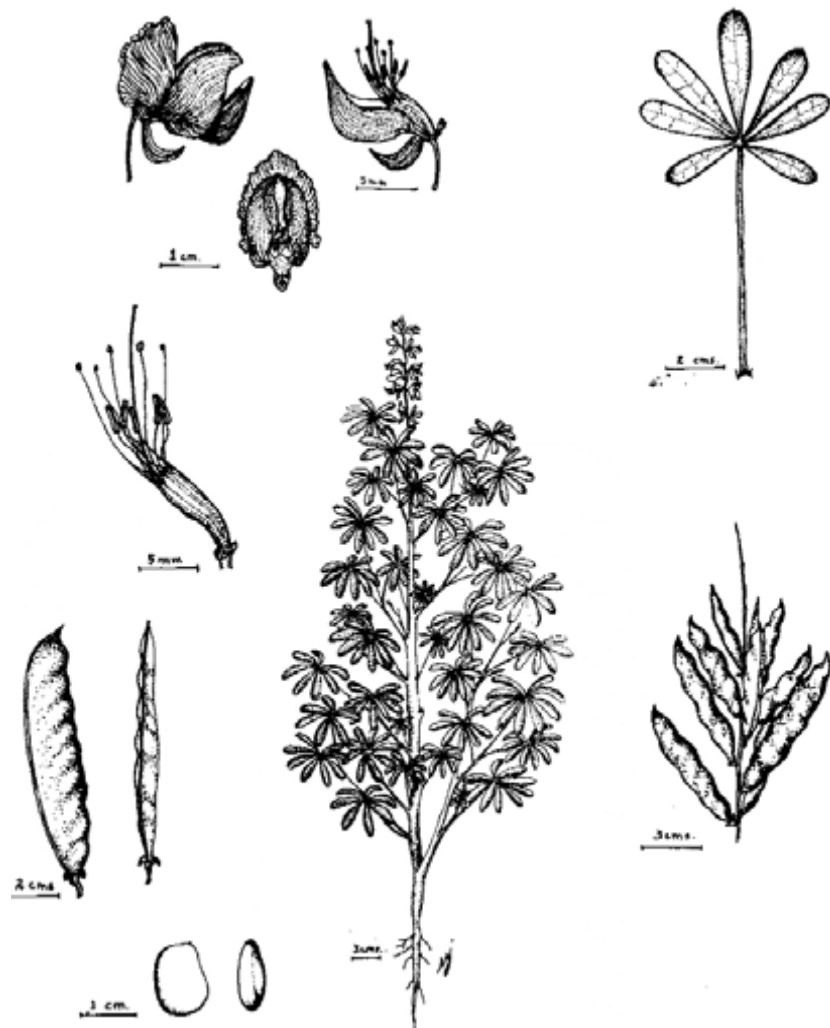


Figura 1: Tarwi. Fuente: Repo-Carrasco 1992 (1)

1.1.1 Cultivos y disponibilidad

El chocho (*Lupinus Mutabilis Sweet*), leguminosa que fija nitrógeno atmosférico en cantidades apreciables de 100 kg/ha, restituyendo la fertilidad del suelo cultivada en el área andina desde épocas preincaicas.

Se desarrolla en valles templados y tradicionalmente en los Andes desde los 1500 metros, encontrándose desde Ecuador, Perú, Bolivia hasta Chile y el noreste argentino, bajo distintos sistemas de producción.

El cultivo se realiza en forma tradicional, observándose plantas de chocho asociadas con maíz, papa, melloco, etc., en parcelas de pequeños agricultores o en monocultivo en fincas de agricultores con visión comercial.

En Ecuador, el cultivo de chocho se localiza en la Sierra, en las provincias de Cotopaxi, Chimborazo, Pichincha, Bolívar, Tungurahua, Carchi, e Imbabura. (2)

1.1.2 Composición química y Valor nutricional

El chocho es utilizado ampliamente en la alimentación una vez eliminados sus contenidos tóxicos mediante cocción y desaguado prolongados (figura 1.1.2).

Las proteínas (40 a 55%) y el aceite (17 a 25%); constituyen más de la mitad del peso del chocho (similar a la carne y a la leche vegetal) como se observa en la tabla 1, quitando la cáscara de la semilla y moliendo el grano se obtiene una harina constituida de proteínas en un 50%. La proteína del chocho tiene cantidades adecuadas de lisina y cistina, pero contiene sólo de 23 a 30% de la metionina como se observa en la tabla 3.

El aceite de chocho es de color claro, lo cual le hace aceptable para el uso doméstico; es similar al aceite de maní y relativamente rico en ácidos grasos no saturados, incluyendo el ácido oleico y linoleico como se cita en la tabla 2.

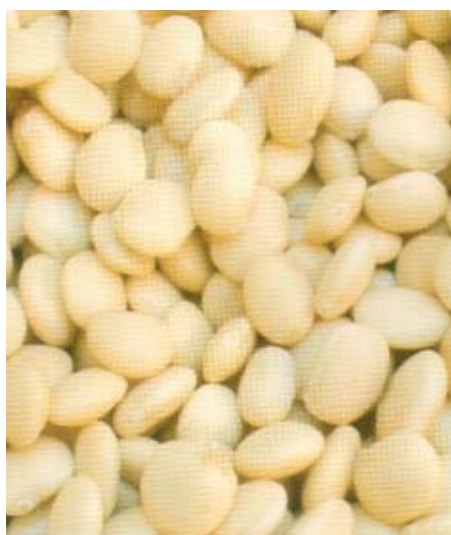


Figura 1.1.2 Foto de Grano de Chocho

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

Tabla 1

Composición Bromatológica del Chocho Amargo y Desamargado

COMPONENTE	CHOCHO AMARGO	CHOCHO DESAMARGADO
Proteína (%)	47.8	54.05
Grasa (%)	18.9	21.22
Fibra (%)	11.07	10.37
Cenizas (%)	4.52	2.54
Humedad (%)	10.13	77.05
ELN (%)	17.62	11.82
Alcaloides (%)	3.26	0.03
Azúcares totales (%)	1.95	0.73
Azúcares reductores (%)	0.42	0.61
Almidón total (%)	4.34	2.88
K (%)	1.22	0.02
Mg (%)	0.24	0.07
Ca (%)	0.12	0.48
P (%)	0.60	0.43
Fe (ppm)	78.45	74.25
Zn (ppm)	42.84	63.21
Mn (ppm)	36.72	18.47
Cu (ppm)	12.65	7.99

Fuente: Allauca, (2005) (3)

Tabla 2
Contenido de Ácidos Grasos

ÁCIDOS GRASOS	L. MUTABILIS SWEET
Palmítico (16:0)	9.80
Esteárico (18:0)	7.80
Oléico (18:1)	53.90
Linoleico (18:2 n-6)	25.90
Linolénico (18:2 n-3)	2.60
Eicosanoico (20:0)	-
Docosanoico (22:0)	-
Omega -3	-
Omega -6	-

Valores expresados como % de AG totales

Fuente: Gross, (1982) (4)

Tabla 3
Perfil de Aminoácidos

AMINOÁCIDOS	L. MUTABILIS SWEET
Arginina	9.50
Histidina	2.61
Isoleucina	4.38
Leucina	7.18
Lisina	5.29
Metionina	0.75
Cistina	1.39
Fenilalanina	3.69
Tirosina	3.53
Treonina	3.65
Triptófano	1.76

Valores expresados como g/16g N

Fuente: Villacrés et al. (1998) (4)

1.2 Proceso de Secado

El agua es el principal componente de los alimentos, ayudándoles a mantener su frescura, sabor, textura y color. Además de conocer el contenido de agua o humedad de un alimento, es imprescindible conocer si está disponible para ciertas reacciones bioquímicas, enzimáticas, microbianas, o bien interactuando con otros solutos presentes en el alimento, como son: proteínas, carbohidratos, lípidos y vitaminas (5).

El secado artificial a altas temperaturas es un procedimiento para eliminar el exceso de humedad de los granos, más seguro que el secado natural, por ser menos dependiente de las condiciones climáticas. El secado artificial es más rápido y permite evitar algunos daños que ocurren durante el secado natural.

El secado a altas temperaturas es una técnica muy usada en las granjas de los países más desarrollados y se emplea desde hace mucho tiempo en las industrias de transformación y en las unidades almacenadoras de granos de todo el mundo. Los procesos de secado a altas temperaturas utilizan grandes flujos de aire calentado en diez grados Celsius o más sobre la temperatura ambiente. Como es natural, este límite no es rígido sino un valor que distingue este proceso del secado a bajas temperaturas. (5)

El secado es habitualmente la etapa final de una serie de operaciones, esto se describe como un proceso de eliminación de sustancias (humedad) para producir un producto sólido seco. La humedad se presenta como una solución líquida dentro del sólido es decir; en la microestructura de mismo. Cuando un sólido húmedo es sometido a secado térmico, dos procesos ocurrirán simultáneamente:

1. Habrá transferencia de energía (comúnmente como calor) de los alrededores para evaporar la humedad de la superficie.
2. Habrá transferencia de la humedad interna hacia la superficie del sólido.

La velocidad a la cual el secado es realizado está determinada por la velocidad a la cual los dos procesos mencionados anteriormente, se llevan a cabo. La transferencia de energía en forma de calor, de los alrededores hacia el sólido húmedo puede ocurrir como resultado de convección, conducción y/o radiación y en algunos casos se puede presentar una combinación de estos efectos. (5)

1.3 Sopas instantáneas

La sopa instantánea es un preparado industrial cuyo contenido está deshidratado generalmente obtenido por liofilización. Las

sopas instantáneas se encuentran entre los platos preparados más antiguos. Son de fácil preparación ya que su tiempo máximo de cocción es de apenas 10 minutos, si bien en algunas de ellas sólo basta con agregar agua hirviendo a una masa de fideos precocidos a la cual se le incorpora el caldo deshidratado. Vienen en presentaciones de pollo con fideos, carne con fideos, pollo con arroz, camarones con fideos, etc. (6)

Estas sopas pertenecen a la gama de alimentos deshidratados más representativas y reconocidas en el mercado como alimentos instantáneos, que solo requieren la adición de agua y calentamiento corto para su preparación. Siendo un impacto social positivo frente al consumidor, principalmente en aquellas personas que disponen de poco tiempo para cocinar, no solo por ampliar la gama de productos nutritivos asociados a una comida completa basada en recetas tradicionales, sino por tratarse de alimentos que pueden ser consumidos por todos los miembros de la familia y elaborarse de forma rápida incluso añadiendo sabores según las costumbres, sin riesgos alimentarios y a un costo económico.

La sopa en polvo es considerada un buen vehículo para hacer llegar a la población no solo un elevado aporte de proteínas y minerales, sino un alto valor nutricional y alimenticio. (6)

1.3.1 Tipos y Características

El alemán Carl Heinrich Knorr y Julius Maggi fueron los pioneros en perfeccionar y comercializar las sopas instantáneas (7)

Se clasifican de acuerdo a su forma de presentación:

- ☀ Sopas deshidratadas, instantáneas: Son productos que no requieren cocción y para su ingestión sólo requieren la adición de agua de acuerdo con las instrucciones para su uso.
- ☀ Sopas condensadas o concentradas: Son productos líquidos, semilíquidos o pastosos, que después de la adición de agua de acuerdo con las instrucciones para su uso, producen preparaciones alimenticias.
- ☀ Sopas listas para consumo: Son productos que no requieren cocción y para su ingestión sólo requieren calentamiento, si está indicado en las instrucciones de uso.

