

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

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

“Aprovechamiento de Sémola de Maíz y Harina de Soya para
Desarrollar Alimentos Infantiles de Reconstitución Instantánea”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

INGENIEROS DE ALIMENTOS

Presentada por:

Jorge Jair Blum Salazar

Martha Gabriela Contreras Moreno

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2010

AGRADECIMIENTO

Agradezco sobre todo a Dios; a mis padres Gina y Jorge; a mis hermanas Paola y Jessenia, a mi hermano Gino; a mis sobrinos Aurora, Cristina y Andrés; a mi tío Gino; y a todos mis amigos, los del barrio, del cole y de la U, por toda la ayuda emocional y económica que me brindaron para poder dar este pequeño paso en mi vida. También agradezco a los profesores que marcaron mi camino estudiantil con sus enseñanzas académicas y vivenciales. Gracias por ayudarme a alcanzar este triunfo. Se lo debo a todos.

John

AGRADECIMIENTO

Hay tanto que agradecer en este trayecto hasta hoy forjado, empezando por Dios como guía innegable de este sendero, por brindarme la vida mediante mi madre; ella, mi Mami Marthi, cuya entrega y amor de “mamá gallina” va dejando huellas imborrables por donde pasa. A mis abuelos que me han acompañado desde pequeña, el Papi Filo y “la Abuelita Bertha”. A mi ñaña Annie, mis tíos, mis primos, mi hermano (y su corazón de flan). Mi pequeño-Gran Hombre: Juan Daniel... sus ojitos llenos de alegría y esa risa contagiante, los cuales me han recordado que la vida es para vivirla en su momento, y que las cosas realmente importantes se las ve con ojos diferentes en mundos distintos y diversamente bellos, de formas que los demás no alcanzan a comprender... y qué mas da!.

“A mis amigos les adeudo”... cuántos momentos les adeudo... sin nombrarlos cada uno sabrá qué le agradezco. A mis Mosqueteras, que pese a los distintos rumbos que hemos tomado seguimos aquí, aunque sea del otro lado del charco pero juntas estamos “tias”; y por supuesto mis queridos “Bien”, para las buenas, las malas, las feas y las cochinas. A la pequeña Travelina quien me ha enseñado perseverancia. A la Directiva de Venganza F.C., por toda su amistad y sobre todo su paciencia! En especial la tuya JBS.

A todos y cada uno de los que en este trayecto nos han dado su aliento, su apoyo, su palmada en la espalda... sus conocimientos, sus apuntes, sus borradores de tesis, su tiempo, SU AMISTAD.

Gracias a todos los que no alcanzo a nombrar por ayudarme a crecer, por hacer la vida hermosa pase lo que pase, y por ayudarme a descubrir que lo mejor de la vida... Recién empieza! =)

¡¡Y que viva Alausí!!

Gaby

(Martu / Martuca / Martuquex)

DEDICATORIA

A mis padres

A mis hermanos

A mis amigos

A mis maestros

J. B. S.

DEDICATORIA

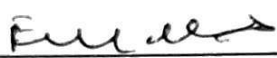
A mi hijo

A mi familia

A mis amigos

M. C. M.

TRIBUNAL DE GRADUACION



Ing. Francisco Andrade S.

DECANO DE LA FIMCP

PRESIDENTE



Ing. Karín Coello O.

DIRECTORA DE TESIS



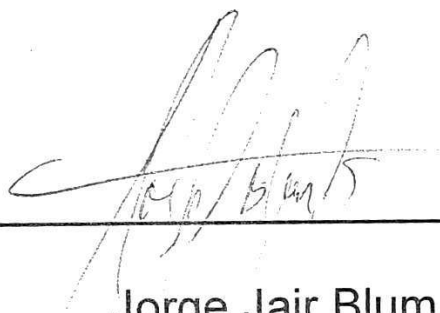
Ing. Priscila Castillo S.

VOCAL

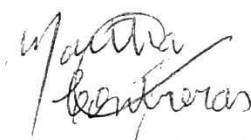
DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Jorge Jair Blum Salazar



Martha Gabriela Contreras Moreno

RESUMEN

La sémola de maíz es un polvo fino del proceso de obtención del gritz de maíz, un residuo sólido que se emplea para la fabricación de balanceados dirigidos a la alimentación animal. Este polvo, mezclado con harina de soya, sirvió como nueva materia prima para elaborar harinas pre-cocidas y desarrollar alimentos infantiles de reconstitución instantánea para colación de infantes en Ecuador, que presentan entre sus cuadros carenciales importantes la desnutrición calórico-proteica.

Se realizaron pruebas experimentales, incluyendo la caracterización físico-química, nutricional y microbiológica de las materias primas; los experimentos de pre-cocción y secado para determinar los parámetros de proceso; y análisis físicos de la harina pre-cocida resultante como solubilidad, densidad y granulometría. Además se estimó la vida útil de las harinas pre-cocidas mediante el análisis de sus isotermas.

Las harinas obtenidas se utilizaron en la formulación de productos infantiles de reconstitución instantánea siguiendo los estándares del Programa Mundial de Alimentos de las Naciones Unidas como son “Mi Papilla” y “Colada

Fortificada”. Las formulaciones propuestas se sometieron a una evaluación sensorial para determinar su grado de aceptación.

Por último, para determinar el proceso a nivel semi-industrial, se realizaron los cálculos para escalar los resultados de laboratorio, presentando además el diagrama de flujo del proceso con sus respectivos parámetros de trabajo, y los equipos propuestos para el mismo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS.....	VII
SIMBOLOGÍA.....	IX
INDICE DE CUADROS.....	XI
INDICE DE TABLAS.....	XI
INDICE DE GRÁFICOS.....	XIII
INTRODUCCION.....	1
CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES.....	3
1.1. Procesos de obtención de las materias primas.....	4
1.1.1. Obtención de sémola de maíz.....	4
1.1.2. Obtención de harina de soya.....	9
1.2. Normativa de productos pre-cocidos.....	13
1.3. Programa Mundial de Alimentos de las Naciones Unidas.....	14
1.3.1. Recomendaciones nutricionales para niños ecuatorianos... 16	16
CAPÍTULO 2	
2. PRUEBAS EXPERIMENTALES.....	19

2.1. Caracterización de materias primas.....	20
2.1.1. Parámetros físico-químicos, nutricionales y microbiológicos.....	20
2.2. Obtención de harinas pre-cocidas.....	24
2.2.1. Diseño experimental.....	26
2.2.2. Condiciones de Secado.....	34
2.2.3. Isotermas de adsorción.....	40
2.2.4. Reducción de tamaño.....	42
2.3. Caracterización de las harinas pre-cocidas.....	43
2.3.1. Solubilidad, Densidad y Granulometría.....	44
2.4. Desarrollo de fórmulas infantiles.....	47
2.5. Evaluación sensorial.....	49
2.5.1. Pruebas de aceptación.....	49
2.6. Estimación de vida útil.....	54

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES.....	57
3.1. Parámetros físico-químicos, nutricionales y microbiológicos de harinas.....	58
3.2. Pre-cocción de harinas.....	61
3.3. Características físicas de harinas pre-cocidas: Solubilidad, Densidad y Granulometría.....	74

3.4. Fórmula de los Alimentos Infantiles.....	77
3.5. Resultados de las pruebas de aceptación.....	81
3.6. Condiciones para selección de empaque.....	82

CAPÍTULO 4

4. ESCALADO DEL PROCESO.....	86
4.1. Descripción de las operaciones.....	86
4.1.1. Diagrama de flujo.....	89
4.1.2. Parámetros de proceso.....	91
4.2. Determinación de capacidades de producción.....	93
4.3. Selección de equipos.....	99

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	108
--	-----

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

ABRV	Agar Lactosa Bilis Rojo Violeta
H ₂ O	Agua
ANOVA	Análisis de Varianza
AOAC	Association of Official Analytical Chemist
b.s.	Base Seca
cm	Centímetros
cm ²	Centímetros cuadrados
Cp	Centipoise
COVENIN	Comisión Venezolana de Normas Industriales
Energía/g	Energía por gramo
PNUD	Fondo de Desarrollo de las Naciones Unidas
UNICEF	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia
°C	Grados centígrados
g.l.	Grados de libertad
g	Gramos
g/kg	Gramos por kilo
SM101	Harina de Soya y Maíz 1:1
SM212	Harina de Soya y Maíz 2:1
h/batch	Horas por Batch
HR	Humedad Relativa
Kcal	Kilocaloría
Kcal/g	Kilocalorias sobre gramo
kg	Kilogramo
kg/h	Kilogramos por hora
kg/m ³	kilogramos por metro cúbico
kJ/g	KiloJoule sobre gramo
kW	Kilowatts
ln	logaritmo natural
m ²	Metros cuadrados
ml	Mililitros
ml	Mililitros
mm	Milímetros
mmHg	Milímetros de mercurio
min	Minutos

ABREVIATURAS

FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
OPS	Organización Panamericana de la Salud
ppb	Partes por billón
PDA	Patata Dextrosa Agar
PCA	Plate Count Agar
pH	Potencial de Hidrógeno
PAE	Programa de Alimentación Escolar
PMA	Programa Mundial de Alimentos
PANN	Programa Nacional de Alimentación y Nutrición
TM	Tonelada Métrica
TM	Toneladas Métricas
UFC	Unidades Formadoras de Colonias

SIMBOLOGÍA

A	Área
H_0	Hipótesis nula
H_a	Hipótesis alternativa
α	Nivel de significancia
a_w	Actividad de agua
%HR	Porcentaje de Humedad Relativa
m	Masa
m_e	Humedad de equilibrio del alimento con el ambiente
m_c	Humedad crítica para el empaque
m_o	Humedad inicial
R	Velocidad de Secado
T	Temperatura
t	Tiempo
S	Peso de sólidos secos
Δt	Diferencial de tiempo
Δx	Diferencial de Humedad libre
x	Humedad Libre
x_c	Humedad crítica
x_f	Humedad en base seca
x^*	Humedad en equilibrio
W	Peso de la muestra
W_s	Peso de sólidos secos
θ_a	Tiempo Antecrítico
θ_p	Tiempo Postcrítico
w	Velocidad de secado
w_c	Velocidad crítica
w_f	Velocidad final
ρ	Densidad
v	Volumen
D_p	Diámetro Superficial Medio de la Partícula
$D_{p_{sup}}$	Diámetro Superior de la partícula
Δx_i	Porcentaje de la masa retenida en la malla
$\overline{D_p}$	Promedio de apertura de malla
Σ	Sumatoria
$\bar{X}$	Media Ponderada
θ	Tiempo de vida útil

SIMBOLOGÍA

$\frac{k}{x}$	Permeabilidad máxima del alimento
P_o	Presión de vapor de agua

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Aportes Diarios Recomendados de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) para las Edades de Interés.....	18
Tabla 2 Tratamientos y Niveles de Experimentación para Pre-Cocción.....	28
Tabla 3 Escala de Evaluación de Parámetro “Color”.....	31
Tabla 4 Escala de Evaluación de Parámetro “Textura”.....	33
Tabla 5 Ingredientes de los Programas de Alimentación Infantil	47
Tabla 6 Parámetros Físico-Químicos, Nutricionales y Microbiológicos de Sémola de Maíz.....	58
Tabla 7 Parámetros Físico-Químicos, Nutricionales y Microbiológicos de Harina de Soya.....	59
Tabla 8 Granulometría de Sémola de Maíz.....	60
Tabla 9 Granulometría de Harina de Soya.....	61
Tabla 10 Resultados de Puntuación Sensorial Ponderada.....	62
Tabla 11 Tabla ANOVA Resumida.....	63
Tabla 12 Parámetros de Cocción.....	67
Tabla 13 Parámetros de Secado.....	67
Tabla 14 Datos para Tiempo Total de Secado de SM101.....	69
Tabla 15 Datos para Tiempo Total de Secado de SM212.....	71
Tabla 16 Índice de Solubilidad en Agua para Harinas Pre-Cocidas.....	74
Tabla 17 Densidad de Harinas Pre-Cocidas.....	75
Tabla 18 Análisis Granulométrico de Harina SM101.....	76
Tabla 19 Análisis Granulométrico de Harina SM212.....	77
Tabla 20 Resultados de la Prueba de Viscosidad.....	78
Tabla 21 Composición Nutricional Harinas Pre-Cocidas.....	78
Tabla 22 Formulaciones de Papilla.....	79
Tabla 23 Formulaciones de Colada.....	80
Tabla 24 Calculo de t	81
Tabla 25 Resultados de la Prueba Hedónica.....	82
Tabla 26 Valores de Humedad y A_w en Base Seca.....	83
Tabla 27 Estimación de Vida Útil De Harina SM101.....	84
Tabla 28 Estimación de Vida Útil De Harina SM212.....	85
Tabla 29 Parámetros de Proceso por Etapas.....	92
Tabla 30 Rendimientos por Etapas y Proceso Global.....	96
Tabla 31 Tiempo de Residencia por Etapas.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 32	Capacidad de Equipos.....	98
Tabla 33	Especificaciones de Equipo de Cocción.....	102
Tabla 34	Especificaciones del Secador de Tambor.....	105
Tabla 35	Especificaciones de Equipo de Molienda.....	106

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Figura 1.1 Partes del Grano de Maíz.....	4
Figura 1.2 Diagrama del Proceso de Obtención de Sémola de Maíz...	7
Figura 1.3 Partes del Frijol de Soya.....	9
Figura 2.1 Bandeja con Mezcla Cocida.....	35
Figura 2.2 Disposición de Bandejas en el Secador.....	37
Figura 2.3 Bandeja con Muestra Seca.....	38
Figura 2.4 Sistema de Isotermas: Vista Superior, Sistema con Silica Gel, Sistema con Agua.....	41
Figura 2.5 Esquema de la Prueba de Viscosidad.....	44
Figura 3.1 Efectos Principales de los Tratamientos sobre la Variable Respuesta.....	65
Figura 3.2 Grafica de Interacción de Tratamientos.....	66
Figura 3.3 Curva de Velocidad de Secado para SM101.....	68
Figura 3.4 Curva de Velocidad de Secado para SM212.....	70
Figura 3.5 Isoterma para Harina SM101.....	72
Figura 3.6 Isoterma para Harina SM212.....	73
Figura 4.1 Diagrama de Flujo del Proceso de Elaboración de Harinas Pre-Cocidas.....	90
Figura 4.2 Diagrama de Flujo de Alimentos Infantiles de Reconstitución Instantánea.....	91
Figura 4.3 Balance de Materia por Etapas de Proceso de Harinas Pre-Cocidas a Nivel Laboratorio.....	95
Figura 4.4 Dimensiones de Marmita Seleccionada.....	103

INTRODUCCIÓN

Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), obtenidos del Censo Poblacional del 2001, la desnutrición crónica afecta al 26,4% de un total de 2'698.981 niños y niñas menores de 5 años (11). Además la probabilidad de que sufran desnutrición en condiciones de extrema pobreza es entre un 40 y 130% superior al promedio (4). Estas realidades reflejan la necesidad de desarrollar productos nutritivos y económicos en el país para ayudar a mitigar este problema.

La desnutrición crónica se define como el déficit de talla para la edad correspondiente. Este término es asociado únicamente para los niños menores de 5 años, ya que la alimentación en este periodo de crecimiento es crítica para el correcto desarrollo físico y sobre todo intelectual del individuo, ya que, el cerebro se desarrolla en un 90% antes de los 6 años (12).

En la edad escolar, la alimentación sigue siendo fundamental para los niños, ya que de la calidad de la misma depende el rendimiento, comportamiento y atención en las aulas. En diferentes estudios sobre temas nutricionales se ha

demostrado que la omisión del desayuno está relacionada con la memoria a corto plazo (25).

Por los motivos expuestos, en el presente trabajo se desea aprovechar los polvos finos residuales del proceso de obtención del gritz de maíz y combinarlo con harina de soya, para así elaborar y escalar a nivel semi-industrial harinas pre-cocidas, y finalmente utilizarlas en el desarrollo de productos para colación infantil.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

Pese a los esfuerzos del Ministerio de Salud Pública, los problemas nutricionales no han desaparecido del país. A finales del año 2000, la desnutrición calórico-proteica estaba entre las seis principales causas de muerte de niñas y niños antes de cumplir 5 años; de igual manera, la desnutrición es una de las diez principales causas de muerte de toda la población en uno de cada tres cantones del país (22).

Dado que el Ecuador posee una gran riqueza agrícola, es posible utilizar uno o varios de estos recursos del suelo para crear nuevos productos altamente nutritivos y de fácil preparación que permitan combatir estos problemas alimenticios.

1.1. Procesos de obtención de las materias primas

Se han seleccionado como materias primas un cereal, maíz, y una leguminosa, soya, a partir de sus presentaciones de sémola y harina para consumo humano, respectivamente.

1.1.1. Obtención de sémola de maíz

El maíz amarillo duro (*Zea mays L*) es una de las variedades de maíz existentes que se cultiva tradicionalmente en el Ecuador, con una demanda anual interna de 288.000 TM aproximadamente. (27) Por sus propiedades alimenticias tiene diferentes usos en la industria ecuatoriana. La estructura de este grano se observa en la figura 1.1.

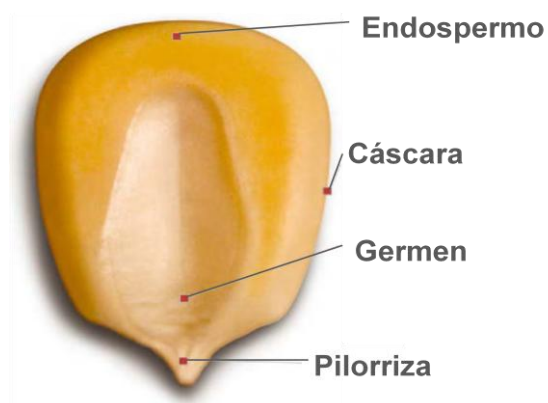


FIGURA 1.1. PARTES DEL GRANO DE MAÍZ

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

El Gritz de maíz es una sémola gruesa constituida por la fracción del endospermo, rico en almidón y libre de grasa del grano de maíz. Durante este proceso se obtienen sémolas y harina de diferentes granulometrías.

Limpieza

El proceso de obtención de sémola de maíz inicia con la selección del grano entero con un contenido de humedad del 13 por ciento, ideal para ser almacenado. Por medio de una zaranda se realiza la primera etapa de limpieza, separando los granos de impurezas grandes como palos, espigas, etc. Los granos llegan a una *Deschinadora*, equipo cuya función es eliminar impurezas pequeñas, como piedras y vidrios, por peso específico.

Desgerminado

Es importante eliminar el germen, ya que es el que contiene la mayor cantidad de grasa en el grano y sirve para la elaboración de aceite comestible. Pueden elaborarse harinas

con germen, pero éstas tienen un menor tiempo de vida útil por la cantidad de grasa que contienen.

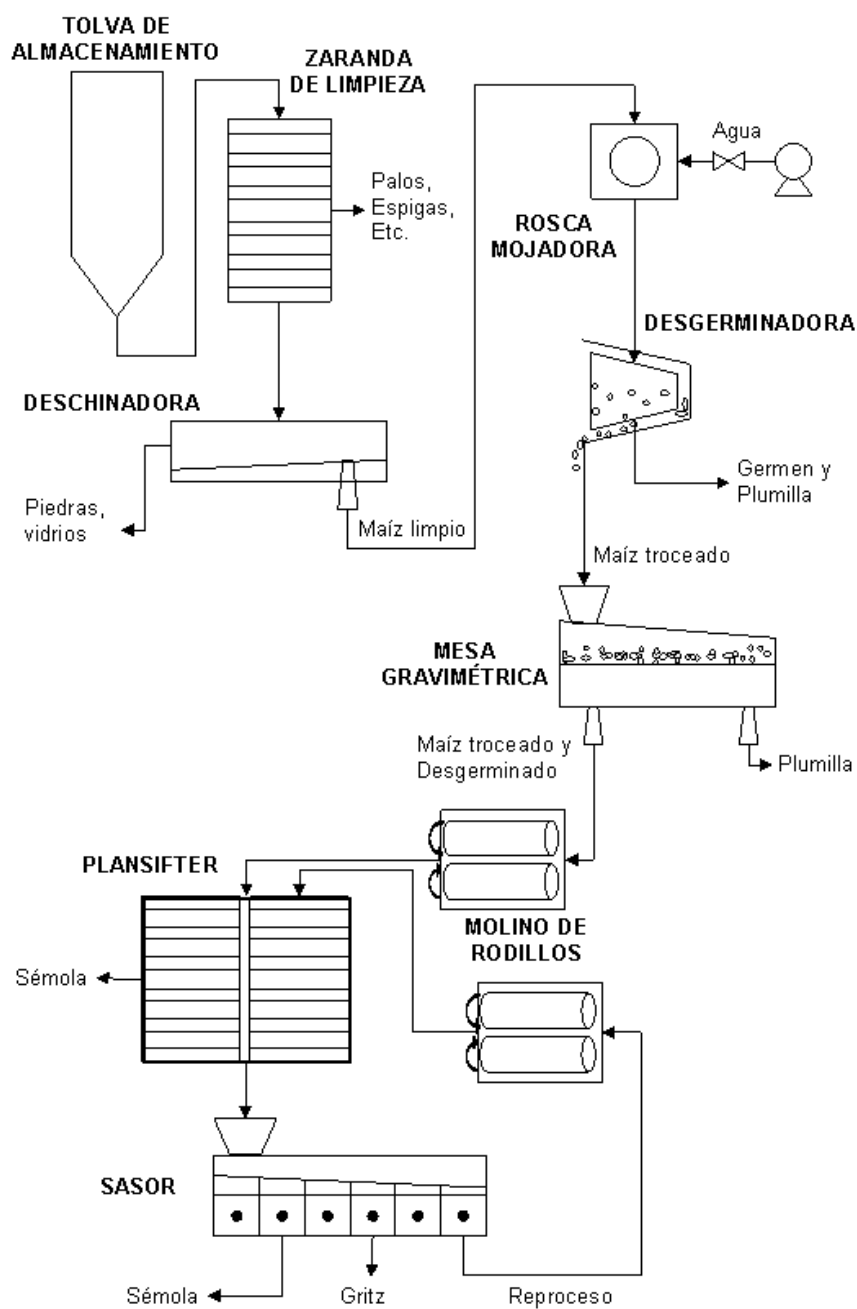
Por medio de una *Rosca mojadora*, el grano es acondicionado a valores de humedad recomendables para poder extraer el germen a través de una *Desgerminadora* continua.