Hoy en día existe una gran variedad de sopas las cuales son de fácil preparación y como son conocidas en los mercados:

- ☀ Sopas deshidratadas: sopas deshidratadas (sopas instantáneas), normalmente obtenida por liofilización,

con todos sus ingredientes, que puede emplearse para elaborar este alimento de una manera bastante rápida y eficaz.

☀️ Sopas enlatadas: Pueden ser concentradas, requerida ser diluidas en agua o listas para calentar como por lo general suelen ser: sopa de tomate, crema de champiñones, pollo con fideos y minestrone.

☀️ Sopas de vaso: Todas las sopas en vasito son prácticamente iguales desde el punto nutricional: ofrecen un aporte calórico considerable, de entre 274 y 334 kilocalorías; sus contenidos de proteínas oscilan entre 6 y 7 gramos, los de grasas de 10 a 14 gramos y los de carbohidratos entre 40 y 45 gramos.

Además se suelen clasificar tradicionalmente en dos grandes bloques, según su densidad:

☀️ Sopas claras o livianas: son las más líquidas, en las que el caldo determina el sabor. En esta categoría entran los consomés

☀️ Sopas ligadas o cremas: en estas sopas, se trituran los ingredientes cocidos (generalmente verduras) en puré y se ligan con nata o con un roux. En las sopas llamadas veloutés, se parte de un roux que se diluye

con un caldo o un fumet, y se puede añadir yema de huevo.

☀ Una tercera categoría podría englobar los cocidos, potajes (con legumbres) y un sinfín de sopas en las que los ingredientes se sirven en el caldo. (7)

1.3.2 Ingredientes y especificaciones

Para elaborar este alimento de una manera bastante rápida y eficaz se puede emplear una variedad comercial de sopas deshidratadas, normalmente obtenidas por la deshidratación de todos sus ingredientes, los cuales añaden propiedades nutricionales y saporíferas características a la misma, entre los que se detalla a continuación:

☀ **Ácido cítrico:** Ayuda a la acción de los antioxidantes; inactiva enzimas previniendo pardeamientos indeseables; inhibe el deterioro del sabor y el color.

☀ **Almidón de maíz:** Cuando una suspensión de almidón en agua es calentada entre los 55° y 80° C, los gránulos tienen la propiedad de absorber agua e hincharse, al aumentar varias veces su

tamaño original forman una dispersión en medio acuoso, ésta máxima viscosidad, es llamada pasta o engrudo, dándole la consistencia a las sopas.

☀ **Harina de trigo:** Está asociada a la cohesividad, viscoelasticidad y extensibilidad de la masa y contribuyen al desarrollo del volumen y textura.

☀ **Inosinato Disódico y Glutamato monosódico:** Son unas de las sales sódicas más utilizadas para mejorar el sabor de muchos alimentos procesados.

☀ **Grasa Vegetal:** mejora la palatabilidad y ayuda a la absorción de la vitamina A.

☀ **Leche descremada:** es utilizada para crear una consistencia más cremosa así como una fuente excelente de calcio, proteína y vitamina A.

☀ **Cebolla, Perejil, Azúcar y Sal:** se añaden para mantener o mejorar la calidad nutritiva del producto. (9)

1.3.3 Proceso de elaboración

El proceso de elaboración de las sopas instantáneas, será de alta calidad y muy higiénico destacando las cualidades alimenticias de los insumos, además el producto estará embolsado en un envase de fácil manejo señalando sus características alimenticias.

La figura 1.3.3 muestra el proceso de elaboración de sopas instantáneas. Este proceso se inicia con la selección, y pesado de la materia prima, que debe ser resecada para eliminar humedad. Una vez terminada la etapa de resecado es llevada al molino para convertirla en la harina base de la sopa instantánea, que junto con los aditivos serán fraccionados y pesados para ser mezclados, esta masa formada pasa a la dosificación en donde se coloca en unas tolvas. Estas tolvas desembocan en las máquinas llenadoras y selladoras donde se obtiene el producto final.



Figura 1.3.3 Esquema de Elaboración de Sopa Instantánea.

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010

1.3.4 Principales alteraciones

Los parámetros físicos, químicos y el color que muestran las sopas instantáneas, que poseen alto contenido proteico en su forma de polvo, son afectadas más lentamente que aquellos que se encuentran en forma de pasta o líquidos. Las características con mayor

sensibilidad a los cambios en estos productos proteicos y con presencia de grasas son: rancidez, acidez, color y viscosidad. Por esto, la necesidad de conocer hasta qué grado las alteraciones limita el consumo del producto. Las propiedades reológicas son de importancia al incidir directamente en los aspectos sensoriales de la población a la que va destinada. (10)

1.4 Rehidratación de polvos

Propiedades de rehidratación como la humectabilidad, dispersabilidad y solubilidad son prerequisites para una óptima reconstitución de los polvos (11). Recientes investigaciones, señalan que existe una relación entre la estructura de los alimentos y sus propiedades-funcionalidad (12) ya que la información microestructural generada puede ser utilizada para entender por ejemplo los mecanismos de transporte durante el secado y para evaluar la funcionalidad de los productos finales; por tal motivo es importante estudiar la microestructura y morfología de alimentos en polvo y su relación con las propiedades de rehidratación.

La rehidratación es la absorción de agua por parte de los alimentos, ya sean enteros, en trozos o pulverizados, para poder

ser cocinados y consumidos. El objetivo es alcanzar un estado lo más parecido posible al original. Los alimentos deshidratados deben rehidratarse lo más rápido y mostrar las mismas características estructurales y químicas del alimento fresco, así como sus propiedades nutricionales.

Es importante considerar que la rehidratación no es el proceso inverso a la deshidratación, ya que ambos fenómenos tienen diferentes mecanismos de transferencia de materia y dependen de factores distintos. Las operaciones previas a la deshidratación, llamadas pre-tratamientos, tienen marcada influencia sobre las características y la composición del producto finalmente rehidratado. Aquellos pre-tratamientos que contribuyen a mantener la integridad de los tejidos permiten evitar mayores pérdidas de sólidos solubles hacia el medio de rehidratación (5).

CAPÍTULO 2

2. PROCESO DE OBTENCION DE LA HARINA

2.1 Características de Materia Prima

Se determinó características físico-químicas tales como: pH, acidez, A_w y humedad. Para seleccionar los granos de chocho y luego obtener harina, se tomó como referencia las características organolépticas como: color, sabor, olor y tamaño de la materia prima con las siguientes dimensiones: 1 ± 0.01 cm de ancho, 1.3 ± 0.01 cm de largo y 0.5 ± 0.01 cm de espesor. Los granos se seleccionaron por medio de una escala de color con ayuda del Pantone Color Specifier, como se muestra en la figura 2.1, debido a que tanto el color como el grado de madurez inciden en las características finales de la harina. Se elaboró una clasificación de acuerdo a su estado de madurez, véase en la figura 2.2, lo que permitió trabajar con el tipo de grano adecuado.

Figura 2.1**Color del Chocho en el Pantone**

Color del chocho en la vaina	Color 1	Color 2	Color 3
 PANTONE® Cool Gray 1 U	 PANTONE® 1205 U	 PANTONE® 1215 U	 PANTONE® 127 U

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

Figura 2.2**Madurez del Chocho**

Madurez: tipo 1	Madurez: tipo 2	Madurez: tipo 3
		

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

Como materia prima para la elaboración de harina, se utilizó el grano de color y madurez tipo 1 y 2. El grano de tipo 3 no se utilizó porque tiene un color amarillo muy intenso, que demuestra su alto grado de madurez.

Se realizaron pre-tratamientos a la materia prima. Debido a que el chocho tiene alto contenido de grasa, lo cual será un problema de aceptabilidad en el producto final.

2.2. Metodología de Trabajo

Para desarrollar este informe de proyecto de graduación se utilizó 2 tipos de muestras de chocho.

En la primera muestra, sin pre-tratamiento la idea fue evitar las pérdidas nutricionales que se puedan dar por lixiviación, que consiste en: tomar los granos de chocho del remojo, llevarlos a cocción, triturarlos, secarlos, y por último molerlos como se observa en la figura 2.2.a.

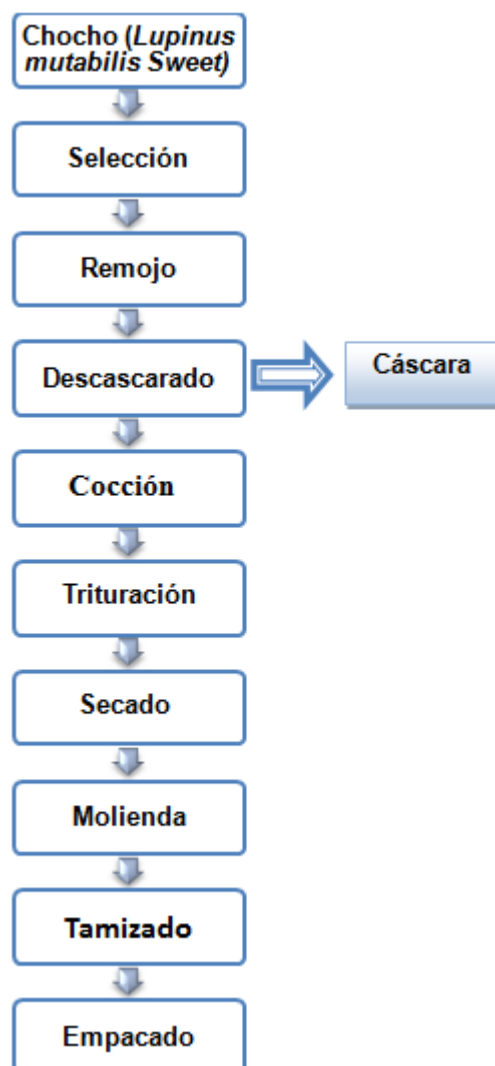


Figura 2.2.a Diagrama de la muestra 1 para la obtención de harina.

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

Los resultados de la harina mediante este proceso fueron desfavorables, ya que al hacer el análisis de granulometría permitiendo que la harina pase por varios tamices durante 15 minutos y al cabo de este tiempo tomar los pesos por cada tamiz, se

observó que la harina no atravesó el segundo tamiz (número 70), ni los subsecuentes porque se aglutinaba en forma de bolas. Este comportamiento se da por el alto contenido de grasa del chocho.

Por lo tanto, se realizó una segunda muestra con pre-tratamiento.

La diferencia de ésta segunda muestra con la primera consiste en que después de la cocción, se realiza una extracción de la leche, licuándolo en una relación 2:1; obteniendo el bagazo como residuo, con la finalidad de reducir el porcentaje de grasa. Luego el bagazo es sometido a los procesos de secado y molienda, como se describe en el diagrama de flujo que se observa en la figura 2.2.b.