A continuación el grano troceado y desgerminado ingresa a una mesa gravimétrica, para separar la plumilla o cáscara del germen y dejar sólo el endospermo.

Molienda

El endospermo troceado ingresa a un sistema rodillos dentados, para reducir su tamaño gradualmente. Estos fragmentos pasan por un sistema de mallas, donde se separan el gritz y la sémola.

Los trozos de gritz continúan por tamices para clasificarlos por tamaño y reprocesar en caso de ser necesario. Este equipo también permite separar y clasificar la harina de maíz y las distintas sémolas obtenidas por diferencias granulométricas.



**FIGURA 1.2. DIAGRAMA DEL PROCESO DE OBTENCIÓN
DE SÉMOLA DE MAÍZ**

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

Características del Almidón

El componente principal de la sémola de maíz es el almidón, fuente principal de almacenamiento de energía de los granos de cereales. Es básicamente un polímero estructurado, donde se pueden distinguir dos tipos de polímeros: la amilosa, polímero lineal; y la amilopectina, una molécula más grande que la amilosa y ramificada (7). El almidón de maíz está conformado por un 25 por ciento de amilosa y 75 por ciento de amilopectina (1).

Cuando son colocados en agua fría, los gránulos de almidón absorben agua y se hinchan; pero este hinchamiento es reversible, ya que no afecta su cristalinidad ni birrefringencia. Sin embargo, cuando los gránulos son sometidos a la acción del calor, se hinchan enormemente produciéndose un empastamiento conocido como gelatinización, un proceso irreversible (3). El rango de temperatura en el cual se inician estos cambios se denomina rango de temperatura de gelatinización, y para el caso del maíz es de 65 a los 72 °C.

1.1.2. Obtención de harina de soya

El cultivo de soya es la base de la industria de aceites vegetales y concentrados proteicos. En el Ecuador la explotación se inició en 1973, con aproximadamente 1.200 hectáreas de zona de cultivo, que en la actualidad ha ascendido a 65.000 hectáreas, con una producción anual estimada de 280.000 TM. (16)

La semilla de soya consiste en un embrión y dos cotiledones protegidos por un pericarpio o cáscara (16), como se aprecia en la siguiente figura.

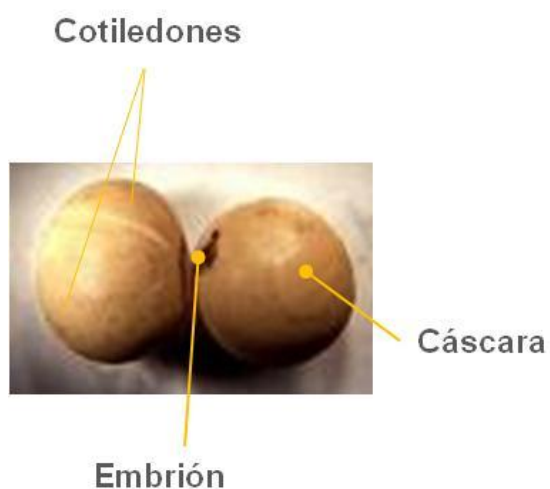


FIGURA 1.3. PARTES DEL FRIJOL DE SOYA

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

La harina de soya es el producto molido, resultante del procesamiento industrial de los granos de soya, de los cuales se ha extraído la mayor parte de su aceite.

TABLA 1
COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE GRANO Y HARINA DE
SOYA

NUTRIENTE	GRANO DE SOYA (%)	HARINA DE SOYA (%)
Carbohidratos	30	31 - 39,5
Fibra	5	2 - 4
Proteínas	38	47,5 - 50
Grasas	18	1 - 3
Humedad	9	10 - 12

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

Pre-tratamientos térmicos

Para obtener una harina de soya de **consumo humano**, la pasta o torta de soya debe ser sometida a un tratamiento térmico que asegure la inhibición de los factores anti-nutricionales de esta leguminosa, principalmente la actividad

de los inhibidores de tripsina, sustancia que inhibe la actividad proteolítica enzimática, pudiendo generar: inhibición del crecimiento, reducción del metabolismo energético, hipertrofia pancreática, entre otros. Pero, dicho tratamiento debe ser a la vez controlado en tiempo y temperatura, ya que si es excesivo puede degradar irreversiblemente las proteínas. (25)

Para comprobar que los factores anti-nutricionales fueron inhibidos exitosamente, se usa como metodología la determinación de la efectividad del proceso térmico mediante la medición de la *Actividad Ureásica*, la cual puede ser determinada por el método indirecto de variación de pH (delta pH).

Molienda

La pasta o torta de soya ingresa a un molino de martillos, donde se reduce hasta el tamaño requerido. Para garantizar la efectividad de la molienda, se realiza un tamizado en *Plansifter* para así separar el producto terminado del que debe entrar en reproceso. Debido a que los martillos están en contacto directo con el producto, antes de su envasado la

harina debe pasar por un imán de seguridad que retira cualquier partícula metálica que pueda afectar al consumidor.

Efectos del calor en la Proteína

El componente mayoritario de la harina de soya es la proteína; la cual es muy susceptible de degradación por efectos del calor, pudiendo provocar reacciones indeseadas como la de Maillard. En este proceso no enzimático de caramelización, los carbohidratos se conjugan con ciertos aminoácidos produciendo un pardeamiento (cambio a color marrón) que posee características químicas similares a las de la lignina, fibra no polisacárida en forma de compuesto aromático que en exceso afecta la digestibilidad de la fibra. Adicionalmente durante esta reacción de pardeamiento se pierden aminoácidos esenciales como la termolábil lisina (8).

Un estudio de la calidad de la harina de soya (23) sugiere trabajar entre 80 a 100 °C para tratamientos térmicos de corto tiempo o, entre 70 y 80 °C para tratamientos más prolongados, para evitar grandes pérdidas de valor biológico de la proteína.

1.2. Normativa de productos pre-cocidos

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE 1737:1991, una harina pre-cocida es un producto obtenido a partir de granos seleccionados para consumo humano, que han sido sometidas a procesos de limpieza, pre-cocción y molienda; siendo la pre-cocción, el proceso en el cual se gelatinizan los almidones confiriéndole la característica de absorción de agua y formación de masa.

Los requisitos del Programa Mundial de Alimentos para los tipos de productos propuestos, Papilla y Colada, deben cumplir con los estándares expuestos en la Norma del Codex para *Alimentos Elaborados a Base de Cereales para Lactantes y Niños*, CODEX STAN 74-1981, aplicada a los alimentos preparados a base de cereales destinados a completar el régimen dietético de los lactantes y niños.

Según esta normativa los productos propuestos se consideran *harinas de cereales cocidas compuestas de uso inmediato*, es decir, que no necesitan una nueva cocción para su uso. Además, la composición esencial de estos productos puede ser “*con uno o más productos elaborados de cereales, como trigo, arroz, cebada, avena,*

centeno, maíz, mijo, sorgo y alforfón y/o leguminosas (legumbres), y también sésamo, maní y soja.”

1.3. Programa Mundial de Alimentos de las Naciones Unidas

El Programa Mundial de Alimentos (PMA) es una organización parte del Sistema de las Naciones Unidas, financiada por donaciones voluntarias, cuyo propósito principal es luchar contra el hambre en el mundo. Uno de sus objetivos estratégicos es reducir el hambre y la desnutrición crónica (déficit de talla para la edad), la cual afecta al 26,4% de las niñas y los niños ecuatorianos menores de 5 años (Censo Poblacional del 2001) (11).

Consciente que el estado nutricional de los niños menores de 5 años es una evidencia del desarrollo del país, el Ministerio de Salud Pública del Ecuador retomó su participación y responsabilidad, así en el año de 1998 invitó a la Organización Panamericana de la Salud (integrante del Sistema de las Naciones Unidas), a desarrollar un programa integrado de alimentación y nutrición.

Es así como nace PANN 2000, Programa Nacional de Alimentación y Nutrición, un programa preventivo dirigido a lactantes y niños pequeños menores de 2 años, que además reciben servicios de

salud a través del Ministerio y viven en provincias con una alta prevalencia de retraso en el crecimiento. Su ejecución incluye la colaboración y recursos técnicos y financieros conjuntos del Gobierno de Ecuador, la OPS, la UNICEF, el PMA y el Fondo de Desarrollo de las Naciones Unidas (PNUD) (14).

Una de las estrategias diseñadas para este programa fueron los alimentos complementarios fortificados (“Mi Papilla”) para lactantes y niños pequeños entre 6 y 24 meses de edad.

Por otro lado, el Programa de Alimentación Escolar (PAE) del Gobierno ecuatoriano, ejecuta programas de alimentación escolar desde 1987 con la ayuda del PMA. Su principal función es aliviar el hambre de escolares, contribuyendo así al mejoramiento de calidad y eficiencia de la educación básica mediante entregas de un complemento alimenticio. El principal complemento distribuido es la “Colada Fortificada”, polvo que debe consumirse dos veces al día, ésta adicionada con vitaminas y minerales, y combinada con otros alimentos sólidos cubren el 30% del requerimiento calórico diario.

1.3.1. Recomendaciones nutricionales para niños ecuatorianos.

Las causas principales de la desnutrición crónica en el país son las prácticas inadecuadas de lactancia materna y alimentación infantil complementaria, adicional a ello están la falta de higiene y enfermedades propias de lugares pobres e insalubres. Su importancia en el desarrollo de la población es tal, que puede llegarse a usar este valor porcentual como un indicador de pobreza, e incluso puede ser más útil que el indicador de ingreso per cápita para determinar la realidad social del país (17).

La desnutrición en los primeros años de vida podría afectar el crecimiento del individuo, aunque es posible mejorar su talla a través de una buena alimentación ya que su crecimiento dura hasta los 18 años. Sin embargo el cerebro es una excepción, ya que a los 6 años de edad alcanza el 90% de desarrollo (12).

Para los niños en edad escolar una buena nutrición juega un papel fundamental, ya que se ha sugerido que, en comparación con sus compañeros bien nutridos, el niño mal alimentado casi siempre es indiferente, apático, desatento,

con una capacidad limitada para comprender y retener hechos, y con frecuencia se ausenta de la escuela (19).

De los diferentes estudios realizados en temas nutricionales, las pruebas más ampliamente utilizadas para determinar los efectos sobre la función cognitiva tras la omisión del desayuno son aquellas que están relacionadas con la memoria a corto plazo. En Gran Bretaña se realizó un estudio cuya hipótesis era que, tras la ingesta del desayuno, los niveles de glucosa en sangre influían en la memoria (26).

Para establecer los requerimientos mínimos de calorías y proteínas en los niños ecuatorianos, se toma como referencia la tabla 1 de aportes diarios recomendados de la FAO, mundialmente reconocida y extensamente usada para la formulación de dietas y planes nutricionales, la cual se presenta a continuación (1).

TABLA 1

APORTES DIARIOS RECOMENDADOS DE LA

ORGANIZACIÓN PARA LA AGRICULTURA Y LA

ALIMENTACIÓN (FAO) PARA LAS EDADES DE INTERÉS

	Edad (años)	Kcal	Proteínas (g/kg)
Niños	0 a 1	100-120 / kg	1 - 3
	1 a 3	1300	1,06
	4 a 6	1700	0,97
	7 a 9	2100	0,92
	10 a 12	2500	0,86

FUENTE: BENDER, A. E. "Nutrición y alimentos dietéticos"

Con esta información es posible cumplir con el objetivo general de aprovechar la sémola de maíz obtenida como residuo sólido del proceso de obtención del gritz, y combinarlo con harina de soya para elaborar productos complementarios infantiles a partir de la harina pre-cocida resultante.

CAPÍTULO 2

2. PRUEBAS EXPERIMENTALES

Para cumplir con lo expuesto en el capítulo anterior se detalla la metodología a seguir.



2.1. Caracterización de materias primas

Con el fin de obtener un proceso estandarizado, se deben caracterizar las materias primas a ser utilizadas. Por tratarse de harinas, los parámetros básicos a considerar son los físico-químicos y microbiológicos. Además para formular los alimentos complementarios, se requiere conocer sus componentes nutricionales.

2.1.1. Parámetros físico-químicos, nutricionales y microbiológicos

Parámetros físico-químicos

Por ser ambas materias primas harinas secas, se utilizaron los métodos de análisis descritos a continuación.

Humedad: Utilizando una estufa y balanza digital de 3 dígitos de precisión Mettler- Toledo, se determinó el porcentaje de humedad siguiendo el método AOAC 925.10.

Proteína: Se utilizó el método Kjeldal, para valorar el contenido de nitrógeno amínico presente en la muestra. Se utiliza el factor de conversión $N \times 6,25$.

Grasa: Se realizó en un Extractor Soxhlet mediante método gravimétrico, la grasa se separa de la harina por extracción con solvente orgánico que luego es evaporado o recuperado. El resultado de esta operación se obtiene de manera cuantitativa.

Fibra: Se utilizó un matraz Erlenmeyer, embudo y liencillo como filtro. Fue analizada mediante método gravimétrico AOAC 962.09, 2000. La fibra bruta es el residuo orgánico lavado, secado y pesado luego de la digestión de la muestra sin grasa con ácido sulfúrico e hidróxido de sodio.

Cenizas: En la mufla fue colocada la muestra, sin tratamiento previo, para su calcinación. Se calculó el porcentaje de cenizas.

Actividad Ureásica: Se utilizó un pH-metro y reactivos necesarios. Este es un análisis exclusivo para harina de soya. Se basa en la medición de pH, y se utiliza para conocer si la enzima *Ureasa* se ha inactivado con el proceso térmico. Para realizarla se combinó una solución buffer fosfato con una muestra de harina, se tomó el pH y luego se comparó con el pH de la solución buffer fosfato como blanco. El resultado se expresó como unidades de pH, las cuales son proporcionales a la actividad ureásica. Los valores aceptables oscilan entre los 0,05 y 0,5; valores mayores a este rango indican falta de cocimiento y los menores, sobre cocimiento (20).

Granulometría: Con un juego de tamices Tyler, y una zaranda RO-TAP Testing Sieve Shaker Modelo B, se determinó el tamaño de partícula agitando por 30 minutos, 100 gramos de muestra seca.

Parámetros microbiológicos

Por ser productos secos de consumo humano, se consideraron cuatro parámetros básicos para análisis.

Recuento Total de Mesófilos Aerobios: La siembra se realizó en Agar Plate Count (PCA) por duplicado en dilución 10^{-3} y 10^{-4} .

Recuento de Mohos y Levaduras: Su crecimiento es observable en Agar Patata Dextrosa (PDA), la siembra se realizó por duplicado en diluciones 10^{-1} y 10^{-2} .

Coliformes Totales: Se realizó el conteo en placa en Agar Lactosa Bilis Rojo Violeta (ABRV) cultivo adecuado para la observación de este tipo de microorganismos, se sembró por duplicado en diluciones 10^{-1} y 10^{-2} .

Aflatoxinas: Se utilizó un kit reveal de aflatoxinas, el cual arroja un resultado negativo si el contenido de las mismas está por debajo de las 5 ppb.

Parámetros nutricionales

Se consideran como parámetros nutricionales el contenido de proteínas, grasas, carbohidratos y energía de las materias

primas. Los valores de proteína y grasa son los mismos obtenidos en la sección de parámetros físico-químicos.

El porcentaje de carbohidratos se obtuvo por diferencia, es decir, de un 100 por ciento de muestra se restaron: humedad, proteína, grasa y cenizas; expresando este resultado como carbohidratos totales.

El valor energético, se determinó mediante cálculos; multiplicando el contenido en gramos de proteína, carbohidratos y grasa por los factores de Altweter redondeados correspondientes de 16,7 kJ/g (4 Kcal/g), para los dos primeros y 37,7 kJ/g (9 Kcal/g) para el último.

2.2. Obtención de harinas pre-cocidas

En esta sección se detallan los diferentes pasos seguidos para la obtención de harinas pre-cocidas, los cuales comprenden las etapas de cocción, secado y molienda.

Para poder determinar las condiciones de trabajo para las etapas de pre-cocción y secado, se debe tomar en cuenta la naturaleza de las materias primas a utilizar y otros factores que se exponen a continuación.

Se decidió combinar las materias primas y mediante pruebas preliminares en laboratorio, se logró determinar tres proporciones de mezcla de harinas a trabajar.

La proporción de agua para la mezcla es de 3 veces volumen/harina, ya que, según la normativa COVENIN 2135:1996 (5), la retención de agua de la harina de maíz es del triple de su peso. Esta información fue corroborada mediante pruebas preliminares de laboratorio

A partir de todas estas premisas, se definió el diseño experimental a utilizar.

2.2.1. Diseño experimental

Con la ayuda de un diseño experimental, se buscó definir los parámetros de pre-cocción necesarios para obtener una masa pre-cocida de harinas de soya y maíz que permitan buena funcionalidad tecnológica del producto reconstituido.

El diseño aplicado en esta tesis corresponde al diseño factorial general 3^k , siendo k la cantidad de tratamientos y 3 el número de niveles de los mismos. Para la aleatorización de pruebas y el análisis de los resultados, se utilizó el software “MiniTab15”

Hipótesis

Como base fundamental del Diseño de Experimentos se formula una hipótesis que permita identificar de manera muy específica el objetivo del mismo. En este caso el objetivo es determinar si la textura y el color de la masa pre-cocida se ven afectados por la proporción de harinas, la temperatura y el tiempo de proceso.

Se tomó como hipótesis nula, H_0 : No existe diferencia significativa en las características sensoriales de textura y color entre los diferentes tratamientos. Y, su hipótesis alternativa, H_a : Al menos en un tratamiento las características sensoriales de textura y color son diferentes.

Tratamientos

Según el respaldo bibliográfico y los resultados de pruebas preliminares, se consideraron como factores directos de precocción de la masa cocida a:

1. La proporción de mezcla de harinas.
2. La temperatura de proceso.
3. El tiempo de proceso.

Los tratamientos a trabajar en el experimento y sus respectivos niveles se resumen en la siguiente tabla:

TABLA 2
TRATAMIENTOS Y NIVELES DE EXPERIMENTACIÓN
PARA PRE-COCCIÓN

Tratamientos	Niveles		
Mezcla (Soya/Maíz)	3:1	2:1	1:1
°T Proceso (°C)	68	70	72
Tiempo Proceso (min)	2	4	6

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

Con el fin de evitar errores en la experimentación y garantizar la precisión de los resultados, se procede a aleatorizar las corridas de acuerdo al programa MiniTab 15, como se presenta en el Apéndice G.

Experimento

Para la prueba de pre-cocción se utilizaron los siguientes materiales:

- Estufa eléctrica
- Baño María
- Termómetro Digital DeltaTrak

- Espátula metálica
- Cronómetro

Se añadió a cada mezcla de harinas, agua tibia a 40 °C en una relación 3:1 (volumen/masa) para así facilitar su disolución. Luego mediante estufa eléctrica se preparó un baño María donde fueron colocadas las muestras una a una, en orden aleatorio. La mezcla se agitó constantemente, con espátula metálica, controlando la temperatura de la masa en cocción usando un termómetro digital DeltaTrak.

Una vez alcanzada la temperatura de proceso deseada, se midió el tiempo con la ayuda de un cronómetro y se controló la temperatura de proceso; al alcanzar el tiempo requerido, se retiró la masa cocida del baño y se esparció en una bandeja de papel aluminio para su inmediata observación.

Evaluación de la Variable Respuesta

Se eligió como variable de respuesta una escala sensorial, conformada por dos parámetros: color y textura.

En las pruebas de laboratorio previas se observó el cambio de estos parámetros según las condiciones de proceso, estas observaciones permitieron elaborar escalas de los mismos.

Color

La escala de color (tonalidad) consta de 4 puntos. La descripción de cada punto se presenta en la tabla 3. Se realizó la suma de estos parámetros para trabajar este resultado como “Puntuación Sensorial”, considerada la variable respuesta del experimento. Dicha suma dio un resultado de 7, el cual se ponderó a 10 con el fin de facilitar la comprensión del resultado.

TABLA 3
ESCALA DE EVALUACIÓN DE PARÁMETRO “COLOR”

Puntuación de la escala	Escala	Tono	Código
1	Marrón 100%		Pantone 153 PC
2	Marrón 70%		Pantone 138 PC
3	Amarillo 60%		Pantone 115 PC
4	Amarillo 100%		Pantone 118 PC

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

Para seleccionar los colores de la escala, se tomó como base las observaciones experimentales además del fundamento teórico expuesto en la sección 1.1. Para seleccionar los colores se tomó como guía el Pantone Color Bridge CMYK. Se asignó la puntuación más baja al color Marrón 100% por representar un pardeamiento fuerte, es decir, un tratamiento excesivo de calor. El valor de “2” fue asignado al color Marrón 70% por ser indicativo de un pardeamiento débil.

La puntuación “3” corresponde al Amarillo 60% el cual demuestra una cocción incompleta. Se eligió dar este valor ya

que pese a no cumplir con la apariencia esperada, un tratamiento térmico adicional sigue siendo posible.

El valor máximo se estableció para el color Amarillo 100% por indicar una cocción adecuada, lo cual indica cualitativamente un alto grado de gelatinización de los almidones sin afectar el pardeamiento de las proteínas de la soya.

Textura

La escala de textura (consistencia) cuenta con 3 puntos como se muestra en la Tabla 4. La textura de la masa es una señal de la gelatinización de los almidones presentes en la misma, de este modo una textura más consistente indica una gelatinización prácticamente completa, mientras una textura muy blanda es característica de gelatinización incompleta (3).

TABLA 4
ESCALA DE EVALUACIÓN DE PARÁMETRO “TEXTURA”

Puntuación de la escala	Descripción de la Escala
1	Muy blanda
2	Blanda
3	Firme

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

El valor de “3” se asigna a una masa de consistencia firme y homogénea, que presenta dificultad de deformación con la cuchara.

Por otra parte, el valor “2” en la escala corresponde a masas poco firmes, con ligera presencia de líquido separado de la masa; mientras la puntuación “1” es para masas muy fluidas, de consistencia débil.

ANOVA

Los valores obtenidos en cada experimento se analizaron estadísticamente con el software “MiniTab15” mediante la tabla de Análisis de Varianza (ANOVA), necesaria para

rechazar o confirmar la hipótesis planteada, se determinaron los tratamientos que tenían influencia significativa en la variable respuesta.

A su vez mediante el análisis de los gráficos de efectos principales y de interacción, se eligieron los tratamientos que arrojaron un valor de variable respuesta más alto.

2.2.2. Condiciones de Secado

Para las pruebas de secado se seleccionaron las masas cocidas que tuvieron mayor puntaje sensorial, SM101 y SM212.

Se desarrollaron varias pruebas de ensayo y error para determinar el mejor rango de temperaturas de secado, cuyos resultados se muestran en la figura. Se observó que las temperaturas que ofrecieron mejores características de producto seco fueron 70 y 80 °C; por lo tanto, se escogieron estos valores para realizar el estudio de secado.

Materiales

Bandejas de Secado

Luego de la cocción de la mezcla de harinas, la pasta resultante se colocó en bandejas de papel aluminio de 9,5 cm de ancho por 18 cm de largo y 0,5 cm de espesor; y un peso promedio de 2,3 gramos. La masa fue distribuida uniformemente con un espesor de cama de 3 mm.



FIGURA 2.1. BANDEJA CON MEZCLA COCIDA

Secador

Para realizar el secado se utilizó el secador de flujo horizontal de laboratorio de Termofluidos, “Stabil Therm” Modelo OV-475A-3, con dimensiones interiores de 33 cm de ancho, 30,5 cm de alto y 30,5 cm de espesor; con capacidad de 30 litros, dos bandejas metálicas en su interior y 1kW de potencia.

Instrumentos

Se utilizó además una balanza analítica de 2 dígitos marca BOECO, una balanza secadora para humedad KERN modelo MLB 50-3; y un termohigrómetro OMEGAETTE HH311.

Metodología del Secado

Previo a iniciar el secado, se realizó la lectura de temperatura y humedad del ambiente con el termohigrómetro; obteniéndose temperaturas promedio de $25,3 \pm 0,3$ °C y una humedad relativa promedio de $66,8 \pm 3$ %HR.

Posteriormente se colocaron en el secador dos bandejas por repisa, dando un total de 4 bandejas por parada, cada bandeja tuvo un peso aproximado de $97 \pm 0,25$ gramos.



**FIGURA 2.2. DISPOSICIÓN DE BANDEJAS EN EL
SECADOR**

Las muestras entraron al secador a temperatura ambiente y con una humedad inicial promedio de $73,81 \pm 1,2 \%$. Se secaron las muestras hasta peso constante.

Durante la primera hora de secado, se pesaron las muestras en intervalos de cinco minutos. A partir de la segunda hora se aumentaron los intervalos a diez minutos.

La muestra seca, en forma de hojuelas, fue retirada para su posterior proceso de reducción de tamaño.



FIGURA 2.3. BANDEJA CON MUESTRA SECA

Curva de Secado

Con la finalidad de caracterizar el proceso de secado de laboratorio, se realiza la Curva de Velocidad de Secado para cada producto. Con estos datos se puede determinar también el tiempo teórico de secado hasta la humedad deseada para el producto final.

El tiempo total de secado es la suma de los tiempos Antecrítico y Post-crítico del secado. Considerando tiempo Antecrítico (θ_a) al periodo de velocidad constante en la gráfica, el cual se determina con la siguiente fórmula:

$$\theta_a = \frac{S}{A} \left(\frac{\Delta x}{w} \right) \quad (\text{Ecu. 2.1})$$

Siendo:

S = Peso de sólidos secos de la muestra

A = Superficie de Secado

Δx = Diferencia entre humedad inicial y humedad crítica (base seca)

w = Velocidad de Secado

El tiempo Post-crítico (θ_p) se considera el área bajo la curva en la caída de velocidad y se calcula mediante la ecuación:

$$\theta_p = \frac{S}{A} \left(\frac{x_c - x_f}{w_c - w_f} \right) \ln \left(\frac{w_c}{w_f} \right) \quad (\text{Ecu. 2.2})$$

Donde:

x_c = Humedad crítica (base seca)

x_f = Humedad final deseada (base seca)

w_c = Velocidad de secado correspondiente a la humedad crítica

w_f = Velocidad de Secado correspondiente a la x_f

2.2.3. Isotermas de adsorción

Una isoterma de adsorción es la curva que indica, en el equilibrio y para una temperatura determinada, la cantidad de agua retenida por un alimento en función de la humedad relativa de la atmósfera que le rodea (10).

Materiales y Equipos

Se elaboraron bandejas de papel filtro de aproximadamente 0,33 gramos para colocar la muestra de harina, y se dispusieron sobre discos de papel aluminio con un orificio central, para facilitar una distribución homogénea de la humedad en el sistema. Los “sistemas” se prepararon con recipientes plásticos herméticos de 500 ml de capacidad.

Para obtener puntos de la isoterma de valores de actividad de agua mayores a la presente en el alimento en su estado inicial, se colocó agua en el fondo del recipiente.

De igual manera, para obtener los puntos con actividad de agua menores a la inicial, se colocó silica gel. Con el fin de evitar el contacto entre estos elementos y el sistema, se

situaron el papel de aluminio con el papel filtro sobre una rejilla plástica.



FIGURA 2.4. SISTEMA DE ISOTERMAS: VISTA SUPERIOR, SISTEMA CON SILICA GEL, SISTEMA CON AGUA.

Se utilizó el Medidor de Actividad de Agua “AquaLab” serie 3, una balanza analítica de precisión de cuatro dígitos KERN modelo ALJ220-4 y una balanza secadora para humedad KERN modelo MLB 50-3.

Procedimiento

Previo a la colocación de las muestras de harina en el sistema, se determina la humedad y a_w inicial de las mismas. Luego se coloca por duplicado muestras con un peso

promedio de 1,55 gramos en las bandejas de papel filtro de ambos sistemas, los cuales permanecen herméticamente cerrados hasta el momento de registrar su peso y la lectura de actividad de agua en intervalos iniciales de 1 hora. Cuando las variaciones dejan de ser significativas se realizan lecturas en intervalos de mayor tiempo (3 hasta 24 horas).

Con los datos del experimento se ingresa al software Water Analyser, con el fin de obtener isothermas

2.2.4. Reducción de tamaño

En esta etapa se procedió a moler el producto seco, con el fin de obtener un polvo fino capaz de disolverse en agua tibia sin presentar formación de grumos.

Equipos utilizados

Para este fin se utiliza el Molino de laboratorio “Perkin Elmer” tipo Ciclón con una apertura de criba de 0,5 mm.

Procedimiento

Se introduce la muestra lentamente en el molino, procurando no recargarlo. La harina resultante se recogió y se pasó por el colador, los sólidos retenidos fueron sometidos a reproceso. Se prosiguió hasta terminar con la muestra, intentando dejar la menor cantidad de sólidos retenidos posibles.

2.3. Caracterización de las harinas pre-cocidas

Viscosidad

Del proceso de secado y molienda se obtuvo cuatro harinas pre-cocidas, de las cuales se seleccionaron dos, basándose en pruebas cuantitativas de viscosidad de la harina reconstituida como se muestra su metodología en el Apéndice B.

En la figura 2.7 se muestra el esquema de procedimiento de la prueba descrita.

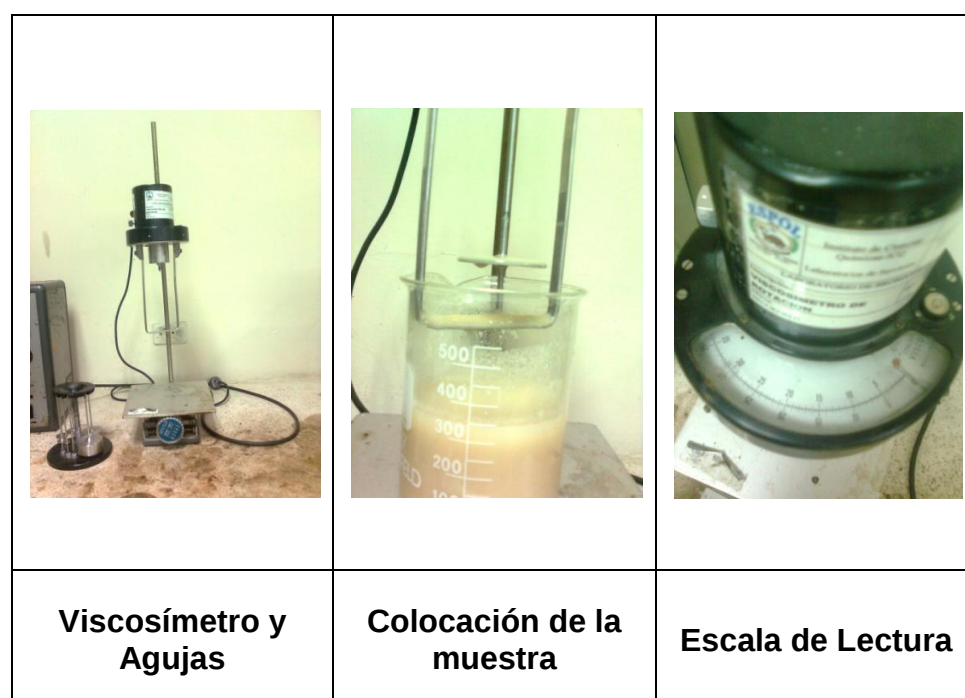


FIGURA 2.5. ESQUEMA DE LA PRUEBA DE VISCOSIDAD

Las harinas seleccionadas fueron las combinaciones SM101 y SM212. Estas harinas fueron caracterizadas en tres parámetros relevantes en la elaboración del producto final.

2.3.1. Solubilidad, Densidad y Granulometría

Solubilidad

El índice de solubilidad en agua para harinas pre-cocidas puede utilizarse como un indicador del grado de modificación

de los almidones sometidos a un tratamiento térmico. Además esta propiedad indica la facilidad de disolución de los almidones en un alimento y la digestibilidad del mismo (24, 15, 9).

Para obtener el porcentaje de solubilidad, se aplicó una modificación de Sathe y Salunke, 1981, del método original de Schoch de 1964 que se presenta en el Apéndice C. Se fundamenta en gelatinizar el almidón presente en la muestra, y centrifugarlo para separar los gránulos de almidón hinchados del líquido sobrenadante, para con fórmulas sencillas determinar el índice buscado.

Densidad

Es la relación entre masa y volumen, expresada en kg/m^3 . Para determinar la densidad de las harinas se utilizó una probeta graduada de 25 ml, y una balanza de dos dígitos marca BOECO. Una vez tarado el peso de la probeta, se procedió a llenarla poco a poco con la muestra seca,

previniendo la formación de burbujas que pudieran alterar la lectura.

Al completar el volumen total de la probeta, se registró el peso de la muestra como m = masa de harina. Considerando el volumen de la probeta como v = volumen ocupado por la harina, se resolvió la fórmula para densidad (ρ).

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (\text{Ecu. 2.3})$$

Granulometría

Para definir el tamaño de la partícula de las harinas precocidas obtenidas se utilizó un juego de tamices Tyler con mallas No. 65, 100, 200, 325 y 400 (ver Apéndice D). El proceso de tamizado tuvo una duración de 10 minutos en una zaranda Portable Shieve Shaker Modelo RX-2a.

2.4. Desarrollo de fórmulas infantiles

Tomando como base los ingredientes de los productos “Mi Papilla” y “Colada Escolar” (ver Tabla 5) de los Programas de Alimentación descritos en la sección 1.3, se procedió a reformular con las materias primas escogidas para el presente trabajo.

TABLA 5
INGREDIENTES DE LOS PROGRAMAS DE
ALIMENTACIÓN INFANTIL

“MI PAPILLA”	“COLADA ESCOLAR”
Harina de arroz	Harina de trigo
Harina de soya entera	Soya integral (harina de soya)
Leche en polvo entera	Leche en polvo entera
Azúcar	Azúcar
Harina de quinua	
Aceite de soya	

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

El fin de nuestros productos es complementar la alimentación de los grupos vulnerables escogidos utilizando materias primas locales con bajo valor comercial. Para el caso de los infantes de 6 meses hasta 2 años de edad, se buscó satisfacer un 20% de los requerimientos

diarios de calorías (según Tabla 1) y brindar un aporte significativo de proteínas mediante el consumo de dos ingestas diarias de papilla.

De igual manera, en cuanto a la bebida para escolares de hasta 10 años, se pretendió satisfacer el 10% de sus requerimientos mediante el consumo de un vaso diario de bebida. Cabe recalcar que esta bebida nutritiva fue creada para servirse junto a productos sólidos como galletas, bizcochos o barras de cereales, que sirvan como un desayuno o colación escolar.

Para determinar el contenido calórico de las fórmulas infantiles, se procede a resolver la ecuación 2.4 para los Macronutrientes de cada ingrediente, la energía por ingrediente se determina según la ecuación 2.5, mientras la energía total se determina siguiendo la ecuación 2.6:

$$\text{Energía}_{\text{Macronutriente}} (\text{kJ}) = \text{Peso}_{\text{Macronut}} . (\text{g}) \times \text{Factor Calórico}_{\text{Macronut}} .$$

(Ecu. 2.4)

$$\text{Energía}_{\text{Ingrediente}} (\text{kJ}) = \sum \text{Energía}_{\text{Macronutrientes}} \quad (\text{Ecu. 2.5})$$

$$\text{Energía}_{\text{Total}} (\text{kJ}) = \sum \text{Energía}_{\text{Ingredientes}} \quad (\text{Ecu. 2.6})$$

2.5. Evaluación sensorial

Este análisis permite evaluar mediante un criterio subjetivo la aceptación o rechazo de la muestra por el consumidor potencial.

2.5.1. Pruebas de aceptación

Se analizó la aceptación entre dos formulaciones para cada producto respectivamente, se utilizó una escala hedónica de cinco puntos con etiquetas verbales que fue ponderada a escala numérica para su respectivo análisis estadístico.

Jueces

Se seleccionaron 40 jueces no entrenados para cada producto, en el caso de la papilla se escogieron a padres y familiares cercanos de niños entre 6 meses y 2 años de edad, y para la colada los jueces fueron niños escolares en edades comprendidas entre los 5 y 10 años.

Preparación de la sesión de Evaluación Sensorial

Las sesiones se realizaron en un Centro Educativo en diferentes sesiones en el horario de 9h00 a 10h00. Previo a la degustación las muestras fueron reconstituidas con agua hervida y tibia a temperatura de 45 °C, de la siguiente forma:

Papilla: 407 gramos en 750 ml agua.

Colada: 175 gramos en 750 ml de agua.

Las muestras preparadas se dejaron enfriar hasta 30 °C antes de ser servidas en vasos descartables blancos de 2 onzas. Se sirvieron porciones de papilla de aproximadamente 15 g cada una y raciones de colada de 25 ml.

Desarrollo de las pruebas sensoriales

A cada juez se le entregó dos muestras codificadas de acuerdo al producto a evaluar, una ficha sensorial para cada muestra (ver Apéndice E), un vaso de agua fresca para neutralizar la degustación; y, en el caso de la papilla, a los jueces se les facilitó además una cuchara descartable.

La escala de agrado consta de cinco puntos que son: “Me gusta mucho”, “Me gusta”, “Ni me gusta ni me disgusta”, “Me disgusta” y “Me disgusta mucho”. Para el tratamiento estadístico, a cada descripción de la escala se le asignó un valor numérico respectivo, como se muestra a continuación:

+2: “Me gusta mucho”

+1: “Me gusta”

0: “Ni me gusta ni me disgusta”

-1: “Me disgusta”

-2: “Me disgusta mucho”

Análisis Estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante la prueba *t* de Student para así determinar si la preferencia entre las fórmulas tiene una diferencia significativa y de ser así se selecciona la de mayor puntuación hedónica.

Debido a que cada juez calificó un par de muestras, se toma la diferencia de cada par de calificaciones considerando importante el signo de esta diferencia (21). La fórmula t de Student simplificada se presenta en la ecuación 2.7, siendo n el número de jueces.

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}} \quad (\text{Ecu. 2.7})$$

Conociendo que $D = X - Y$ para cada juez. Donde:

X = Calificación de muestra 1

Y = Calificación de muestra 2

Este valor calculado es comparado con el valor teórico de la tabla t de Student del Apéndice J, donde los grados de libertad g. l. corresponden al número de jueces menos 1, y el nivel de significancia $\alpha = 0,05$. Si la t calculada es mayor a la teórica se rechaza la hipótesis nula “No existe diferencia significativa entre las fórmulas”.

Para medir el nivel de preferencia de los alimentos infantiles se reporta el total de jueces de cada puntuación del producto analizado para, con estos resultados, calcular la media ponderada de dicho producto según la Ecuación 2.8.

$$\bar{X} = \frac{\sum(x)(\#Jueces_x)}{\#Total\ de\ Jueces} \quad (Ecu. 2.8)$$

Donde x corresponde a la calificación dentro de la escala para el producto analizado.

2.6. Estimación de vida útil

Para estimar vida útil de las harinas pre-cocidas se procedió a analizar la ganancia de humedad que tendrían las mismas en empaques de polietileno a una temperatura ambiente de 30 °C y asumiendo una humedad relativa de Guayaquil de 80 %HR. A partir de las condiciones de estudio, se tienen los datos para determinar Humedad de Equilibrio (m_e), obtenidos como se presenta en el

Apéndice F. Según la harina a analizar se obtienen los valores de Humedad Inicial (m_o) y Humedad Crítica (m_c).