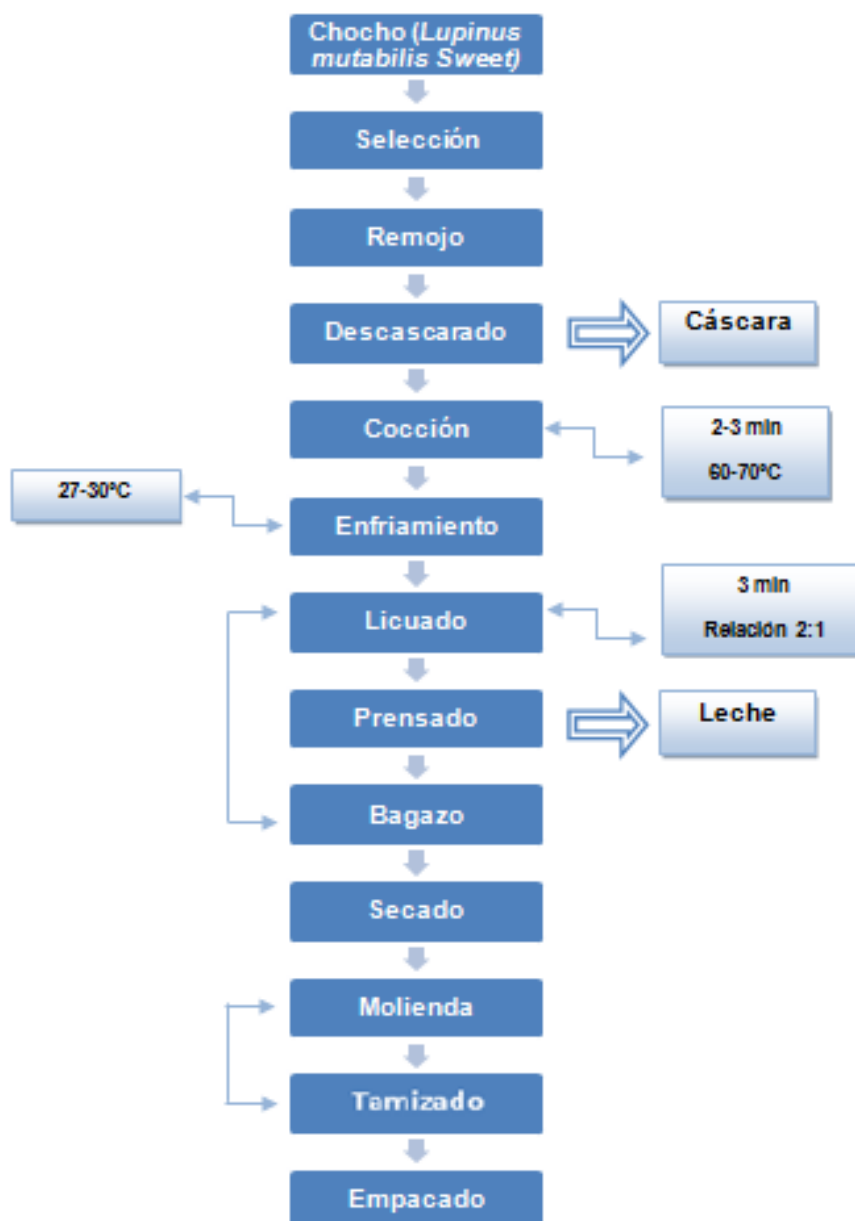


Figura 2.2.b Diagrama de la muestra 2 para la obtención de harina.

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

Al igual que en la primera prueba el tamizado se realizó por 15 minutos, mediante un juego de tamices marca Tyler, utilizando el tamiz superior No.50 y posteriormente los tamices No. 70, 100, 140 y 200. Las aperturas de dichos tamices se muestran en el Apéndice 1, al cabo de este tiempo se pesó cada tamiz determinando así la cantidad de material retenido en cada uno de ellos. En la tabla 4, se encuentran los resultados del análisis granulométrico realizado a la harina obtenida y se decidió que la muestra con el pre-tratamiento es la mejor opción para continuar con el proceso de elaboración de sopa instantánea.

Tabla 4**Análisis de Granulometría de la Harina de Chocho**

TAMICES	MASA RETENIDA (g)	Δx_i	x_i	Dp Sup (mm)	Dp media (mm)
50	133.9	0.670	1	0.297	0.253
70	55.6	0.278	0.329	0.210	0.179
100	4.9	0.024	0.050	0.149	0.127
140	4.5	0.022	0.026	0.105	0.089
200	0.5	0.002	0.003	0.074	0.037
Fondo	0.2	0.001	0.001		
Dp (Diámetro de Reboux)				0.212	

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

2.2.1 Ensayos Físicos- Químicos

Los análisis físicos químicos de la materia prima se hicieron todos por duplicado, mediante las técnicas aprobadas de AOAC. Se determinó humedad, A_w , acidez, pH que se describe en la tabla 5.

Tabla 5
Análisis Físicos- Químicos de la Muestra 2

ANÁLISIS	MÉTODOS	DATOS	EQUIPO
Humedad (%)	AOAC 934.01	84.38 (+/-)	Termo- balanza Kern
Aw	-----	0.988 (+/-)	Aqualab
Acidez (ml/g)	AOAC 942.15(2000)	0.0985 (+/-)	Bureta
pH	AOAC 994.18 (1995)	5.86 (+/-)	Phmetro Water proff

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

2.2.2 Secado

El secador que se utilizó en dicho proceso, fue el secador horizontal de marca Gunt Hamburg, modelo CE, véase en la figura 2.2.2.

Para el proceso de secado se preparó 0.7071 kilogramos de muestra, y se colocó en las bandejas del secador cubriendo un área de 0,0041268 metros cuadrados, dando así un peso de sistema de 3.1804 kilogramos.

La temperatura fue de 55 ± 0.2 °C, con una velocidad de aire de 0.7 ± 0.03 m/s y una humedad relativa de 15 ± 0.02 %;

acto seguido se tomó datos cada 5 minutos hasta peso constante, teniendo como resultado 0.1727 kilogramos de sólidos secos.



Figura 2.2.2 Secador marca Gunt Hamburg.

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

2.3 Isotermas de absorción

Las isotermas de absorción del producto se determinaron por el método isopiástico, para este método los materiales a utilizar fueron unas viandas plásticas con una base en el interior, en el cual se

depositó 100 gramos de sílica gel con una actividad de agua igual a cero; véase en la figura 2.3.a, y un sistema que consiste en unas bandejitas de aluminio previamente secas y tratadas, sobre estas va el papel filtro con 10 gramos de muestra, este sistema se colocó dentro de las viandas plásticas, luego se las puso en la estufa a 80°C, se saca la muestra de la estufa y se deja enfriar en el desecador a temperatura ambiente, cada 15 minutos se toman datos de peso, A_w y humedad obteniendo así los puntos para la isoterma. Esta determinación se realizó por triplicado utilizando el determinador de agua, marca Aqualab y el determinador de humedad, termobalanza marca Kern que tiene una lámpara infrarroja que permite la lectura directa de la humedad.



Figura 2.3.a Vianda plástica con 100g de sílica gel, y 10g de muestra.

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

Para graficar la isoterma de sorción de la materia prima (muestra 2), se aplicó el modelo de GAB, que es una extensión de la ecuación de BET, tomando en consideración las propiedades del agua absorbida en la multicapa con un rango de actividad de agua 0.1-0.9 y los datos del Apéndice 2, utilizando el programa estadístico Curve Expert 1.3 Professional. La figura 2.3.b., muestra la isoterma de la materia prima.

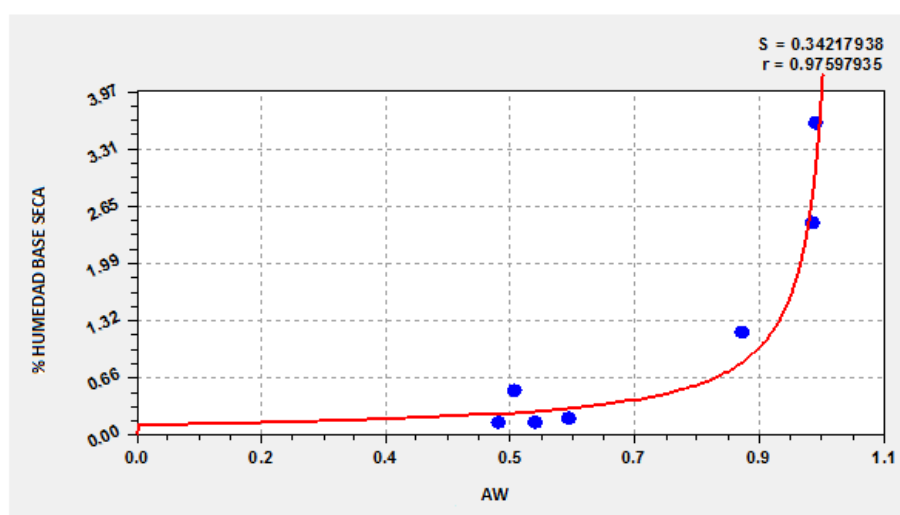


Figura 2.3.b. Isotherma de sorción del chocho.

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

Para obtener la humedad de equilibrio, se necesitó de la tabla psicrométrica, con una temperatura y humedad relativa del aire ambiente de 30°C y 85% respectivamente, y entrando de manera

horizontal hasta la temperatura de secado de 50°C, se encontró que la HR fue de 0.30 (Ver apéndice 3). Con este valor, se entró por la gráfica de la isoterma de la materia prima en el eje de las x (A_w), y se determinó que la humedad de equilibrio para el bagazo de chocho x^* fue de 0.0042 g de agua/ g s.s.

2.4 Proceso de Secado

Para el proceso de secado se necesitó tomar datos de peso (g), velocidad del aire (m/s), temperatura (°C) y humedad relativa (%), que marcaba el equipo en este caso fue cada 5 minutos hasta que la muestra llegue a peso constante.

Estos valores son de vital importancia para construir la curva de secado y se requiere hallar la humedad en base seca (X_t), humedad libre (X) mediante las ecuaciones 1 y 2 respectivamente:

$$X_t = \frac{(W - W_s)}{W} \quad \text{Ec. 1}$$

$$X = (X_t - X^*) \quad \text{Ec. 2}$$

2.4.1 Curvas de Secado

Para construir la curva de secado se necesita de los siguientes parámetros que se obtuvieron de los datos recopilados en el proceso de secado, los mismos que se observan en la tabla 6.

Tabla 6

Parámetros para la construcción de la curva de secado

DATOS	VALORES
Peso de la muestra	0.7071 Kg
Humedad inicial	3.09 Kg H ₂ O/Kg s.s.
Humedad de equilibrio	0.0042 Kg H ₂ O/Kg s.s.
Área de contacto durante el secado (bandejas del secador)	0.00413 m ²

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

Con estos parámetros y los datos del Apéndice 4, se elaboró la curva de humedad libre en función del tiempo; se muestra a continuación en la figura 2.1.4.a.

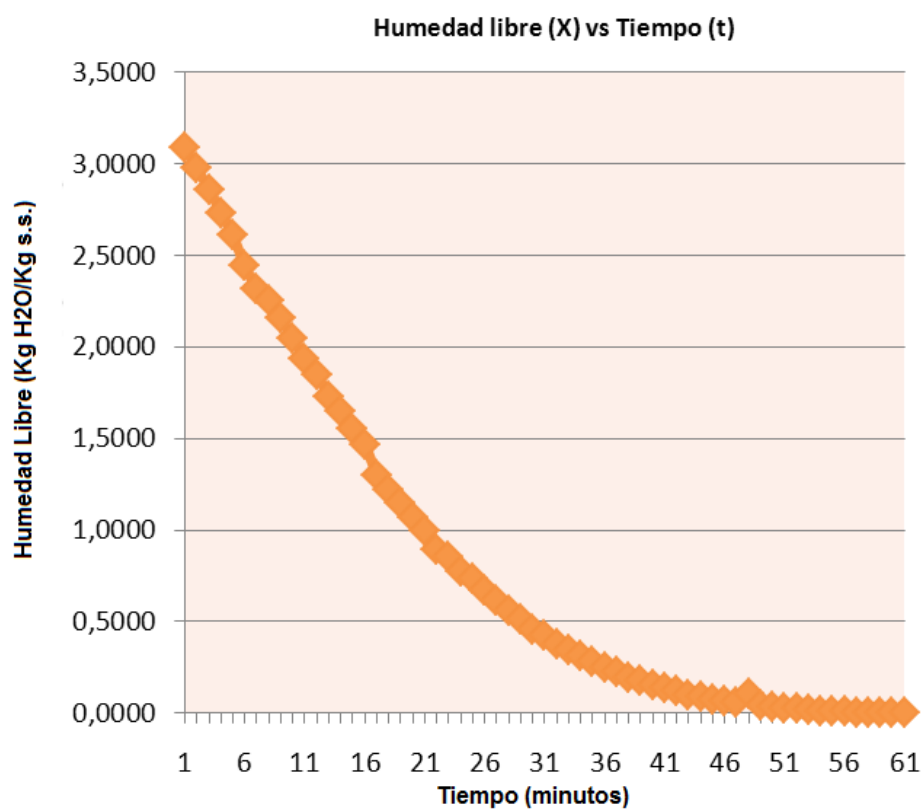


Figura 2.4.1.a. Curva Humedad libre vs. Tiempo

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

También se calculó la velocidad de secado (R_c), mediante la ecuación 3:

$$R_c = - \left(\frac{W_s}{A} \right) \left(\frac{\Delta X}{\Delta t} \right) \quad \text{Ec. 3}$$

Por otro lado con los datos de R_c y humedad libre registrados en el Apéndice 4 se obtuvo la curva de velocidad de secado vs la humedad libre del sólido que se observa en la figura 2.1.4.b. La gráfica obtenida, es una curva de secado que muestra el paso del sólido por distintos periodos a medida que la humedad libre se reduce.