La Humedad Crítica es el valor de humedad en la cual el producto empieza a presentar cambios desfavorables en su aspecto, que lo vuelve no apto para el consumo. Es así que para determinar dicha humedad, se procedió a tomar un indicador basado en la evaluación sensorial que, para el caso de polvos, es la textura. Al identificarse por observación simple el apelmazamiento de la masa, se realizó la medición de humedad.

Se calculó que es necesaria un área de empaque de 360 cm² para colocar 500 gramos de producto. La permeabilidad del material a analizar, polietileno, es de 0,154456 $\left[\frac{g \text{ de agua}}{m^2 \cdot dia \cdot mmHg} \right]$ (28). Con esta información se procede a aplicar la ecuación para estimar la vida útil de las harinas pre-cocidas:

$$\theta = \frac{\ln \tau}{\left(\frac{k}{x}\right) \times \left(\frac{A}{W_s}\right) \times \left(\frac{P_o}{b}\right)} \quad (\text{Ecu. 2.9})$$

Siendo:

θ = Tiempo de vida útil (días)

$\ln\tau$ = Tendencia de permeabilidad del empaque (Gamma crítico)

$\frac{k}{x}$ = Permeabilidad máxima del alimento (g H₂O/día-m²-mmHg)

A = Área del empaque (m²)

W_s = Peso de sólidos secos (g)

P_o = Presión de vapor de agua a la temperatura $t= 30$ °C (mmHg)

b = Pendiente de la isoterma

Para calcular la tendencia de permeabilidad del empaque o gamma crítico ($\ln\tau$) se aplica la ecuación para predecir un cambio de peso en alimentos secos empacados:

$$\ln\tau = \ln\left(\frac{m_e - m_o}{m_e - m_c}\right) \quad (\text{Ecu. 2.10})$$

Siendo:

m_e = Humedad de equilibrio en base seca (g de agua / g s.s.)

m_o = Humedad inicial de harina pre-cocida en base seca

m_c = Humedad crítica en base seca

La pendiente de la isoterma se define como la tangente entre la humedad crítica e inicial y se obtiene mediante la ecuación 2.11:

$$b = \frac{m_c - m_o}{a_{w_c} - a_{w_o}} \quad (\text{Ecu. 2.11})$$

Siendo:

a_{w_o} = Actividad de agua inicial de harina pre-cocida

a_{w_c} = Actividad de agua crítica

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

En esta sección se presentan los resultados de las pruebas expuestas en el capítulo 2; que incluyen tanto la caracterización de la materia prima como del producto terminado, y los resultados de evaluación sensorial y estimación de vida útil.

3.1. Parámetros físico-químicos, nutricionales y microbiológicos de harinas

Siguiendo los procedimientos descritos en el capítulo anterior, se analizaron las materias primas en sus características principales. Las pruebas se realizaron por triplicado, a excepción de las microbiológicas que fueron por duplicado. De las tablas 6 a la 9, se presentan los resultados de estas pruebas expresados como promedio y su respectiva desviación estándar, excepto en los microbiológicos cuyos resultados se escribieron directamente.

TABLA 6
PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, NUTRICIONALES Y
MICROBIOLÓGICOS DE SÉMOLA DE MAÍZ

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS		
Humedad (%)	13,15 ± 0,59	
Proteína (%)	9,07 ± 0,21	
Grasa (%)	3,14 ± 0,10	
Fibra (%)	1,85 ± 0,09	
Cenizas (%)	1,22 ± 0,13	
PARÁMETROS NUTRICIONALES		
Proteína (%)	9,07 ± 0,21	
Grasa (%)	3,14 ± 0,10	
Carbohidratos totales (%)	73,43 ± 0,72	
Energia (Kcal/100g)	358,20 ± 2,38	
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS		
Recuento Total de Mesófilos Aeróbicos (UFC/g)	115x10 ³	12x10 ⁴
Mohos (UFC/g)	2x10 ¹	3x10 ²
Coliformes Totales (UFC/g)	1x10 ¹	1x10 ¹
Aflatoxinas	< 5 ppb	< 5 ppb

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

TABLA 7
PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, NUTRICIONALES Y
MICROBIOLÓGICOS DE HARINA DE SOYA

PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS		
Humedad (%)	9,53 ± 0,27	
Proteína (%)	48,29 ± 0,28	
Grasa (%)	1,07 ± 0,28	
Fibra (%)	3,00 ± 0,18	
Cenizas (%)	5,87 ± 0,37	
Actividad Ureásica (Δ pH)	1,30 ± 0,40	
PARÁMETROS NUTRICIONALES		
Proteína (%)	48,40 ± 0,46	
Grasa (%)	1,07 ± 0,28	
Carbohidratos totales (%)	35,31 ± 0,87	
Energía (Kcal/100g)	344,51 ± 4,86	
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS		
Recuento Total de Mesófilos Aeróbicos (UFC/g)	128x10 ³	13x10 ⁴
Mohos (UFC/g)	110x10 ¹	12x10 ²
Coliformes Totales (UFC/g)	1x10 ¹	1x10 ¹
Aflatoxinas	< 5 ppb	< 5 ppb

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

La tabla 8 corresponde a la Granulometría de Sémola de maíz, donde se puede observar que el mayor porcentaje de partículas pasa la malla Tyler 28 (0,595 mm de apertura) y se retiene en la malla Tyler 48 (0,297 mm de apertura).

TABLA 8
GRANULOMETRÍA DE SÉMOLA DE MAÍZ

Clase	Malla	Masa Retenida (g)	Δx %Retenidos	x_i
1	28	2,2	2,24	100
2	35	24,4	24,90	97,76
3	48	37,6	38,37	72,86
4	60	12,4	12,65	34,49
5	80	11,8	12,04	21,84
6	100	9,6	9,80	9,80
Suma		98	100,00	0,00

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

Así mismo, en la tabla 9 se presenta la Granulometría de la Harina de soya, la cual es más fina puesto que la mayoría de sus partículas se encuentran entre la malla Tyler 80 (0,177 mm de apertura) y la Tyler 100 (0,149 mm de apertura).

TABLA 9
GRANULOMETRÍA DE HARINA DE SOYA

Clase	Malla	Masa Retenida (g)	Δx %Retenidos	x_i
1	60	1,9	1,94	100
2	80	28,3	28,88	98,06
3	100	24,3	24,80	69,18
4	200	19,7	20,10	44,39
5	325	13,2	13,47	24,29
6	400	10,6	10,82	10,82
Suma		98	100	0,00

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

3.2. Pre-cocción de harinas

Resultados del Diseño Experimental

Luego de realizada la experimentación, y con ayuda del software Minitab 15, se analizaron las variables de respuesta de cada tratamiento, comprobándose su normalidad y la homogeneidad de los mismos; el procedimiento seguido se describe a detalle en el Apéndice G. En la siguiente tabla se muestra la puntuación sensorial ponderada para cada muestra analizada.

TABLA 10

RESULTADOS DE PUNTUACIÓN SENSORIAL PONDERADA

	Mezcla	°T Proceso (°C)	Tiempo Proceso (min)	Puntuación sensorial
1	3:1	68	2	5,71
2	3:1	68	4	5,71
3	3:1	68	6	7,14
4	3:1	70	2	7,14
5	3:1	70	4	8,57
6	3:1	70	6	8,57
7	3:1	72	2	8,57
8	3:1	72	4	8,57
9	3:1	72	6	8,57
10	2:1	68	2	5,71
11	2:1	68	4	7,14
12	2:1	68	6	7,14
13	2:1	70	2	7,14
14	2:1	70	4	10
15	2:1	70	6	8,57
16	2:1	72	2	10
17	2:1	72	4	10
18	2:1	72	6	7,14
19	1:1	68	2	5,71
20	1:1	68	4	7,14
21	1:1	68	6	8,57
22	1:1	70	2	7,14
23	1:1	70	4	10
24	1:1	70	6	10
25	1:1	72	2	10
26	1:1	72	4	10
27	1:1	72	6	7,14

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

Análisis de Varianza

Utilizando el Modelo Lineal General para el diseño de 3^k , y trabajando con un nivel de significancia $\alpha = 0,05$; se compara el valor P de cada tratamiento con el valor anterior, y si P es menor a α , se considera que dicho tratamiento o interacción de tratamientos, tienen una influencia significativa en la variable respuesta; estos resultados se presentan en la tabla 11.

TABLA 11

TABLA ANOVA RESUMIDA

Modelo lineal general:

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Mezcla	fijo	3	1:1. 2:1. 3:1
°T Proceso (°C)	fijo	3	68. 70. 72
Tiempo Proceso (min)	fijo	3	2. 4. 6

Análisis de varianza, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F
Mezcla	2	2,8723	2,8723	1,4361	3,45
°T Proceso (°C)	2	26,0015	26,0015	13,0008	31,27
Tiempo Proceso (min)	2	5,5933	5,5933	2,7967	6,73
Mezcla*Tiempo Proceso (min)	4	3,0234	3,0234	0,7559	1,82
Total	26	57,7475			

Fuente	P
Mezcla	0,083
°T Proceso (°C)	0,000
Tiempo Proceso (min)	0,019
°T Proceso (°C)*Tiempo Proceso (min)	0,003
Total	

S = 0,644765 R-cuad. = 94,24% R-cuad.(ajustado) = 81,28%

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

En este caso la hipótesis nula se volvió falsa, ya que sí existe al menos un tratamiento para el cual la muestra presenta características de textura y color diferentes. Dichos tratamientos fueron: “Temperatura de Proceso”, con valor $P= 0,000$; “Tiempo de Proceso”, con valor $P= 0,019$; y su interacción con un $P= 0,003$.

Para determinar los mejores niveles de los tratamientos con mayor influencia sobre la variable respuesta, se observaron las gráficas de Efectos Principales y la de Interacción de Tratamientos (figuras 3.1 y 3.2).

En la figura 3.1 se puede apreciar que para el tratamiento “Temperatura de Proceso” el nivel con que se obtuvo mayor puntaje fue 72°C ; así mismo para el tratamiento “Tiempo de Proceso” el mejor nivel fue de 4 minutos.

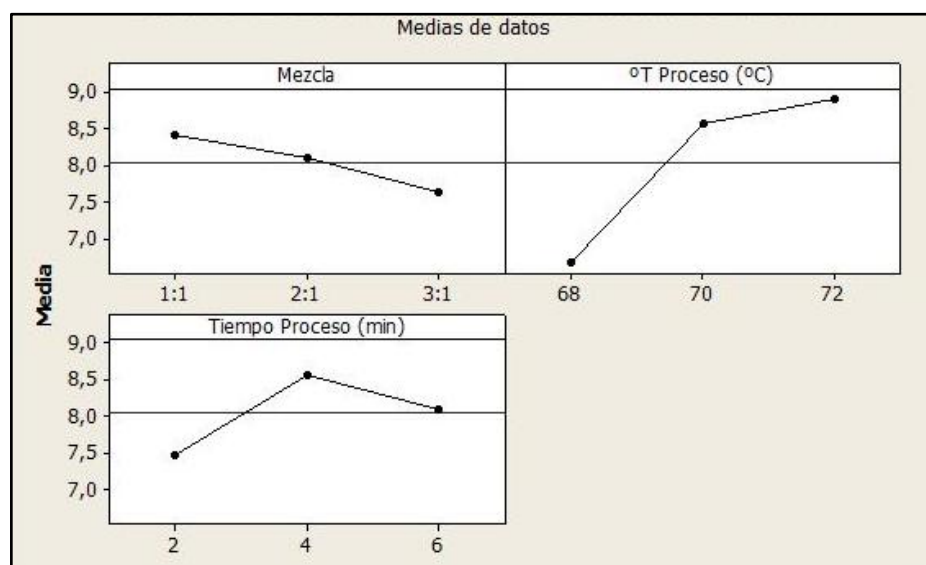


FIGURA 3.1. EFECTOS PRINCIPALES DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA VARIABLE RESPUESTA

Fuente: Software MiniTab 15

En la gráfica de Interacción de Tratamientos, figura 3.2, se aprecia la interacción entre “Temperatura de Proceso” y “Tiempo de Proceso”, la cual muestra valores de puntuación más altos a los 4 minutos de proceso y con temperaturas de 70 y 72 °C.

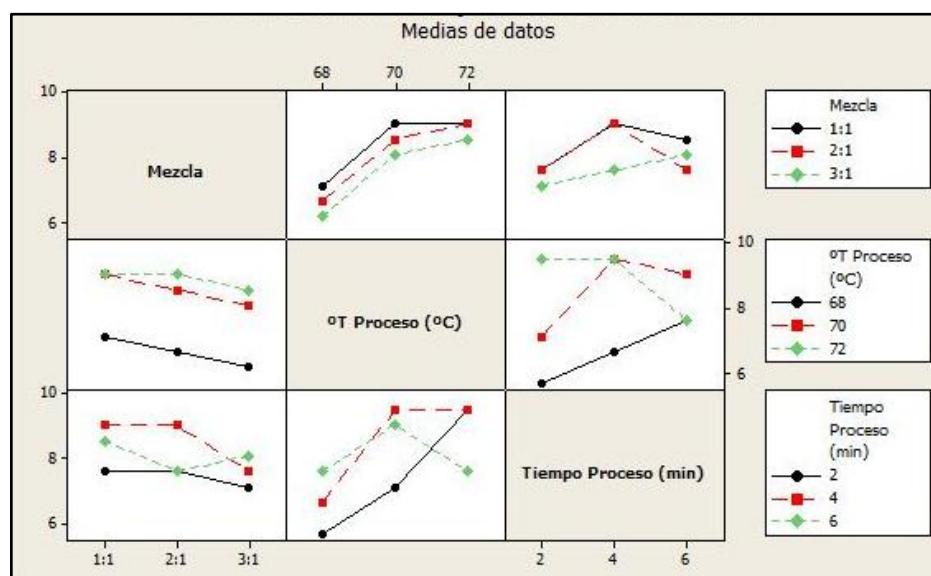


FIGURA 3.2. GRÁFICA DE INTERACCIÓN DE TRATAMIENTOS

Fuente: Software MiniTab 15

Dado que se requieren dos mezclas para elaborar los dos productos propuestos, se analizan las gráficas anteriores para encontrar los niveles de “Mezcla” que ofrezcan una puntuación más alta; los cuales corresponden a SM101 y SM212.

Parámetros de Cocción

Con los datos del Análisis de Varianza del diseño experimental, se seleccionaron los parámetros de cocción de las harinas precocidas previo al secado, como se presenta en la siguiente tabla.

TABLA 12
PARÁMETROS DE COCCIÓN

Mezcla	Producto	Temperatura de Cocción	Tiempo de Proceso
SM101	Papilla	72 °C	4 minutos
SM212	Colada		

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

Características de Secado

El secado se realizó siguiendo los pasos anteriormente descritos, bajo los siguientes parámetros:

TABLA 13
PARÁMETROS DE SECADO

Área de Secado por bandeja (m²)	0,0171
Temperatura Ambiente (°C)	25,3 ± 0,3
Humedad Relativa Ambiente (%HR)	66,8 ± 3
Temperatura Secador (°C)	69,7 ± 0,2
Humedad Relativa Salida del Secador (%HR)	13,6 ± 0,4
Tiempo de Secado (minutos)	180
Agua Perdida durante el Secado (%)	72,26 ± 1,75

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

Curvas de Velocidad de Secado

En las gráficas 3.3 y 3.4 se observa el comportamiento de la Velocidad de Secado en función de la Humedad Libre de la harina respectiva durante el proceso de secado hasta peso constante. En base a la gráfica y los datos detallados en el Apéndice H, es posible determinar el tiempo de secado teórico para alcanzar una harina con la humedad final requerida para el producto. Para este caso se escogió un valor de 14% como humedad final de harina, con base en la norma NTE INEN 1737.

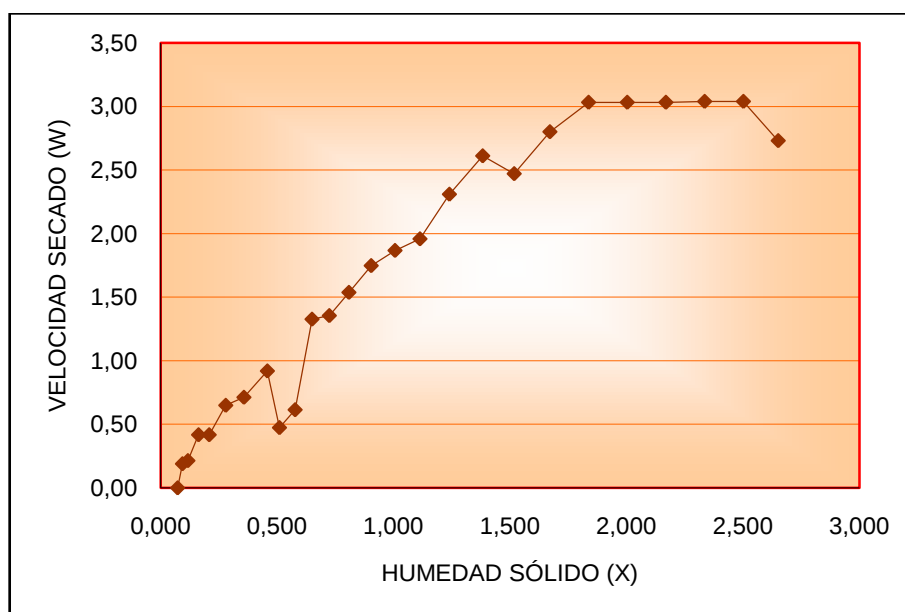


FIGURA 3.3. CURVA DE VELOCIDAD DE SECADO PARA SM101

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

TABLA 14

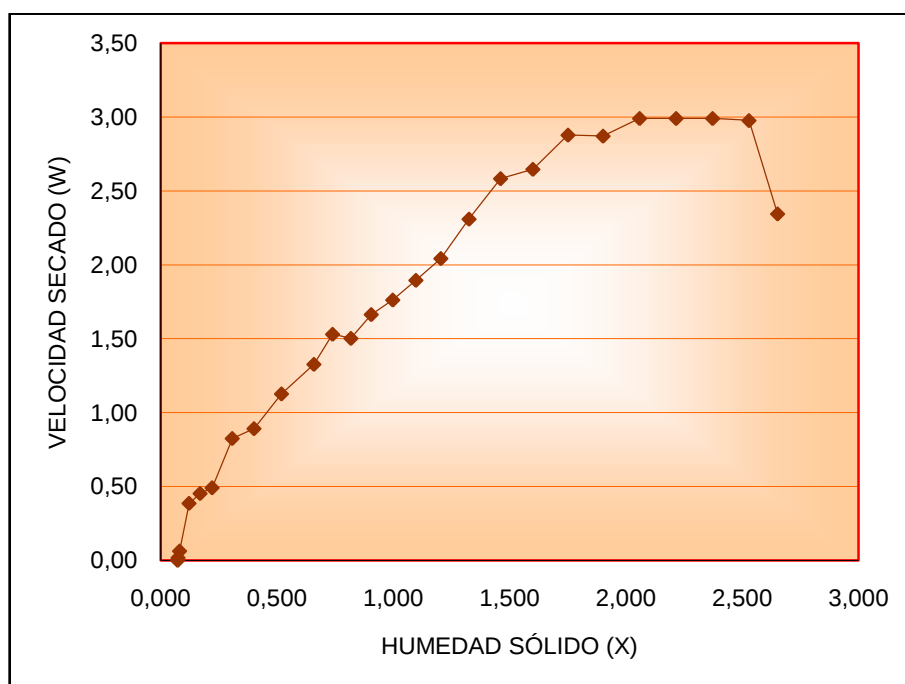
DATOS PARA TIEMPO TOTAL DE SECADO DE SM101

Peso de Sólidos Secos (kg)	0,02602
Superficie de Secado (m²)	0,0171
Diferencia entre humedad inicial y humedad crítica (Δx)	0,81
Velocidad de Secado (kg/h·m²)	3,03
Tiempo Antecrítico θ_a (min)	20,02
Humedad Crítica (b. s.)	1,84
Humedad Final deseada (b. s.)	0,163
Velocidad de Secado Crítica (w_c)	3,03
Velocidad de Secado Final (w_f)	0,42
Tiempo de Secado Post-crítico (min)	115,9
Tiempo Total de Secado (min)	135,92

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

El Tiempo Total de Secado para alcanzar la humedad final deseada de 14% base húmeda en el producto SM101 sería de aproximadamente dos horas y dieciséis minutos.

La curva de secado y los datos para obtener el tiempo teórico de este proceso para la harina SM212 se presentan a continuación.