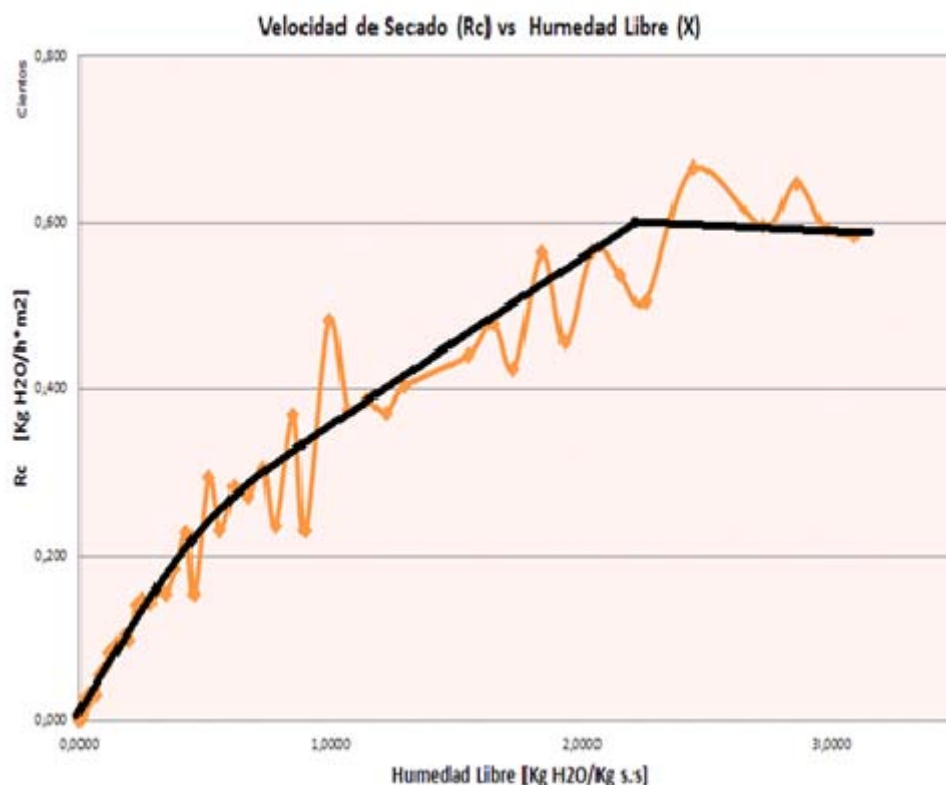


Figura 2.4.1.b. Curva Velocidad de Secado vs. Humedad Libre

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

Según la gráfica cabe recalcar que la velocidad crítica de secado se ubica en $9.887\ Kg/h \cdot m^2$, correspondiente a una humedad crítica de $0.1956\ Kg\ H_2O/Kg\ s.s.$ Este valor es variable, depende del espesor del material y de la velocidad de secado por lo tanto no es una propiedad del material. A raíz de esto sigue un período, el cual finaliza cuando la humedad libre se anula, es decir la velocidad de secado es cero.

2.5 Caracterización de la Harina

Se realizó la caracterización de la harina en base a color, olor, sabor y también análisis físicos químicos como se observa en las tablas 7 y 8 respectivamente.

Tabla 7

Características Organolépticas de la Harina

PARÁMETROS	DEFINICIÓN
Color	Característico
Olor	Característico
Sabor	Característico

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

Tabla 8
Análisis Físicos de la Harina

ANÁLISIS	VALORES	MÉTODOS
Humedad (%)	4.72	AOAC 934.01
Aw	0.384	-----
Acidez (ml/g)	0.154	AOAC 942.15 (2000)
pH	5.56	AOAC 994.18 (1995)
Grasa (%)	1.71	Monjonier
Proteína (%)	44.40	AOAC 18th 920.87
Fibra cruda (%)	0.30	AOAC 18th 978.10
Ceniza (%)	9.11	AOAC 934.01
Carbohidratos (%)	39.8	-----

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

El color característico de la harina es amarillo y se la analizó utilizando el Pantone Color Specifier 1000/Uncoated como muestra la figura 2.5.

Color Harina	Harina de chocho
 PANTONE® 1205 U	

Figura 2.5. Color de la Harina.

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

CAPÍTULO 3

3. OBTENCIÓN DE SOPA INSTANTÁNEA A BASE DE CHOCHO (*LUPINUS MUTABILIS SWEET*)

3.1 Ingredientes

Las leyes nacionales normalmente requieren que se especifique una lista de los ingredientes, especialmente cuando se trata de aditivos.

Los ingredientes a utilizar en la sopa son los expuestos en la tabla 9:

Tabla 9
Ingredientes de la sopa

INGREDIENTES
Harina de Chocho
Sal
Fideo
Cebolla
Albahaca
Pimienta
Ajo
Orégano
Comino
Almidón
Leche Descremada
Condimentos en General

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

A continuación una breve explicación de cada ingrediente a utilizar en la elaboración de la sopa instantánea:

☀ **Harina de Chocho:** Es la base de la sopa, tiene 44.40% de proteínas, cenizas 9.11%, 1.71% de grasa total, 0.30% de fibra bruta, con una humedad de 5.39%, dando así un porcentaje de carbohidratos de 39.1%, con este desglose del aporte nutricional de la harina se notó que es una gran fuente de proteína y con un porcentaje predominante de ácido graso oleico como se describió en el capítulo 1.

- ☀ **Leche descremada:** Se utiliza para crear una consistencia más cremosa así como una fuente excelente de calcio, proteína y vitamina A.
- ☀ **Almidón:** Con su propiedad gelificante ayuda en la consistencia de la sopa.
- ☀ **Cebolla y Sal:** Se añaden para mantener o mejorar el gusto del producto.
- ☀ **Albahaca:** Ingrediente insustituible de muchos platos por su fuerte aroma, su sabor dulce y su sensación refrescante.
- ☀ **Condimentos en general:** Se añaden para darle un sabor agradable a la sopa.

3.2. Formulaciones

Se realizó 4 formulaciones diferentes hasta obtener el sabor y consistencia ideal. En la tabla 10, se observa la primera formulación la cual en un total de 3g de los ingredientes se disolvió en 42.85ml de agua y los resultados no fueron los esperados, la sopa quedó demasiado líquida con separación de fases y harinosa.

Tabla 10
Formulación 1

INGREDIENTES	CANTIDAD (%)
Harina de Chocho	46.20
Fideo	23
Sal	10
Cebolla	8.3
Albahaca	8.3
Orégano	2.2
Comino	1.3
Ajo	1.3
Pimienta	0.019
TOTAL	100

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

En la tabla 11, se muestra la segunda formulación, la misma que tuvo mejor aceptación porque no existió separación de fases, pero hubo un exceso de albahaca, predominando aún la consistencia harinosa.

Tabla 11
Formulación 2

INGREDIENTES	CANTIDAD (%)
Harina de Chocho	47.10
Fideo	25.3
Sal	10.78
Cebolla	8.92
Albahaca	4.5
Ajo	1.43
Orégano	1.43
Pimienta negra	0.47
Glutamato	0.233
TOTAL	100

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

En la tabla 12, se muestra la tercera formulación, la cual aún presentó una consistencia harinosa más no con la misma intensidad que las fórmulas anteriores, también existió un exceso de sal. Sin embargo no se descartó esta formulación porque tuvo buen sabor y no hubo separación de fases.

Tabla 12
Formulación 3

INGREDIENTES	CANTIDAD (%)
Harina de Chocho	54.23
Leche Descremada	30.26
Sal	10.85
Cebolla	2.52
Albahaca	1.65
Ajo	0.142
Orégano	0.116
Glutamato	0.28
Pimienta Blanca	0.073
TOTAL	100

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

En la tabla 13 se muestra la cuarta formulación que superó a la anterior en su consistencia, color y sabor. La harinosidad fue el problema mayor, el mismo que con ayuda del almidón se logró resolver hasta obtener una formulación ideal con disolución y cocción completa de la harina.

Tabla 13
Formulación 4

INGREDIENTES	CANTIDAD (%)
Harina de Chocho	46.20
Leche Descremada	21.53
Almidón	21.53
Sal	7.7
Cebolla	1.784
Ajo	1.17
Orégano	0.101
Albahaca	0.082
Pimienta Blanca	0.036
Glutamato	0.019
TOTAL	100

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

Para realizar la evaluación sensorial, se tomó como referencia la tercera y cuarta formulación descritas en las tablas 12 y 13 respectivamente.

3.2.1 Evaluación sensorial

Para determinar si existe o no diferencia sensorial entre la tercera y cuarta formulación, se realizó una pequeña evaluación sensorial, la misma que se llevó a cabo con 36 jueces semi-

entrenados seleccionados al azar. Se trabajó con estas dos formulaciones, una sin almidón y la otra con almidón. Por lo tanto, se midió el grado de aceptación de cada una de las formulaciones mediante una escala hedónica de 5 puntos. La plantilla de esta escala hedónica utilizada para la evaluación sensorial se muestra en Apéndice 5.

Una vez que se hizo todas las evaluaciones necesarias se procede a analizar los resultados, lo cual consiste en sumar el total de las respuestas afirmativas y negativas por separado así como el total de jueces que participaron de acuerdo a la ponderación para la calificación de cada escala (Tabla 14).

Las calificaciones asignadas a cada una de las formulaciones por los jueces se señalan en el Apéndice 6, con estos datos se realizó un análisis de varianza el mismo que se explica detalladamente en el Apéndice 7 y con los resultados obtenidos se construye la tabla 15 y se determina la significancia de cada fuente de variación (17).

Tabla 14
Calificación Escala Hedónica

ESCALA	PONDERACIÓN
Me gusta mucho	5
Me gusta ligeramente	4
Ni me gusta ni me disgusta	3
Me disgusta ligeramente	2
Me disgusta mucho	1

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

Tabla 15
Análisis de Varianza

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	VARIANZA ESTIMADA	F
Tratamientos	1	38.699	38.699	30.518
Jueces	35	2.196	0.610	0.0481
Residual	35	44.381	1.268	
TOTAL	71	85.277		

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

Por otro lado, se aplica la prueba de Tukey para comparar con el Apéndice 8 y verificar si hay o no diferencia significativa; los resultados de la comparación están registrados en la tabla 16.

Tabla 16

Resultados de Significancia

COMPARAR CON LAS DIFERENCIAS DE LAS MEDIAS Y LAS QUE SEAN MAYORES A DMS SE CONSIDERAN SIGNIFICATIVAS	MEDIAS		DIFERENCIA
	1012	1111	
	2,61	2,77	0,16
COMPARACION			
0,16 < 0,53		NO HAY DIFERENCIA	

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

En base a los resultados obtenidos, se concluye que no existe diferencia significativa ($p < 0,05$) en la aceptación en cuanto al sabor entre las formulaciones que se tomaron como referencia para la evaluación sensorial.

3.2.2 Aporte nutricional y energético

Finalmente con los resultados de la evaluación sensorial se obtuvo la formulación final de la sopa deshidratada como se muestra en la tabla 13, también se determinó las características físicas y sensoriales de la misma, como se detalla a continuación en la tabla 18. Los alimentos proporcionan una importante fuente de carbohidratos, proteína, fibra, etc. para cubrir las necesidades diarias de energía requeridas por el cuerpo. Por ello, la importancia de recurrir a una tabla de información nutricional del producto con relación a una porción (Apéndice 9), para esto se utilizaron los valores de proteína, grasa y fibra que se obtuvieron del análisis realizado en el laboratorio PROTAL.

La sopa deshidratada de harina de chocho está diseñada para 5 porciones en una presentación de 65 gramos.

Tabla 17

Tabla de Información Nutricional Sopa Deshidratada de Chocho

Informacion Nutricional		
Porción: 1 plato	13 g	
1 Porcion de producto listo	104 ml	
Porción por envase	5	
Valor Energético	438 Kcal.	
Valor Energético 1 Porción	57 Kcal.	
	100 g	1 porción
Carbohidratos	238,4	30,992
Proteínas	94,24	12,2512
Grasas	105,3	13,689
Fibra total	0,9	0,117
Sodio	181	23,53
*Estos valores estan basados en una dieta de 2000 Calorias		

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

Tabla 18
Características Físicas y Sensoriales de Sopa Deshidratada de Chocho

ANÁLISIS	VALORES
Humedad (%)	5.39 (+/- 0.01)
Aw	0.56 (+/- 0.01)
Acidez (ml/g)	0.37 (+/- 0.1)
pH	5.52 (+/- 0.1)
Ceniza (%)	4.24 (+/- 0.03)
PARÁMETROS	DEFINICIÓN
Color	Característico
Olor	Característico
Sabor	Característico

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

3.2.3 Rehidratación

En la rehidratación existen tres procesos simultáneos:

- a) la absorción de agua dentro del material deshidratado,
- b) la lixiviación de solutos y
- c) el hinchamiento del material,

donde el cambio de volumen del producto deshidratado es proporcional a las cantidad de agua absorbida, aumentado o recuperando su tamaño y volumen inicial. Las variables durante el proceso de secado (temperatura, velocidad de aire, humedad

relativa y tiempo) afectan significativamente la calidad final del producto rehidratado, por ello es necesario hacer varias pruebas para determinar la cantidad de agua que se necesita rehidratar de acuerdo a diferentes proporciones para encontrar la adecuada.

Tabla 19
Características de Rehidratación

CONCENTRACIÓN P/V	Tº DE GELIFICACIÓN	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN	TIEMPO DE COCCIÓN	USOS
10g/30ml	51ºC	Buena	9 min	Compota
10/50ml	69ºC	Buena	12 min	Compota
10g/100ml	-	Buena	35 min	Leche
10g/80ml	74ºC	Buena	12 min	Sopa

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

Al finalizar las pruebas se determinó el volumen de agua adecuado para rehidratar la sopa instantánea, con respecto a una porción de 13g se rehidrata con 104ml de agua, mientras que para 5 porciones de un total de 65g se rehidratan en 0.5lt

de agua, con una temperatura de gelificación $74^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, y un tiempo de cocción de 12 minutos.

Un método directo para tomar los datos de viscosidad de la sopa se utilizó el Viscosímetro Brookfield modelo DV-II, con el spin (aguja) # 62 y se obtuvieron los resultados de la tabla 20. De acuerdo al promedio de los datos la viscosidad de la sopa de chocho es $40.1 \text{ mPa}\cdot\text{s} \pm 0.45$ con una temperatura de $39 \pm 1^{\circ}\text{C}$, mientras que la viscosidad de una sopa deshidratada de choclo tomada como patrón es de $54.7 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ a la misma temperatura. Comparando estos resultados se concluye que la viscosidad entre ambas es similar.

Tabla 20

Viscosidad de la Sopa de Chocho

RPM	%	Tº (°C)	Viscosidad (mPa-s)		Promedio	Promedio Final	Prom Tº
200	25,5	38,1	37,8	37,3	37,55		
160	21,8	37,6	40,7	39	39,85	40,075	37,35
140	21,1	37,1	39,7	40,9	40,3		

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

3.3 Estabilidad

La estabilidad de los alimentos tiene mucha relación con la actividad de agua y su conocimiento es mucho más importante, debido que es un medio ideal para que se produzcan toda clase de reacciones de deterioro.

Entre los factores que pueden disminuir la estabilidad del producto se pueden mencionar los siguientes:

- 1) Cambios por acción de microorganismos.
- 2) Reacciones enzimáticas y no enzimáticas.
- 3) Destrucción de nutrientes, aroma textura y gusto.

Sin embargo, todos estos factores, cambios o reacciones ocurren a distintas actividades de agua. Por lo tanto, es indispensable hacer un análisis de la sopa deshidratada y determinar cuál o cuáles de estos factores son los de mayor importancia en la estabilidad de la misma.

3.3.1 Determinación de Humedad Crítica

Con el fin de determinar la vida útil de los productos alimenticios es importante definir parámetros como la humedad crítica, que consiste en conocer el contenido de humedad en la cual el

producto se vuelve no apto para el consumo humano desde cualquier punto de vista, tanto microbiológico como sensorial.

Para determinar la humedad crítica de la sopa deshidratada, se la expuso al vapor de agua. Esto se logró colocando varias muestras en el equipo baño maría a 100°C y se registró la ganancia de peso cada 30 segundos, hasta el tiempo en que se perdió las características organolépticas de las muestras, se observó que a los 60 segundos la muestra se hizo grumos presentando un apelmazamiento; mientras que al exponer la muestra al vapor durante 11 minutos afectó el color de la sopa, tornándose de un color café, por lo que se verifica que la primera característica que cambia es la textura, desde una A_w inicial de 0.567 y una humedad desde 5.39 % en base húmeda hasta una A_w de 0.615 y una humedad de 7.995% en base húmeda, la cual se determina como humedad crítica del producto (tabla 21). Por lo tanto se debe tomar en cuenta este parámetro al momento de escoger el empaque del producto, este debe ser impermeable al vapor de agua.

Tabla 21**Datos para Determinación de Humedad Crítica**

MUESTRA	AW	HUMEDAD (%)	CARACTERÍSTICAS
A	0.598	6.81	Normal
B	0.615	7.995	Apelmazamiento
C	0.682	10.875	Masa compacta

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

Cabe recalcar que todas las experimentaciones realizadas y los datos obtenidos se los hicieron por duplicado.

3.3.2 Elaboración de Isotherma del Producto Terminado

La isoterma de absorción de un producto es muy importante determinarla porque con base a ella se diseña cada empaque y se determina las condiciones de almacenamiento.

La isoterma representa la cinética de adsorción con la que un polvo o producto seco absorbe humedad del medio que lo rodea, cada producto se hidrata de manera diferente.

Se estudió la ganancia de humedad de la sopa deshidratada, a través de la exposición al vapor de agua. Para la construcción de la isoterma de la sopa se utilizó los datos el Apéndice 10, el programa estadístico Curv Expert 1.3 Professional y con ayuda de la ecuación de GAB se ajustó la isoterma que es un modelo más amplio usado para alimentos. Este modelo determina actividades de agua en un rango desde 0.1 hasta 0.9. La figura 3.3.2 muestra la isoterma de producto terminado.

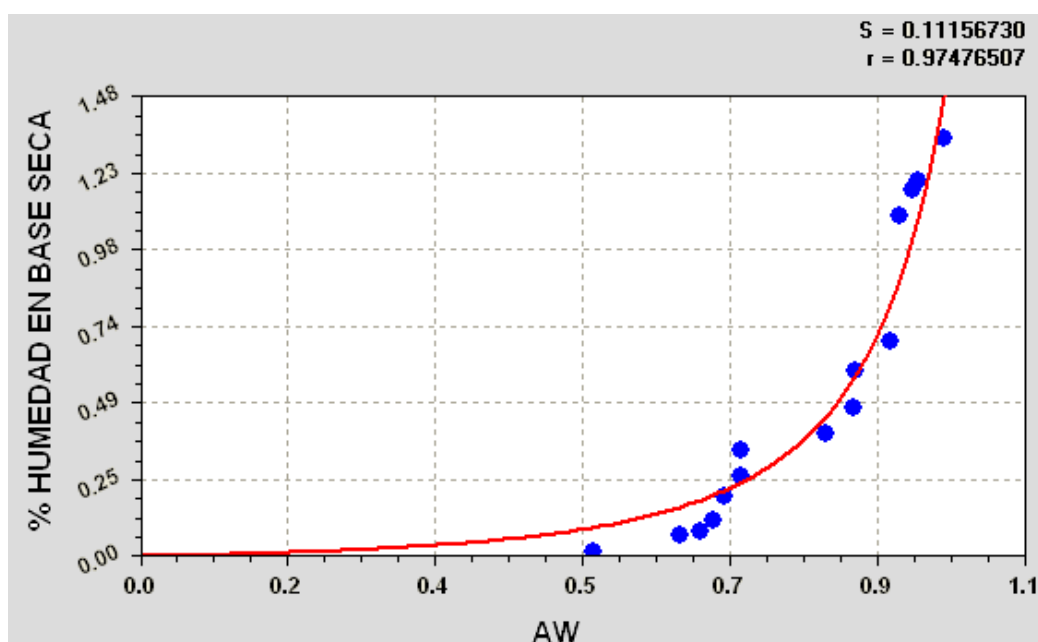


Figura 3.3.2 Isotherma de Sopa Deshidratada de Chocho.

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

En primera instancia se determinaron los requerimientos del producto, la humedad inicial de la sopa deshidratada es de 5.70 g de agua/100 g de s.s. con un R_2 de 0.974765. también se determinó el valor de la monocapa de BET que fue 0.119 g de agua/ g s.s.

3.3.3 Cálculos de Permeabilidad al Vapor de Agua en el Empaque

Son necesarios los conocimientos de los valores de permeabilidad para la correcta elección del material de empaque para los productos alimenticios, así como el tiempo que se puede conservar el producto sin sufrir alteraciones.

El empaque constituye una barrera inerte entre el alimento y el ambiente. Con una barrera ideal no se permitía el intercambio de moléculas tales como oxígeno, CO₂, agua, iones, ingredientes de los productos o componentes del material de empaque.

La vida útil de los productos alimenticios varía de acuerdo a las características de los mismos, también depende del empaque y de las condiciones de almacenamiento.

Para calcular la vida útil, se necesita un indicador de calidad basado en la humedad crítica. En el caso de la sopa deshidratada mediante evaluación sensorial realizada por observación, el primer parámetro de calidad que se perdió fue la textura, puesto que a una humedad de 8.69 g de agua/100 g de s.s., la sopa comenzó a apelmazarse. En este punto, el producto ya no se consideró aceptable, el mismo se definió como humedad crítica (mc). Una vez que se obtiene la humedad crítica y los datos de la isoterma de adsorción, se procede a calcular el tiempo de vida útil.

Las condiciones con respecto a la temperatura y la humedad relativa dependen del medio ambiente circundante que esté expuesto el alimento, estas son de 30°C y 85% respectivamente en la ciudad de Guayaquil.