**FIGURA 3.4. CURVA DE VELOCIDAD DE SECADO PARA
SM212**

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

TABLA 15
DATOS PARA TIEMPO TOTAL DE SECADO DE SM212

Peso de Sólidos Secos (kg)	0,02714
Superficie de Secado (m²)	0,0171
Diferencia entre humedad inicial y humedad crítica (Δx)	0,47
Velocidad de Secado (kg/h·m²)	2,99
Tiempo Antecrítico θ_a (min)	15
Humedad Crítica (b. s.)	2,06
Humedad Final deseada (b. s.)	0,1628
Velocidad de Secado Crítica (w_c)	2,99
Velocidad de Secado Final (w_f)	0,44
Tiempo de Secado Post-crítico (min)	135,64
Tiempo Total de Secado (min)	150,64

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

El tiempo estimado para alcanzar la humedad requerida de harina SM212 equivale a dos horas y media.

Cabe recalcar que los resultados obtenidos y las curvas graficadas son característicos de cada producto y, son aplicables únicamente para un proceso de secado en iguales condiciones.

Isotermas de Adsorción

Se obtuvieron las siguientes isotermas para las harinas SM101 y SM212.

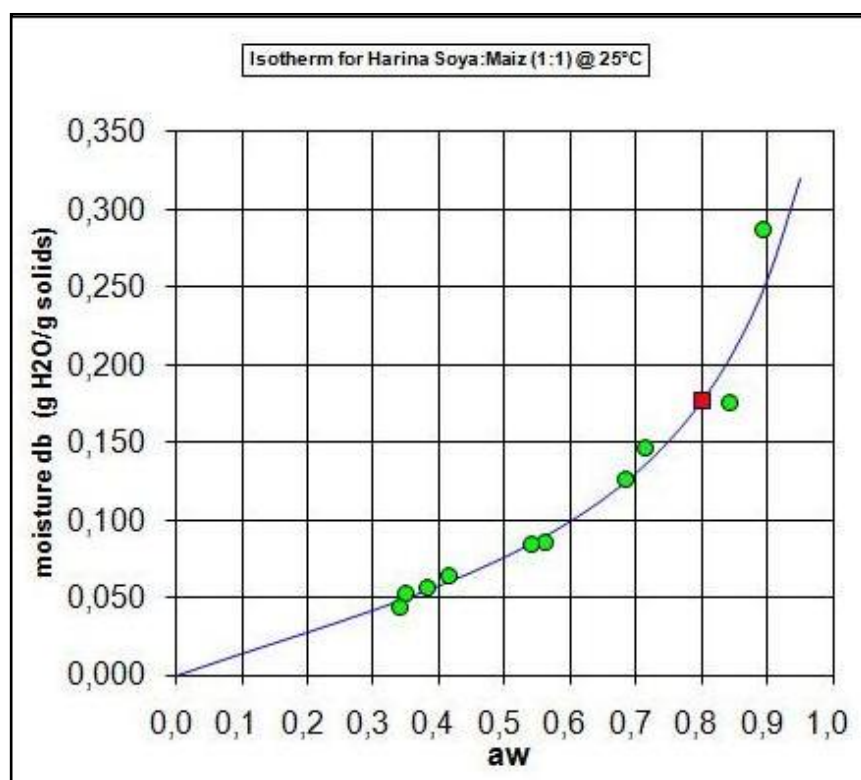


FIGURA 3.5. ISOTERMA PARA HARINA SM101

Fuente: Water Analyser 97.4

Para la isoterma Harina SM101 se obtuvo un valor de la monocapa de BET de 0,0483 g H₂O/g sólido, un valor de monocapa de GAB 0,0661 g H₂O/g sólido, y un R² de 0,9526. Su

forma corresponde a una isoterma del Tipo I, característica de productos con alto contenido de azúcares como los presentes en el maíz que en esta harina se encuentra en igual proporción que la harina de soya.

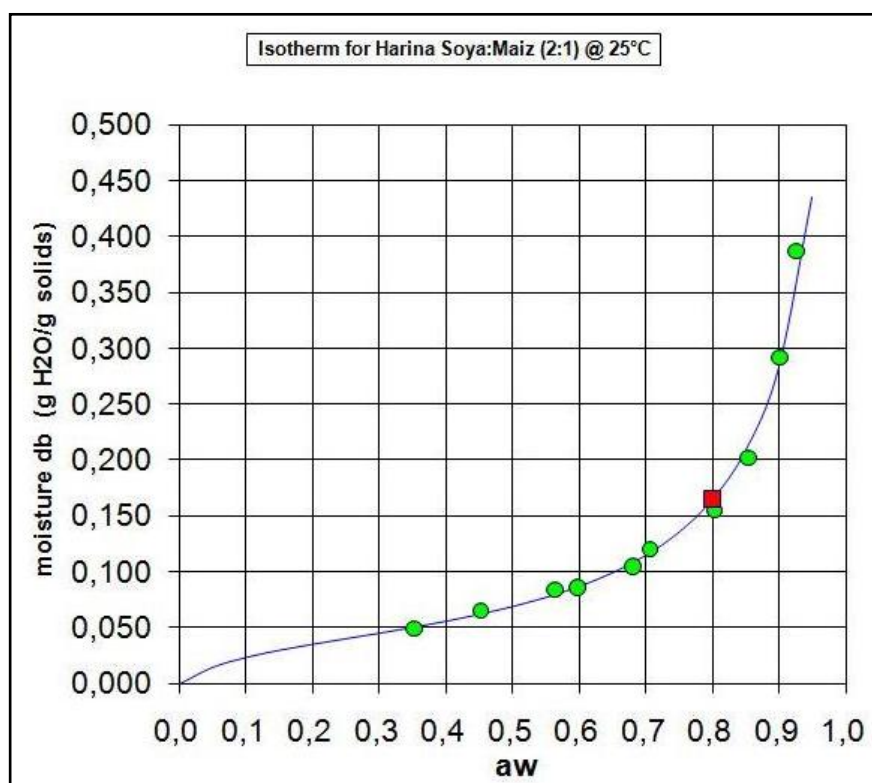


FIGURA 3.6. ISOTERMA PARA HARINA SM212

Fuente: Water Analyser 97.4

La Harina SM212 presenta un valor de monocapa de BET de 0,0466 g H₂O/g sólido, monocapa de GAB de 0,0396 g H₂O/g sólido, y un valor R^2 de 0,9788. Esta isoterma cumple con la

forma del tipo II o sigmoide (con forma de “s”) que corresponden a alimentos con alto contenido de proteínas, dado que la harina de soya está en una mayor proporción en esta mezcla.

3.3. Características físicas de harinas pre-cocidas: Solubilidad, Densidad y Granulometría

En esta sección se detallan los resultados de los análisis específicos realizados a harinas pre-cocidas con el fin de caracterizar sus propiedades.

Solubilidad

Se usó como valor referencial un índice de Solubilidad en Agua $\geq 16\%$, tomado del Concurso de Precios para el programa de alimentación colectiva del gobierno ecuatoriano (Apéndice I).

TABLA 16

ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA PARA HARINAS PRE-COCIDAS

Muestra	Solubilidad (%)
Harina SM101	31,75
Harina SM212	31,05

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

Densidad

En la tabla 17 se muestran los resultados de las pruebas. Según la FAO, el valor de Densidad Aparente para harinas está en el rango de 500 a 800 Kg/m³ (6).

TABLA 17
DENSIDAD DE HARINAS PRE-COCIDAS

Muestra E	Masa (g)	Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)	Densidad (Kg/m ³)	Promedio (Kg/m ³)
Harina SM101	17,69	25	0,7076	707,6	704,2
	17,52	25	0,7008	700,8	
Harina SM212	17,71	25	0,7084	708,4	710,2
	17,80	25	0,7120	712,0	

b

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

Granulometría

Luego de los procesos de secado se realizó el proceso de molienda al cual se le estimó un rendimiento de 89,8±2,8 %.

Para estimar el Diámetro Superficial Medio de la Partícula (D_p), se aplicó la siguiente ecuación

$$Dp = \frac{1}{\sum \left(\frac{\Delta x_i}{Dp} \right)} \quad (\text{Ecu. 3.1})$$

Donde:

Δx_i = Porcentaje de la masa retenida en la malla

$\overline{Dp}$ = Promedio de apertura de malla superior e inferior de cada clase

En las siguientes tablas se muestra el análisis granulométrico de ambas harinas.

TABLA 18

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE HARINA SM101

Clase	Malla	Masa Retenida (g)	Δx_i	x_i	Dp_{sup} (mm)	$\overline{Dp}$ (mm)	$\frac{\Delta x_i}{\overline{Dp}}$	Dp (mm)
1	65	13,9	0,14	1	0,21	0,1795	0,7878	0,072
2	100	12,8	0,13	0,86	0,149	0,1115	1,1678	
3	200	36,5	0,37	0,73	0,074	0,059	6,2934	
4	325	22,8	0,23	0,36	0,044	0,0405	5,7269	
5	400	12,3	0,13	0,13	0,037			
Suma		98,3	1				13,976	

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

TABLA 19
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE HARINA SM212

Clase	Malla	Masa Retenida (g)	Δx_i	x_i	Dp_{sup} (mm)	$\overline{Dp}$ (mm)	$\frac{\Delta x_i}{\overline{Dp}}$	Dp (mm)
1	65	13,5	0,14	1	0,21	0,1795	0,7659	0,066
2	100	15	0,15	0,86	0,149	0,1115	1,3700	
3	200	21,3	0,22	0,71	0,074	0,059	3,6763	
4	325	37	0,38	0,49	0,044	0,0405	9,3033	
5	400	11,4	0,12	0,12	0,037			
Suma		98,2	1				15,115	

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

3.4. Fórmula de los Alimentos Infantiles

Según resultados de las pruebas de viscosidad (Tabla 20) se selecciona la harina cuyo valor de viscosidad es más alto al ser reconstituida para la formulación de papilla y la segunda más alta para colada; designando así a la harina SM101 para la papilla y, por lo tanto, a la harina SM212 para colada.

TABLA 20
RESULTADOS DE LA PRUEBA DE VISCOSIDAD

Producto	Viscosidad a 45°C (Cp)
SM101 a 70 °C	18533,3±163,3
SM101 a 80 °C	6625,0±125,5
SM212 a 70 °C	6766,7±81,7
SM212 a 80 °C	6075,0±242,4

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

La composición nutricional de las harinas pre-cocidas se presenta en la siguiente tabla:

TABLA 21
COMPOSICIÓN NUTRICIONAL HARINAS PRE-COCIDAS

HARINAS	Contenido en 100 g			
	Carbohidratos	Grasa	Proteínas	Energía
SM101	54,4	2,11	28,7	351,36
SM212	48	1,76	35,3	349,08

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

Con las harinas ya seleccionadas, se procede a reformular en dos diferentes proporciones la papilla y la colada, para luego escoger una fórmula final mediante evaluación sensorial.

TABLA 22
FORMULACIONES DE PAPILLA

Ingredientes	Energía/g	Proteína/g	Fórmula A (%)	Fórmula B (%)
Harina SM101	3,514	0,287	65,7	68
Leche en polvo entera	3,860	0,281	15	12,7
Azúcar	3,860	0,000	10	10
Aceite de soya	8,709	0,000	9	9
Saborizante	-	-	0,3	0,3
TOTAL			100	100

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

Para la papilla se consideró una porción de 65 gramos, a ser consumida en dos ingestas de 32,5 g cada una, diluidos con 60 ml de agua tibia (45 °C); el aporte calórico de esta porción (65 g) para la fórmula A es de 263,6 Kcal y para la B 263,1 Kcal, ambas correspondientes al 20% de los requerimientos diarios para niños menores de 3 años, es decir, 1300 Kcal. El contenido de

proteínas de la porción (65 g) es de 15 gramos para ambas fórmulas, que corresponden, según la información de la Tabla 1, al 56% de los requerimientos diarios de niños de hasta 12 meses y 9 kg de peso.

TABLA 23
FORMULACIONES DE COLADA

Ingredientes	Energía/g	Proteína/g	Fórmula A (%)	Fórmula B (%)
Harina SM212	3,514	0,287	61	64,7
Leche en polvo entera	3,860	0,281	18,7	15
Azúcar	3,860	0,000	20	20
Saborizante	-	-	0,3	0,3
TOTAL			100	100

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

La porción correspondiente a colada es de 70 gramos, para ser diluidos en 300 ml de agua tibia (45 °C), dando así un vaso de colada con un aporte calórico de 253,5 Kcal con la fórmula A y 252,5 Kcal con la fórmula B, ambas equivalentes al 12% del requerimiento diario para escolares (2100 Kcal) y, un aporte proteico de 19 gramos por porción igual al 63% del valor requerido.

3.5. Resultados de las pruebas de aceptación

Luego de realizada la degustación, se analizaron los datos estadísticamente para determinar la fórmula con mayor puntuación de cada producto. Se presentan en la tabla las variables para la ecuación 2.7 y los valores de t calculada.

TABLA 24
CÁLCULO DE t

VALORES	Papilla	Colada
ΣD	14	18
ΣD^2	18	23
t Calculada	3,81	4,604

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

En ambos casos la t calculada resultó mayor a la t teórica, por lo tanto sí existe diferencia significativa entre la preferencia de los productos. Según las calificaciones de los jueces las fórmulas con mayor aceptación es para los dos casos la opción A; con buen nivel de agrado como se aprecia en la siguiente tabla:

TABLA 25
RESULTADOS DE LA PRUEBA HEDÓNICA

Puntuación	# Jueces Papilla		# Jueces Colada	
	A	B	A	B
+2	17	2	4	2
+1	12	28	18	12
0	11	10	16	16
-1	0	0	2	10
-2	0	0	0	0
$\bar{X}$	1,15	0,8	0,6	0,15

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

3.6. Condiciones para selección de empaque

Luego de definir la humedad crítica para ambas harinas, se determinó la actividad de agua para este punto mediante el análisis de la isoterma de la harina respectiva.

Con estos valores se completó la tabla 26 de datos de humedades y actividades de agua, necesarios para resolver las ecuaciones 2.10 y 2.11 descritas en el capítulo anterior.

TABLA 26
VALORES DE HUMEDAD Y A_w EN BASE SECA

Harina	m_o (b. s.)	a_{w0}	m_c (b. s.)	a_{wc}	m_e (b. s.)
SM101	0,078	0,54	0,126	0,7	0,215
SM212	0,084	0,56	0,130	0,75	

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

Con estos datos se despejó la Ecuación 2.9 para estimar el tiempo de vida útil en días. Los términos utilizados se presentan en las tablas 27 y 28, así como su vida útil estimada.

Para ambos productos se consideró un empaque de polietileno de dimensiones 18 x 20 cm, y condiciones de temperatura y humedad relativa del ambiente de 30 °C y 80 %HR.

TABLA 27
ESTIMACIÓN DE VIDA ÚTIL DE HARINA SM101

Tendencia de permeabilidad del empaque ($\ln\tau$)	0,43493
Pendiente de la isoterma (valor b)	0,30265
Permeabilidad máxima del alimento (g H ₂ O/día-m ² -mmHg)	0,154456
Área del empaque (m ²)	0,036
Peso de sólidos secos (g)	463,95
Presión de vapor de agua a 30°C (mmHg) (Apéndice K)	31,8026
Tiempo de vida útil (días)	345

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

Para la Harina SM101 se estimó una vida útil de 345 días, equivalentes a 11 meses y medio.

TABLA 28
ESTIMACIÓN DE VIDA ÚTIL DE HARINA SM212

Tendencia de permeabilidad del empaque ($\ln\tau$)	0,43179
Pendiente de la isoterma (valor b)	0,24695
Permeabilidad máxima del alimento (g H ₂ O/día-m ² -mmHg)	0,154456
Área del empaque (m ²)	0,036
Peso de sólidos secos (g)	461,25
Presión de vapor de agua a 30°C (mmHg) (Apéndice K)	31,8026
Tiempo de vida útil (días)	278

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

En el caso de la Harina SM212 la vida útil estimada fue de 278 días correspondientes a nueve meses aproximadamente.

CAPÍTULO 4

4. ESCALADO DEL PROCESO

Este capítulo corresponde a la descripción de las operaciones con sus parámetros para el proceso de obtención de harinas pre-cocidas y su escalado a nivel semi-industrial. Se incluirá además el proceso de elaboración de los alimentos infantiles de reconstitución instantánea, los diagramas de flujo para ambos procesos, y se darán las recomendaciones de equipos a utilizar en los mismos.

4.1. Descripción de las operaciones

El proceso de elaboración de harinas pre-cocidas presentado tiene 6 etapas que se describen a continuación:

Recepción de Materia Prima: Previo a la aceptación de las materias primas se realizan análisis rápidos de humedad, como

parámetro físico más importante; aflatoxinas como control microbiológico; y para el caso de la harina de soya, la prueba de Actividad Ureásica. Luego de aceptada la materia prima, es almacenada en bodega y se procede a realizar el resto de análisis físico-químicos y microbiológicos.

Mezclado:

De Materias Primas: Según el producto a realizar, harina para papilla o colada, se procede a pesar las materias primas en la proporción definida y mezclarlas.

Adición de agua: A esta mezcla de harinas se adiciona agua potable tibia de consumo humano en una proporción de tres a uno volumen/masa, y se agita hasta formar una masa homogénea.

Cocción: Se inicia la cocción con agitación constante, para evitar la formación de grumos. Se eleva la temperatura paulatinamente hasta alcanzar la temperatura de proceso, esta temperatura se mantiene hasta cumplir el tiempo de proceso definido. Luego se retira la masa para su colocación en bandejas para el secado.

Secado: Se colocan las bandejas en el secador, se establece la temperatura de secado y, una vez alcanzado el tiempo previamente definido, se retiran las bandejas y se dejan enfriar para retirar las hojuelas que serán molidas.

Molienda y Tamizado: Se carga el molino con las hojuelas secas a una velocidad constante. El producto molido pasa por una criba de apertura definida y es enviado a reproceso en caso de no pasar el tamiz.

Empaque: La harina final obtenida es pesada y empacada en fundas de polietileno para su posterior almacenamiento.

Por su parte, el proceso de elaboración de alimentos infantiles de reconstitución instantánea consta de 2 etapas a continuación descritas:

Pesado: Se pesan los ingredientes según la formulación del producto a elaborar, papilla o colada, descrita en la sección 3.4.

Mezclado: Los ingredientes secos pesados se incorporan entre sí mediante agitación. En el caso de la papilla, el aceite es adicionado

luego mediante goteo constante, y se mantiene la agitación hasta lograr un polvo homogéneo. El polvo finalmente obtenido, está listo para ser empacado.

4.1.1. Diagrama de flujo

Para ilustrar los procesos descritos en el ítem anterior, se presenta en la figura 4.1 el diagrama de flujo especificando las etapas del proceso experimental de elaboración de harinas pre-cocidas y sus respectivos parámetros a nivel laboratorio.

En la figura 4.2 se muestra el proceso de elaboración de alimentos infantiles de reconstitución instantánea a partir de la harina pre-cocida previamente elaborada.

Se remarca en rojo el mezclado de aceite, que corresponde únicamente al proceso de elaboración de papilla, ya que esta fórmula así lo requiere.