Tabla 22
Contenidos de Humedad en Base Seca

(g agua / g de s.s.)	
Humedad inicial (mo)	0.057
Humedad crítica (mc)	0.0869
Humedad de equilibrio (me)	0.49

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

La ecuación 4 se aplica para determinar el tiempo de vida útil para el producto.

$$\ln \tau = \ln \left(\frac{m_e - m_0}{m_e - m_c} \right) \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

me : Humedad de equilibrio.

mo : Humedad inicial de la sopa deshidratada.

m_c : Humedad crítica.

Reemplazando en la ecuación 4, se obtiene que el valor de

$\ln \tau$ es de 0.0782

El valor de b (pendiente de la isoterma) se obtiene aplicando la ecuación 5.

$$b = \frac{m_c - m_0}{aw_c - aw_0} \quad \text{Ec. 5}$$

Reemplazando en la ecuación 5, y con los puntos de la humedad crítica y la humedad inicial, se dice que el valor de b es 0.6229

Se calculó que el área del empaque necesaria para 65g de producto, que rinden 5 porciones, es de 315 cm². Para determinar el tiempo de vida del producto se aplica la siguiente ecuación (6):

$$\theta = \frac{\ln \tau}{\left(\frac{k}{x}\right) \times \left(\frac{A}{w_s}\right) \times \left(\frac{P_0}{b}\right)} \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

θ : Tiempo de vida útil en días

Int : Contenido de humedad no completado (tendencia de permeabilidad del empaque)

K/x : Permeabilidad máx del alimento en $\text{gH}_2\text{O}/\text{día m}^2 \text{ mmHg}$

A : Área del empaque (m^2)

W_s : Peso de sólidos secos (g)

P_0 : Presión de vapor de agua a la temperatura $T=30^\circ\text{C}$
(mmHg) (Véase en el Apéndice 11)

b : Pendiente de la isoterma (tangente entre la Humedad crítica e inicial).

A continuación en la tabla 23 se puede observar los datos para calcular la vida útil para la sopa deshidratada.

Tabla 23

Datos para calcular la vida útil de la sopa

DATOS	VALOR
$L_n \lambda$	0.0782
K/x [g de agua/ m^2 -día-mmHg]	0.00625
A (m^2)	0.02
W_s (g)	65
P_o (mmHg)	31.82
b	0.6229

Elaborado por: Karen Limones y Ma. Carolina García, 2010.

Entonces aplicando la ecuación 6, con los datos de la tabla 23 y utilizando un empaque trilaminado, la sopa deshidratada tiene un tiempo de vida útil de 797 días, lo que es equivalente 2 años aproximadamente.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones:

☀ De acuerdo a los resultados de la investigación se concluye, que es momento que la alimentación en el Ecuador se reoriente hacia el incremento, la diversificación de producción y el consumo de alimentos autóctonos como el Chocho (*Lupinus Mutabilis Sweet*), para aliviar el hambre y malnutrición, agravada por las dietas y costumbres alimenticias inapropiadas, con alto aporte de carbohidratos, bajo contenido proteico-graso (5-15%) y de micronutrientes. El chocho una vez eliminado su contenido tóxico de alcaloides quinolizidínicos, mediante cocción y desaguado prolongado, lo cual permite la concentración del contenido de proteínas, registrando valores alrededor del 51% en base seca, también alto contenido de aceites (18 a 22%), en donde el ácido graso predominante es el ácido graso oleico en un 40.40%,

convirtiéndose así una excelente fuente nutritiva dentro de la dieta adecuada de cada ser humano.

☀ Los resultados del informe demostraron que es necesario someter al chocho a un pre-tratamiento antes del secado, para obtener el bagazo de chocho por un lado, y por otro lado se obtiene la leche de chocho que es el extracto acuoso del grano y con la adición de un estabilizante quedaría un producto semejante a la leche de vaca. El bagazo de chocho tuvo una humedad de 84.38% en base húmeda, un pH de 5.86, una actividad de agua de 0.988. Su humedad de equilibrio es de 4.2 gr de agua/ 100 gr de s.s., en base a la isoterma de sorción; su contenido de humedad crítica es de 0.2234 kg de agua/ kg s.s correspondiente a una velocidad de secado de 15.46 Kg/h-m² de acuerdo a las curvas del proceso de secado que se llevó a cabo a 50+/-2 °C. El secado es habitualmente la etapa final de un sin número de operaciones, esto es un proceso de eliminación de sustancias (humedad) para producir un producto sólido seco, y se ve influenciado por una serie de parámetros extrínsecos como intrínsecos, tales como la temperatura, humedad relativa del ambiente, humedad inicial de la materia prima y velocidad del aire entre otros, la forma apropiada de manipular dichos parámetros da lugar a la determinación de las condiciones exactas y adecuadas de secado.

- ☀ La formulación final de la sopa, resultó sensorialmente aceptable, de buena apariencia y sabor, con un valor energético de 438 Kcal, buena capacidad de rehidratación y con un tiempo de cocción de 12 minutos, con alto valor nutricional lo que la ubica en un camino viable de implementación en la dieta diaria, debido a que está elaborada a base de harina de chocho, la misma que cuenta con una disponibilidad de nutrientes, expresada en la digestibilidad y solubilidad de la proteína (44.40%), el perfil de ácidos grasos y aminoácidos hace que el beneficio nutricional y organoléptico que se obtiene con la sopa instantánea sea recomendable para aplicarlo en la industria alimentaria con la finalidad de ofrecer a los consumidores un nuevo producto con propiedades funcionales y de alto valor nutritivo.
- ☀ El tiempo de vida útil para la presentación de 65 g de producto sería de 797 días, equivalente a 2 años aproximadamente con un empaque trilaminado, el mismo que reduce la permeabilidad de gases en un 77% y de vapor de agua en un 89%, por otro lado tenemos que es un material de empaque muy costoso pero que garantiza la calidad del producto.

4.2 Recomendaciones:

- ☀ En la parte experimental de este informe existen desperdicios, tales como la cáscara de chocho que es rica en calcio y la leche de chocho, por lo que se recomienda que serían puntos muy interesantes de investigar para sacarle beneficio a estos residuos en posteriores temas de investigación, con la creación de nuevos productos tales como leche y yogurt de chocho.
- ☀ La harina de chocho como ya se ha dicho a lo largo de este informe es muy rico en proteínas tiene cantidades adecuadas de lisina y cistina, pero tiene un déficit de metionina, aminoácido esencial lo que disminuye la calidad de la proteína del chocho, se recomienda mezclar esta harina con granos andinos como la quinua para tener una excelente complementación de aminoácidos y así potenciar el valor biológico y nutricional.

APÉNDICES

APÉNDICE 1

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

Sieve opening (mm)	USA standard ASTM E 11-61	Mesh number Tyler (mesh/in.)	British standard (mesh/in.)
0.037	400	400	—
0.044	325	325	—
0.045	—	—	350
0.053	270	270	300
0.063	230	250	240
0.074	200	200	—
0.075	—	—	200
0.088	170	170	—
0.090	—	—	170
0.105	140	150	150
0.125	120	115	120
0.149	100	100	—
0.150	—	—	100
0.177	80	80	—
0.180	—	—	85
0.210	70	65	72
0.250	60	60	60
0.297	50	48	—
0.300	—	—	52
0.354	45	42	—
0.355	—	—	44
0.420	40	35	35
0.500	35	32	30
0.595	30	28	—
0.600	—	—	25
0.707	25	24	—
0.710	—	—	22
0.841	20	20	—
1.00	18	16	16
1.19	16	14	—
1.20	—	—	14
1.41	14	12	—
1.68	12	10	10
2.00	10	9	8

APÉNDICE 2

TABLA DE DATOS ISOTERMA MUESTRA 1

	Pesos	Aw	humedad final	Aw	prom de humedad final	humedad base seca
entrada	10,5721					
salida	7,8291	0,984	59,10%	0,9853	56,94%	1,3224
entrada	7,5336					
salida	5,3885	0,989	42,81%	0,9227	36,52%	0,5754
entrada	5,2151					
salida	3,6101	0,652	17,39%	0,6307	18,27%	0,2235
entrada	3,5949					
salida	3,5102	0,572	15,40%	0,5883	16,84%	0,2024
entrada	3,5093					
salida	3,4656	0,585	14,33%	0,5530	15,96%	0,1899
entrada	3,4607					
salida	3,4281	0,678	13,52%	0,6590	41,97%	0,7233

APÉNDICE 3

TABLA PSICROMETRICA

A.5 Psychrometric Charts

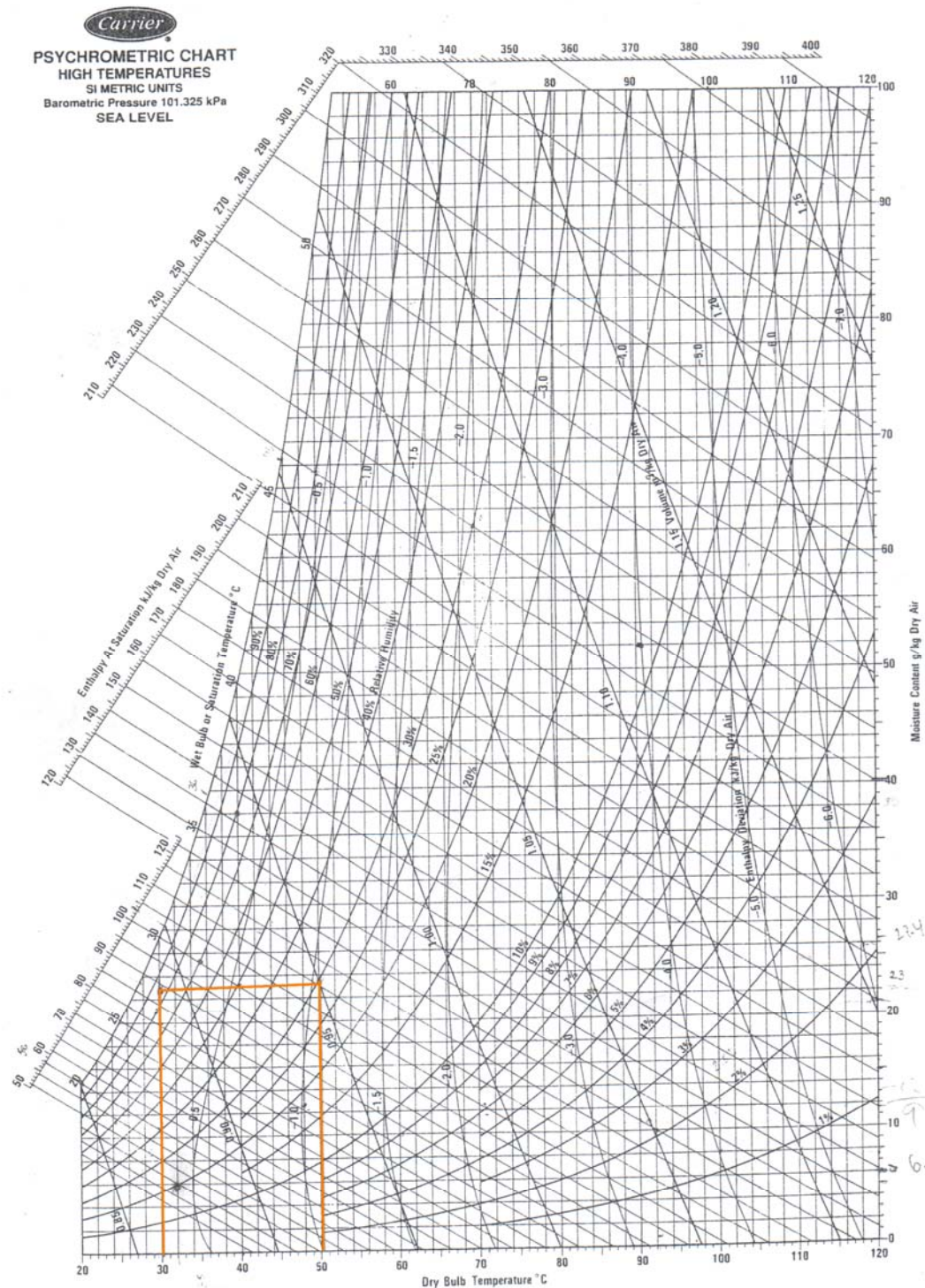


Fig. A.5.1 Psychrometric chart for high temperature range.