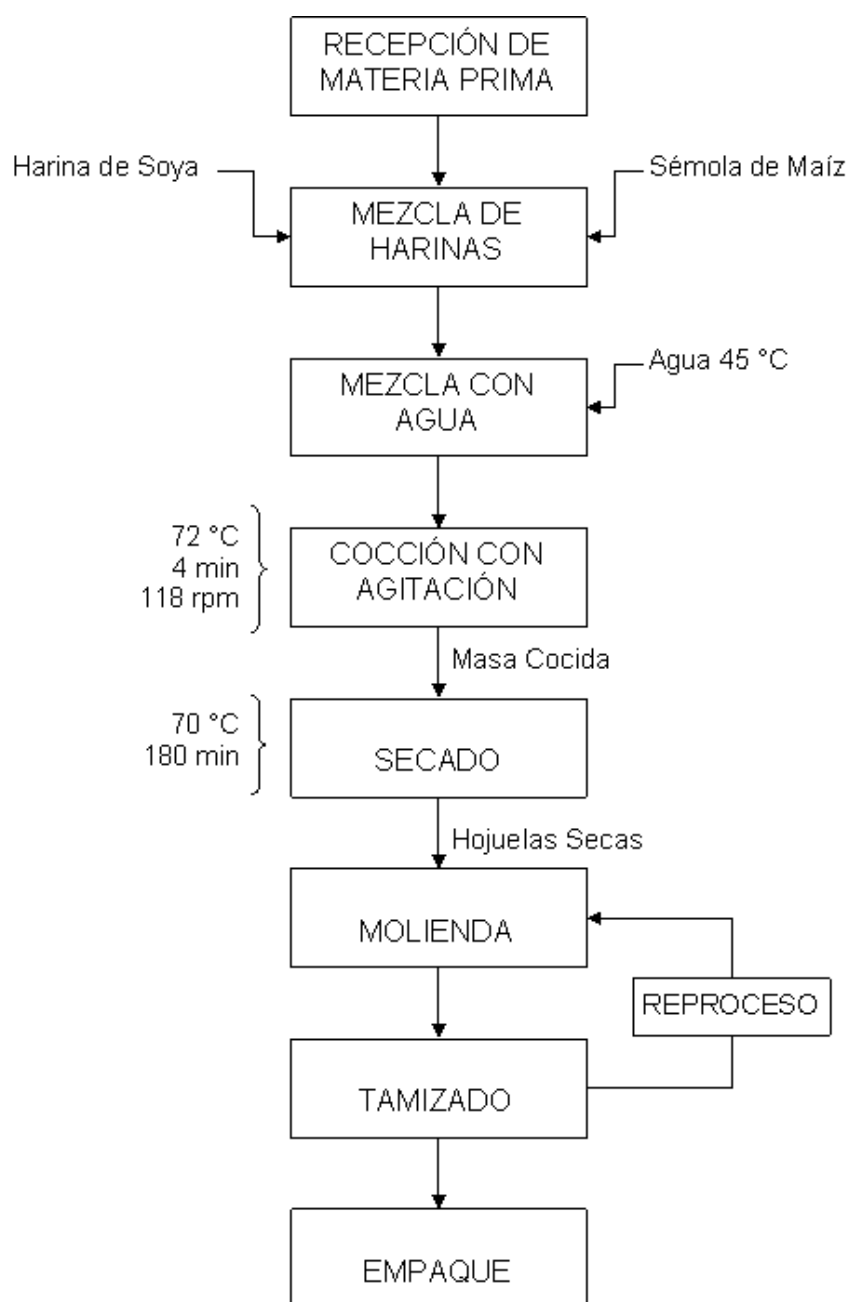
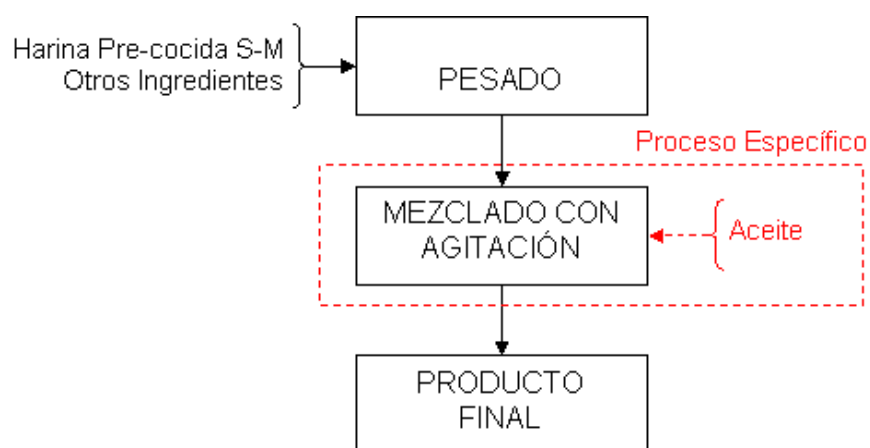


FIGURA 4.1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE HARINAS PRE-COCIDAS

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras



**FIGURA 4.2. DIAGRAMA DE FLUJO DE ALIMENTOS
INFANTILES DE RECONSTITUCIÓN INSTANTÁNEA**

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

4.1.2. Parámetros de proceso

Los parámetros experimentales de cada etapa del proceso de elaboración de harinas pre-cocidas a nivel laboratorio se especifican en la tabla 29.

Se consideraron a los rangos de aceptación de Materia Prima como parámetros de la etapa de Recepción de la misma.

TABLA 29
PARÁMETROS DE PROCESO POR ETAPAS

RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA		
Sémola de maíz		
Humedad máx.	14%	
Aflatoxinas	< 5 ppb	
Harina de soya		
Humedad máx.	12%	
Actividad Ureásica (Δ ph)	0,05-0,5	
Aflatoxinas	< 5 ppb	
MEZCLA		
	Harina para Papilla	Harina para Colada
Harina de soya	50%	67%
Sémola de Maíz	50%	33%
Agua		
Tres veces el peso de la harina		
Temperatura	45 °C	
COCCIÓN		
Temperatura	72 °C	
Tiempo	4 min	
Agitación	118 rpm	
SECADO		
Espesor de cama	3 mm	
Temperatura de Secador	70 °C	
Humedad del Secador	13 %HR	
Tiempo de Secado	180 min	
MOLIENDA		
Apertura de criba	500 micras	

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

4.2. Determinación de capacidades de producción

Para determinar las capacidades de producción se debe inicialmente tener un balance de materia del proceso de laboratorio y los tiempos estimados de cada etapa.

Para poder determinar la capacidad de los equipos a escala semi-industrial, se asume una producción mensual de harina precocida de 2,9 TM/mes de harina para colada y 1,6 TM/mes de harina para papilla, basados en la disponibilidad de la materia prima.

La sémola de maíz es un factor limitante de la producción, dado que el objetivo principal es aprovechar estos residuos del proceso de gritz de maíz y dependerá directamente de la elaboración del mismo.

Según datos del Ministerio de Agricultura (27) el consumo mensual de maíz amarillo duro para balanceados en el país es de 25.200 TM; el 80% de este valor lo utilizan 5 grandes productores de balanceados, y el 20 % restante corresponde al consumo de 52 pequeños productores.

Por lo tanto, se estima que el consumo de un pequeño productor de balanceados es de 96,92 TM/mes; de las cuales, según experiencia en el campo laboral, al producir gritz de maíz el desperdicio como sémola corresponde al 1%, es decir, 48,46 kg diarios.

Balance de Materia

Se realizaron otras experiencias de laboratorio, donde se procuró ocupar todo el espacio disponible del secador, por ser este de capacidad limitada. Con los resultados de estas experiencias, se sacó un promedio y se elaboró un balance de materia correspondiente a la harina para colada ya que, dada su proporción del doble de harina de soya por parte de sémola, se obtiene mayor volumen de harina pre-cocida por kilo de sémola usado (figura 4.3).

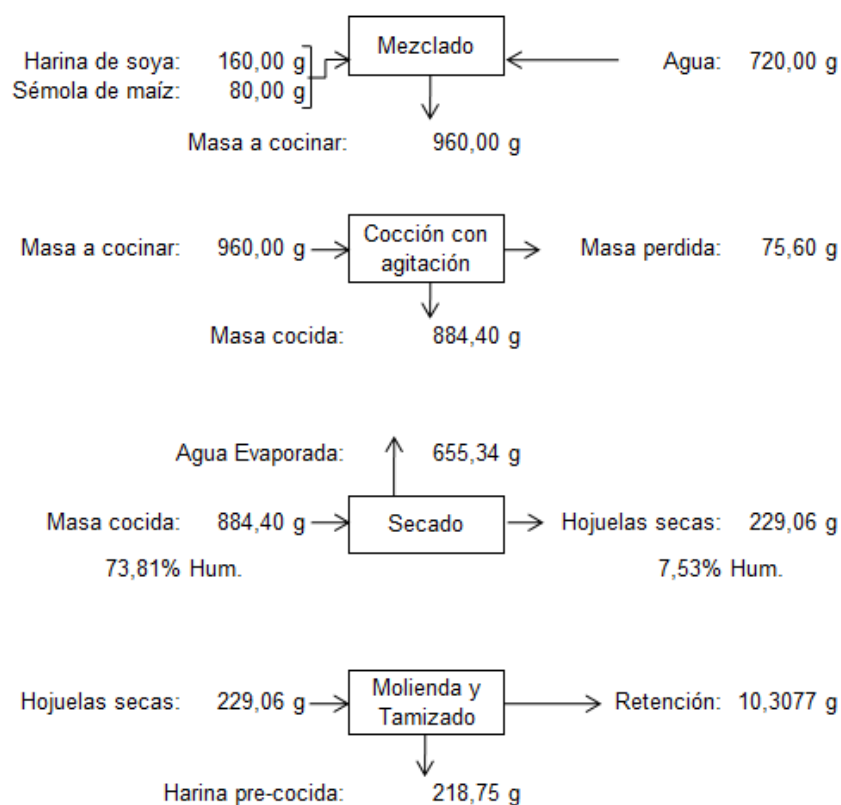


FIGURA 4.3. BALANCE DE MATERIA POR ETAPAS DE PROCESO DE HARINAS PRE-COCIDAS A NIVEL LABORATORIO

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

El rendimiento por etapa de proceso y rendimiento global del mismo se presentan en la tabla 30.

TABLA 30
RENDIMIENTOS POR ETAPAS Y PROCESO GLOBAL

Etapas	Rendimiento (%)
Mezclado	100,00
Cocción con agitación	92,13
Secado	25,90
Molienda y Tamizado	95,50
Proceso Global	91,15

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

El Rendimiento Global del proceso fue de 91,15%, siendo las mermas más significativas las del proceso de cocción con agitación, debido a la adhesión de la masa a las paredes del recipiente y agitador. A pesar de que el secado presenta un bajo rendimiento, del 25,90%, no se considera una pérdida significativa en el proceso, porque el objetivo de esta etapa es eliminar el agua absorbida durante la cocción.

Estimación de tiempos

Así mismo, según experiencia en laboratorio, se estimaron los tiempos de proceso y se presentan en la tabla siguiente:

TABLA 31
TIEMPO DE RESIDENCIA POR ETAPAS

Etapas	Tiempo Residencia (h/batch)
Mezclado	0,05
Cocción con agitación	0,25
Secado	3
Molienda y Tamizado	0,033

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

Capacidad de equipos

Para este proceso semi-industrial, se decidió unir las etapas de Mezclado y Cocción con agitación en un mismo equipo. La suma de estos tiempos corresponde a 18 minutos, a los cuales se le adiciona 10 más como un colchón de tiempo de espera de carga y descarga. Se asume una eficiencia teórica del 85% para este proceso, y del 80% para la molienda.

Para cumplir con la producción mensual propuesta, deben considerarse equipos que tengan una capacidad de producción de 2,9 TM mensuales de harina pre-cocida, se requiere una producción diaria de 80 kg/día. Bajo estas premisas, se presenta en la tabla 32 la estimación de la capacidad de los equipos para las etapas arriba mencionadas. Este cálculo se obtuvo mediante la ecuación siguiente:

$$\text{Capacidad} = \frac{\text{Flujo másico} \times \text{Tiempo Residencia}}{\text{Eficiencia}} \quad (\text{Ecu. 4.1})$$

TABLA 32
CAPACIDAD DE EQUIPOS

Etapas	Entrada (kg/h)	Tiempo residencia (h/batch)	Eficiencia (%)	Capacidad equipo (kg)
Mezclado y Cocción con agitación	72,69	0,47	85	39,912
Molienda y Tamizado	17,34	0,033	80	0,723

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

Dado que el secador de bandejas usado en el laboratorio no es recomendable para el escalado de este proceso, se toma como

dato a ser analizado en la sección 4.3 para la recomendación de equipos, la carga de alimentación por hora de 66,97 kg/h.

4.3. Selección de equipos

Basado en la experimentación se busca escalar el proceso de laboratorio a un nivel semi-industrial calculando los requerimientos de los equipos a proponer.

Equipo para Cocción

Para calcular el diámetro del equipo de cocción se despeja la ecuación 4.2:

$$\frac{D_2}{D_1} = \sqrt[3]{\frac{X_2}{X_1}} \quad (\text{Ecu. 4.2})$$

Siendo:

D_1 = Diámetro del envase de cocción en laboratorio

D_2 = Diámetro teórico del equipo semi-industrial

$\frac{X_2}{X_1}$ = Relación de escalado, número de veces a escalar. Se

obtiene mediante la ecuación 4.3

$$\frac{X_2}{X_1} = \frac{V_2}{V_1} \quad (\text{Ecu. 4.3})$$

Donde:

V_1 = Volumen del batch a nivel laboratorio en m^3

V_2 = Volumen calculado de batch a nivel semi-industrial en m^3

Para determinar el volumen se calculó experimentalmente la densidad de la masa cocida, puesto que la misma se expande durante el proceso de calentamiento aumentando su volumen, este valor fue de $1078 \pm 2 \text{ kg/m}^3$.

Asimismo se determina la altura del equipo mediante la ecuación

$$V_2 = \pi \frac{D_2^2}{4} h \quad (\text{Ecu. 4.4})$$

Las especificaciones del agitador son la longitud y la frecuencia del mismo y se obtienen despejando las ecuaciones 4.5 y 4.6

Longitud del agitador:

$$\frac{L_1}{L_2} = \sqrt[3]{\frac{V_1}{V_2}} \quad (\text{Ecu. 4.5})$$

Siendo:

L_1 = Longitud del agitador de laboratorio en metros

L_2 = Longitud teórica del agitador semi-industrial en metros

Frecuencia del agitador

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{N_1^3 D_1^5}{N_2^3 D_2^5} \quad (\text{Ecu. 4.6})$$

Donde:

N_1 = Frecuencia del agitador de laboratorio en RPM

N_2 = Frecuencia teórica del agitador semi-industrial en RPM

P_1 = Potencia de la hornilla eléctrica de laboratorio en kW

P_2 = Potencia necesaria del equipo semi-industrial para cocción.

Este último término se obtiene bajo la ecuación 4.7:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_2} \quad (\text{Ecu. 4.7})$$

A seguir se presenta la tabulación de los resultados de las ecuaciones descritas anteriormente:

TABLA 33
ESPECIFICACIONES DE EQUIPO DE COCCIÓN

Diámetro (m)	0,44
Altura (m)	0,27
Longitud del Agitador (m)	0,44
Velocidad del Agitador (RPM)	44

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

La altura calculada corresponde a la superficie de intercambio de calor con la masa, a este valor se le agrega un 20% de altura de equipo para evitar derrames, dicha superficie no necesita transferencia de calor. Dados los resultados se selecciona una marmita de doble camisa con las dimensiones mostradas en la figura.

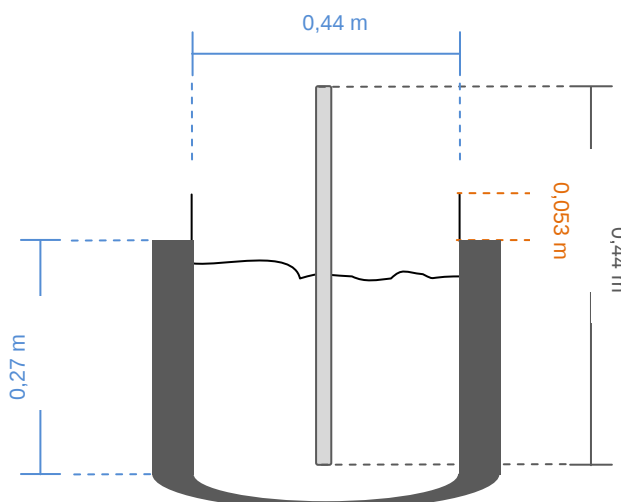


FIGURA 4.4. DIMENSIONES DE MARMITA SELECCIONADA

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

Equipo de Secado

Para calcular la capacidad de este equipo se parte de la necesidad de secar 39,912 kg/h de masa cocida. Se estimó en laboratorio que para secar una masa de 884,4 gramos se requiere una superficie de secado de 0,137 m², considerando 8 bandejas de 0,0171 m² cada una, y se utilizó un equipo con un volumen de 0,03 m³. A partir de estos valores se estimó la capacidad requerida para un secador de flujo circulante a nivel semi-industrial (ecuación 4.3), siendo necesaria una superficie de secado de 6,17 m² y un volumen de secador de 1,35 m³.

Las desventajas de un secador de bandejas a nivel semi-industrial son principalmente las dificultades de manejo y tiempos de secado, carga y descarga. Por este motivo se buscó otro tipo de secador para este proceso y se seleccionó finalmente el secador de tambor.

El proceso de secado de tambor consiste en secar una delgada capa de producto mediante el contacto directo con un tambor metálico de superficie de acero inoxidable calentado interiormente y la remoción posterior de la capa seca mediante una cuchilla. Puede trabajarse con uno o dos tambores secadores y con alimentación superior o inferior. Dada las características de la masa cocida que se requiere secar, se recomienda un tambor simple de alimentación inferior.

Para calcular el área de secado del equipo se utiliza la ecuación 4.8, donde v es la velocidad de evaporación, la cual teóricamente está en el rango de 7 a 11 g/s·m²; el flujo de alimentación másico por jornada se representa mediante $\dot{Q}$ expresado en gramos, el tiempo de trabajo del equipo en minutos es t' . (18)

$$A = \frac{\dot{Q}}{vt'} \quad (\text{Ecu. 4.8})$$

Para los cálculos se asume que en cada jornada de trabajo se requieren 2 horas de preparación de equipo y 1 hora de limpieza posterior, reduciendo el tiempo de trabajo del secador a 5 horas (18).

La superficie de secado requerida y las dimensiones del Tambor Simple, se presentan en la tabla 34.

TABLA 34
ESPECIFICACIONES DEL SECADOR DE TAMBOR

Superficie Total de Secado (m²)	3,30
Diámetro del Tambor (m)	0,70
Longitud del Tambor (m)	1,5

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

Equipo de Molienda

El equipo recomendado para el proceso es un molino con fuerza de impacto, ya que la harina pre-cocida tiene una estructura

rígida y apariencia cristalina, además de baja humedad y contenido de grasa. Entre los molinos con fuerza de impacto a elegir pueden ser: de martillo o de piñón.

Para determinar la potencia del equipo a escalar en kW se aplica la ecuación 4.7. La apertura de criba se estima igual al equipo utilizado en laboratorio. La velocidad de alimentación es diferente a la tabla 32 ya que, dado que el secador tiene un tiempo de trabajo de 5 horas, el molino debe trabajar durante el mismo periodo. Los cálculos usados son los mismos, pero el flujo de alimentación teórico cambia a 27,74 kg/h y, considerando una eficiencia del 80% para el equipo, se toma como base de cálculo el valor 34,69 kg/h.

TABLA 35

ESPECIFICACIONES DE EQUIPO DE MOLIENDA

Velocidad de Alimentación (kg/min)	0,578
Potencia (kW)	3,03
Apertura de Tamiz (micras)	500

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

Con los equipos propuestos, se espera alcanzar la producción diaria estimada de productos infantiles pre-cocidos. La alimentación de los equipos está pensada para ser de forma manual por ser este un proceso semi-industrial.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Los resultados de la investigación permiten concluir que es posible aprovechar los polvos finos residuales de la obtención de gritz de maíz y combinarlos con harina de soya para producir harinas pre-cocidas que sirvan de materia prima a productos infantiles de reconstitución instantánea como colada y papilla.

La etapa crítica del proceso de elaboración de harinas pre-cocidas es la cocción. Se determinó que el tiempo de cocción y la temperatura del proceso tienen un efecto notorio sobre la calidad de la masa, los valores con los cuales se obtuvo una masa de mejores efectos en las variables de respuesta fueron 72°C y 4 minutos de cocción.

Un proceso de cocción de 68 °C no es suficiente para cumplir con las características necesarias para la masa pre-cocida, en ningún rango de tiempo. Procesos por encima de los 10 minutos, en cualquier temperatura, generan cambios de color indeseables en la masa.

La experimentación muestra que al secar a temperaturas mayores a 80°C se afectan características organolépticas y disminuye la viscosidad de la harina reconstituida; en cambio, a temperaturas menores a 70 °C el tiempo de proceso se prolonga y su secado no es uniforme. Los tiempos totales de Secado calculados, son semejantes a los tiempos reales de la prueba de laboratorio.

La solubilidad de ambas harinas pre-cocidas cumple con las exigencias del Programa Mundial de Alimentos, e indican la facilidad de disolución de la mezcla y su digestibilidad apropiada. La densidad por su parte, permite tener una referencia de las características del producto y cumplen, en ambos casos, con las normas para harinas de la FAO.

La Actividad de Agua (a_w) de ambas mezclas de harinas tuvo un promedio de 0,55, valor en el cual hay bajo crecimiento microbiano y actividad enzimática. El factor externo que puede afectar su calidad en percha es la oxidación de lípidos. El parámetro sensorial mayormente afectado por la

presencia de humedad ambiental es la textura, como formación de grumos.

La vida útil calculada para 500 gramos de producto en un empaque de polietileno de 18 x 20 cm fue de 345 días, equivalentes a once y medio meses para SM101 (Papilla); y de 276 días, aproximadamente nueve meses, para SM212 (Colada).

Mediante la evaluación sensorial se logró definir las formulaciones finales para ambos productos complementarios infantiles. El análisis de la *t* de Student y la aplicación de la Media Ponderada permitieron observar las diferencias significativas y medir la aceptación de cada producto, siendo 1,15 sobre 2 para Papilla y de 0,6 sobre 2 para Colada.

La papilla brinda un aporte teórico del 20% de las calorías y 55% de las necesidades proteicas de los requerimientos diarios para el grupo de 1 a 3 años con el consumo de 65 gramos en 2 porciones, mientras la colada satisface el 12% de las calorías requeridas para los escolares y aporte un 63% de las proteínas necesarias con la toma de un vaso de 300 ml.