APÉNDICE 4

TABLA DATOS CURVA DE SECADO

DATOS CURVA DE SECADO									
Tiempo (min)	Tiempo (H)	Peso (gr)	Peso de la muestra W (Kg)	Humedad en Base Seca $X_t = (W - W_s)/W$ [Kg H ₂ O/Kg s.s.]	Humedad Libre $X = (X_t - X^*)$	Xmedia	ΔX	Δt (horas)	Velocidad de Secado $R_c = - (W_s/A)(\Delta X/\Delta t)$ [Kg H ₂ O/h*m ²]
0	0	3180,4	0,7071	3,09	3,0902	3,0320	-0,1164	0,083	58,447
5	0,166667	3160,3	0,687	2,98	2,9738	2,9147	-0,1181	0,083	59,320
10	0,333333	3139,9	0,6666	2,86	2,8557	2,7911	-0,1291	0,083	64,844
15	0,5	3117,6	0,6443	2,73	2,7265	2,6672	-0,1187	0,083	59,610
20	0,666667	3097,1	0,6238	2,61	2,6078	2,5268	-0,1621	0,083	81,419
25	0,833333	3069,1	0,5958	2,45	2,4457	2,3794	-0,1326	0,083	66,589
30	1	3046,2	0,5729	2,32	2,3131	2,2842	-0,0579	0,083	29,078
35	1,166667	3036,2	0,5629	2,26	2,2552	2,2048	-0,1008	0,083	50,596
40	1,333333	3018,8	0,5455	2,16	2,1545	2,1009	-0,1071	0,083	53,795
45	1,5	3000,3	0,527	2,05	2,0473	1,9909	-0,1129	0,083	56,703
50	1,666667	2980,8	0,5075	1,94	1,9344	1,8890	-0,0909	0,083	45,653
55	1,833333	2965,1	0,4918	1,85	1,8435	1,7873	-0,1123	0,083	56,412
60	2	2945,7	0,4724	1,74	1,7312	1,6889	-0,0845	0,083	42,454
65	2,166667	2931,1	0,4578	1,65	1,6466	1,5989	-0,0955	0,083	47,979
70	2,333333	2914,6	0,4413	1,56	1,5511	1,5071	-0,0880	0,083	44,199
75	2,5	2899,4	0,4261	1,47	1,4631	1,3814	-0,1633	0,083	82,001
80	2,666667	2871,2	0,3979	1,30	1,2998	1,2596	-0,0805	0,083	40,419
85	2,833333	2857,3	0,384	1,22	1,2193	1,1823	-0,0741	0,083	37,220
90	3	2844,5	0,3712	1,15	1,1452	1,1067	-0,0770	0,083	38,674
95	3,166667	2831,2	0,3579	1,07	1,0682	1,0308	-0,0747	0,083	37,511
100	3,333333	2818,3	0,345	1,00	0,9935	0,9454	-0,0961	0,083	48,270
105	3,5	2801,7	0,3284	0,90	0,8974	0,8745	-0,0457	0,083	22,972
110	3,666667	2793,8	0,3205	0,86	0,8516	0,8149	-0,0735	0,083	36,929

115	3,833333	2781,1	0,3078	0,78	0,7781	0,7546	-0,0469	0,083	23,553
120	4	2773	0,2997	0,74	0,7312	0,7008	-0,0608	0,083	30,532
125	4,166667	2762,5	0,2892	0,67	0,6704	0,6435	-0,0539	0,083	27,043
130	4,333333	2753,2	0,2799	0,62	0,6165	0,5884	-0,0562	0,083	28,206
135	4,5	2743,5	0,2702	0,56	0,5604	0,5375	-0,0457	0,083	22,972
140	4,666667	2735,6	0,2623	0,52	0,5146	0,4854	-0,0585	0,083	29,369
145	4,833333	2725,5	0,2522	0,46	0,4561	0,4408	-0,0307	0,083	15,411
150	5	2720,2	0,2469	0,43	0,4254	0,4029	-0,0452	0,083	22,681
155	5,166667	2712,4	0,2391	0,38	0,3803	0,3620	-0,0365	0,083	18,319
160	5,333333	2706,1	0,2328	0,35	0,3438	0,3285	-0,0307	0,083	15,411
165	5,5	2700,8	0,2275	0,32	0,3131	0,2972	-0,0318	0,083	15,993
170	5,666667	2695,3	0,222	0,29	0,2813	0,2671	-0,0284	0,083	14,248
175	5,833333	2690,4	0,2171	0,26	0,2529	0,2381	-0,0295	0,083	14,830
180	6	2685,3	0,212	0,23	0,2234	0,2095	-0,0278	0,083	13,958
185	6,166667	2680,5	0,2072	0,20	0,1956	0,1857	-0,0197	0,083	9,887
190	6,333333	2677,1	0,2038	0,18	0,1759	0,1657	-0,0203	0,083	10,177
195	6,5	2673,6	0,2003	0,16	0,1556	0,1461	-0,0191	0,083	9,596
200	6,666667	2670,3	0,197	0,14	0,1365	0,1275	-0,0180	0,083	9,014
205	6,833333	2667,2	0,1939	0,12	0,1186	0,1102	-0,0168	0,083	8,433
210	7	2664,3	0,191	0,11	0,1018	0,0954	-0,0127	0,083	6,397
215	7,166667	2662,1	0,1888	0,09	0,0890	0,0829	-0,0122	0,083	6,106
220	7,333333	2660	0,1867	0,08	0,0769	0,0714	-0,0110	0,083	5,525
225	7,5	2658,1	0,1848	0,07	0,0659	0,0627	-0,0064	0,083	3,199
230	7,666667	2657	0,1837	0,06	0,0595	0,0832	0,0475	0,083	-23,844
235	7,833333	2665,2	0,1919	0,11	0,1070	0,0745	-0,0649	0,083	32,568
240	8	2654	0,1807	0,05	0,0421	0,0389	-0,0064	0,083	3,199
245	8,166667	2652,9	0,1796	0,04	0,0358	0,0323	-0,0069	0,083	3,489
250	8,333333	2651,7	0,1784	0,03	0,0288	0,0265	-0,0046	0,083	2,326
255	8,5	2650,9	0,1776	0,03	0,0242	0,0213	-0,0058	0,083	2,908
260	8,666667	2649,9	0,1766	0,02	0,0184	0,0166	-0,0035	0,083	1,745
265	8,833333	2649,3	0,176	0,02	0,0149	0,0132	-0,0035	0,083	1,745
270	9	2648,7	0,1754	0,02	0,0114	0,0100	-0,0029	0,083	1,454
275	9,166667	2648,2	0,1749	0,01	0,0085	0,0077	-0,0017	0,083	0,872
280	9,333333	2647,9	0,1746	0,01	0,0068	0,0054	-0,0029	0,083	1,454
285	9,5	2647,4	0,1741	0,01	0,0039	0,0027	-0,0023	0,083	1,163
290	9,666667	2647	0,1737	0,01	0,0016	0,0013	-0,0006	0,083	0,291
295	9,833333	2646,9	0,1736	0,01	0,0010	0,0010	0,0000	0,083	0,000
300	10	2646,9	0,1736	0,01	0,0010	-0,0007	-0,0035	0,083	1,745
305	10,16667	2646,3	0,173	0,00	-0,0025	-0,0025	0,0000	0,083	0,000
310	10,33333	2646,3	0,173	0,00	-0,0025	-0,0033	-0,0017	0,083	0,872
315	10,5	2646	0,1727	0,00	-0,0042	-0,0021	0,0042	-5,250	0,033

X* 0,0042
A 36,2*28,5 0,00413

APÉNDICE 5

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Nombre: _____ Fecha: _____

Producto: Sopa Deshidratada

Pruebe las muestras de sopa que se le presentan e indique, según la escala, su opinión sobre ellas

Marque con una **X** el renglón que corresponda a la calificación para cada muestra.

MUESTRAS

ESCALA

Me gusta mucho

Me gusta ligeramente

Ni me gusta ni me disgusta

Me disgusta ligeramente

Me disgusta mucho

1012

1111

Comentarios:

APÉNDICE 6

CALIFICACIONES ASIGNADAS A CADA UNA DE LAS FÓRMULAS POR LOS JUECES

JUECES	MUESTRA 1012	MUESTRA 1111	TOTAL
1	4	2	6
2	4	2	6
3	4	3	7
4	4	3	7
5	4	3	7
6	4	2	6
7	4	3	7
8	4	3	7
9	4	3	7
10	4	2	6
11	2	4	6
12	3	4	7
13	2	5	7
14	3	4	7
15	2	4	6
16	3	5	8
17	3	4	7
18	3	4	7
19	2	4	6
20	3	4	7
21	1	3	4
22	2	3	5

23	2	3	5
24	2	3	5
25	2	3	5
26	1	2	3
27	1	2	3
28	1	2	3
29	1	2	3
30	2	1	3
31	2	1	3
32	2	1	3
33	2	2	4
34	1	1	2
35	3	1	4
36	3	2	5
TOTAL	94	100	194

APÉNDICE 7

TABLA ANÁLISIS DE

VARIANZA

APENDICE III



ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EXPERIMENTOS DE EVALUACIÓN SENSORIAL CON UNA VARIABLE Y REPETICIONES (JUECES)

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

Primeramente se obtienen los grados de libertad:

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

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

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

donde n = número de jueces.

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

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

A continuación se obtienen las sumas de cuadrados:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

APÉNDICE 8

TABLA DE DISTRIBUCIÓN F

APENDICE IV



TABLAS DE DISTRIBUCION F

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

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

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

(continúa)

Tabla 1. (continuación).

n_1 n_2	1	2	3	4	5	6	7	8	12	24	∞
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,42	2,25	2,05	1,81	
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,40	2,23	2,03	1,78	
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,38	2,20	2,00	1,76	
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,36	2,18	1,98	1,73	
25	4,24	3,38	2,99	2,76	2,60	2,49	2,34	2,16	1,96	1,71	
26	4,22	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,32	2,15	1,95	1,69	
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,30	2,13	1,93	1,67	
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,44	2,29	2,12	1,91	1,65	
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,54	2,43	2,28	2,10	1,90	1,64	
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,27	2,09	1,89	1,62	
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,18	2,00	1,79	1,51	
60	4,00	3,15	2,76	2,52	2,37	2,25	2,10	1,92	1,70	1,39	
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,02	1,83	1,61	1,25	
∞	3,84	2,99	2,60	2,37	2,21	2,09	1,94	1,75	1,52	1,00	

$$2 \cdot \begin{bmatrix} 6 \\ 7 \\ 8 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 2,44 \\ x \\ 2,29 \end{bmatrix} \cdot 0,8$$

$$\begin{matrix} 2 - 0,15 \\ 1 - 1 \end{matrix}$$

$$\begin{aligned} \lambda &= 0,075 = 0 \\ 2,29 + 0,075 \\ \lambda &= 2,365 \end{aligned}$$

Tabla 2. Valores de F para un nivel de significancia del 1%

n_1 n_2	1	2	3	4	5	6	8	12	24	∞
1	4052	4999	5403	5625	5764	5859	5981	6106	6234	6366
2	98,49	99,00	99,17	99,25	99,30	99,33	99,36	99,42	99,46	99,5
3	34,12	30,81	29,46	28,71	28,24	27,91	27,49	27,05	26,60	26,12
4	21,20	18,00	16,69	15,98	15,52	15,21	14,80	14,37	13,93	13,46
5	16,26	13,27	12,06	11,39	10,97	10,67	10,29	9,89	9,7	9,02
6	13,74	10,92	9,78	9,15	8,75	8,47	8,10	7,72	7,31	6,88
7	12,25	9,5	8,45	7,85	7,46	7,19	6,84	6,47	6,07	5,65
8	11,26	8,5	7,59	7,01	6,63	6,37	6,03	5,67	5,28	4,86
9	10,56	8,02	6,99	6,42	6,06	5,80	5,47	5,11	4,73	4,31
10	10,04	7,56	6,55	5,99	5,64	5,39	5,06	4,71	4,33	3,91
11	9,65	7,20	6,22	5,67	5,32	5,07	4,74	4,40	4,02	3,60
12	8,33	6,93	5,95	5,41	5,06	4,82	4,50	4,16	3,78	3,36
13	9,07	6,70	5,74	5,20	4,86	4,62	4,30	3,96	3,59	3,16
14	8,86	6,51	5,56	5,03	4,69	4,46	4,14	3,80	3,43	3,00
15	8,68	6,36	5,42	4,89	4,56	4,32	4,00	3,67	3,29	2,87
16	8,53	6,23	5,29	4,77	4,44	4,20	3,89	3,55	3,18	2,75
17	8,40	6,11	5,18	4,67	4,34	4,10	3,79	3,45	3,08	2,65
18	8,28	6,01	5,09	4,58	4,25	4,01	3,71	3,37	3,00	2,57
19	8,18	5,93	5,01	4,50	4,17	3,94	3,63	3,30	2,92	2,49
20	8,10	5,85	4,94	4,43	4,10	3,87	3,56	3,23	2,86	2,42
21	8,02	5,78	4,87	4,37	4,04	3,81	3,51	3,17	2,80	2,36
22	7,94	5,72	4,82	4,31	3,99	3,76	3,45	3,12	2,75	2,31
23	7,88	5,66	4,76	4,26	3,94	3,71	3,41	3,07	2,70	2,26
24	7,82	5,61	4,72	4,22	3,90	3,67	3,36	3,03	2,66	2,21
25	7,77	5,57	4,68	4,18	3,86	3,63	3,32	2,99	2,62	2,17
26	7,72	5,53	4,64	4,14	3,82	3,59	3,29	2,96	2,58	2,13
27	7,68	5,49	4,60	4,11	3,78	3,56	3,26	2,93	2,55	2,10
28	7,64	5,45	4,57	4,07	3,75	3,53	3,23	2,90	2,52	2,06
29	7,60	5,42	4,54	4,04	3,73	3,50	3,20	2,87	2,49	2,03
30	7,56	5,39	4,51	4,02	3,70	3,47	3,17	2,84	2,47	2,01
40	7,31	5,18	4,31	3,83	3,51	3,29	2,99	2,66	2,29	1,80
60	7,08	4,98	4,13	3,65	3,34	3,12	2,82	2,50	2,12	1,60
120	6,85	4,79	3,95	3,48	3,17	2,96	2,66	2,34	1,95	1,38
∞	6,64	4,60	3,78	3,32	3,02	2,80	2,51	2,18	1,79	1,00

Fuente: Larmond (1977).



APÉNDICE 9

TABLA DATOS PARA ELABORACIÓN DE TABLA NUTRICIONAL

Nutrientes	Porcentaje	Factor	Valor en 100g	1 Porción
Proteína	23,56 %	4	94,24	12,2512
Carbohidratos	59,6 %	4	238,4	30,992
Grasa	11,7 %	9	105,3	13,689
Fibra	0,9 %		0,9	0,117
Cenizas	4,24 %		437,94 Kcal.	1 porción de energía
Total	100 %			56,94 Kcal.



Escuela Superior Politécnica del Litoral
LABORATORIO PROTAL - ESPOL

Acreditado Sistema ISO 17025



Informe: 10-12/0018-M001

GCR -4.1-01-00-03

Datos del cliente

Nombre: Maria Carolina Garcia Arrieta	Teléfono: 093127770
Dirección: Calle B 323 entre Lizardo Garcia y Tungurahua	

Identificación de la muestra / etiqueta

Nombre: Sopa deshidratada	Código muestra: 10-12/0018-M001
Marca comercial: "S/M"	Lote: S/L
Tipo de alimento: Sopas Deshidratadas	Fecha elaboración: N/A
Envase: Funda de Polietileno	Fecha expiración: N/A
Conservación: Ambiente 20 °C - 25 °C	Fecha recepción: 06/12/2010
Fecha análisis: 7/12/2010	Vida útil: N/A
Contenido neto declarado: N/A	
Contenido neto encontrado: N/A	
Presentaciones: N/A	
Condiciones climáticas del ensayo: Temperatura 22.5 °C ± 2.5 °C Y Humedad Relativa 55% ± 15%	

Análisis Físico - Químicos

Ensayos realizados	Unidad	Resultado	Requisitos	Métodos/Ref.
Fibra bruta *	%	0.90	---	AOAC 18th 978.10 *
Grasas *	%	11.7	---	Soxhlet *
Proteínas *	%	23.56	---	AOAC 18th 920.87 *

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

*** Observaciones:**

Se realizaron los parámetros bromatológicos solicitados por el cliente. Los datos bromatológicos se encuentran registrados en el Cuaderno de Cereales y Derivados N° 7 en la página 1692.

* Parámetros No Acreditados

^ Representa el Exponente

* Subcontratado

En microbiología los valores expresados como < 1.8, < 2, < 3, y < 10 se estiman ausencia

Los resultados del presente informe son válidos hasta 6 meses a partir de su emisión

Guayaquil, 23 de Diciembre del 2010.

Dra. Gloria Bajaná de Pacheco
Gerente Técnico

Ing. María Teresa Amador
Gerente de Calidad

APÉNDICE 10

**TABLA DATOS ISOTERMA DE SOPA DESHIDRATADA
DE CHOCHO**

	Pesos	Aw	Humedad final	Humedad en base seca
entrada	7,5348	0,55	1,19%	0,0121
salida	7,2147			
entrada	7,5109	0,654	6,23%	0,0664
salida	7,5781			
entrada	7,5743	0,678	7,61%	0,0823
salida	7,6872			
entrada	7,6707	0,695	10,58%	0,1184
salida	7,9262			
entrada	7,6059	0,709	16,34%	0,1954
salida	8,1296			
entrada	8,1115	0,727	20,56%	0,2589
salida	8,5423			
entrada	8,5264	0,729	25,45%	0,3413
salida	9,085			
entrada	9,05	0,832	28,44%	0,3974
salida	9,4283			
entrada	9,3999	0,864	32,41%	0,4794
salida	9,9517			
entrada	9,8892	0,866	37,36%	0,5964
salida	10,6712			
entrada	10,5977	0,91	40,85%	0,6905
salida	11,2225			
entrada	11,1654	0,921	52,25%	1,0944
salida	13,8325			
entrada	13,7394	0,937	54,01%	1,1746
salida	14,2656			
entrada	14,2291	0,943	54,69%	1,2070
salida	14,4414			
entrada	14,4018	0,974	57,32%	1,3428
salida	15,2877			

APÉNDICE 11

TABLA DE PRESIONES DE VAPOR DE AGUA

Temperatura (°C)	Presión de vapor (atm)	Presión de vapor (mmHg)
0	0,00626	4,7576
5	0,00856	6,5056
10	0,0121	9,196
15	0,0168	12,768
20	0,023	17,48
25	0,0313	23,788
30	0,0418	31,768
37	0,0621	47,196
40	0,0728	55,328
60	0,196	148,96
80	0,466	354,16
100	1	760
120	1,96	1489,6
130	2,67	2029,2

BIBLIOGRAFÍA

1. Materia prima

Ministerio de Salud Pública – Programa de Apoyo al Sector Salud en el Ecuador. *Medicina Tradicional Andina y Plantas Curativas*. Septiembre 2008.

<http://zapalloverde.com/articulos/82-el-chocho-rica-fuente-de-proteinas>

2. Cultivos y disponibilidad

http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro10/cap03_1_3.htm

3. ALLAUCA, V. 2005. Desarrollo de la Tecnología de Elaboración de Chocho (*Lupinus Mutabilis Sweet*) Germinado Fresco, para aumentar el valor nutritivo del grano. Tesis previa a la obtención del título de Doctora en Bioquímica y Farmacia. Riobamba, Ecuador, ESPOCH. 243 p.

4. Tablas de composición química, valor nutricional, cómputo de aminoácidos y composición de ácidos del aceite

http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro07/Cap3_3.htm

5. Proceso de secado

- ✓ http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182006000500009&script=sci_arttext
- ✓ <http://www.fao.org/docrep/x5059s/x5059S01.htm>
- ✓ http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/cabrera_v_a/capitulo5.pdf

6. Sopa instantánea

- ✓ http://es.wikipedia.org/wiki/Sopa_instant%C3%A1nea
- ✓ <http://www.somenta.org/journal/index.php/Revista-cyta/article/viewPDFInterstitial/29/22>

7. Tipos y Características sopas instantáneas (*)

http://es.wikipedia.org/wiki/Sopa#Sopas_instant.C3.A1neas

- 8. www.chilealimentos.com/medios/Servicios/.../RSA_ACTUALIZADO.doc
- 9. www.biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1077_Q.pdf
- 10. www.jupiter.utm.mx/~tesis_dig/8111.pdf

11. HOGKAMP S. Schubert H. Rehydration of food powders, J Food Science and Technol Internat 2003; 9 (3): 223-235.
12. www.amemi.org/.../57_Estudio_microestructural_y_morfológico_de_leches_en_polvo.pdf
13. VEGA A. Lemus. R. Importancia de las Isotermas en los Alimentos, Rev Indualimentos 2005;8 (35): 71-74.
14. LEWICKI PP. Effect of pre-drying treatment, drying and rehydration on plant tissue propertie: a review, Internat J Food Properties 1998; 1: 1-22.
15. AGUILERA, J.M.; Chiralt, A.; Fito, P. (2003) Food dehydration and product. Trends in Food Science & Technology.
16. ANZALDÚA Morales, Antonio; La Evaluación Sensorial de los Alimentos, Editorial Acribia S.A., Zaragoza – España, 1994, Págs. 70 – 77, 132,134,163 - 167
17. BARBOZA G; VEGA H, Deshidratación de Alimentos, Editorial Acribia S.A., Zaragoza – España, 2000, Págs. 27- 35, 130 – 135.

18. TOLEDO, Romeo. Fundamentals of Food Process Engineering. Segunda Edición. Ontario, Canadá. 1991. Página 523.
19. SANCHO Valls, Joseph; BOTA Prieto, Enric; DE CASTRO Martín, Juan José; PUIG Vayreda, E. Introducción al análisis sensorial de los alimentos. Publicado por Ediciones Universitat Barcelona, 2001. 336 páginas. Página 143-148.
20. J.L. HEID, BS, CHEM. ENG and MAYNARD A. JOSLYN, MS, PhD.; Food Processing Operations their Management, Macgines Materials and Methods, Vol 2. The Avi publish Company, 1963, Printed in the United States of America by Mack printing Company Easton, Pensylvania. Chapter 34. Pag 321 - 373, 545, 556 - 558