Recomendaciones

En los procesos térmicos de las harinas estudiadas se debe considerar la temperatura de gelatinización del almidón a trabajar, pues estas varían dependiendo de su fuente vegetal.

Dados los resultados de la estimación de vida útil, se considera que la proporción de las mezclas de harinas pre-cocidas estudiadas influye en la forma de la isoterma de la harina y consecuentemente en la vida útil de la misma. Se sugiere una investigación más profunda en este tema en particular.

Se recomienda servir los productos reconstituidos con otros grupos de alimentos, por ejemplo: la papilla puede combinarse con fruta, mientras que la colada puede ser servida con galletas o bizcochos para incrementar el aporte calórico.

Basados en los parámetros establecidos, se recomienda realizar pruebas de extrusión de ambas mezclas de harinas obtenidas con el fin de incrementar la productividad del proceso.

APÉNDICE A

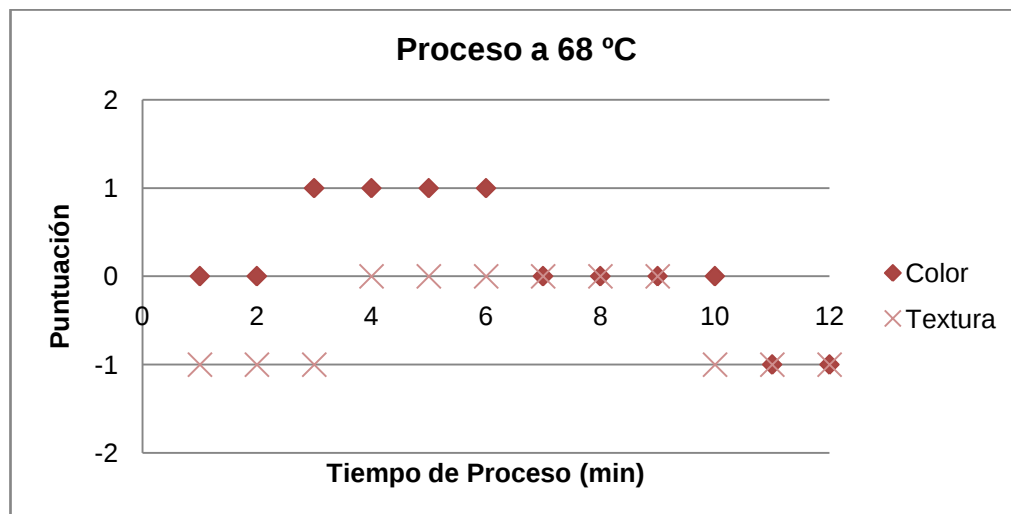
EVALUACIÓN PRIMARIA DE COLOR Y TEXTURA PARA UNA ESCALA DE TIEMPO

Escala de Calificación

Escala	
Agradable	1
Indiferente	0
Desagradable	-1

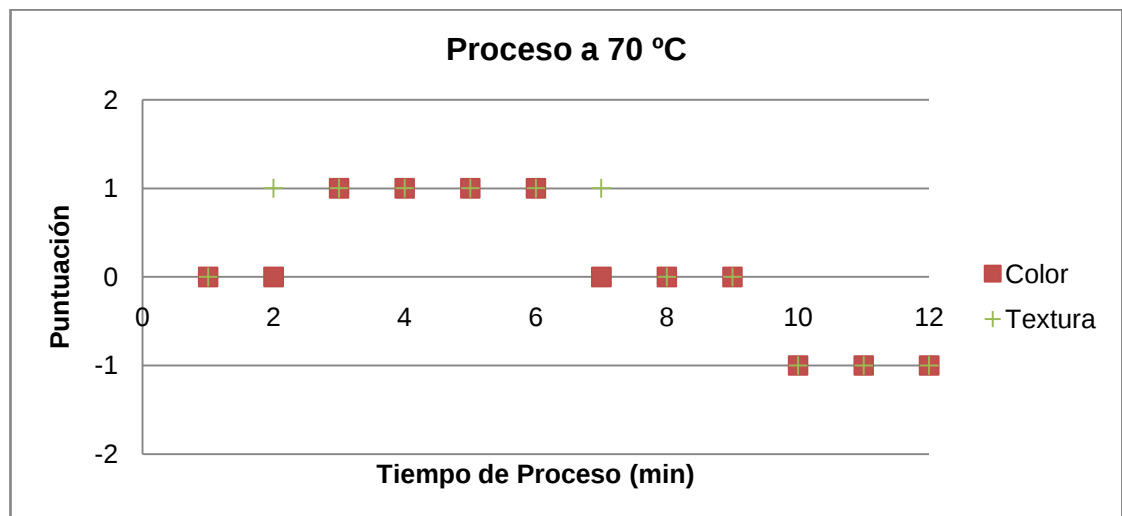
Puntuación para Temperatura 68 °C

°T (°C)	Tiempo (min)	Color	Textura	Puntuación	
				Color	Textura
68	1	Indiferente	Desagradable	0	-1
68	2	Indiferente	Desagradable	0	-1
68	3	Agradable	Desagradable	1	-1
68	4	Agradable	Indiferente	1	0
68	5	Agradable	Indiferente	1	0
68	6	Agradable	Indiferente	1	0
68	7	Indiferente	Indiferente	0	0
68	8	Indiferente	Indiferente	0	0
68	9	Indiferente	Indiferente	0	0
68	10	Indiferente	Desagradable	0	-1
68	11	Desagradable	Desagradable	-1	-1
68	12	Desagradable	Desagradable	-1	-1



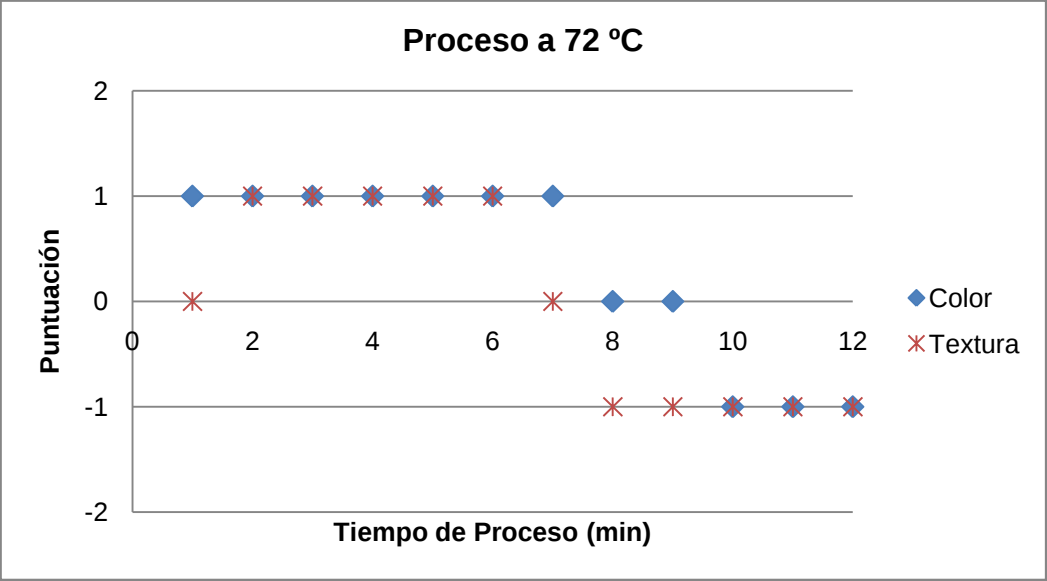
Puntuación para Temperatura 70 °C

°T (°C)	Tiempo (min)	Color	Textura	Puntuación	
				Color	Textura
70	1	Indiferente	Indiferente	0	0
70	2	Indiferente	Agradable	0	1
70	3	Agradable	Agradable	1	1
70	4	Agradable	Agradable	1	1
70	5	Agradable	Agradable	1	1
70	6	Agradable	Agradable	1	1
70	7	Indiferente	Agradable	0	1
70	8	Indiferente	Indiferente	0	0
70	9	Indiferente	Indiferente	0	0
70	10	Desagradable	Desagradable	-1	-1
70	11	Desagradable	Desagradable	-1	-1
70	12	Desagradable	Desagradable	-1	-1



Puntuación para Temperatura 72 °C

°T (°C)	Tiempo (min)	Color	Textura	Puntuación	
				Color	Textura
72	1	Agradable	Indiferente	1	0
72	2	Agradable	Agradable	1	1
72	3	Agradable	Agradable	1	1
72	4	Agradable	Agradable	1	1
72	5	Agradable	Agradable	1	1
72	6	Agradable	Agradable	1	1
72	7	Agradable	Indiferente	1	0
72	8	Indiferente	Desagradable	0	-1
72	9	Indiferente	Desagradable	0	-1
72	10	Desagradable	Desagradable	-1	-1
72	11	Desagradable	Desagradable	-1	-1
72	12	Desagradable	Desagradable	-1	-1



APÉNDICE B

PRUEBAS DE VISCOSIDAD PARA HARINAS PRE-COCIDAS RECONSTITUIDAS

MATERIALES Y EQUIPOS

- Viscosímetro “Brookfield” Modelo RVT (220 V, 60 MHz)
- Juego de agujas (Spindles)
- Vaso de precipitación de 600 ml
- Balanza analítica
- Hornilla eléctrica
- Termómetro

METODOLOGÍA

Preparación de la muestra:

1. Se calientan 400 ml de agua a 45 °C.
2. Se pesan 60 g de muestra seca (harina pre-cocida).
3. Se incorpora la muestra al agua tibia agitando suavemente. De esta manera se obtiene una solución al 15% de sólidos¹.
4. Se ajusta la aguja en el viscosímetro, y se coloca el vaso de 600 ml procurando no golpear la aguja con el vaso.
5. Se llena con muestra hasta el surco de la aguja, se selecciona una velocidad y se realiza la lectura.

¹ Fuente: Concurso de Precios de Programa “Mi Papilla”.

- a. Si la lectura es mayor a 100: se selecciona una velocidad más lenta y/o aguja más pequeña.
 - b. Si la lectura es menor a 10: se selecciona mayor velocidad y/o aguja más larga.
6. Para realizar más de una lectura, se debe mantener la muestra a la misma temperatura. Para esto se confirma la temperatura con un termómetro y de ser necesario se calienta el vaso en hornilla eléctrica.
7. Realizada la lectura, se multiplica por el factor de conversión según la aguja utilizada y la velocidad seleccionada.

FACTORES DE CONVERSIÓN

Número de Aguja					
1		2		3	
Velocidad	Factor	Velocidad	Factor	Velocidad	Factor
0,5	200	0,5	800	0,5	2000
1	100	1	400	1	1000
2	50	2	200	2	500
2,5	40	2,5	160	2,5	400
4	25	4	100	4	250
5	20	5	80	5	200
10	10	10	40	10	100
20	5	20	20	20	50
50	2	50	8	50	20
100	1	100	4	100	10

MEDICIONES EN EL VISCOSÍMETRO BROOKFIELD

Producto	Aguja	Velocidad	Lectura	Factor	Viscosidad (Cp)
SM101 70 °C	3	2,5	47	400	18800
	3	2,5	46	400	18400
	3	2,5	46	400	18400
	3	2,5	46,5	400	18600
	3	2,5	46	400	18400
	3	2,5	46,5	400	18600
SM101 80 °C	1	1	66	100	6600
	1	1	64	100	6400
	1	1	67	100	6700
	1	1	66	100	6600
	1	1	67	100	6700
	1	1	67,5	100	6750
SM212 70 °C	2	1	17	400	6800
	2	1	17	400	6800
	2	1	17	400	6800
	2	1	17	400	6800
	2	1	17	400	6800
	2	1	16,5	400	6600
SM212 80 °C	1	0,50	30	200	6000
	1	1	63	100	6300
	1	1	57,5	100	5750
	1	1	62,5	100	6250
	1	1	63	100	6300
	1	1	58,5	100	5850

APÉNDICE C

DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDÓN. ÍNDICE DE SOLUBILIDAD Y PODER DE HINCHAMIENTO

**(Modificación de Sathe y Salunke, 1981 del método original de
Schoch, 1964)**

MATERIALES Y EQUIPOS

- Centrífuga
- Tubos de centrífuga
- Placa de agitación magnética
- Magnetos
- Baño termostático
- Termómetro
- Estufa de convección mecánica

MÉTODO

1. En un tubo de centrífuga de 50 ml previamente tarado, preparar 40 ml de una suspensión de almidón al 1% (p/v) en base seca.
2. Introducir un agitador magnético y colocar el tubo en un baño de agua a temperatura constante (60, 70, 80 ó 90 °C).
3. Al tubo se le adapta un termómetro y se proporciona agitación constante a la suspensión para mantenerla uniforme durante 30 min.
4. Transcurrido el tiempo, retirar el tubo del baño, sacar el magneto de la suspensión y secar el tubo.
5. Centrifugar a 2500 rpm durante 15 minutos en una centrífuga, decantar el sobrenadante y pesar los gránulos hinchados.

6. Del sobrenadante tomar 10 ml, los cuales se colocan en una charola de aluminio previamente tarada y se secan a 120 °C durante 4 horas.
7. Pasar la muestra a un desecador y pesarlas.

CÁLCULOS

Se calcula la solubilidad y el poder de hinchamiento mediante las siguientes expresiones:

$$\% \text{Solubilidad} = \frac{\text{Peso del almidón} \times 400}{\text{Peso muestra seca (base seca)}}$$

$$\text{Poder de Hinchamiento} = \frac{\text{Peso del sedimento}}{\text{Peso muestra seca (b. s.)} \times (100 - \% \text{Solubilidad})} \times 100$$

OBSERVACIONES

El control de la temperatura durante el proceso de gelatinización es fundamental para obtener resultados confiables. Se recomienda el manejo de los tubos con pinzas, procurando la mínima manipulación de los mismos, ya que esto podría influir en los pesos reportados. La etapa de decantación debe hacerse cuidadosamente, para no eliminar gránulos hinchados.

REFERENCIAS

Sathe, S.K. and Salunkhe, D.K. (1981). Isolation, partial characterization and modification of the greath northern bean (*Phaseolus vulgaris*) starch. *Journal of Food Science*, **46** (4), 617-621.

Schoch, J.T. (1964), "Swelling power and solubility of starch granules". In: Methods in Carbohydrates Chemistry. Vol. IV. Eds. R.L. Whistler, R.J. Smith, and M.L. Wolfrom. Academic Press, USA, pp. 106-108.

APÉNDICE D

APERTURA DE TAMICES

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 E
FICHAS DE EVALUACIÓN SENSORIAL

FICHA PARA PAPILLA (JUECES: ADULTOS)

Producto: PAPILLA

Fecha:_____

Código:_____

Por favor pruebe el producto y marque con una “X” según su nivel de agrado:

- ☐ Me gusta mucho
- ☐ Me gusta
- ☐ Ni me gusta ni me disgusta
- ☐ Me disgusta
- ☐ Me disgusta mucho

Comentarios:_____

¡MUCHAS GRACIAS!

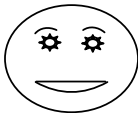
FICHA PARA COLADA (JUECES: NIÑOS)

Producto: COLADA

Fecha: _____

Código: _____

Por favor prueba el producto y encierra en un círculo la carita según tu agrado:

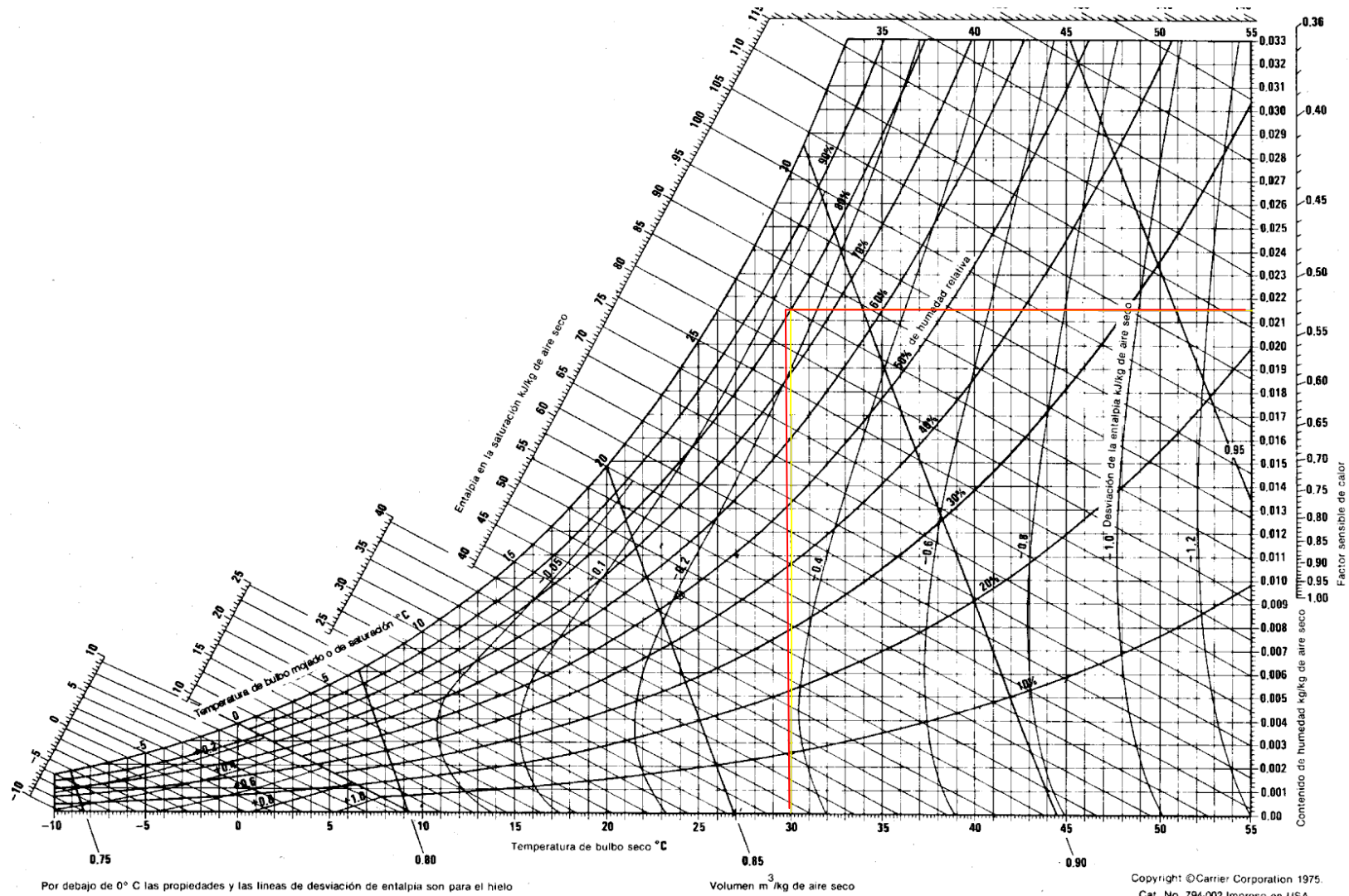
Muy bueno	Bueno	Ni bueno ni malo	Malo	Muy malo
				

Escribe aquí tus comentarios: _____

¡MUCHAS GRACIAS!

APÉNDICE F

CARTA PSICROMÉTRICA ($T_{amb} = 30\text{ °C}$; $H_{amb} = 80\text{ \%HR}$)



APÉNDICE G

TABLAS Y GRÁFICOS DE RESULTADOS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

ALEATORIZACIÓN DE CORRIDAS EXPERIMENTALES

Orden Exp	Orden Corrida	Bloques	Mezcla	Temperatura	Tiempo
9	1	1	3:1	72	6
4	2	1	3:1	70	2
7	3	1	3:1	72	2
1	4	1	3:1	68	2
3	5	1	3:1	68	6
27	6	1	1:1	72	6
6	7	1	3:1	70	6
22	8	1	1:1	70	2
26	9	1	1:1	72	4
12	10	1	2:1	68	6
8	11	1	3:1	72	4
13	12	1	2:1	70	2
5	13	1	3:1	70	4
11	14	1	2:1	68	4
15	15	1	2:1	70	6
2	16	1	3:1	68	4
18	17	1	2:1	72	6
24	18	1	1:1	70	6
20	19	1	1:1	68	4
17	20	1	2:1	72	4
21	21	1	1:1	68	6
19	22	1	1:1	68	2
25	23	1	1:1	72	2
16	24	1	2:1	72	2
14	25	1	2:1	70	4
10	26	1	2:1	68	2
23	27	1	1:1	70	4

RESULTADOS DE ESCALAS COLOR Y TEXTURA

Mezcla	°T Proceso (°C)	Tiempo Proceso (min)	Color	Textura
3:1	68	2	3	1
3:1	68	4	3	1
3:1	68	6	3	2
3:1	70	2	3	2
3:1	70	4	3	3
3:1	70	6	3	3
3:1	72	2	3	3
3:1	72	4	3	3
3:1	72	6	3	3
2:1	68	2	3	1
2:1	68	4	3	2
2:1	68	6	3	2
2:1	70	2	3	2
2:1	70	4	4	3
2:1	70	6	3	3
2:1	72	2	4	3
2:1	72	4	4	3
2:1	72	6	2	3
1:1	68	2	3	1
1:1	68	4	3	2
1:1	68	6	4	2
1:1	70	2	3	2
1:1	70	4	4	3
1:1	70	6	4	3
1:1	72	2	4	3
1:1	72	4	4	3
1:1	72	6	2	3

Elaborado por: Jorge Blum y Martha Contreras

En el Análisis de Varianza se denota a y_{ij} como la j -ésima observación del i -ésimo tratamiento y se acomodan los datos de acuerdo a la tabla siguiente, siendo n el número de observaciones y k el número de tratamientos.

TABLA DE DATOS PARA ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>tratamiento</i>	1	2	...	<i>i</i>	...	<i>k</i>	
	y_{11}	y_{21}	...	y_{i1}	...	y_{k1}	
	y_{12}	y_{22}	...	y_{i2}	...	y_{k2}	
	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$		$\vdots$	
	y_{1n}	y_{2n}	...	y_{in}	...	y_{kn}	
<i>Total</i>	$T_{1.}$	$T_{2.}$	...	$T_{i.}$	...	$T_{k.}$	$T_{..}$
<i>Media</i>	$\bar{y}_{1.}$	$\bar{y}_{2.}$	...	$\bar{y}_{i.}$	...	$\bar{y}_{k.}$	$\bar{y}_{..}$

Los cálculos para la tabla ANOVA corresponden a la Suma Total de Cuadrados - SST, Suma de Cuadrados de Tratamiento - SSA y Suma de Cuadrados de Error - SSE.

$$SST = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{(\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij})^2}{nk}$$

$$SSA = n \sum_{i=1}^k (\bar{y}_i)^2 - \frac{(\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij})^2}{nk}$$

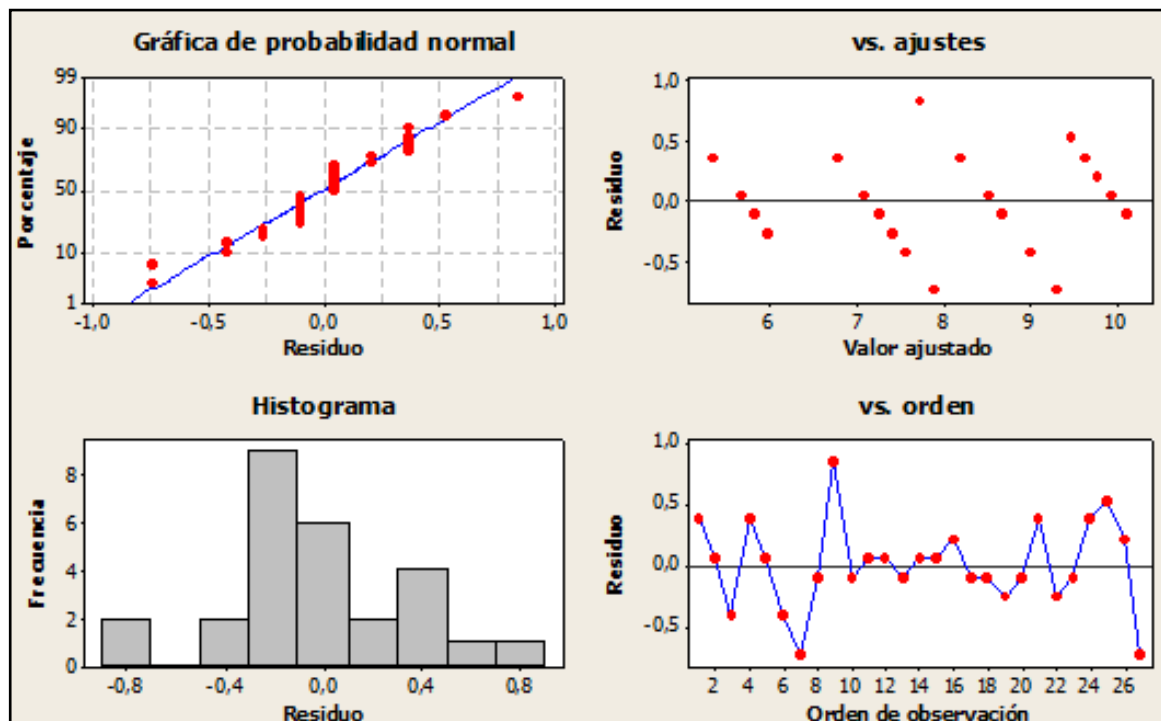
$$SSE = SST - SSA$$

TABLA ANOVA PARA IGUALDAD DE MEDIAS

Análisis de varianza para probar igualdad de medias				
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	P calculado
Regresión	SSA	k-1	$s_1 = SSA/(k-1)$	s_1/s_2
Error	SSE	k(n-1)	$s_2 = SSE/(k*(n-1))$	
Total	SST	nk-1		
Se rechaza H_0 , al nivel de significancia α cuando $P > P_{\alpha}(k, n-(k+1))$				

Con las siguientes gráficas se comprueban la normalidad de la variable estudiada, puntuación sensorial; y la homogeneidad entre los tratamientos aplicados: mezcla, temperatura y tiempo de proceso.

GRÁFICAS DE RESIDUOS PARA PUNTUACIÓN SENSORIAL



Software: MiniTab 15

APÉNDICE H

CURVAS DE SECADO

Datos para Harina SM101

TIEMPO	PESO	PESO TOTAL (PT)	PESO (P)	HUMEDAD	VELOCIDAD DE SECADO	INVERSO DE VELOCIDAD
MIN	MUESTRA	GRAMOS	GRAMOS	g AGUA/ g SS	kg/h*m2	1/W
0	97,3	95	95	2,651	2,73	0,37
5	93,41	91,11	95	2,501	3,04	0,33
10	89,08	86,78	95	2,335	3,04	0,33
15	84,75	82,45	95	2,169	3,03	0,33
20	80,43	78,13	95	2,003	3,03	0,33
25	76,11	73,81	95	1,837	3,03	0,33
30	71,79	69,49	95	1,671	2,80	0,36
35	67,8	65,5	95	1,517	2,47	0,40
40	64,28	61,98	95	1,382	2,61	0,38
45	60,56	58,26	95	1,239	2,31	0,43
50	57,27	54,97	95	1,113	1,96	0,51
55	54,48	52,18	95	1,005	1,87	0,54
60	51,82	49,52	95	0,903	1,75	0,57
65	49,33	47,03	95	0,807	1,54	0,65
70	47,14	44,84	95	0,723	1,35	0,74
75	45,21	42,91	95	0,649	1,33	0,75
80	43,32	41,02	95	0,576	0,61	1,63
90	41,57	39,27	95	0,509	0,47	2,11
100	40,22	37,92	95	0,457	0,92	1,09
110	37,6	35,3	95	0,357	0,71	1,40
120	35,57	33,27	95	0,279	0,65	1,54
130	33,72	31,42	95	0,208	0,42	2,39
140	32,53	30,23	95	0,162	0,42	2,39
150	31,34	29,04	95	0,116	0,21	4,67
160	30,73	28,43	95	0,093	0,19	
170	30,19	27,89	95	0,072	0,00	
180	30,19	27,89	95	0,072		
peso humedos	4,2266	peso solido	25,9634			
hum final BH	14%	hum Final BS	0,1628	Xf	0,42	Wf
			0,062	X*		

PESO
TOTAL 95,00 AREA: 171
 PESO S.S. 26,02 27,39%
 AGUA
RETENIDA 68,98 hum inicial 72,61%

Datos para Harina SM212

TIEMPO	PESO	PESO TOTAL (PT)	PESO (P)	HUMEDAD	VELOCIDAD DE SECADO	INVERSO DE VELOCIDAD
MIN	MUESTRA	GRAMOS	GRAMOS	g AGUA/ g SS	kg/h*m2	1/W
0	101,4	99,1	99,1	2,651	2,34	0,43
5	98,06	95,76	99,1	2,528	2,98	0,34
10	93,82	91,52	99,1	2,372	2,99	0,33
15	89,56	87,26	99,1	2,215	2,99	0,33
20	85,3	83	99,1	2,058	2,99	0,33
25	81,04	78,74	99,1	1,901	2,87	0,35
30	76,95	74,65	99,1	1,750	2,88	0,35
35	72,85	70,55	99,1	1,599	2,65	0,38
40	69,08	66,78	99,1	1,460	2,58	0,39
45	65,4	63,1	99,1	1,325	2,31	0,43
50	62,11	59,81	99,1	1,203	2,04	0,49
55	59,2	56,9	99,1	1,096	1,89	0,53
60	56,5	54,2	99,1	0,997	1,76	0,57
65	53,99	51,69	99,1	0,904	1,66	0,60
70	51,62	49,32	99,1	0,817	1,50	0,67
75	49,48	47,18	99,1	0,738	1,53	0,65
80	47,3	45	99,1	0,658	1,33	0,75
90	43,52	41,22	99,1	0,519	1,13	0,89
100	40,31	38,01	99,1	0,400	0,89	1,12
110	37,77	35,47	99,1	0,307	0,82	1,21
120	35,42	33,12	99,1	0,220	0,49	2,04
130	34,02	31,72	99,1	0,169	0,45	2,21
140	32,73	30,43	99,1	0,121	0,39	2,59
150	31,63	29,33	99,1	0,081	0,06	15,83
160	31,45	29,15	99,1	0,074	0,02	57,00
170	31,4	29,1	99,1	0,072	0,00	
180	31,4	29,1	99,1	0,072		
peso humedos			4,396		peso solido	
hum final			27,004			
BH			14%		hum Final BS	
			0,1628		Xf	
			0,052		X*	
PESO TOTAL			99,10		AREA: 171	
PESO S.S.			27,14 27,4%		hum inicial 72,61% 73,81	
AGUA RETENIDA			71,96			

APÉNDICE I

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CONCURSO DE PRECIOS PARA PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN COLECTIVA

10.6 Especificaciones funcionales de la mezcla extruída: La mezcla extruída deberá cumplir con las siguientes características funcionales, métodos descritos en el anexo 6.

- Consistencia : ≥ 0.3
- Índice de Solubilidad en Agua : $\geq 16\%$
- Índice de Absorción de Agua : ≥ 4.5
- Poder de Hinchamiento : ≥ 5
- Grado de Gelatinización : $\geq 92\%$

10.7 Especificaciones del PRODUCTO reconstituido

FÍSICO QUÍMICAS:

Estabilidad de la suspensión: El PRODUCTO una vez reconstituido no deberá presentar grumos, gotas de grasa ni separación de fases.

Viscosidad: la viscosidad máxima del PRODUCTO deberá ser reportada por el fabricante tanto del extruído como del PRODUCTO final, la determinación de este parámetro deberá ser al 15% de sólidos.

Sensoriales:

Para la evaluación sensorial deberá disolverse 32,5g del PRODUCTO en polvo en 85ml de agua destilada a 45°C, la disolución se realizará mediante agitación manual.

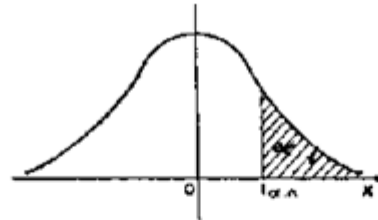
Características Generales: El sabor, aroma y color del PRODUCTO deben ser adecuados para lograr una buena aceptabilidad del grupo objetivo.

Consistencia: papilla, exenta de partículas quemadas o duras y de olores extraños (rancio, crudo, quemado, solvente, etc.).

Textura: suave sin grumos.

APÉNDICE J

TABLA T DE STUDENT



$\alpha/2$ df	0,40	0,30	0,20	0,10	0,050	0,025	0,010	0,005	0,001	0,0005
1	0,325	0,727	1,376	3,078	6,314	12,71	31,82	63,66	318,3	636,6
2	0,289	0,617	1,061	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	22,33	31,60
3	0,277	0,584	0,978	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	10,22	12,94
4	0,271	0,569	0,941	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	7,173	8,610
5	0,267	0,559	0,920	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	5,893	6,859
6	0,265	0,553	0,906	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,208	5,959
7	0,263	0,549	0,896	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	4,785	5,405
8	0,262	0,546	0,889	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	4,501	5,041
9	0,261	0,543	0,883	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,297	4,781
10	0,260	0,542	0,879	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,144	4,587
11	0,260	0,540	0,876	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,025	4,437
12	0,259	0,539	0,873	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	3,930	4,318
13	0,259	0,538	0,870	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	3,852	4,221
14	0,258	0,537	0,868	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	3,787	4,140
15	0,258	0,536	0,866	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	3,733	4,073
16	0,258	0,535	0,863	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	3,686	4,015
17	0,257	0,534	0,863	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,646	3,965
18	0,257	0,534	0,862	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,611	3,922
19	0,257	0,533	0,861	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,579	3,883
20	0,257	0,533	0,860	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,552	3,850
21	0,257	0,532	0,859	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,527	3,819
22	0,256	0,532	0,858	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,505	3,792
23	0,256	0,532	0,858	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,485	3,767
24	0,256	0,531	0,857	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,467	3,745
25	0,256	0,531	0,856	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,450	3,725
26	0,256	0,531	0,856	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,435	3,707
27	0,256	0,531	0,855	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,421	3,690
28	0,256	0,530	0,855	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,408	3,674
29	0,256	0,530	0,854	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,396	3,659
30	0,256	0,530	0,854	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,385	3,646
40	0,255	0,529	0,851	1,303	1,648	2,021	2,423	2,704	3,307	3,551
50	0,255	0,528	0,849	1,298	1,676	2,009	2,403	2,678	3,262	3,495
60	0,254	0,527	0,848	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	3,232	3,460
80	0,254	0,527	0,846	1,292	1,664	1,990	2,374	2,639	3,195	3,415
100	0,254	0,526	0,845	1,290	1,660	1,984	2,365	2,626	3,174	3,389
200	0,254	0,525	0,843	1,286	1,653	1,972	2,345	2,601	3,131	3,339
500	0,253	0,525	0,842	1,283	1,648	1,965	2,334	2,586	3,106	3,310
∞	0,253	0,524	0,842	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	3,090	3,291

APÉNDICE K

TABLA DE PRESIÓN DE VAPOR DE AGUA

Temperatura (°C)	Presión de vapor (atm)	Presión de vapor (kPa)
0	0,00626	0,612
5	0,00856	0,871
10	0,0121	1,226
15	0,0168	1,70
20	0,0230	2,33
25	0,0313	3,17
30	0,0418	4,24
37	0,0621	6,29
40	0,0728	7,38
60	0,196	19,94
80	0,466	47,35
100	1,00	101,3
120	1,96	198,5
130	2,67	270,1

BIBLIOGRAFÍA

1. BENDER, A.E. Nutrición y Alimentación dietéticos. Pág. 30. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 1977
2. BRAVERMAN, J.B.S. INTRODUCCIÓN A LA BIOQUÍMICA DE LOS ALIMENTOS. 3era Edición. 1980. Editorial Omega. Págs.: 102,103.
3. CHARLEY, Helen. TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS: PROCESOS QUÍMICOS Y FÍSICOS EN LA PREPARACIÓN DE ALIMENTOS. Limusa. México. 1997
4. MARTÍNEZ, Rodrigo. HAMBRE Y DESIGUALDAD EN LOS PAÍSES ANDINOS. *La desnutrición y la vulnerabilidad alimentaria en Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú*. Publicación de las Naciones Unidas. Chile. Octubre 2005

5. COVENIN. Norma Venezolana para Harina de Maíz pre-cocida
COVENIN 2135:1996
6. DE LUCIA, M. y ASSENNATO, D. La ingeniería en el desarrollo -
Manejo y tratamiento de granos poscosecha. Roma, Italia. FAO,
1993.
7. FERNÁNDEZ GUTIÉRREZ, Jaime Antonio. Estudio de la interacción
de los biopolímeros caseína y almidón por el proceso de extrusión.
Tesis Doctoral. Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y
Tecnología Avanzada. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F.,
Noviembre 2004.
8. GALLARDO, Miriam. SOJA: HARINAS DE EXTRACCIÓN PARA LA
ALIMENTACIÓN DEL GANADO, Un análisis de las cualidades
nutricionales de los diferentes tipos, de acuerdo al método de
extracción utilizado. EEA Rafaela-INTA. Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria. Argentina, 2008.
9. GIRALDO T., Andrés. Estudio de la obtención de harina de hojas de
yuca (*Manihot esculenta* Crantz) para consumo humano. Universidad
de Cauca. Popayan. Colombia, 2006.

10. GÓMEZ DÍAZ, Rafael. Actividad del AGUA en los alimentos. Métodos de determinación. Mexico. 1992.
11. INEC - Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos. VI Censo de Población y V de Vivienda 2001.
12. LEIVA PLAZA, Boris, INZUNZA BRITO, Nelida, PEREZ TORREJÓN, Hernán et al. Algunas consideraciones sobre el impacto de la desnutrición en el desarrollo cerebral, inteligencia y rendimiento escolar. Universidad de Chile, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA). Santiago, Chile. ALAN, mar. 2001, vol.51, no.1, p.64-71. ISSN 0004-0622.
13. LUNA JIMÉNEZ, Alfonso de. Valor nutritivo de la harina de soya. Revista Investigación y Ciencia, Universidad Autónoma de Aguascalientes. México. 2006.
14. LUTTER, C. *“El Programa Integrado de Alimentación y Nutrición del Ecuador: Un Ejemplo de un Nuevo Modelo para la Ayuda Económica Alimentaria”*. Programa de Alimentación y Nutrición. Organización Panamericana de la Salud. Febrero 2001.

15. MANRIQUE QUEVEDO, Nancy. Producción de Almidones pregelatinizados a partir de mezclas de almidones de fuentes no convencionales usando un extrusor de doble tornillo. Instituto Politécnico Nacional. Morelos, Mexico. 2006.
16. MANUAL DEL CULTIVO DE SOYA; Programa de Nacional de Oleaginosas. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Editorial Raíces. Segunda Edición. Guayaquil, Ecuador. Enero, 2005.
17. MIES - Ministerio de Inclusión Económica y Social. “Aliméntate Ecuador - Nutrición”. Plan Nacional de Desarrollo 2007 – 2010. Quito, Ecuador. Agosto 2007.
18. NONHEBEL, G.; Moss, A. A. H. El Secado de Sólidos en la Industria Química. Editorial Reverté S. A. 1979. España.
19. Nutrición infantil y rendimiento escolar. Carlos Hernán Daza M.D., M.Sc., M.P.H. Conferencia dictada en el VIII Congreso Nacional de Nutrición y Dietética, Cali, agosto 14-15, 1997.

20. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Manual de Técnicas para Laboratorio de Nutrición de Peces y Crustáceos. México D.F. Mayo 1993.
21. PEDRERO, Daniel y PANGBORN, Rose Marie. Evaluación Sensorial de los Alimentos. Métodos Analíticos. Editorial Alhambra Mexicana, México 1987
22. RAMÍREZ GALLEGOS, René. Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador (SIISE). Artículo publicado en la revista GESTIÓN de mayo del 2002 #95
23. RAMOS, N.; LÚQUEZ, J.; Eyherabide, G. CALIDAD DE LA HARINA DE SOJA SOMETIDA A DISTINTOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS PARA INACTIVAR LOS FACTORES ANTINUTRICIONALES. Unidad Integrada Balcarce. Buenos Aires, Argentina, 2006.
24. RODRÍGUEZ SANDOVAL, Eduardo; et al. Reología de suspensiones preparadas con harina precocida de yuca. Universidad del Valle. Cali, Colombia, 2006.

25. RODRÍGUEZ, Julián, et al. Producción de aceite y harina semidesgrasada de soja de alta calidad mediante el proceso de extrusión-prensado. Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Argentina.
26. SÁNCHEZ, JA; SERRA, L. Importancia del desayuno en el rendimiento intelectual y en el estado nutricional de los escolares. Rev. Esp. Nutrición Comunitaria, 2000 - nutricioncomunitaria.org.
27. SICA - Servicio de Información y Censo Agropecuario. Ministerio de Agricultura Ganadería, Acuacultura y Pesca del Ecuador. EL CULTIVO DEL MAIZ DURO Zea mays. Quito, Ecuador, 2001.
28. TOLEDO, Romeo. Fundamentals of Food Process Engineering. Segunda Edición. Ontario, Canadá. 1991